

ENSINO MÉDIO
PRÉ-VESTIBULAR

BIO

BIOLOGIA

3



Poliedro
Sistema de Ensino

COLEÇÃO PV

Copyright © Editora Poliedro, 2022.

Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro.

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

ISBN 978-65-5613-139-9

Presidente: Nicolau Arbex Sarkis

Autoria: Elias Avancini de Brito e Henrique Medeiros Pinheiro

Edição de conteúdo: Juliana Grassmann dos Santos, Ana Carolina Suzuki Dias Cintra, Maria Carolina Checchia da Inês e Mayra Sato

Edição de arte: Christine Getschko, Alexandre Bueno, Bruna H. Fava, Daniella de Romero Pecora, Jaime Xavier, Lourenzo Acunzo e Nathalia Laia

Ilustrações: Diógenes Martins

Design: Adilson Casarotti

Licenciamento e multimídia: Leticia Palaria de Castro Rocha, Danielle Navarro Fernandes e Jessica Clifton Riley

Revisão: Rosangela Carmo Muricy, Bianca da Silva Rocha, Bruno Freitas, Eliana Marília G. Cesar, Ellen Barros de Souza, Ingrid Lourenço, Sara de Jesus Santos e Thiago Marques

Impressão e acabamento: PifferPrint

Crédito de capa: cicadas sound/Shutterstock.com

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



Poliedro Sistema de Ensino

T. 12 3924-1616

sistemapoliedro.com.br

Sumário

Frente 1

12 O transporte através da membrana 5

Tipos de transporte através da membrana, 6

Revisando, 9

Exercícios propostos, 10

Texto complementar, 12

Resumindo, 12

Quer saber mais?, 13

Exercícios complementares, 13

BNCC em foco, 15

13 Introdução à Genética clássica 17

Fundamentos da Genética, 18

Gametas, 20

Cruzamentos, 20

Cruzamento mendeliano, 21

Determinação de dominância, 21

Heredogramas, 22

Definição de genótipos: cruzamento-teste, 22

Revisando, 24

Exercícios propostos, 25

Texto complementar, 28

Resumindo, 29

Quer saber mais?, 30

Exercícios complementares, 31

BNCC em foco, 33

14 As variações da primeira lei de Mendel 35

Introdução, 36

Alelos letais, 36

Pleiotropia, 36

Manifestação atípica do heterozigoto, 37

Gemelaridade, 37

Expressividade variável e penetrância incompleta, 38

Revisando, 38

Exercícios propostos, 39

Texto complementar, 41

Resumindo, 42

Quer saber mais?, 42

Exercícios complementares, 42

BNCC em foco, 44

15 Alelos múltiplos 45

Conceito de alelos múltiplos (polialelia), 46

Revisando, 50

Exercícios propostos, 52

Textos complementares, 57

Resumindo, 59

Quer saber mais?, 61

Exercícios complementares, 61

BNCC em foco, 64

Frente 2

13 Angiospermas 65

Características gerais, 66

Flor, 66

Ciclo reprodutivo, 67

Comparação entre gimnospermas e angiospermas, 69

Classificação das angiospermas, 69

Polinização, 70

Fruto, 71

Revisando, 74

Exercícios propostos, 77

Textos complementares, 81

Resumindo, 82

Quer saber mais?, 83

Exercícios complementares, 83

BNCC em foco, 86

14 Morfologia externa das plantas 87

Os órgãos das plantas e sua importância, 88

Revisando, 93

Exercícios propostos, 94

Texto complementar, 98

Resumindo, 98

Quer saber mais?, 99

Exercícios complementares, 99

BNCC em foco, 102

15 Tecidos vegetais 103

Características dos tecidos vegetais, 104

Revisando, 106

Exercícios propostos, 107

Texto complementar, 109

Resumindo, 109

Quer saber mais?, 109

Exercícios complementares, 110

BNCC em foco, 112

16	Nutrição e secreção vegetal	113
	Aspectos gerais da atividade de uma planta, 114	Exercícios propostos, 120
	As modalidades de nutrição vegetal, 114	Textos complementares, 122
	Os parênquimas, 115	Resumindo, 124
	A estrutura da raiz e do caule: relação com a nutrição, 116	Quer saber mais?, 126
	Tecidos de secreção, 117	Exercícios complementares, 126
	Revisando, 118	BNCC em foco, 129
17	Revestimentos e trocas gasosas.....	131
	Revestimentos, 132	Resumindo, 142
	As trocas gasosas, 133	Quer saber mais?, 143
	Revisando, 136	Exercícios complementares, 143
	Exercícios propostos, 137	BNCC em foco, 147
	Texto complementar, 141	
Frente 3		
8	Circulação e imunidade	149
	Sistema cardiovascular, 150	Texto complementar, 177
	Circulação nos vertebrados, 156	Resumindo, 177
	Aspectos da circulação humana, 158	Quer saber mais?, 179
	Sistema imunitário, 160	Exercícios complementares, 179
	Revisando, 165	BNCC em foco, 188
	Exercícios propostos, 166	
9	Excreção e sistema urinário	189
	Introdução, 190	Texto complementar, 201
	Resíduos nitrogenados, 190	Resumindo, 202
	Sistema urinário humano, 190	Quer saber mais?, 204
	Osmorregulação, 193	Exercícios complementares, 204
	Revisando, 194	BNCC em foco, 209
	Exercícios propostos, 196	
10	Sistemas de controle I.....	211
	Sistema nervoso, 212	Resumindo, 230
	Revisando, 222	Quer saber mais?, 232
	Exercícios propostos, 224	Exercícios complementares, 232
	Textos complementares, 229	BNCC em foco, 237
	Gabarito	239



Science Photo Library/Fotostena

Bactérias *Vibrio cholerae*, cujo comprimento varia de 2,7 a 3,5 μm , vistas por meio de microscopia eletrônica (imagem colorida artificialmente).

FRENTE 1

CAPÍTULO

12

O transporte através da membrana

Todos os anos, a diarreia infecciosa mata milhares de pessoas no mundo, principalmente crianças. Uma de suas causas é a espécie *Vibrio cholerae*, ou vibrião colérico. Essa bactéria produz uma toxina que faz com que as células do intestino liberem íons cloreto. Como consequência, água passa para a luz do intestino por osmose, fazendo com que a pessoa infectada perca muitos litros de água por dia pelas fezes.

Esse é um tipo de situação que envolve diretamente o transporte através das membranas, o que mostra a importância desse processo para os organismos.

Tipos de transporte através da membrana

A célula realiza trocas de materiais com o meio através da membrana plasmática, sendo que há duas modalidades de transporte: transporte em massa e transporte de partículas.

O **transporte em massa** é também conhecido como transporte vesicular; relaciona-se com a formação de vesículas que envolvem grande quantidade de partículas de uma única vez. São exemplos desse processo a **fagocitose** e a **clasmocitose**.

O **transporte de partículas** relaciona-se com a passagem de íons e moléculas através de toda a superfície da membrana, não havendo local específico para essa passagem. É o caso da **difusão**, da **osmose** e do **transporte ativo**.

Transporte em massa, ou vesicular

O transporte em massa é caracterizado pela formação de **vesículas membranosas** envolvendo grandes quantidades de materiais em certos pontos da membrana plasmática. Esse transporte pode enviar materiais para o interior da célula (**endocitose**) ou realizar sua eliminação da célula (**exocitose**). A formação dessas vesículas e seu trânsito pela membrana consomem energia.

Há duas modalidades de endocitose: **fagocitose** e **pinocitose**. A fagocitose é realizada com a emissão de pseudópodes que englobam uma partícula sólida grande. É formada uma vesícula conhecida como **vacúolo alimentar**, ou **fagossomo**; quando essa estrutura recebe enzimas lisossômicas, passa a constituir um **vacúolo digestivo** (ou **lisossomo secundário**). A fagocitose é empregada, por exemplo, na nutrição de certos organismos que têm digestão intracelular, como protozoários e poríferos. Alguns leucócitos também realizam fagocitose, contribuindo para a defesa do organismo contra agentes invasores.

A **pinocitose** é caracterizada pela tomada de grande quantidade de partículas pequenas, frequentemente na forma de líquido ou de gotículas de lipídeos. A vesícula formada no interior da célula é um **pinossomo** e, se receber enzimas lisossômicas, passa a ser denominada **vacúolo digestivo** (ou lisossomo secundário). Como exemplo de pinocitose, pode ser citada a absorção de gorduras pelas células intestinais.



Representação esquemática da endocitose e características desse processo.

A **exocitose** é a eliminação de materiais contidos em vesículas que se fundem à membrana plasmática. Há duas modalidades: a **clasmocitose** e a **secreção celular**.

A **clasmocitose** é a eliminação de resíduos da digestão celular e acontece com a fusão do vacúolo residual à membrana plasmática da célula. Já a **secreção** é a liberação de materiais produzidos pela célula, mas que não serão utilizados no local de produção. A secreção celular é uma atividade realizada pelo complexo golgiense.



Representação esquemática da exocitose e características desse processo.

Transporte de partículas (moléculas e íons)

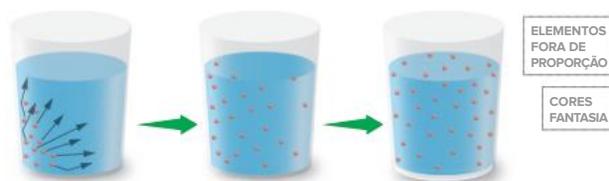
Há duas modalidades de transporte de partículas: **transporte passivo** e **transporte ativo**. O transporte passivo não envolve gasto de energia pela célula e compreende **difusão** e **osmose**. O transporte ativo ocorre com gasto de energia, como é o caso da **bomba de sódio e potássio**.

Para analisar o transporte de partículas, é necessário conhecimento a respeito de gradiente de concentração.

O termo “concentração” refere-se à quantidade de soluto (partículas dissolvidas) por unidade de volume. Gradiente de concentração corresponde à variação na concentração de soluto, sendo possível identificar locais mais concentrados e locais menos concentrados.

Difusão

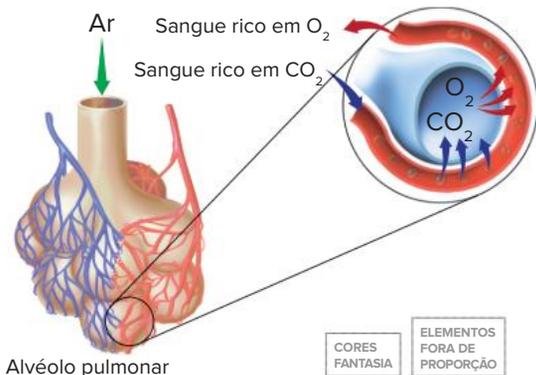
Consideremos a seguinte situação: coloca-se uma gota de tinta nanquim em uma garrafa que contém água. Sem movimentar o líquido, notamos que a água fica tingida; as partículas de tinta espalham pelo interior do recipiente de maneira uniforme, não havendo uma parte do líquido com mais tinta do que outra. O processo descrito relaciona-se, principalmente, com a energia cinética das partículas e é denominado **difusão**: movimentação espontânea (sem gasto de energia) que promove uma distribuição homogênea do soluto. Portanto, na difusão, as partículas movem-se em função do gradiente de concentração, sempre de uma região **de maior concentração para uma região de menor concentração**. Diz-se, portanto, que o movimento de soluto ocorreu **a favor do gradiente de concentração**.



Difusão de tinta em um recipiente que contém água: a tendência é ocorrer distribuição uniforme de partículas.

Esse processo ocorre nos seres vivos de duas maneiras: difusão simples e difusão facilitada.

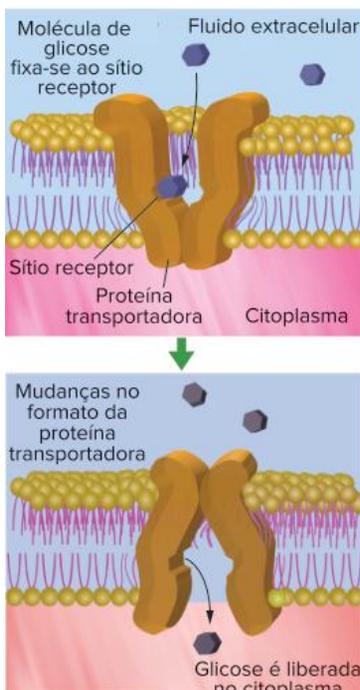
A **difusão simples** ocorre com o fluxo livre de partículas através da membrana, sem o intermédio de proteínas. Um exemplo são as trocas gasosas que ocorrem entre os alvéolos pulmonares e os capilares sanguíneos que os envolvem: as membranas plasmáticas dessas estruturas permitem o fluxo de gases por difusão. No caso, o gás oxigênio encontra-se em maior concentração no ar dentro do alvéolo, comparado ao sangue. Assim, esse gás difunde-se do alvéolo para o sangue. Já o gás carbônico tem maior concentração no sangue do que no ar do alvéolo e difunde-se daquele para este (em sentido oposto ao do gás oxigênio).



Representação de um caso de difusão simples: trocas gasosas entre alvéolo pulmonar e capilar sanguíneo.

Na difusão simples, a velocidade de transporte é proporcional à diferença de concentração; **quanto maior for a diferença de concentração, mais rápida é a velocidade de difusão**.

Já o transporte de glicose para o interior das hemácias ilustra um caso de **difusão facilitada**. A glicose atravessa a membrana por meio de **proteínas transportadoras**, específicas para a glicose. Esse tipo de difusão também ocorre a favor de um gradiente de concentração (de uma região mais concentrada para uma região menos concentrada) e sem o gasto de energia, porém com o auxílio de proteínas.



Representação da difusão facilitada de glicose, efetuada com o auxílio de proteína transportadora. Aminoácidos também são transportados para o interior das células por esse processo.

Na difusão facilitada, dependendo da diferença de concentração, a velocidade de transporte pode ser até mais elevada do que na difusão simples. No entanto, a partir de uma elevada concentração de moléculas a serem transportadas, a velocidade do processo estabiliza-se, pois as proteínas transportadoras estão totalmente ocupadas efetuando a transferência de moléculas de uma face para outra da célula.

Osmose

Consideremos uma solução de água com açúcar. A água corresponde ao **solvente** (o que dissolve) – universal nos seres vivos – e as partículas dissolvidas correspondem ao **soluto**.

Quando são comparadas as concentrações de soluto de duas soluções, é possível classificá-las em três tipos. Diz-se que uma solução é **hipertônica** em relação a outra quando essa solução apresenta uma concentração de solutos maior. Ela é **hipotônica** quando apresenta uma concentração menor que a solução à qual está sendo comparada. E duas soluções são **isotônicas** quando apresentam uma mesma concentração de soluto.

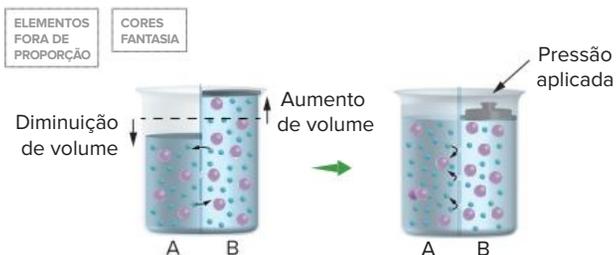
Além da análise das soluções, é preciso entender o funcionamento de membranas semipermeáveis para compreender o processo de osmose. **Membrana semipermeável** é a que **permite a passagem do solvente** e impede a passagem do soluto. Consideremos o seguinte procedimento: separa-se um recipiente em duas metades, A e B, por uma membrana semipermeável. No lado A, coloca-se uma solução menos concentrada (hipotônica) que a solução colocada no lado B (hipertônica).



Dois soluções, A (hipotônica com relação a B) e B (hipertônica em relação a A), são separadas por uma membrana semipermeável. Ocorre movimentação de água de A para B: a tendência é estabelecer igualdade de concentrações (soluções isotônicas).

Vimos que a solução menos concentrada é a que tem “menor quantidade de soluto por unidade de volume” (consequentemente tem maior quantidade de água por unidade de volume em relação à outra). Assim, há passagem de água da solução hipotônica para a solução hipertônica através da membrana, o que caracteriza o processo de **osmose**. A solução hipotônica perde água e fica mais concentrada, e a solução hipertônica recebe água e torna-se menos concentrada. A tendência é que as duas soluções passem a apresentar a mesma concentração, isto é, que se tornem isotônicas. Assim, define-se: **osmose** é o transporte de água (solvente) através de uma membrana semipermeável, partindo de uma solução hipotônica em direção a uma solução hipertônica; o processo não gasta energia e tende a manter a igualdade das concentrações.

A força necessária para impedir que o solvente se desloque da solução hipotônica para a solução hipertônica é chamada de **pressão osmótica**.



Retomando o exemplo da página anterior, a pressão necessária para forçar o retorno da água para a solução A equivale à pressão osmótica.

• Osmose em célula animal

É possível verificar facilmente fenômenos osmóticos utilizando-se glóbulos vermelhos do sangue (hemácias), colocados em três tipos de soluções: **isotônica**, **hipertônica** e **hipotônica**. Em solução isotônica (como a do soro fisiológico), a célula ganha e perde água na mesma quantidade, ficando em equilíbrio osmótico; com isso, seu volume e sua conformação não se alteram. Em solução hipertônica, a célula perde mais água do que ganha, sofrendo redução de volume, e passa a apresentar enrugamento de sua superfície. Em solução hipotônica, a célula ganha mais água do que perde, sofrendo aumento de volume; isso pode determinar a ruptura da hemácia (**hemólise**).



Solução	Fenômeno osmótico
Solução hipertônica	Ocorre perda de água, e a célula tem redução de volume.
Solução isotônica	O ganho e a perda de água são equivalentes; não há alteração de volume. A célula está em equilíbrio osmótico com o meio; isso ocorre com células imersas no sangue, no fluido intersticial ou em soro fisiológico.
Solução hipotônica	Há ganho de água e o volume aumenta; pode ocorrer ruptura das hemácias (hemólise).

Hemácias imersas em diferentes soluções.

• Osmose em célula vegetal

Colocando-se uma célula vegetal em diferentes soluções, ela pode apresentar modificações decorrentes de ganho ou perda de água. Nesse caso, é necessário considerar a atuação do vacúolo e da parede celular. O **vacúolo** é delimitado por uma membrana, o **tonoplasto**. O interior dessa estrutura membranosa apresenta uma solução de água com alguns solutos (sais e açúcares). Assim, a solução do vacúolo desenvolve uma pressão osmótica que pode

determinar ganho ou perda de água através de sua membrana, quando a célula é colocada em meios não isotônicos.

Uma célula vegetal colocada em solução **hipertônica** perde água rapidamente, e sua membrana e seu citoplasma desprendem-se parcialmente da parede celular, que fica retraída e torna a célula **plasmolisada**; o processo é conhecido como **plasmólise**. Caso essa célula seja colocada em solução hipotônica novamente, poderá absorver água e recuperar sua forma usual sem que a parede celular oponha resistência à expansão; é o processo conhecido como **deplasmólise**. Outro exemplo acontece quando uma planta fica exposta ao Sol. Ela perderá água na forma de vapor; essa perda determina uma diminuição de volume e a retração das células do vegetal. A planta, então, fica murcha, com as paredes das células retraídas. Se a planta murcha for colocada posteriormente em uma solução hipotônica, ganhará água, restabelecendo o volume de suas células e a sua aparência.

De forma contrária, com o ganho de água em soluções hipotônicas, ocorre o aumento de volume da célula. No entanto, ela não consegue expandir-se livremente, pois a parede celular exerce uma força contrária à sua expansão. Isso significa que a célula vegetal não se rompe com o aumento de volume, como quando uma célula animal é colocada em solução hipotônica. As células vegetais nessa condição ficam cheias de água e se tornam **túrgidas**.



Solução	Fenômeno osmótico
Solução hipertônica	Ocorre perda de água e a célula tem redução de volume; uma parte da célula desprende-se da parede. A célula fica plasmolisada.
Solução isotônica	O ganho e a perda de água são iguais; o volume não se altera. A célula está em equilíbrio osmótico com o meio.
Solução hipotônica	Há ganho de água e o volume aumenta, mas não ocorre ruptura celular. A célula fica túrgida.
Exposição ao ar seco	Exposta ao ar seco, a célula perde vapor de água e sofre uma retração em toda sua extensão; a parede deforma-se para dentro. A célula fica murcha.

Célula vegetal submetida a diferentes soluções.

Transporte ativo

Transporte ativo refere-se à **passagem de partículas através da membrana** e tem as seguintes características:

- **Ocorre contra o gradiente de concentração**, havendo passagem de partículas da região de menor concentração para a região de maior concentração.
- Envolve a participação de proteínas transportadoras (**permeases**).
- **Depende de gasto energético**, na forma de ATP.
- Resulta em uma distribuição de partículas que mantém a desigualdade de concentrações, ou seja, um lado da membrana apresenta maior concentração do que o outro.

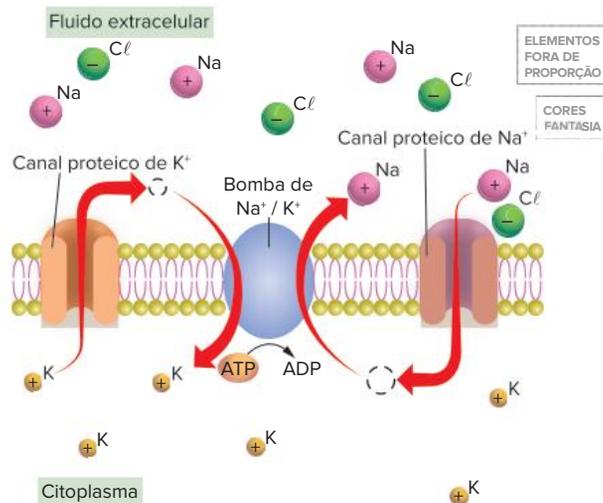
Todas as modalidades de transporte discutidas anteriormente (difusão e osmose) têm características distintas do transporte ativo:

- Ocorrem a favor do gradiente de concentração.
- Não envolvem gasto de energia.
- Tendem a manter a igualdade de concentrações dos dois lados da membrana.

Um exemplo de transporte ativo é a **bomba de íons H⁺** que ocorre na parede estomacal, envolvendo a produção de suco gástrico. Os íons H⁺ são transferidos do sangue para o interior do estômago, mesmo que este tenha uma concentração de H⁺ muito superior à do sangue. Trata-se, portanto, de um **transporte contra o gradiente de difusão** e mantém uma desigualdade de concentrações. Isso requer gasto de energia, consumindo ATP.

Outro exemplo é a **bomba de sódio e potássio** que ocorre em todas as células do nosso organismo, sendo particularmente importante nos neurônios, onde contribui para o impulso nervoso. As células apresentam íons sódio (Na⁺) em menor concentração que o meio; já os íons potássio (K⁺) são encontrados em maior concentração no interior celular do que no meio externo. Essa desigualdade de concentrações é mantida à custa de gasto de energia e é tipicamente um caso de transporte ativo. Além disso,

há proteínas especiais envolvidas no transporte de íons, como a **permease**, que carrega K⁺ para dentro e Na⁺ para fora. A membrana plasmática também possui canais proteicos específicos para a passagem de K⁺ e outros canais exclusivos para a passagem de Na⁺.



Representação do funcionamento da bomba de sódio e potássio. Esse transporte envolve gasto de energia e atuação de permeases.

Através de canais de K⁺, esse íon deixa o interior da célula por difusão, com permeases lançando-o constante e ativamente para o interior da célula. Os canais de Na⁺, por sua vez, permitem que esse íon entre na célula, e as permeases lançam-no para o meio extracelular. Assim, a permease lança K⁺ para dentro e Na⁺ para fora (não simultaneamente), requerendo gasto de ATP (próprio do transporte ativo); por isso, essa proteína é responsável pela manutenção da desigualdade de concentrações (mais potássio dentro e mais sódio fora da célula).

Revisando

1. O que é excitose?

2. Julgue os itens a seguir acerca das duas modalidades de endocitose.

- A fagocitose é caracterizada pela tomada de grande quantidade de partículas pequenas, frequentemente na forma de gotículas de lipídeos.
- A absorção de gorduras pelas células intestinais é um exemplo de pinocitose.
- A fagocitose é realizada com a emissão de pseudópodes que englobam uma partícula sólida pequena.
- Glóbulos vermelhos realizam fagocitose e, assim, contribuem para a defesa do organismo.

3. Considerando a demanda energética, há duas modalidades de transporte de partículas através de membranas. Quais são elas? Explique-as.

4. O que é osmose?

5. O que é pressão osmótica?

6. Descreva o que ocorrerá com uma hemácia caso ela seja colocada em uma solução hipertônica e em uma solução hipotônica.

7. Descreva o que ocorrerá com uma célula vegetal caso ela seja colocada em uma solução hipertônica e em uma solução hipotônica.

8. Quais são as características do transporte ativo?

Exercícios propostos

1. **Enem 2019** Uma cozinheira colocou sal a mais no feijão que estava cozinhando. Para solucionar o problema, ela acrescentou batatas cruas e sem tempero dentro da panela. Quando terminou de cozinhá-lo, as batatas estavam salgadas, porque absorveram parte do caldo com excesso de sal. Finalmente, ela adicionou água para completar o caldo do feijão.

O sal foi absorvido pelas batatas por

- a) osmose, por envolver apenas o transporte do solvente.
- b) fagocitose, porque o sal transportado é uma substância sólida.
- c) exocitose, uma vez que o sal foi transportado da água para a batata.
- d) pinocitose, porque o sal estava diluído na água quando foi transportado.
- e) difusão, porque o transporte ocorreu a favor do gradiente de concentração.

2. **UEL-PR** O movimento de moléculas de aminoácidos para o interior das células faz-se, geralmente, por:

- a) osmose.
- b) simples difusão.
- c) difusão facilitada.
- d) transporte ativo.
- e) fagocitose.

3. **PUC-Minas** Existe um tipo de troca entre a célula e o meio que ocorre contra o gradiente de concentração e no qual é necessária a existência de uma proteína carregadora, cuja ativação depende de gasto de energia. Esse tipo de troca é denominado:

- a) difusão.
- b) difusão facilitada.
- c) pinocitose.
- d) fagocitose.
- e) transporte ativo.

4. **UFSC** A membrana plasmática é uma membrana semipermeável, não havendo condições, normalmente, para o extravasamento dos coloides citoplasmáticos para fora da célula. Sob esse aspecto, a membrana já começa a selecionar o que deve entrar na célula ou dela sair. Considerando os diferentes processos de passagem através da membrana plasmática, é correto afirmar que:

01 a osmose é a passagem de moléculas de água sempre no sentido do meio mais concentrado para o menos concentrado.

02 a pinocitose é outro tipo de endocitose, ocorrendo, neste caso, o englobamento de pequenas porções de substâncias líquidas.

04 no transporte ativo, enzimas agem como transportadoras de moléculas, tais como o açúcar ou íons.

08 a fagocitose é um tipo de endocitose em que ocorre o englobamento de partículas sólidas.

16 na difusão facilitada, participam moléculas especiais de natureza lipídica e há gasto de energia.

Soma:

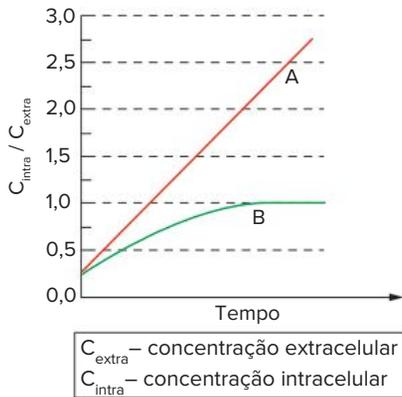
5. **Unesp 2021** Pesquisadores caracterizaram uma nova família de toxinas antibacterianas presente em bactérias como a *Salmonella enterica*. Nesta espécie, a proteína tóxica é usada para matar outras bactérias da microbiota intestinal e facilitar a colonização do intestino de hospedeiros infectados. A proteína tóxica ataca precursores de formação da parede celular bacteriana. Desta forma, a bactéria-alvo que é intoxicada continua crescendo, porém, sua parede celular fica bastante enfraquecida.

(André Julião. <https://agencia.fapesp.br>, 14.09.2020. Adaptado.)

Uma maneira de neutralizar a ação da *Salmonella enterica* e de uma bactéria-alvo intoxicada por ela seria mantê-las, respectivamente, em soluções

- a) hipotônica e hipertônica.
- b) hipertônica e hipotônica.
- c) isotônica e hipotônica.
- d) hipertônica e isotônica.
- e) hipotônica e isotônica.

6. **Uerj** Em condições adequadas, células foram incubadas com as substâncias A e B. A partir do momento inicial do experimento – tempo zero –, foram medidas as concentrações intra e extracelulares e estabelecida a relação $C_{\text{intra}} / C_{\text{extra}}$ para cada substância A e B. O gráfico a seguir mostra a variação dessas relações em função do tempo de incubação.



- Cite os tipos de transporte das substâncias A e B, respectivamente, através da membrana plasmática. Justifique sua resposta.
- O cianeto de sódio é um inibidor da síntese de ATP na célula. Indique a consequência de sua presença no transporte da substância A e da substância B.

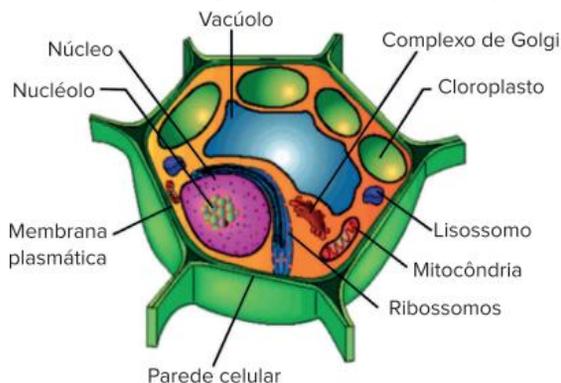
7. UFPR 2018 A bomba de sódio-potássio:

- é caracterizada pelo transporte de íons potássio de um meio onde se encontram em menor concentração para outro, onde estão em maior concentração.
- é uma forma de transporte passivo, fundamental para igualar as concentrações de sódio e potássio nos meios extra e intracelular.
- está relacionada a processos de contração muscular e condução dos impulsos nervosos.
- é fundamental para manter a concentração de potássio no meio intracelular mais baixa do que no meio extracelular.
- é uma forma de difusão facilitada importante para o controle da concentração de sódio e potássio no interior da célula.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2 e 5 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 5 são verdadeiras.

8. UPE/SSA 2016 Observe a figura abaixo que apresenta as estruturas e organelas de uma célula vegetal.



Disponível em: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2013/09/celula-vegetal.jpg>

Considerando duas situações a que as células de uma planta podem estar submetidas, meio hipotônico (I) ou hipertônico (II), é CORRETO afirmar que

- I – o vacúolo fica imenso e força a parede celular; II – o vacúolo se retrai, e a parede celular se solta da membrana plasmática.
- I – a membrana plasmática se contrai, diminuindo os espaços entre as organelas; II – os cloroplastos se expandem, liberando água.
- I – a membrana plasmática fica espessa; II – o vacúolo perde líquido que é absorvido pelos cloroplastos.
- I – há perda de líquido pelas principais estruturas; II – a célula diminui de tamanho, absorvendo a água pela parede celular.
- I – há maior troca iônica entre as organelas e o meio; II – apenas o nucléolo não perde líquido para o citoplasma.

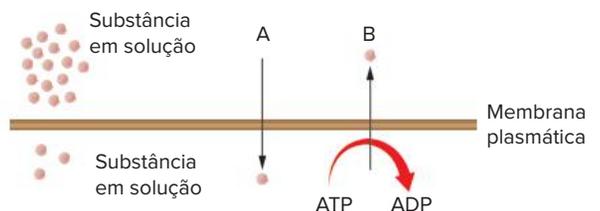
9. Mackenzie-SP A tabela a seguir mostra o que ocorre com o volume e as concentrações interna e externa de uma célula ao ser exposta a diferentes soluções.

Situação	A	B
Estado inicial	conc. ext. > conc. int.	conc. ext. < conc. int.
Estado final	conc. ext. = conc. int.	conc. ext. = conc. int.
Volume da célula	constante	alterado

Os processos que ocorreram em A e B são, respectivamente:

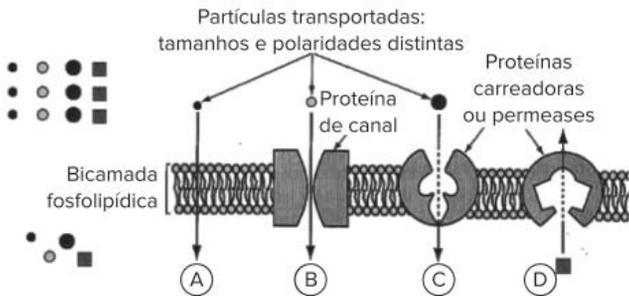
- osmose e difusão.
- difusão e transporte ativo.
- osmose e difusão facilitada.
- difusão e osmose.
- transporte ativo e difusão facilitada.

10. Ufla-MG As formas pelas quais a substância está sendo transportada em A e B são, respectivamente:



- transporte ativo e transporte passivo.
- transporte passivo e difusão facilitada.
- difusão e difusão facilitada.
- transporte passivo e transporte ativo.
- transporte ativo e difusão.

11. UEPG-PR 2017 A figura a seguir trata-se de uma representação esquemática da passagem de partículas de soluto através da membrana plasmática. Sobre o assunto, assinale o que for correto.



Adaptado de: LOPES, S., ROSSO, S. **BIO**. 2ª ed. Volume 1. Editora Saraiva. São Paulo. 2010

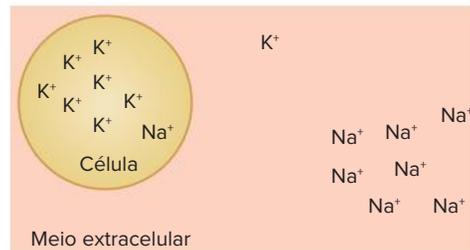
- 01 O transporte ativo, representado em D, ocorre através da membrana plasmática, com gasto de energia, ou seja, ocorre contra o gradiente de concentração.
- 02 Em A, B e C podemos observar exemplos de transporte pela membrana plasmática sem gasto de energia, tendendo a igualar a concentração da célula com a do meio externo, ou seja, acontece a favor do gradiente de concentração.
- 04 Em C, está representada a difusão facilitada. Neste processo, algumas proteínas da membrana, ou permeases, atuam facilitando a passagem de certas substâncias. Podemos citar, como exemplo, o transporte de glicose em células do fígado.
- 08 A difusão facilitada corresponde ao movimento de partículas de onde elas estão menos concentradas para uma região de maior concentração, como demonstrado por D. Neste tipo de transporte, faz-se

uso de energia para passagem de substâncias do meio intracelular (hipotônico) para o meio extracelular (hipertônico).

- 16 Na osmose, representada em A, partículas, íons e proteínas podem atravessar a membrana por simples difusão, com o objetivo da manutenção das concentrações em equilíbrio entre os meios intra e extracelular.

Soma:

- 12. **UFPE** A concentração de íons Na^+ no meio extracelular é maior do que no meio intracelular. O oposto é observado na concentração de íons K^+ , como ilustrado a seguir. Essa diferença de concentração é mantida por transporte ativo.



Todavia, há também deslocamento desses íons do local onde estão em maior concentração para o de menor concentração, por um processo de:

- a) clasmocitose.
- b) fagocitose.
- c) osmose.
- d) difusão.
- e) pinocitose.

Texto complementar

Quando uma célula vegetal ganha água por osmose, trata-se da pressão osmótica (PO), também conhecida como sucção interna (Si). Com isso, o volume da célula aumenta e força a parede celular, que exerce uma pressão contrária à sua expansão; é a pressão de turgescência (PT), também denominada de resistência de membrana (M). A resultante da interação entre essas duas forças antagônicas é a **diferença de pressão de difusão (DPD)** ou **sucção celular (Sc)**. Isso pode ser expresso mediante duas equações:

$$Sc = Si - M \text{ ou}$$

$$DPD = PO - PT$$

Pode-se dizer que Sc é a capacidade que a célula efetivamente tem de absorver água. Essas equações são úteis para analisarmos células em três condições:

- **célula túrgida:** apresenta o maior volume possível e sua capacidade efetiva de absorver água é nula ($Sc = 0$). Substituindo esse valor na equação, temos:

$$Sc = Si - M$$

$$Sc = 0$$
 Então, $Si = M$
- **célula plasmolisada:** tem o citoplasma descolado da parede celular. Se for colocada em solução hipotônica, absorve água

e o citoplasma expande, sem que a parede celular oponha resistência à expansão ($M = 0$). Substituindo esse valor na equação, temos:

$$Sc = Si - M$$

$$M = 0$$

$$\text{Então, } Sc = Si$$

- **célula murcha:** tem o citoplasma com volume reduzido e a parede celular deformada para dentro. Se for colocada em solução hipotônica, absorve água e o citoplasma expande, com a “colaboração” da parede, que também apresenta tendência à expansão; isso significa que a parede atua em sentido contrário ao usual (tem valor negativo). Substituindo esse valor na equação, temos:

$$Sc = Si - M$$

$$M \text{ é negativo}$$

$$\text{Então, } Sc = Si - (-M)$$

$$Sc = Si + M$$

Portanto, Sc tem valor máximo.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Tipos de transporte através da membrana

I. Transporte em massa ou vesicular

- 1. **Endocitose:** para dentro da célula.
 - Fagocitose: envolve o transporte de partículas sólidas grandes.

- Pinocitose: envolve o transporte de grande quantidade de partículas líquidas ou de gotículas de lipídeos.
- 2. **Exocitose:** para fora da célula.
 - Clasmocitose: eliminação de resíduos da digestão celular com a fusão do vacúolo residual à membrana celular.

- Secreção celular: transporte de substâncias realizado pelo complexo golgiense.

II. Transporte de partículas

1. Transporte passivo: sem gasto de energia.

- Difusão simples: fluxo livre de materiais por toda a extensão da membrana, cuja velocidade é proporcional à diferença de concentração.
- Difusão facilitada: transporte de materiais através da membrana por meio de proteínas transportadoras. Também ocorre a favor de um gradiente de concentração.
- Osmose: passagem de solvente de uma solução menos

concentrada (**hipotônica**) para uma solução mais concentrada (**hipertônica**) através de uma **membrana semipermeável**.

2. Transporte ativo: com gasto de energia.

- Bomba de sódio e potássio: ocorre em todas as células do nosso organismo, tendo grande importância para a transmissão dos impulsos nervosos. À custa de gasto de energia e da ação de proteínas denominadas **permeases**, as células apresentam íons de sódio (Na^+) com maior concentração no meio extracelular e íons de potássio (K^+) com maior concentração no meio intracelular.

Quer saber mais?



Vídeos

www.youtube.com/watch?v=9DGWJU7P-uM

(Acesso em: 8 jan. 2022)

Vídeo sobre difusão simples e facilitada.

www.youtube.com/watch?v=2WihuVIWUkg

(Acesso em: 8 jan. 2022)

Vídeo sobre osmose e transporte ativo – Bomba de sódio e potássio.

Exercícios complementares

- 1. UFSC 2019** Que a água é essencial para a vida, todo mundo sabe. O corpo humano é constituído por 66% de água. Contudo, a hidratação excessiva pode ser fatal. Existem diversos casos relatados de pessoas que ingeriram grandes quantidades de água em curto espaço de tempo e que morreram ou desenvolveram algum grau de **hiponatremia**, que basicamente significa sal insuficiente no sangue. Nesses casos, o sangue fica com excesso de água, o que facilita a entrada dessa substância nas células. Os sintomas incluem dor de cabeça, fadiga, náuseas, vômito e desorientação mental.

Scientific American Brasil. Disponível em: <https://www2.uol.com.br/sciam/noticias/agua_demais_pode_fazer_mal_e_ate_matar.html>. [Adaptado]. Acesso em: 25 ago. 2018.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre fisiologia celular e animal, é correto afirmar que:

- 01** a água atua como um excelente regulador térmico nos animais por possuir a propriedade física chamada de calor específico muito baixa.
- 02** a entrada de água nas células ocorre porque o citoplasma é hipotônico em relação ao sangue.
- 04** a absorção excessiva de água gera um aumento no volume celular; algumas células, como as do tecido conjuntivo frouxo não serão prejudicadas, enquanto outras, como os neurônios, podem sofrer danos.
- 08** através da urina não se elimina só água, mas também substâncias nitrogenadas e, em algumas situações, até glicose.
- 16** o aumento na produção do hormônio antidiurético (ou vasopressina) pelos rins facilita a eliminação de água.
- 32** em muitas reações químicas nas células a água atua como reagente (reações de hidrólise) e em outras como produto (síntese por desidratação); um exemplo desta última é a digestão da sacarose.

- 64** as propriedades de ligação entre as moléculas de água com outras substâncias no interior das células devem-se ao fato de as moléculas de água não serem polarizadas.

Soma:

- 2. Fuvest-SP** A membrana celular é impermeável à sacarose. No entanto, culturas de levedos conseguem crescer em meio com água e sacarose. Isso é possível porque:

- a) a célula de levedo fagocita as moléculas de sacarose e as digere graças às enzimas dos lisossomos.
- b) a célula de levedo elimina enzimas digestivas para o meio e absorve o produto da digestão.
- c) as células de levedo cresceriam mesmo sem a presença desse carboidrato ou de seus derivados.
- d) as células de levedo têm enzimas que carregam a sacarose para dentro da célula onde ocorre a digestão.
- e) a sacarose se transforma em amido, por ação de enzimas dos levedos, e entre as células onde é utilizada.

3. USF-SP 2018

Água de injeção*

O produto é indicado na diluição ou dissolução de medicamentos compatíveis com a água para injeção. Não deve ser administrada diretamente por via endovenosa. Sua administração na circulação sistêmica causa hemólise (destruição dos glóbulos vermelhos) e desordens eletrolíticas. Seu uso não é recomendável em procedimentos cirúrgicos.

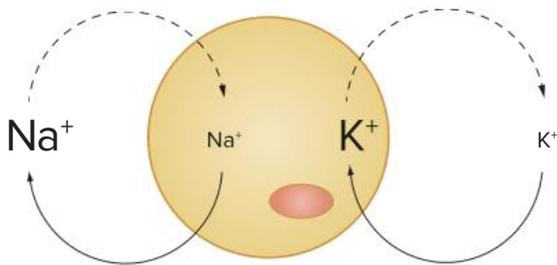
Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33836/2951567/agua+p+injecao.pdf/c76f9006-d69c-4c95-8ff0-1f71c72c78>
Acesso em: 11/10/2017.

*Água de injeção é uma água sem substâncias adicionadas, caracterizada por líquido límpido, hipotônico, estéril e apirogênico (sem produtos do metabolismo de organismos, como bactérias e fungos, que podem causar febre).

Com base no texto e nos seus conhecimentos de biologia, resolva o que se pede.

- Explique a razão pela qual a administração na circulação sistêmica da água de injeção causa hemólise. Qual a estrutura celular diretamente envolvida no processo de hemólise?
- Dentre os distúrbios eletrolíticos citados, podemos relatar alterações nas taxas de potássio e sódio no organismo. Como você consegue explicar o fato de que, no interior de uma célula normal, a concentração de íons sódio mantém-se cerca de 8 a 12 vezes menor que a do meio exterior, enquanto a concentração interna de potássio é cerca de 20 a 40 vezes maior que a concentração existente no meio extracelular?

4. **Cesgranrio-RJ** O esquema a seguir representa a passagem de íons Na^+ (sódio) e K^+ (potássio) através da membrana plasmática.



Em relação ao processo esquematizado, podemos afirmar que:

- por transporte ativo, os íons Na^+ entram na célula objetivando atingir a isotonia.
- por difusão, os íons K^+ entram na célula contra um gradiente de concentração.
- a entrada de íons K^+ por transporte ativo é compensada pela saída de Na^+ pelo mesmo processo.
- a saída de íons Na^+ por transporte passivo serve para contrabalançar a entrada dos mesmos íons por transporte ativo.
- para entrada e saída desses íons da célula não são consumidas moléculas de ATP.

5. **Unesp 2022** Em um tubo de ensaio contendo apenas água destilada, um pesquisador colocou igual número de células íntegras de hemácias e de algas verdes unicelulares (clorófitas). Após uma hora, o tubo foi centrifugado e o material precipitado foi recolhido com uma pipeta, gotejado sobre uma lâmina de vidro e observado ao microscópio óptico, no qual seria possível identificar a presença de células íntegras. Em seguida, a solução acima do precipitado foi recolhida e submetida à análise bioquímica para a possível identificação de moléculas de hemoglobina ou de clorofila.

- Nesse experimento, ao microscópio, o pesquisador
- não observou células íntegras de hemácias ou algas, e na solução aquosa identificou moléculas de hemoglobina e de clorofila.

- observou apenas células íntegras de hemácias, e na solução aquosa identificou apenas moléculas de clorofila.
- observou apenas células íntegras de algas, e na solução aquosa identificou apenas moléculas de hemoglobina.
- observou células íntegras de hemácias e algas, e na solução aquosa não identificou moléculas de hemoglobina ou de clorofila.
- observou células íntegras de hemácias e algas, e na solução aquosa identificou moléculas de hemoglobina e de clorofila.

6. **Unicamp-SP** Foi feito um experimento utilizando a epiderme de folha de uma planta e uma suspensão de hemácias. Esses dois tipos celulares foram colocados em água destilada e em solução salina concentrada. Observou-se ao microscópio que as hemácias, em presença de água destilada, estouravam e, em presença de solução concentrada, murchavam. As células vegetais não se rompiam em água destilada, mas em solução salina concentrada notou-se que o conteúdo citoplasmático encolhia.

- A que tipo de transporte celular o experimento está relacionado?
- Em que situação ocorre esse tipo de transporte?
- A que se deve a diferença de comportamento da célula vegetal em relação à célula animal? Explique a diferença de comportamento, considerando as células em água destilada e em solução concentrada.

7. **Fatec-SP** Analise os esquemas.

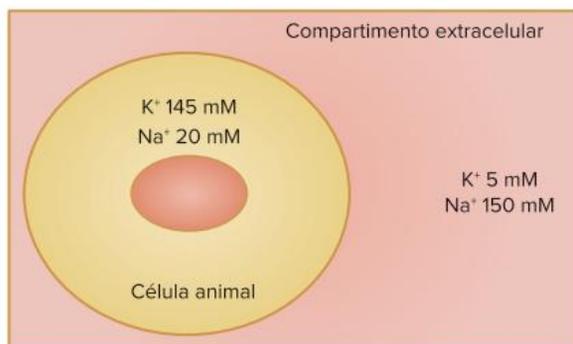


Uma célula animal foi mergulhada na solução de cloreto de potássio, cuja concentração é semelhante à do plasma sanguíneo (esquema 1). Após um certo tempo, a concentração de potássio na célula tornou-se vinte vezes maior que a da solução e o volume da mesma não se alterou (esquema 2).

A explicação para o fenômeno é:

- O potássio entrou na célula por osmose.
- Uma enzima lisossômica rompeu a membrana da célula por uma fração de segundo e o potássio entrou nela.
- Houve transporte ativo de água para o interior da célula e esta arrastou o potássio.
- Houve transporte passivo de potássio para o interior da célula, deslocando água para fora da mesma.
- Houve transporte ativo de potássio para o interior da célula.

8. **UFF-RJ** A representação a seguir indica as concentrações intra e extracelulares de sódio e potássio relativas a uma célula animal típica.



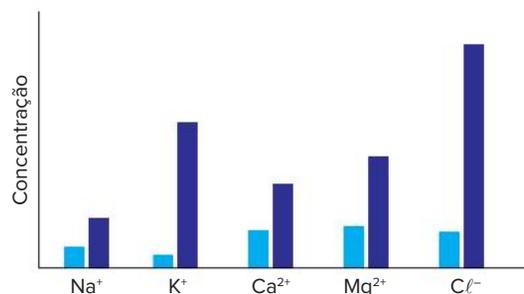
Observou-se, em uma experiência, que as concentrações de sódio nos dois compartimentos se tornaram aproximadamente iguais, o mesmo acontecendo com as concentrações de potássio.

Neste caso, poderia ter ocorrido:

- uma inibição do processo de difusão facilitada.
 - a utilização de um inibidor específico da bomba de cálcio.
 - um estímulo ao processo de osmose.
 - a utilização de um ativador específico da bomba de sódio e potássio.
 - a utilização de um inibidor da cadeia respiratória.
9. **Uerj 2019** Macromoléculas polares são capazes de atravessar a membrana plasmática celular, passando do meio externo para o meio interno da célula. Essa passagem é possibilitada pela presença do seguinte componente na membrana plasmática:
- açúcar
 - proteína
 - colesterol
 - triglicérideo
10. **UEL-PR 2021** A estrutura morfofuncional básica da membrana plasmática é entendida como uma fronteira entre os meios intra e extracelular, tendo por função controlar a entrada e a saída de substâncias químicas. Com base nos conhecimentos sobre a membrana plasmática, assinale a alternativa correta.
- Durante o processo de respiração celular, o O_2 se difunde pela célula por meio da membrana plasmática.

- Moléculas polares, como o O_2 , devido ao seu caráter hidrofílico, possuem elevada afinidade por proteínas, impedindo que alcancem a parede celular.
- Quando células vegetais são imersas em um ambiente isotônico, ocorre movimento de água através da parede da membrana plasmática.
- Grandes moléculas, como as proteínas e os ácidos graxos, atravessam a membrana em grande quantidade por meio do transporte passivo.
- A membrana plasmática tem por função fazer com que a água entre na célula quando o meio externo apresenta maior concentração de soluto que o citosol.

11. **UFSCar-SP** O diagrama apresenta a concentração relativa de diferentes íons na água (barras claras) e no citoplasma de algas verdes (barras escuras) de uma lagoa.



As diferenças na concentração relativa de íons mantêm-se devido à(ao):

- osmose.
 - difusão através da membrana.
 - transporte passivo através da membrana.
 - transporte ativo através da membrana.
 - barreira exercida pela parede celulósica.
12. Hemácias colocadas em solução hipotônica incham e explodem. O fenômeno descrito refere-se à(ao):
- difusão simples.
 - difusão facilitada.
 - transporte ativo primário.
 - osmose.
 - transporte ativo secundário.

BNCC em foco

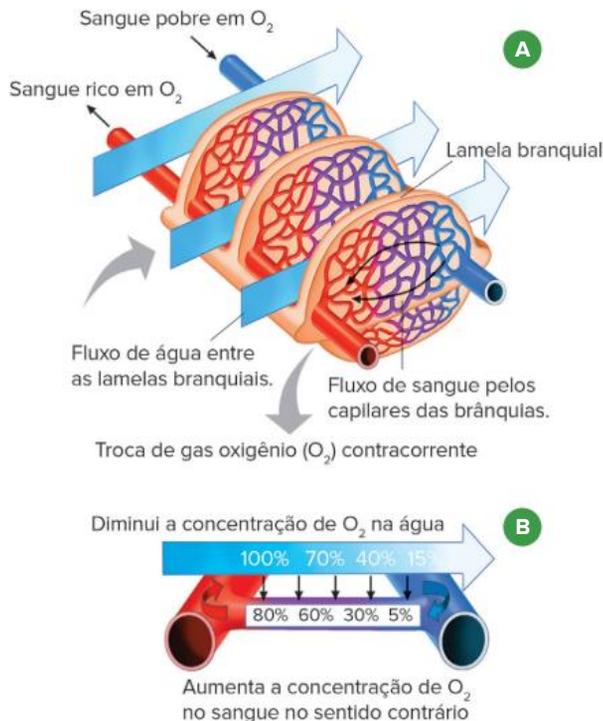


O texto e as figuras a seguir devem ser utilizados nas questões 1 e 2.

Adaptações em peixes marinhos

Os peixes são animais adaptados ao ambiente aquático. Além das adaptações à natação, visíveis externamente, eles também têm adaptações internas. Observe a seguir o

esquema da **respiração branquial** em peixe, que permite que as trocas gasosas ocorram diretamente entre o sangue circulante e a água do entorno. Merece destaque o **mecanismo de contracorrente**, no qual a circulação do sangue nas brânquias ocorre em sentido contrário ao da passagem da água pelos filamentos branquiais, o que potencializa as trocas gasosas.



Modificado de: Campbell, N. A.; Reece, J. B. Biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 917,

Representação da passagem de gás oxigênio (O_2) da água para o sangue nas lamelas branquiais de um peixe (A) e detalhe do mecanismo de contracorrente (B).

Os peixes ósseos marinhos têm outras adaptações importantes. Eles engolem a água do mar constantemente, mas essa água é hipertônica em relação aos seus fluidos corporais. Assim, parte do sal ingerido com a água não é absorvida pelo sistema digestório, saindo do corpo pelo ânus; e o excesso de sais absorvidos é eliminado de duas formas: uma parte, pelos rins, saindo com a urina; e outra parte, por células especiais, localizadas nas brânquias, as células de cloreto.

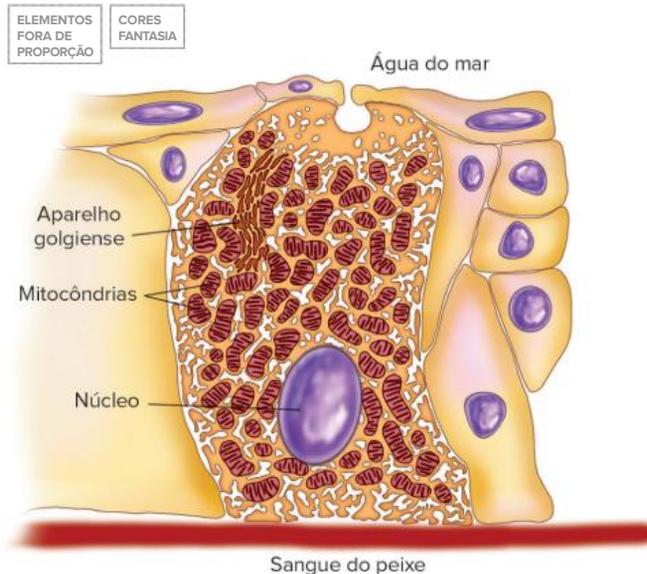
EM13CNT202 e EM13CNT303

1. Nas brânquias, o gás oxigênio da água passa para o sangue do peixe, e o gás carbônico faz o caminho inverso, isto é, passa do sangue do peixe para a água circundante.
 - a) Que fenômeno permite que isso aconteça? Explique.
 - b) Analise o esquema do mecanismo de contracorrente nas brânquias dos peixes e explique por que isso melhora a eficiência respiratória.

EM13CNT202 e EM13CNT303

2. O fenômeno responsável pela perda de água corporal dos peixes ósseos marinhos é a **osmose**.
 - a) Explique esse fenômeno.
 - b) Nos peixes ósseos marinhos, as células de cloreto, também chamadas ionócitos, localizadas nas brânquias, eliminam o excesso de sal do organismo por meio do bombeamento de íons (como o Cl^-) para o ambiente, contra o seu gradiente de

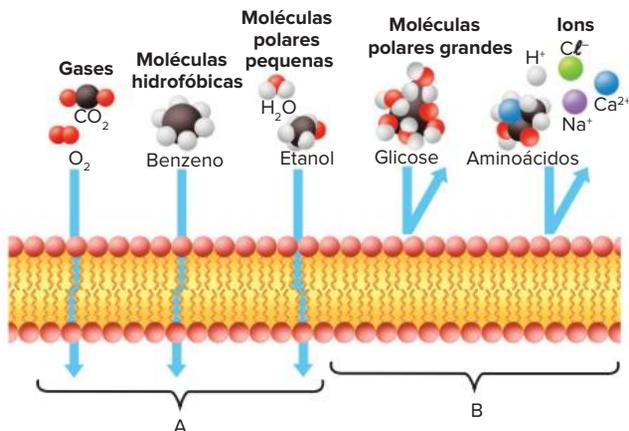
concentração. No esquema a seguir, qual a explicação para o grande número de mitocôndrias no citoplasma desse tipo de célula?



Célula de cloreto (ou ionócito) de brânquia de peixe ósseo marinho.

EM13CNT301

3. O esquema a seguir representa duas modalidades de difusão de substâncias através da membrana de uma célula.



Em A, moléculas pequenas e sem carga elétrica atravessam a membrana facilmente. Em B, moléculas grandes, ou carregadas eletricamente, não passam tão facilmente, necessitando de "ajuda".

- a) Como se chama o processo representado em A? Ele ocorre contra ou a favor do gradiente de concentração, com ou sem gasto de energia?
- b) Em B, moléculas grandes, como alguns aminoácidos e a glicose, por exemplo, ou íons (partículas carregadas eletricamente) podem entrar na célula por difusão facilitada. Considere uma molécula de glicose e explique como isso acontece. Se preferir, use um esquema explicativo.

ČESKOSLOVENSKO

UNESCO



Selo impresso na antiga Tchecoslováquia, por volta de 1965, em homenagem a Gregor Mendel.

G.J.MENDEL
1865 -
1965

FRENTE 1

CAPÍTULO

13

Introdução à Genética clássica

A Genética é a área da Biologia que estuda a hereditariedade. As técnicas e os métodos genéticos desenvolvidos antes do surgimento da Biologia Molecular consistem na área de estudo da Genética clássica.

Atualmente, o monge austríaco Gregor Johann Mendel (1822-1884) é considerado o pai da Genética pelo trabalho que desenvolveu há cerca de 150 anos, mas, na época em que foram apresentadas à comunidade científica, suas descobertas não tiveram muita repercussão. Apenas no início do século XX, os estudos de Mendel passaram a ter o devido reconhecimento.

Fundamentos da Genética

Genética corresponde ao estudo da hereditariedade. Embora a compreensão dos mecanismos da hereditariedade tenha um caminho interessante, nos ocuparemos dos aspectos fundamentais da Genética, associando-os aos conhecimentos acerca do DNA, da meiose e dos processos básicos da fecundação. O trabalho de Gregor Mendel e outros atributos históricos são discutidos no Texto complementar.

Como o estudo da Genética clássica requer o domínio de alguns conceitos matemáticos fundamentais, são apresentadas, a seguir, noções de probabilidade (assunto tratado com maior profundidade em Matemática).

Conceito de probabilidade

Probabilidade é definida como a relação entre o número de eventos favoráveis e o número de eventos igualmente possíveis.

$$\text{Probabilidade} = P = \frac{\text{número de eventos favoráveis}}{\text{número de eventos igualmente possíveis}}$$

No caso do lançamento de uma moeda, qual é a probabilidade de se obter a face “cara”? O evento favorável é “cara” e os eventos possíveis são “cara” e “coroa”. Isso significa um evento favorável em dois eventos igualmente possíveis (“cara” e “coroa”). O resultado é $\frac{1}{2}$ ou 50%.

$$P(\text{cara}) = \frac{\text{cara}}{\text{cara, coroa}} = \frac{1}{2} = 50\%$$

No caso do lançamento de um dado, qual é a probabilidade de se obter a face 3? O evento favorável é “face 3”; entretanto, há 6 eventos igualmente possíveis: face 1, face 2, face 3, face 4, face 5 e face 6. Assim, temos:

$$P(\text{face 3}) = \frac{F3}{F1, F2, F3, F4, F5, F6} = \frac{1}{6}$$

Regra do “ou” – eventos mutuamente exclusivos

No caso de lançamento de dado, qual é a probabilidade de se obter a face 3 ou a face 4? Agora, são dois eventos favoráveis: “face 3” e “face 4”; no entanto, seis eventos permanecem igualmente possíveis.

$$P(\text{face 3 ou face 4}) = \frac{F3, F4}{F1, F2, F3, F4, F5, F6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

Esse resultado envolve os chamados **eventos mutuamente exclusivos**: se der face 3, exclui-se a possibilidade de dar face 4; caso saia face 4, não poderá sair face 3.

No caso de eventos mutuamente exclusivos, podemos calcular a probabilidade de ocorrência de cada evento e fazer sua **soma**.

Assim, temos:

$$P(\text{face 3 ou face 4})$$

$$P(\text{face 3}) = \frac{1}{6}$$

$$P(\text{face 4}) = \frac{1}{6}$$

$$P(\text{face 3 ou face 4}) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

Regra do “e” – eventos independentes

No lançamento simultâneo de um dado e uma moeda, qual é a probabilidade de se obter cara e face 3? Para visualizar os resultados possíveis, podemos montar um quadro.

Dado Moeda	Face 1	Face 2	Face 3	Face 4	Face 5	Face 6
Cara	Evento 1	Evento 3	Evento 5	Evento 7	Evento 9	Evento 11
Coroa	Evento 2	Evento 4	Evento 6	Evento 8	Evento 10	Evento 12

Com base no quadro, podemos constatar que há um evento favorável (“cara” e “face 3”) em um total de 12 eventos igualmente possíveis.

$$P(\text{cara e face 3}) = \frac{1}{12}$$

Esse resultado envolve os chamados **eventos independentes**: o resultado do lançamento da moeda não interfere no resultado obtido com o lançamento do dado.

No caso de eventos independentes, podemos calcular a probabilidade de ocorrência de cada evento e fazer a **multiplicação** desses valores.

Assim, temos:

$$P(\text{cara e face 3})$$

$$P(\text{cara}) = \frac{1}{2}$$

$$P(\text{face 3}) = \frac{1}{6}$$

$$P(\text{cara e face 3}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{12}$$

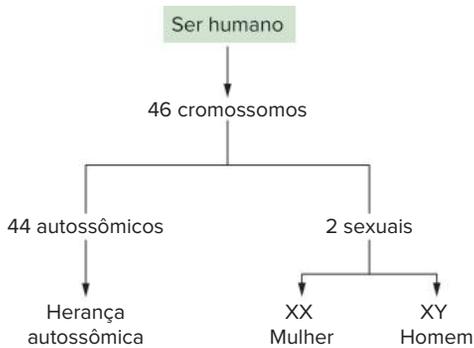
Feita a apresentação dos conceitos básicos de probabilidade, é necessário, agora, o contato com os conceitos biológicos relacionados ao estudo da hereditariedade.

Cromossomos e genes

Um ser humano ou outro animal, como o porquinho-da-índia (cobaia), tem o material genético nuclear constituído por **filamentos de cromatina**, que se condensam durante a divisão celular, formando os **cromossomos**. Para facilitar a explicação, vamos nos referir aos filamentos de material genético nuclear como cromossomos. Metade dos cromossomos de cada célula tem origem paterna (são provenientes do espermatozoide do pai) e a outra metade tem origem materna (são oriundos do ovócito da mãe). Há ainda o material genético (DNA) mitocondrial, de origem exclusivamente materna, pois todas as mitocôndrias são procedentes do ovócito, e não do espermatozoide.

No ser humano, há 46 cromossomos dispostos em 23 pares. Um dos pares, o que determina o sexo, é designado como sexual. A presença de dois cromossomos sexuais X (XX) designa o sexo biológico feminino, enquanto a de um cromossomo X e um Y (XY) designa o sexo biológico masculino.

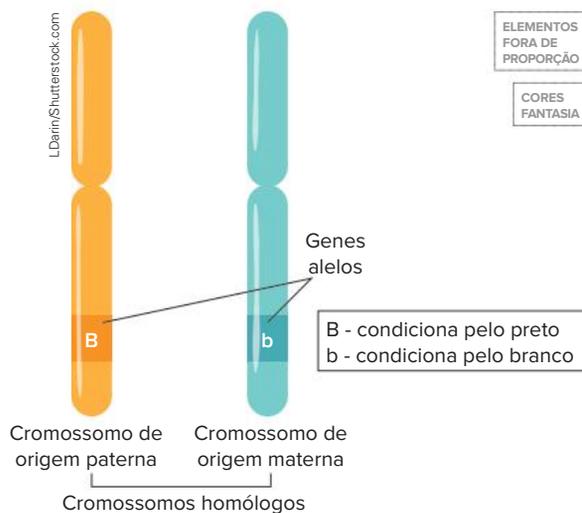
Os demais 44 cromossomos são denominados autossômicos. Genes localizados nesses cromossomos são responsáveis pela chamada herança autossômica. Por enquanto, não serão estudados os casos de herança relacionada aos genes presentes em cromossomos sexuais.



Tipos de cromossomos dos seres humanos.

As células do organismo derivam do zigoto, que é diploide, ou seja, apresenta pares de **cromossomos homólogos**: cromossomos com a mesma sequência de **genes**, o mesmo tamanho e o mesmo formato (um proveniente de cada genitor).

Consideremos um par de homólogos de uma cobaia. Ao longo de um cromossomo, dispõem-se inúmeros genes, responsáveis pela expressão de características do indivíduo. **Alelos** são genes que ocupam a mesma posição (*locus*) em cromossomos homólogos e são responsáveis pela determinação da mesma característica. Em relação à cor do pelo de cobaias, há duas variações: o alelo **B** condiciona pelo preto e o alelo **b** determina pelo branco.



No caso de cobaias, um indivíduo pode apresentar os alelos **B** e **b** (presentes na mesma posição em cromossomos homólogos).

Uma cobaia pode ter dois alelos **B** (BB), possuindo pelo preto. Caso a cobaia possua dois alelos **b** (bb), seu pelo será branco. Uma cobaia Bb tem pelo preto; não é cinza nem “menos preto” do que uma cobaia BB. Isso significa que o alelo **B** é **dominante** em relação ao alelo **b**, ou seja, o alelo **b** é **recessivo**, só expressa sua característica quando está em duplicidade (bb). Geralmente, como forma de representação, utiliza-se a letra inicial da característica recessiva para representar os alelos envolvidos na herança estudada, como a letra **b**, de **branco**.

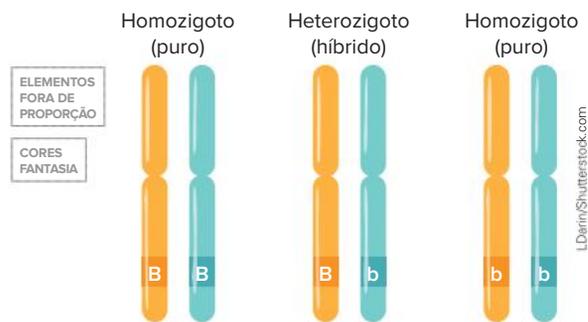
O grupo de genes que o indivíduo apresenta constitui seu **genótipo**. A característica que o genótipo manifesta é o seu **fenótipo**. Assim, o genótipo BB corresponde ao

fenótipo pelo preto; o genótipo bb determina o fenótipo pelo branco. O indivíduo Bb tem fenótipo pelo preto.

O fenótipo depende, em geral, da interação entre genótipo e ambiente. Por exemplo: um indivíduo com carga genética para estatura elevada, sem a nutrição adequada, terá a estatura mais reduzida.

Em relação ao genótipo das cobaias, há dois tipos de indivíduos:

- **homozigotos (ou puros)**: têm os dois alelos iguais, como é o caso de BB e de bb.
- **heterozigotos (ou híbridos)**: têm alelos diferentes, como ocorre com Bb.



Um indivíduo homozigoto possui alelos iguais (BB ou bb). Um indivíduo heterozigoto apresenta alelos diferentes (Bb).

Quanto ao fenômeno da dominância entre os alelos, o dominante é o que se manifesta, independentemente do alelo acompanhante. O alelo **B** determina pelo preto, estando junto de outro **B** ou de um alelo **b**. Já o alelo recessivo **b** expressa seu fenótipo somente quando se encontra em homozigose: apenas indivíduos bb são brancos.

Se considerarmos uma cobaia de pelo branco, ela certamente será bb. Uma cobaia de pelo preto pode ser BB ou Bb.



O alelo recessivo manifesta-se apenas em homozigose (bb), já o alelo dominante manifesta-se em homozigose (BB) e em heterozigose (Bb). Dessa forma, cobaias brancas são homozigotas recessivas (bb), enquanto cobaias pretas podem ser homozigotas (BB) ou heterozigotas (Bb).

É importante salientar que a dominância se refere à atuação do gene na expressão de características no indivíduo e não significa que sua distribuição na população seja maior: o

alelo dominante não corresponde necessariamente ao mais frequente na população. Como exemplo, pode-se citar o alelo que determina a polidactilia (presença de dedos extras). Ele é dominante em relação ao alelo responsável por condicionar os cinco dedos; no entanto, é mais raro na população.



A presença de um dedo a mais é indicativa de polidactilia.

Gametas

Na reprodução dos animais, os gametas representam o elo entre uma geração e outra. Gametas de animais são gerados por meiose, processo que reduz à metade o número de cromossomos. Conseqüentemente, isso determina a separação dos alelos. Um indivíduo heterozigoto (Bb) produz dois tipos de gametas: **B** e **b**, com 50% de cada tipo. Um indivíduo BB só gera gametas **B**; um homozigoto recessivo bb produz apenas gametas **b**.



Representação dos tipos possíveis de gametas que os indivíduos BB, Bb e bb podem formar.

Atenção

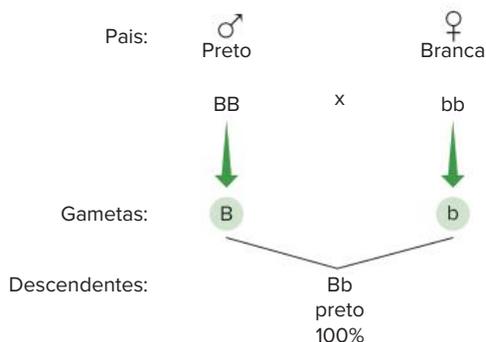
O exposto no item "Gametas" corresponde à primeira lei de Mendel.

Uma característica é determinada por dois alelos que se separam independentemente na formação dos gametas.

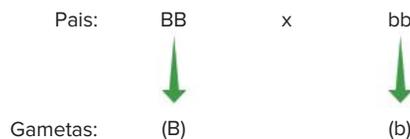
Cruzamentos

A partir da formação dos gametas, é possível representar cruzamentos de maneira organizada. Veja alguns exemplos, os possíveis descendentes e sua proporção esperada.

- Caso 1:



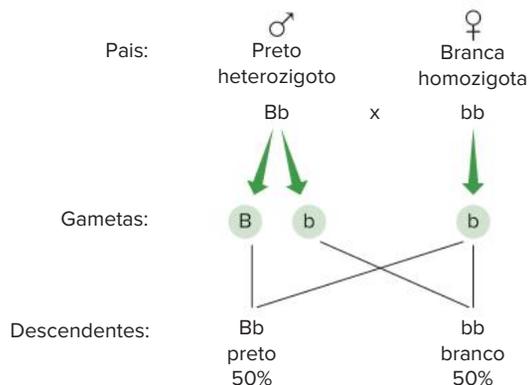
Esse cruzamento pode ser representado por meio de binômios:



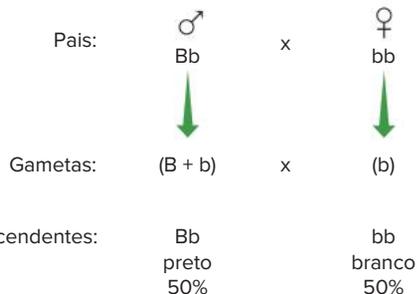
O resultado do cruzamento obtido pelo produto $B \times b$:



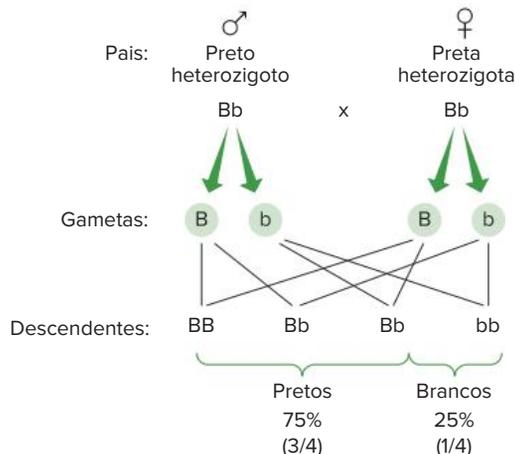
- Caso 2:



O cruzamento, representado na forma de binômio, fica:



- Caso 3:



Os cruzamentos podem ser representados por meio do **quadro de Punnett** (a seguir), com uma entrada para gametas masculinos e outra para gametas femininos.

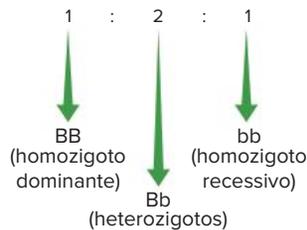
♂ \ ♀	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

Exemplo da aplicação do quadro de Punnett para um cruzamento entre heterozigotos.

Nesse exemplo, as proporções genotípicas da pole são:

- $\frac{1}{4}$ de BB
- $\frac{2}{4}$ (ou $\frac{1}{2}$) de Bb
- $\frac{1}{4}$ de bb

Pode-se dizer que essa proporção genotípica é de:

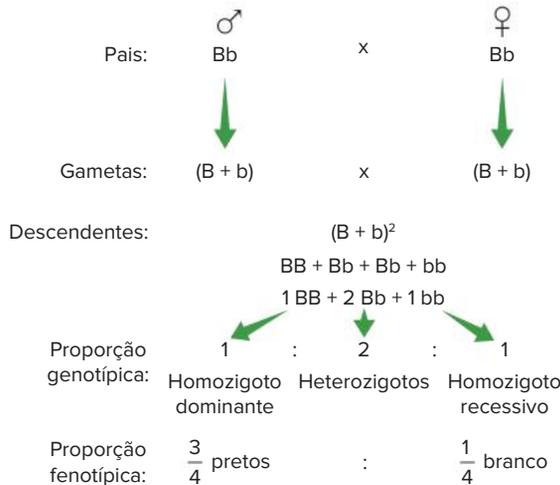


Em relação às proporções fenotípicas dos descendentes, tem-se:

- $\frac{3}{4}$ de pelagem preta (ou 75%)
- $\frac{1}{4}$ de pelagem branca (ou 25%)

Isso significa que a proporção fenotípica é de 3 : 1, ou seja, 3 pretos para 1 branco.

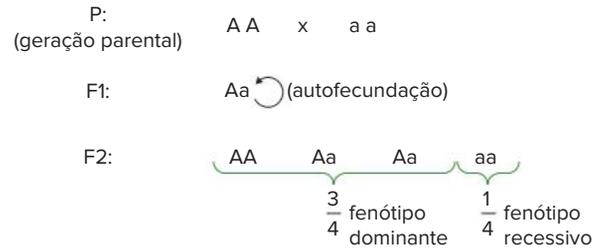
O mesmo cruzamento pode ser representado de na forma de binômios:



Cruzamento mendeliano

Nos trabalhos originais de Mendel, os cruzamentos desenvolvidos com plantas de ervilha foram realizados na sequência: geração parental (**P**), primeira geração filial (**F1**) e segunda geração filial (**F2**). A geração **P** envolveu o cruzamento entre homozigoto dominante e homozigoto

recessivo. A geração F1 resultante foi constituída de indivíduos heterozigotos. A autofecundação desses heterozigotos de F1 produziu a geração F2, com a distribuição de 3 : 1, ou seja, $\frac{3}{4}$ portadores de fenótipo dominante e $\frac{1}{4}$ portadores de fenótipo recessivo.



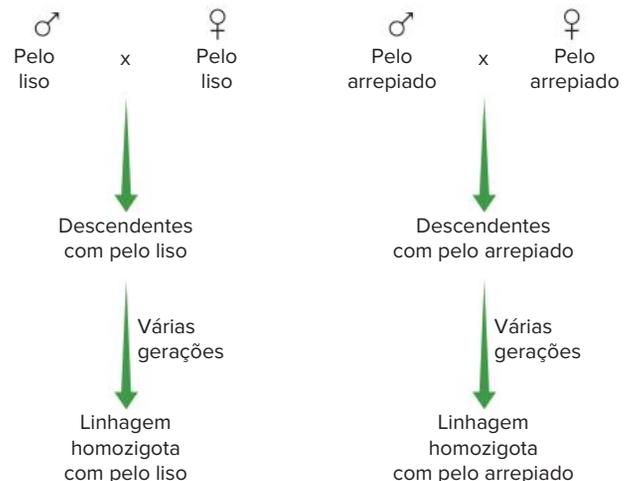
Cruzamento mendeliano. Representação resumida da sequência de cruzamentos nas gerações P, F1 e F2.

Determinação de dominância

Em relação à cor do pelo das cobaias, informamos nos itens anteriores que o alelo **B** (pelo preto) é dominante, e que o alelo **b** (pelo branco) é recessivo. No entanto, há situações em que só temos os fenótipos dos indivíduos e, a partir dessa informação, devemos determinar a dominância dos alelos.

O aspecto dos pelos de cobaias é outra característica determinada por um par de alelos. Há cobaias com pelo liso ou outras com pelo arrepiado. Qual é a relação de dominância entre os alelos envolvidos? Esse problema é resolvido com cruzamentos controlados, considerando grande número de descendentes.

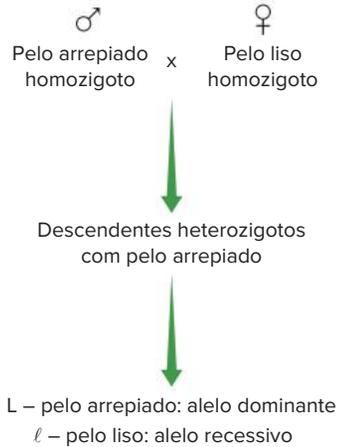
O cruzamento de um macho de pelo liso com uma fêmea de pelo liso gera descendentes de pelo liso. Esse procedimento, repetido por várias gerações, assegura que os indivíduos parentais são homozigotos. O mesmo procedimento é realizado com casal de pelo arrepiado; por várias gerações são obtidos descendentes de pelo arrepiado, revelando tratar-se de indivíduos homozigotos. Assim, são produzidas duas linhagens puras, ou seja, de homozigotos em relação a uma característica.



Linhagens puras são constituídas de indivíduos homozigotos e resultam de cruzamentos sucessivos.

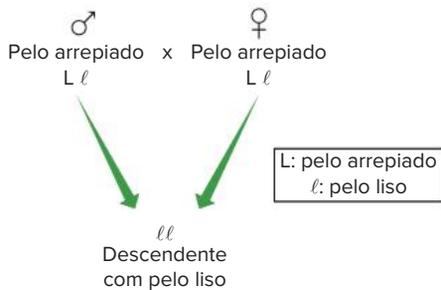
Cruzando-se um macho de pelo arrepiado homozigoto com uma fêmea de pelo liso homozigota, obtém-se descendência totalmente constituída por indivíduos de pelo

arrepiado, os quais são, obrigatoriamente, heterozigotos. Com isso, pode-se concluir que o alelo para pelo arrepiado é dominante (L) em relação ao alelo que condiciona pelo liso (ℓ).



O cruzamento entre cobaias de linhagens puras com fenótipos diferentes (pelo liso e pelo arrepiado) gera apenas descendentes de pelo arrepiado. Isso permite concluir que o alelo que determina pelo arrepiado é dominante em relação ao alelo que condiciona pelo liso.

Outro caminho para a determinação de dominância é por meio de um tipo de cruzamento envolvendo um casal com mesmo fenótipo e com, pelo menos, um dos descendentes apresentando fenótipo diferente dos pais. Por exemplo, se não fosse conhecida a dominância em relação ao tipo de pelos de cobaia, poderíamos estabelecer qual é o alelo dominante por meio do cruzamento de um casal de pelo arrepiado, gerando ao menos um descendente de pelo liso.



No caso de um casal de mesmo fenótipo (pelo arrepiado) gerar descendente(s) com fenótipo diferente (pelo liso), pode-se afirmar que a prole é composta de homozigotos recessivos ($\ell\ell$) e os pais são heterozigotos ($L\ell$).

O raciocínio para a interpretação do exemplo é:

- O indivíduo tem pelo liso porque apresenta genes que determinam essa característica (ele recebeu os genes dos pais).
- Os pais têm gene para pelo liso, mas esse gene não se manifestou neles (eles possuem pelo arrepiado).
- Gene que não se manifesta é recessivo; então, o alelo que condiciona pelo liso é recessivo (ℓ) e o que determina pelo arrepiado é dominante (L).
- Os pais são heterozigotos e o filho é homozigoto recessivo.

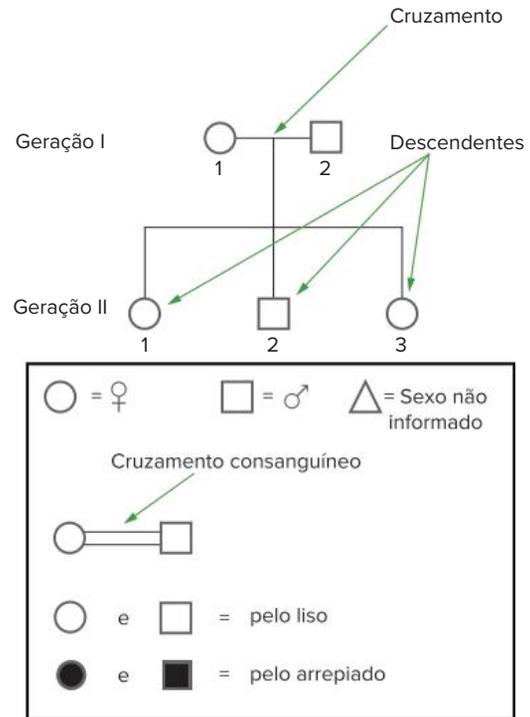
Heredogramas

Heredogramas são diagramas que representam gerações de indivíduos de grupos familiares. Constituem uma

forma organizada de visualizar e compreender padrões hereditários. São também denominados genealogias.

Há certas convenções adotadas para a construção de heredogramas. As gerações são representadas com algarismos romanos (I, II, III...); os indivíduos de cada geração são indicados por algarismos arábicos (1, 2, 3, 4...), da esquerda para a direita, colocados na ordem de nascimento por casal. Indivíduos do sexo feminino são representados por círculos, e masculinos, por quadrados; quando o sexo não é informado, representa-se o indivíduo por triângulo ou losango. Um traço horizontal entre círculo e quadrado significa cruzamento; dois traços paralelos representam cruzamento consanguíneo (há parentesco entre os componentes do casal). Um traço horizontal acima de um grupo de indivíduos significa que eles são descendentes de um certo casal.

Outra convenção importante consiste em representar uma dada característica (que pode ser dominante ou recessiva) pelo preenchimento dos círculos e quadrados. As figuras sem preenchimento indicam a característica oposta, que contrasta com a dos representados com preenchimento.



Principais convenções adotadas na construção de heredogramas. Os diferentes tipos de fenótipos na herança estudada devem ser destacados; no caso de pelagem de cobaias, os portadores de pelo arrepiado são representados em preto; e os indivíduos com pelo liso, em branco.

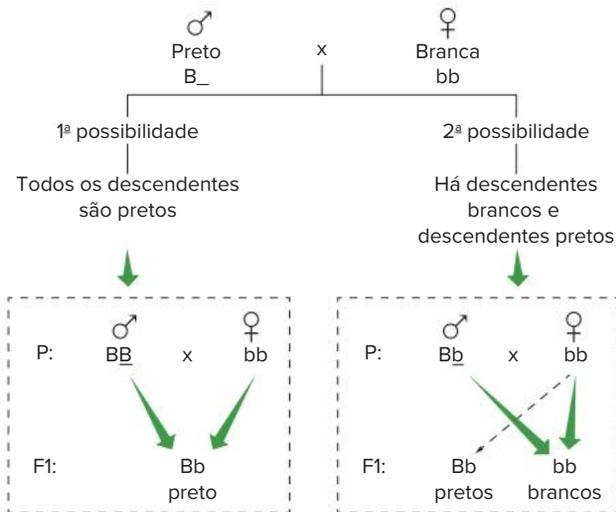
Definição de genótipos: cruzamento-teste

Cobaias de pelo branco são portadoras de genótipo **bb**; o portador de fenótipo recessivo é sempre homozigoto. No entanto, cobaias de pelo preto podem ser homozigotas (BB) ou heterozigotas (Bb). Para determinar o genótipo de indivíduo portador de fenótipo dominante

(preto), realiza-se o chamado cruzamento-teste. Um macho com genótipo desconhecido (preto) é cruzado com fêmea branca, que certamente tem genótipo **bb**. Com a obtenção de grande número de descendentes, é possível elucidar o problema.

Há dois resultados possíveis:

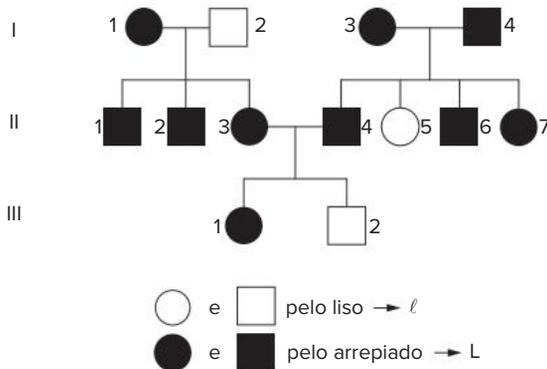
- Todos os descendentes são pretos. Sendo assim, o macho preto não possui o alelo *b*; se ele tivesse esse alelo, haveria algum descendente branco (*bb*). Assim, o indivíduo preto é **BB**.
- Há descendentes de dois tipos: pretos e brancos. Isso significa que o macho preto possui o alelo *b*; o descendente branco é *bb* – recebeu um alelo *b* da mãe e outro do pai, o qual apresenta genótipo **Bb**.



Cruzamento-teste para elucidar o fenótipo de macho de cobaia com pelagem preta (pode ser **BB** ou **Bb**). Esse macho é cruzado com fêmea de pelagem branca (*bb*). Considerando o fenótipo dos descendentes do casal, pode-se determinar o fenótipo do macho.

Exercícios resolvidos

1. Considere a seguinte genealogia e determine os genótipos possíveis.

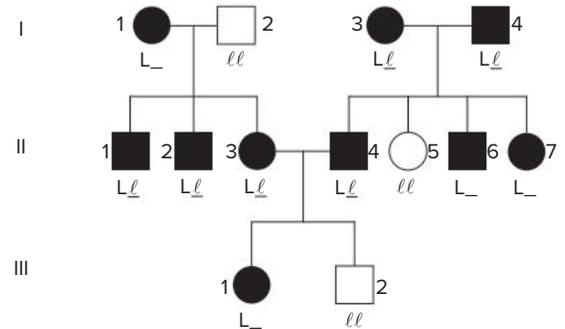


Resolução:

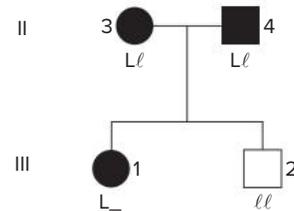
Os indivíduos de pelo liso são *ll* (I.2, II.5 e III.2). Os indivíduos de pelo arrepiado possuem ao menos um alelo *L*. Podem ser representados por L_{-} .

A determinação do alelo que acompanha *L* é feita com a ajuda dos homocigotos recessivos (*ll*). Esses indivíduos transmitem o alelo *l* para todos os seus descendentes; ainda, eles recebem um alelo *l* do pai e outro da mãe.

Com base nessas considerações, é possível determinar o genótipo da família em questão, com exceção dos indivíduos I.1, II.6, II.7 e III.1, que poderiam ser LL ou Ll .

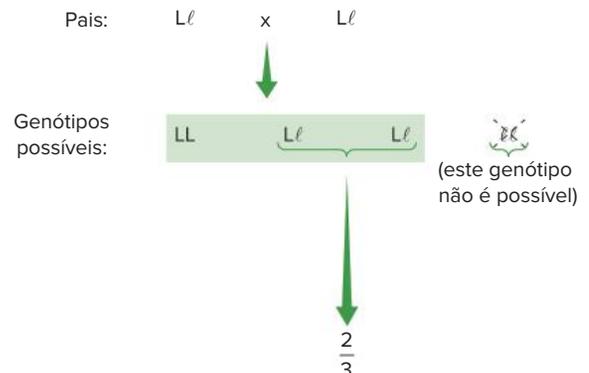


2. No estudo das genealogias, ocorrem casos de probabilidade condicional. Considerando o heredograma a seguir, qual é a probabilidade de a fêmea III.1 ser heterozigota?



Resolução:

Os pais de III.1 são heterocigotos (Ll) e os genótipos possíveis dos descendentes são: LL , Ll , Ll e ll . No entanto, a fêmea considerada tem pelo arrepiado e não pode ser *ll*. Assim, a probabilidade de ser heterocigota restringe-se a dois eventos em três possíveis:



Então, a probabilidade de III.1 ser heterocigota é de $\frac{2}{3}$.

Revisando

1. Leia com atenção o texto a seguir e responda ao que se pede.
“Muito embora o estudo da probabilidade seja tratado com maior rigor na Matemática, seu domínio é imprescindível para o estudo da Genética clássica”.
Pela razão apresentada no texto, defina probabilidade.

2. Ao retirarmos uma carta de um baralho completo (52 cartas), qual a probabilidade de a carta ser um rei de ouros?

3. Defina Genética.

4. O ser humano possui 46 cromossomos, dispostos em 23 pares. Um dos pares, designado como sexual, determina o sexo.
a) Qual a denominação dos demais 44 cromossomos?

- b) Os genes localizados nesses 44 cromossomos possuem alguma função? Se sim, qual?

5. O que é fenótipo?

6. Dê um exemplo de fenótipo influenciado pelo meio.

7. Que tipos de gametas podem ser formados por uma pessoa heterozigota (Aa) para uma determinada característica?

8. Descreva as características genóticas e fenotípicas das três gerações de um cruzamento mendeliano.

9. Que cruzamentos devem ser realizados para determinar a relação de dominância entre os alelos de duas características?

10. O que são heredogramas?

11. Suponha que a cor dos olhos seja determinada por dois alelos que seguem a primeira lei de Mendel. Um casal com olhos castanhos (dominante) tem dois filhos com olhos azuis (recessivo). Qual é a probabilidade de, em uma terceira gestação, nascer uma criança com olhos castanhos?

Exercícios propostos

1. **FGV-SP** Sabe-se que o casamento consanguíneo, ou seja, entre indivíduos que são parentes próximos, resulta em uma maior frequência de indivíduos com anomalias genéticas. Isso pode ser justificado pelo fato de os filhos apresentarem:

- a) maior probabilidade de heterozigoses recessivas.
- b) maior probabilidade de homozigoses recessivas.
- c) menor probabilidade de heterozigoses dominantes.
- d) menor probabilidade de homozigoses dominantes.
- e) menor probabilidade de homozigoses recessivas.

2. **Uece 2018** O albinismo é caracterizado pela ausência de pigmentos na pele e estruturas epidérmicas, em função da incapacidade de produção da melanina. O gene alelo recessivo não produz a forma ativa da enzima que catalisa a síntese da melanina.

Considerando-se o fato de um homem e uma mulher possuírem pigmentação da pele normal, sendo ele filho de um pai normal homozigoto e uma mãe albina, e ela filha de um pai albino e uma mãe normal homozigoto, é correto afirmar que a probabilidade de esse casal ter uma filha albina é de

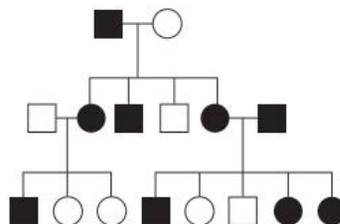
- a) 1/8.
- b) 1/2.
- c) 1/6.
- d) 1/4.

3. **Unifor-CE** Para cada característica herdada, um organismo possui dois genes, um vindo do pai e o outro da mãe. Quando os dois alelos de um par são diferentes, o organismo é _____, nesse caso, se a expressão de um dos alelos não puder ser notada, é denominado _____. Para completar corretamente o texto, as lacunas devem ser preenchidas, respectivamente, por:

- a) homólogo e dominante.
- b) heterogamético e paterno.
- c) recombinante e heterólogo.
- d) dizigótico e idêntico.
- e) heterozigótico e recessivo.

4. **Unicamp-SP 2021** A doença de Huntington, que é progressiva e degenerativa do sistema nervoso central, compromete significativamente a capacidade motora e cognitiva.

O heredograma a seguir representa o padrão de herança entre os indivíduos, sendo os indivíduos doentes representados em preto, e os indivíduos não doentes, em branco. Homens são representados pelos quadrados e mulheres, pelos círculos.



Considerando as informações apresentadas, é correto afirmar que a doença de Huntington

- a) é herdada de forma autossômica dominante.
- b) é herdada de forma autossômica recessiva.
- c) apresenta herança ligada ao cromossomo X.
- d) apresenta herança ligada ao cromossomo Y.

5. **Uece 2019** A probabilidade de um casal ter dois filhos do sexo masculino e a probabilidade de esse mesmo casal ter dois filhos, sendo uma menina e um menino são respectivamente

- a) 1/4 e 1/4.
- b) 1/2 e 1/2.
- c) 1/2 e 1/4.
- d) 1/4 e 1/2.

6. **Uece 2019** Um dos conceitos utilizados para a compreensão de genética diz que a propriedade de um alelo de produzir o mesmo fenótipo tanto em condição homocigótica quanto em condição heterocigótica é causada por um gene

- a) homocigoto.
- b) recessivo.
- c) dominante.
- d) autossomo.

7. **UEL-PR** Sabe-se que o albinismo é determinado pela ação de um gene recessivo autossômico. Considere um casal normal que teve 6 crianças todas normais. Sabendo-se que o avô paterno e a avó materna das crianças eram albinos, podemos afirmar com certeza que a probabilidade de um novo filho vir a ser albino (sem considerar o sexo), será:

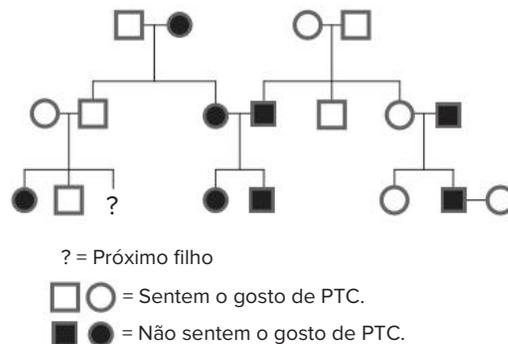
- a) 0%
- b) 25%
- c) 50%
- d) 75%
- e) 100%

8. **Enem PPL 2018** Gregor Mendel, no século XIX, investigou os mecanismos da herança genética observando algumas características de plantas de ervilha, como a produção de sementes lisas (dominante) ou rugosas (recessiva), característica determinada por um par de alelos com dominância completa. Ele acreditava que a herança era transmitida por fatores que, mesmo não percebidos nas características visíveis (fenótipo) de plantas híbridas (resultantes de cruzamentos de linhagens puras), estariam presentes e se manifestariam em gerações futuras.

A autofecundação que fornece dados para corroborar a ideia da transmissão dos fatores idealizada por Mendel ocorre entre plantas

- a) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- b) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem sementes lisas e rugosas.
- c) de linhagem pura, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- d) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem sementes lisas e rugosas.
- e) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem apenas sementes rugosas.

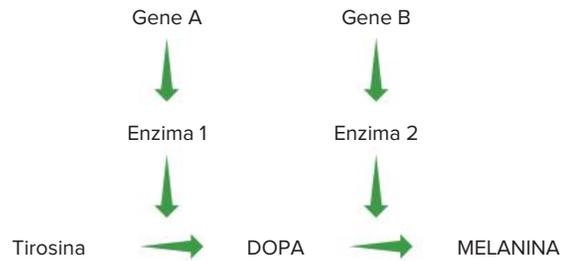
9. **UFMG** As pessoas podem detectar a substância química feniltiocarbamida – PTC – sentindo um gosto amargo ou mesmo não sentindo qualquer sabor. Observe este heredograma para a capacidade de sentir o gosto dessa substância.



Com base nesse heredograma e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

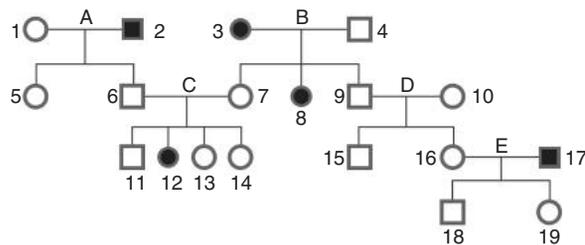
- a) o alelo para a capacidade de sentir o gosto do PTC é dominante.
- b) o loco do gene em estudo está situado em um cromossomo autossômico.
- c) o risco de III-3 nascer incapaz de sentir o gosto do PTC é de 50%.
- d) os indivíduos I-1 e II-1 são heterocigotos.

10. **UFMG** Os indivíduos albinos não possuem melanina – pigmento responsável pela cor e proteção da pele – e, por isso, são muito sensíveis à luz solar. Neste esquema, está representada parte da via biossintética para a produção desse pigmento:

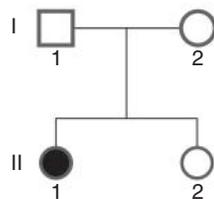


Com base nesse esquema e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

- a ausência da enzima 1 resulta em um aumento da concentração de tirosina.
 - casamentos entre indivíduos albinos não podem gerar descendentes com melanina.
 - diferentes genótipos podem dar origem ao albinismo.
 - indivíduos AABB formam gametas do tipo AA e BB.
11. **Unirio-RJ** O popular “Teste do pezinho” feito em recém-nascidos pode detectar a doença fenilcetonúria. Tal doença deve-se à presença de uma enzima defeituosa que não metaboliza corretamente o aminoácido fenilalanina, cuja ingestão provoca retardamento mental. Na genealogia a seguir, os indivíduos que apresentam fenilcetonúria estão em negro. Sabendo-se que a determinação do caráter se deve apenas a um par de genes autossômicos, determine o cruzamento que permite diagnosticar a recessividade do gene que condiciona a fenilcetonúria e a probabilidade de nascer uma menina afetada a partir do cruzamento 12 × 18.



- C e 50%
 - C e 25%
 - B e 6,25%
 - B e 8,25%
 - C e 75%
12. **UFC-CE** No heredograma adiante, a criança II-1 tem fibrose cística, uma doença causada por um alelo recessivo autossômico. As probabilidades de que sua irmã (II-2) não afetada seja carreadora ou não carreadora da fibrose cística são, respectivamente:



- zero, $\frac{1}{4}$
- $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$
- $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$
- $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$

13. UEPG-PR 2020 Na Primeira Lei de Mendel, cada característica é determinada por um gene (um par de alelos em organismos diploides). Esses alelos são herdados um de cada gameta (masculino e feminino). Considere a característica “cor da pelagem” de uma cobaia, a qual é controlada por um par de alelos. A cor de pelagem preta é determinada pela presença de um alelo dominante (B). A pelagem branca é determinada pela homozigose do alelo recessivo, representado por (b). Analise os cruzamentos abaixo e assinale o que for correto.

(I) Parentais: macho preto X fêmea branca

Fenótipo dos descendentes: 100% de pelagem preta

(II) Parentais: macho preto X fêmea branca

Fenótipo dos descendentes: 50% de pelagem preta e 50% pelagem branca

(III) Parentais: macho branco X fêmea branca

Fenótipo dos descendentes: 100% de pelagem branca

01 No cruzamento (I), estão sendo cruzadas duas linhagens puras, onde o macho apresenta genótipo BB, enquanto a fêmea é bb.

02 No cruzamento representado em (III), o macho, a fêmea e os descendentes apresentam genótipo bb.

04 Em (II), o macho apresenta genótipo heterozigoto Bb.

08 Nos três cruzamentos (I, II e III), as fêmeas dos cruzamentos parentais apresentam genótipo bb.

Soma:

14. FMP-RJ 2020 O cruzamento teste, usado em genética, é uma maneira de verificar se um indivíduo com um fenótipo dominante apresenta homozigose ou heterozigose para essa característica. Em um cruzamento teste, o indivíduo com fenótipo dominante é cruzado com um indivíduo com fenótipo recessivo.

Se o indivíduo testado apresenta heterozigose, a proporção fenotípica dos indivíduos resultantes do cruzamento teste é

- a) 100% fenótipo dominante
- b) 75% fenótipo dominante e 25% fenótipo recessivo
- c) 25% fenótipo dominante e 75% fenótipo recessivo
- d) 100% fenótipo recessivo
- e) 50% fenótipo dominante e 50% fenótipo recessivo

15. Uece Se num cruzamento-teste encontramos a proporção fenotípica 1 : 1, isto é, 50% da progênie com fenótipo dominante e 50% com fenótipo recessivo, podemos concluir corretamente que:

- a) o genótipo do indivíduo testado era homozigoto.
- b) o genótipo do indivíduo testado era heterozigoto.
- c) ambos os genótipos dos indivíduos cruzados eram homozigotos.
- d) ambos os genótipos dos indivíduos cruzados eram heterozigotos.

Texto complementar

Os trabalhos de Mendel

Gregor Mendel (1822-1884) publicou um trabalho em 1865 sobre a reprodução de ervilhas da espécie *Pisum sativum*, em que estabeleceu fundamentos acerca da hereditariedade. No entanto, esse trabalho não recebeu a atenção de seus contemporâneos. Apenas em 1900 ocorreu a redescoberta de suas pesquisas e, então, veio o reconhecimento do seu trabalho.

Mendel estudou separadamente sete características das ervilhas, como a cor das sementes, que eram verdes ou amarelas. Cada uma das outras características apresentava duas variações facilmente identificáveis.

Característica	Variações
Cor da semente	Verde ou amarela
Aspecto da semente	Rugosa ou lisa
Cor da vagem	Amarela ou verde
Aspecto da vagem	Constrita ou intumescida
Tamanho da planta	Baixa ou alta
Cor da flor	Branca ou vermelha
Posição da flor	Terminal ou axilar

Características estudadas por Mendel e suas variações.

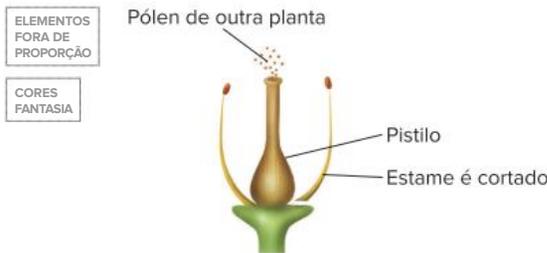
A flor de ervilha é monóclina, isto é, tem estames (♂) e um pistilo (♀). Os estames produzem grãos de pólen. Na flor de ervilha, ocorre autopolinização, ou seja, os grãos de pólen atingem o pistilo da mesma flor. Isso determina uma autofecundação da flor, que gera fruto (vagem) contendo inúmeras sementes (grãos).

Mendel trabalhou com linhagens puras de ervilhas. Por exemplo, uma planta baixa, por autofecundação, gera sementes que, plantadas, desenvolvem-se como plantas baixas. Repetindo esse procedimento por várias gerações, ele obteve uma linhagem pura de plantas baixas. Utilizando a mesma técnica, Mendel obteve uma linhagem pura de plantas altas.



Procedimento adotado por Mendel para obter linhagens puras.

Mendel realizou a fecundação cruzada entre plantas de diferentes linhagens, cruzando plantas altas com plantas baixas, por exemplo. O procedimento consiste em retirar os estames de uma flor ainda jovem e aplicar, com um pincel, pólen de outra planta sobre o pistilo da flor.

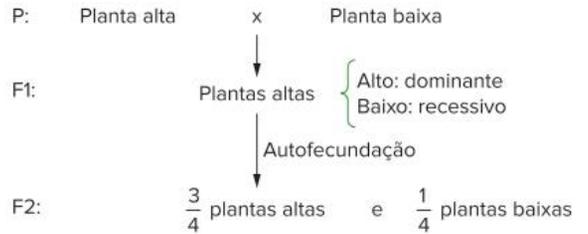


A retirada dos estames das flores impede que ocorra autofecundação.

Mendel realizou cruzamentos em uma sequência determinada. A geração parental (P) é constituída de indivíduos de linhagens puras, que são cruzados. Os descendentes constituem a primeira geração filial (F1). Por autofecundação, os indivíduos de F1 produzem descendentes, que constituem a segunda geração filial (F2).

Cruzando plantas altas com plantas baixas, ambas de linhagens puras, Mendel obteve em F1 apenas plantas altas. O caráter baixa estatura não se manifestava e foi denominado **recessivo**. O caráter que se manifestou foi alta estatura, denominado **dominante**.

Com a autofecundação de F1, os resultados em F2 foram de, aproximadamente, $\frac{3}{4}$ de indivíduos altos e $\frac{1}{4}$ de indivíduos baixos.



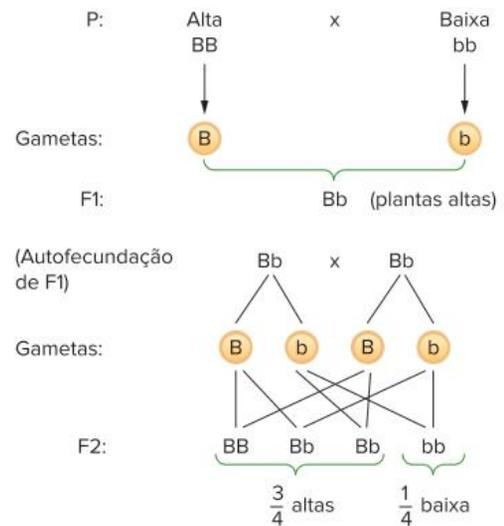
O cruzamento de indivíduos da geração parental (P) é realizado por meio de fecundação cruzada. A autofecundação da primeira geração filial (F₁) dá origem à segunda geração filial (F₂).

Em F1, os indivíduos não manifestavam baixa estatura, mas gravavam alguns descendentes com essa característica. Mendel concluiu que os híbridos de F1 não representavam uma simples fusão de características dos pais. Considerou que as características são determinadas por “**fatores**” (posteriormente, este termo foi substituído por “genes”). Em ervilha, havia um fator dominante, responsável pela estatura alta, e um fator recessivo, que determinava baixa estatura. Ele representou esses fatores por letras: b para baixa estatura e B para alta estatura.

Mendel considerou que um indivíduo apresentava dois fatores, responsáveis pela determinação de uma característica. Na formação dos gametas, ocorreria a separação desses fatores e cada gameta apresentaria apenas um fator. Isso corresponde ao que se denominou primeira lei de Mendel ou lei da pureza dos gametas:

Uma característica é determinada por dois fatores, que se separam na formação dos gametas.

O cruzamento mendeliano pode ser assim representado:



Representação do cruzamento mendeliano.

É interessante notar que Mendel obteve esses resultados sem ter conhecimento acerca do DNA e da meiose.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

- **Probabilidade:** é definida como a relação entre o número de eventos favoráveis e o número de eventos igualmente possíveis.

$$\text{Probabilidade} = P = \frac{\text{número de eventos favoráveis}}{\text{número de eventos igualmente possíveis}}$$

- **Regra do “ou”:** o cálculo da probabilidade de ocorrência de cada evento é feito com sua **soma**.
- **Regra do “e”:** o cálculo da probabilidade de ocorrência de cada evento é feito com a **multiplicação** dos valores.
- **Genética clássica:** corresponde ao estudo da hereditariedade e dos aspectos fundamentais do DNA, da meiose e dos processos básicos da fecundação. Trata dos trabalhos realizados por Mendel.

- **DNA:** é o material genético nuclear, que, juntamente com proteínas, constitui os filamentos de cromatina condensados (durante a divisão celular), formando os **cromossomos**. Ao longo de um cromossomo, dispõem-se inúmeros **genes**, responsáveis por características do indivíduo. Alelos são genes que ocupam a mesma posição (*locus*) em cromossomos homólogos e são responsáveis pela determinação da mesma característica. O conjunto de genes que o indivíduo apresenta constitui seu **genótipo**. A característica que ele manifesta é o seu **fenótipo**, que depende da interação do genótipo com o ambiente.
- **Genótipos:** pode haver dois tipos:
Homozigotos (puros) – com dois alelos iguais, como BB e bb.
Heterozigotos (híbridos) – com alelos diferentes, como em Bb.
- **Dominância entre alelos:** o alelo dominante (A) manifesta seu fenótipo em homozigose (AA) ou heterozigose (Aa). Já alelos recessivos apenas manifestam-se em homozigose (aa). A dominância se refere à sua atuação no indivíduo e não à sua distribuição na população.
- **Hereditariedade:** células do organismo derivam do zigoto (2n), que apresenta pares de cromossomos homólogos. Metade dos cromossomos tem origem paterna e a outra metade tem origem materna. Há também o DNA mitocondrial, de origem exclusivamente materna (todas as mitocôndrias das células são procedentes do ovócito).
- **Gametas:** são gerados por meiose, que separa os alelos. Exemplo: indivíduo heterozigoto (Bb) produz dois tipos de gametas: **B** e **b**. Indivíduos homozigotos (BB ou bb) produzem gametas de um único tipo: **B** ou **b**.
- **Cruzamentos:** acontecem durante a reprodução de indivíduos e podem ser representados pelo produto entre os gametas gerados. Exemplo:

Pais:	Aa	x	aa
	↓		↓
Gametas:	(A + a)		(a)

Descendentes do cruzamento = Aa e aa
- **Cruzamento Mendeliano:** Mendel realizou cruzamentos que envolviam:
 - Geração parental (P): cruzamento entre homozigoto dominante (BB) e homozigoto recessivo (bb).
 - Primeira geração filial (F1): resultado do cruzamento de P; é constituída de indivíduos heterozigotos (Bb).
 - Segunda geração filial (F2): resultado do cruzamento de F1 (heterozigotos); é constituída de indivíduos na proporção de 3 : 1, ou seja, $\frac{3}{4}$ de portadores de fenótipo dominante (entre eles AA e Aa) e $\frac{1}{4}$ de portadores de fenótipo recessivo (com genótipo aa).
- **Determinação de dominância:** é feita a partir do fenótipo dos indivíduos, em duas possibilidades:
 - **Obtenção e cruzamento de linhagens puras:** linhagens puras (homozigotas com relação a uma característica) podem ser obtidas por meio de cruzamentos sucessivos de indivíduos com mesmo fenótipo. O cruzamento dessas linhagens puras gerará descendentes obrigatoriamente heterozigotos. Portanto, o fenótipo expresso é o caracterizado pelo alelo dominante.
 - **Observação do fenótipo dos descendentes:** quando um dos descendentes apresenta fenótipo diferente do observado nos pais, pode-se concluir que os pais possuem o alelo que manifesta a característica do descendente diferente, mas esse alelo não se manifestou neles. Portanto, o alelo que não se manifesta é o recessivo e os pais são heterozigotos, e o descendente é homozigoto recessivo.
- **Heredogramas:** são diagramas que representam gerações de indivíduos em grupos familiares, permitindo visualizar e compreender padrões hereditários. Podem ser chamados de genealogias. Entre as convenções para sua construção, estão:
 - Gerações são representadas com algarismos romanos (I, II, III etc.).
 - Indivíduos são indicados por algarismos arábicos (1, 2, 3, 4 etc.), dispostos da esquerda para a direita, colocados na ordem de nascimento por casal.
 - Indivíduos do sexo feminino são representados por círculos e masculinos por quadrados; quando o sexo não é informado, representa-se o indivíduo por triângulo ou losango.
 - Traço horizontal entre círculo e quadrado significa cruzamento.
 - Dois traços paralelos representam cruzamento consanguíneo (há parentesco entre os componentes do casal).
 - Traço horizontal acima de um grupo de indivíduos significa que eles são descendentes de um certo casal.
 - Círculos e quadrados preenchidos correspondem à expressão de uma característica e sem preenchimento indicam a característica oposta.
- **Definição de genótipos:** são realizados cruzamentos-teste para determinação do genótipo de um indivíduo com fenótipo dominante. Para isso, um indivíduo com o genótipo desconhecido (e com fenótipo dominante) é cruzado com outro de fenótipo recessivo (com genótipo homozigoto recessivo). Com a obtenção de grande número de descendentes, é possível elucidar o problema. Assim, há dois resultados possíveis: todos os descendentes apresentam fenótipos dominantes e caracterizam o genótipo desconhecido como homozigoto dominante (AA); ou descendentes com fenótipos de dois tipos – dominantes e recessivos – o que significa que o genótipo desconhecido apresenta um alelo recessivo, sendo heterozigoto (Aa).

Quer saber
mais?



Site

<http://www.juventudect.fiocruz.br/categoria-ciencia/ciencias-biologicas/genetica>
(Acesso em: 9 jan. 2021)

O site do Observatório da Juventude, Ciência e Tecnologia da Fundação Oswaldo Cruz traz informações sobre como seguir carreira na área de Genética.

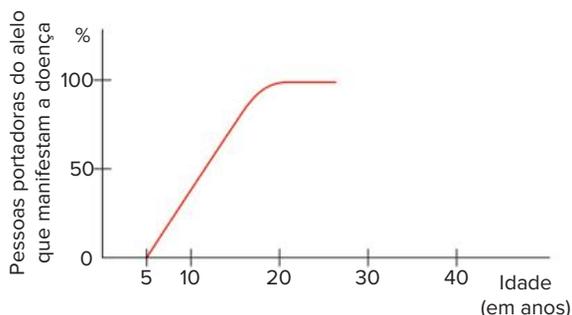
Exercícios complementares

- 1. UFJF/Pism-MG 2018** Até o início século XX a explicação mais aceita para a hereditariedade era a de que os gametas eram formados por partículas providas de várias regiões do corpo e na fecundação eles se fundiam, misturando assim as características dos pais em um novo indivíduo. Mendel postulou que fatores, ou elementos, eram responsáveis pela transmissão de tais características e que eles são recebidos dos pais, via gametas. Marque a alternativa que representa de forma **CORRETA** as explicações de Mendel para a hereditariedade e os conceitos atuais da genética.

- Os genes correspondem ao que Mendel denominou fatores que se unem durante a fecundação, gerando um indivíduo com as características intermediárias do pai e da mãe.
- Ao herdar dos pais dois alelos diferentes para uma mesma característica hereditária, um indivíduo pode ter manifestada apenas uma variável: o fenótipo dominante.
- Na formação dos gametas, os alelos para uma mesma característica, herdados de pai e mãe, se separam independentemente nas células diploides.
- Em um indivíduo, cada característica hereditária é condicionada por um alelo, resultante da associação de diferentes genes oriundos da fusão dos gametas do pai e da mãe.
- Na segunda fase da meiose, ocorre o pareamento dos genes alelos em cromossomos homólogos na placa equatorial da célula, para a formação de gametas.

- 2. Mackenzie-SP** Em drosófilas, o caráter asa curta é recessivo em relação ao caráter asa longa. Um macho puro de asa longa é cruzado com uma fêmea de asa curta. Um indivíduo de F1 é retrocruzado com a fêmea parental e se obtém 480 larvas. Supondo que todas sofram metamorfose, o número esperado de indivíduos de asa curta é de:
- 480
 - 120
 - 180
 - 360
 - 240

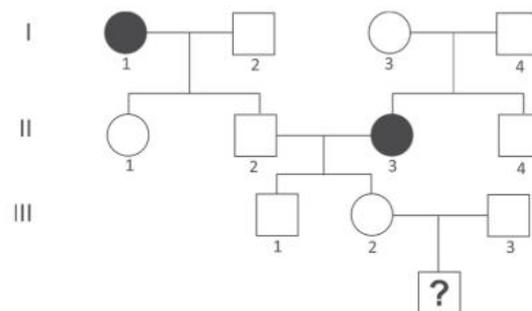
- 3. UFRRJ** Admita que uma determinada doença neurodegenerativa que provoca convulsões e leve à morte em pouco mais de 10 meses seja determinada por um gene dominante. Essa doença manifesta-se tardiamente como representado no gráfico a seguir.



Se um casal com 35 anos tiver um filho, a chance de a criança vir a manifestar a doença corresponde a:

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

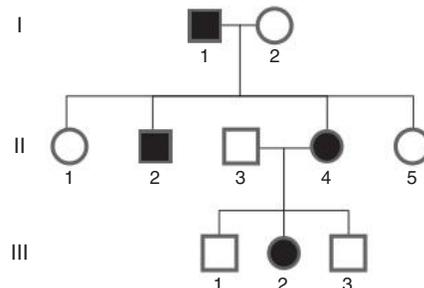
- 4. Fuvest-SP 2019** Uma alteração genética é determinada por um gene com herança autossômica recessiva. O heredograma mostra famílias em que essa condição está presente.



O casal III2 e III3 está esperando um menino. Considerando que, nessa população, uma em cada 50 pessoas é heterozigótica para essa alteração, a probabilidade de que esse menino seja afetado é

- 1/100
- 1/200
- 1/1.000
- 1/25.000
- 1/40.000

- 5. UFSC** A figura a seguir apresenta uma genealogia hipotética.



Com relação a essa figura, é correto afirmar que:

- os indivíduos II-3 e II-4 representam, respectivamente, um homem e uma mulher.
- os indivíduos I-1 e II-2, por exemplo, são indivíduos afetados pela característica que está sendo estudada, enquanto II-1 e III-3 não o são.
- III-1 é neto(a) de I-1 e I-2.
- III-2 é sobrinho(a) de II-5.
- II-3 não tem nenhuma relação genética com I-2.
- II-1 é mais jovem do que II-5.
- com exceção de II-3, os demais indivíduos da segunda geração são irmãos.

Soma:

6. Famerp-SP 2018 O bebê Charlie Gard, de 11 meses, morreu devido à Síndrome de Depleção do DNA mitocondrial, doença muito rara, que causa a morte precoce. Essa síndrome é determinada por uma mutação no gene autossômico RRM2B, situado no núcleo celular. Essa mutação faz com que o gene não produza uma proteína essencial para a síntese de DNA mitocondrial, o que provoca uma redução na quantidade dessas organelas, afetando principalmente células musculares e neurônios, como ocorreu com o bebê Charlie.

(Folha de S.Paulo, 05.07.2017. Adaptado.)

- Qual molécula fundamental ao metabolismo celular é sintetizada pelas mitocôndrias? Por que a redução da quantidade de mitocôndrias afeta principalmente células musculares e neurônios?
- Considerando que os pais de Charlie não possuem a síndrome e que as mitocôndrias são herdadas da linhagem materna, por que a mãe de Charlie não apresenta a doença? Qual a probabilidade de os pais de Charlie gerarem outra criança com a mesma síndrome?

7. Enem Libras 2017 A acondroplasia é uma forma de nanismo que ocorre em 1 a cada 25000 pessoas no mundo. Curiosamente, as pessoas não anãs são homozigotas recessivas para o gene determinante dessa característica. José é um anão, filho de mãe anã e pai sem nanismo. Ele é casado com Laura, que não é anã. Qual é a probabilidade de José e Laura terem uma filha anã?

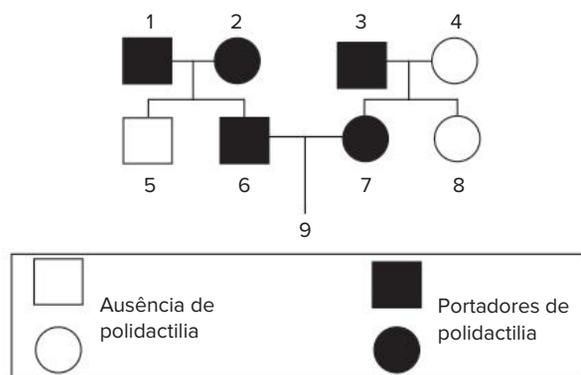
- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

8. UFRJ Alguns centros de pesquisa na Inglaterra estão realizando um programa de triagem populacional para detectar a fibrose cística, uma doença autossômica recessiva grave particularmente comum em caucasianos. Toda pessoa na qual o alelo recessivo é detectado recebe orientação a respeito dos riscos de vir a ter um descendente com a anomalia. Um inglês heterozigoto para essa característica é casado com uma mulher normal, filha de pais normais, mas cujo irmão morreu na infância, vítima de fibrose cística. Calcule a probabilidade de esse casal ter uma criança com fibrose cística. Justifique sua resposta.

9. UFJF/Pism-MG 2021 Na coloração da pelagem de uma espécie animal, que produz um filhote por gestação, a expressão do alelo dominante **B** condiciona pelagem preta. O alelo recessivo **b** condiciona pelagem branca. Levando em consideração a expressão dos alelos e o cruzamento entre dois indivíduos heterozigotos, responda as questões abaixo:

- Quais seriam as colorações atribuídas aos genótipos BB, Bb e bb nesta espécie?
- Qual é a probabilidade do casal gerar, em três gestações, 2 filhotes brancos e um preto?
- Qual é a probabilidade do casal gerar, em três gestações, um filhote branco, um preto e outro branco nesta ordem?

10. Mackenzie-SP 2019 Observe a genealogia abaixo



Os indivíduos 1, 2, 3, 6 e 7 são portadores de polidactilia (presença de seis ou mais dedos nas mãos e nos pés), enquanto que os indivíduos 4, 5 e 8 não são portadores de polidactilia. Sabendo-se que a característica analisada pela genealogia é condicionada por um par de alelos autossômicos, pode-se concluir que a probabilidade do indivíduo 9 nascer do sexo masculino e com ausência de polidactilia é de

- 1/4
- 1/6
- 1/8
- 1/12
- 3/8

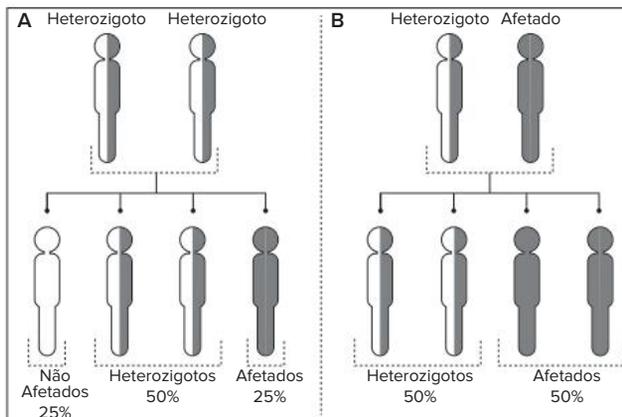
11. UFSM-RS Uma criança de aproximadamente 1 ano, com acentuado atraso psicomotor, é encaminhada pelo pediatra a um geneticista clínico. Este, após alguns exames, constata que a criança possui ausência de enzimas oxidases em uma das organelas celulares. Esse problema pode ser evidenciado no dia, ao se colocar H_2O_2 em ferimentos. No caso dessa criança, a H_2O_2 “não ferve”. O geneticista clínico explica aos pais que a criança tem uma doença de origem genética, é monogênica com herança autossômica recessiva. Diz também que a doença é muito grave, pois a criança não possui, em um tipo de organela de suas células, as enzimas que deveriam proteger contra a ação dos radicais livres. Qual é o genótipo dos pais da criança descrita no texto e qual a probabilidade de o casal ter outro filho com essa mesma doença?

- $AA \times aa; \frac{1}{8}$
- $Aa \times aa; \frac{1}{2}$
- $Aa \times Aa; \frac{1}{4}$
- $Aa \times aa; \frac{1}{4}$
- $Aa \times Aa; \frac{1}{8}$

12. Unifor-CE Sementes de uma linhagem de milho, quando plantadas em solos diferentes, resultam em plantas com produtividades diferentes. Isso pode ser entendido, pois:

- o fenótipo resulta da interação entre o genótipo e o meio ambiente.
- o genótipo resulta da interação entre o fenótipo e o meio ambiente.
- o meio ambiente seleciona as sementes com maior produtividade.
- o solo sempre induz mutações alterando o genótipo das plantas.

13. **UFU-MG 2021** A representação abaixo apresenta o padrão de herança do Xeroderma Pigmentoso (XP), uma condição genética caracterizada por extrema sensibilidade aos raios ultravioleta (UV), que resulta em um risco aumentado para o desenvolvimento do câncer de pele.



Em relação ao referido padrão de herança, analise as afirmações.

- I. O XP tem a probabilidade de se manifestar em 25% dos descendentes de um casal saudável heterozigótico que apresenta um alelo alterado.
- II. O XP afeta homens e mulheres em proporções diferenciadas, pois é uma doença genética autossômica cujo padrão de herança em todos os loci do XP é o recessivo.

- III. É necessária a presença de um alelo alterado no mesmo locus para que uma pessoa desenvolva a doença.
- IV. A probabilidade de manifestar a doença é aumentada para 50% se o casal for composto por um indivíduo heterozigótico e um indivíduo afetado pela doença.

Assinale a alternativa que apresenta as afirmativas corretas.

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

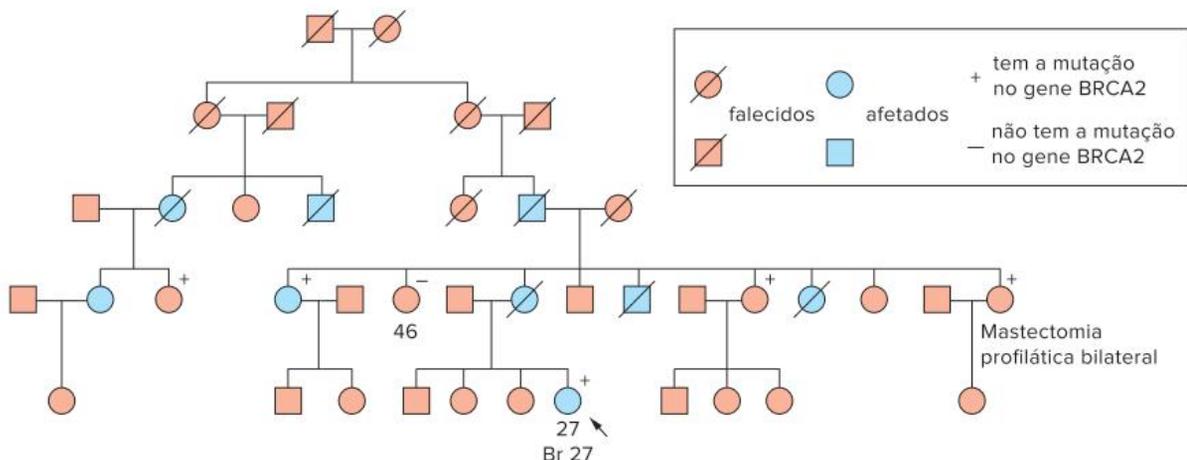
14. **Unifor-CE** Em certa espécie vegetal, o alelo dominante S determina síntese de clorofila, enquanto o alelo recessivo s determina albinismo. Porém, as plantas SS e Ss poderão ser albinas, como as plantas ss, se crescerem no escuro. Isso porque o ____ resulta da interação do ____ com o ____.

- a) fenótipo – alelo – genótipo
- b) fenótipo – genótipo – ambiente
- c) fenótipo – alelo – ambiente
- d) genótipo – ambiente – fenótipo
- e) genótipo – fenótipo – ambiente

BNCC em foco

EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT306

1. Sabe-se atualmente que o câncer de mama é multifatorial, isto é, sua manifestação resulta da interação de diferentes fatores. Um desses fatores, porém, é genético, na forma de mutações em dois genes autossômicos: o BRCA1 (no cromossomo 17) e o BRCA2 (no cromossomo 13). Se uma pessoa apresenta mutações em um desses genes, ou nos dois, está predisposta a desenvolver câncer de mama. Porém, como se trata de mutações de caráter recessivo, elas devem estar presentes em homocigose. Observe o heredograma a seguir, construído com base nas investigações da família de uma mulher que descobriu ter câncer de mama aos 27 anos de idade e que tem a mutação nos alelos do gene BRCA2.



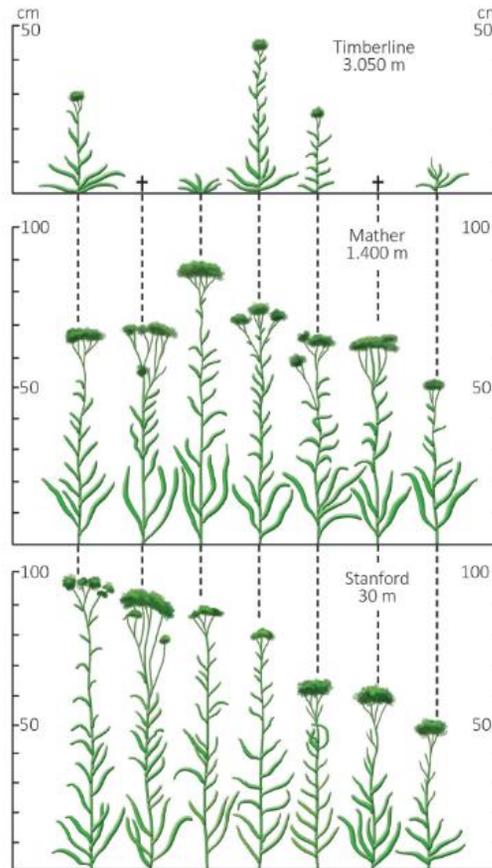
Modificado de: NUSSBAUM, R. L. Thompson & Thompson – *Genética médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Heredograma familiar da mulher (paciente) citada no texto acima (apontada pela seta). Foram testados integrantes de sua família para saber quem têm a mutação no gene (indicados pelos sinais de positivo ou de negativo).

- Quantas pessoas da família tiveram câncer de mama (repare no sexo dessas pessoas)? Em quantas pessoas foi identificada a mutação? Qual o grau de parentesco dessas pessoas com a mulher?
- A investigação foi feita porque a paciente queria saber se suas filhas, com 6 e 7 anos de idade, podem vir a ter o mesmo problema. O que você acha: elas podem ou não ter a mutação e desenvolver câncer de mama? Devem ser submetidas à análise genética para saber se têm as mutações? Saber disso será importante para elas? Discuta essas questões com os colegas e escreva um texto curto defendendo o seu ponto de vista.

EM13CNT301

- Em um experimento de Genética, foram produzidos vegetativamente três conjuntos de mudas de sete indivíduos (plantas) da espécie *Achillea millefolium*, de uma população adaptada a uma altitude de 1400 metros, na cadeia montanhosa de Sierra Nevada, EUA. Cada conjunto de mudas foi cultivado em lugares específicos, com altitudes diferentes: Timberline, a 3050 m de altitude, Mather, a 1400 m, e Stanford, a 30 metros de altitude. O resultado pode ser observado na ilustração a seguir.



Fonte: Bresinsky, A. *Tratado de botânica de Strassburger*.
Porto Alegre: Artmed, 2012.

A respeito do que acabou de ler, está incorreto afirmar:

- Todas as mudas produzidas inicialmente no experimento têm o mesmo genótipo.
- As mudas cultivadas expressaram fenótipos diferentes em ambientes diferentes.
- Nessa espécie, assim como em todas as outras espécies vegetais, determinado genótipo expressa-se sempre no mesmo fenótipo.
- O fenótipo de um indivíduo resulta da interação entre o genótipo da planta e diferentes fatores ambientais, como a altitude, que tanto podem fazê-lo expressar-se plenamente como impedir total ou parcialmente sua expressão.
- O genótipo de um indivíduo condiciona determinadas características, que podem ou não se expressar como fenótipos.

EM13CNT301

- Imagine a seguinte situação: Mendel não trabalha sozinho, ele tem alguns ajudantes no mosteiro onde faz seus experimentos. Um desses ajudantes, um pouco atrapalhado, misturou as plantas de ervilha que Mendel está usando em um experimento relacionado às cores da flor. Então, Mendel ficou sem saber se uma de suas plantas com flores roxas é homocigota ou heterocigota. O que ele pode fazer para descobrir? Explique.



Vectoria Kurylo/Shutterstock.com

Flores da planta conhecida como boca-de-leão (*Antirrhinum majus*) podem ser brancas, vermelhas ou cor-de-rosa.

FRENTE 1

CAPÍTULO

14

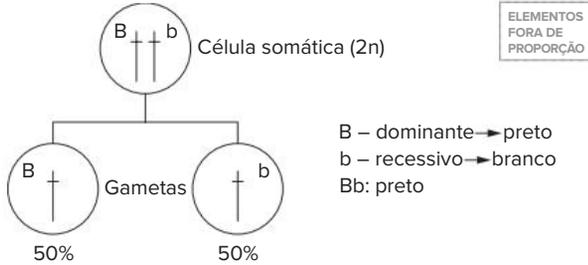
As variações da primeira lei de Mendel

Os genes são responsáveis pela manifestação de inúmeras características. Vimos anteriormente que as características dos alelos podem não se manifestar da mesma maneira, e que alguns alelos podem suprimir outros. Mas existem casos nos quais a dominância não ocorre, como na planta boca-de-leão (*Antirrhinum majus*), cujo alelo que condiciona a cor vermelha da flor se expressa junto com o alelo para a cor branca, dando origem a uma flor cor-de-rosa.

Outras variações da primeira lei de Mendel serão vistas neste capítulo.

Introdução

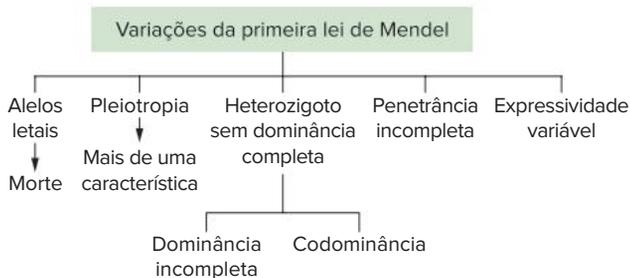
A primeira lei de Mendel considera um par de alelos situados em cromossomos homólogos. No caso das cobaias utilizadas no capítulo anterior, há dois alelos: o dominante (B), que condiciona pelo preto, e o recessivo (b), responsável pela determinação de pelo branco. Assim, em um indivíduo heterozigoto, a pelagem é preta. Esse indivíduo gera dois tipos de gametas (B e b), nas mesmas proporções (50% de cada).



Representação da primeira lei de Mendel. São mostrados dois cromossomos homólogos e um par de alelos.

Veremos casos determinados por um par de alelos, que se segregam independentemente na formação dos gametas. Porém, os resultados dos cruzamentos se diferenciam um pouco daqueles esperados para a aplicação da primeira lei de Mendel. São exemplos desses casos:

- genes que podem provocar a morte do indivíduo (alelos letais).
- genes que podem determinar mais de uma característica (pleiotropia).
- heterozigoto sem a manifestação usual de um alelo dominante (dominância incompleta e codominância).
- gêmeos.
- penetrância incompleta.
- expressividade variável.



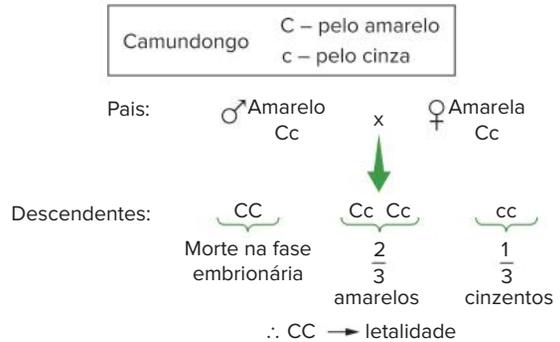
Casos de variações da primeira lei de Mendel.

Alelos letais

Há casos em que os genes podem provocar transtornos metabólicos capazes de ocasionar a morte do indivíduo. Considere uma planta com genes que determinam ausência de clorofila: o embrião emerge da semente e gera uma planta jovem, que morre quando as reservas são esgotadas.

Em camundongos, há um alelo recessivo (c) que determina pelo cinzento, e um alelo dominante (C) que condiciona pelo amarelo. No cruzamento entre heterozigotos, a proporção esperada na descendência é de $\frac{3}{4}$ de amarelos para $\frac{1}{4}$ de cinzentos (3 : 1). No entanto, verifica-se que a descendência apresenta uma proporção de $\frac{2}{3}$ de amarelos

para $\frac{1}{3}$ de cinzentos (2 : 1). A explicação para esse resultado é que os indivíduos homocigotos dominantes (CC) são inviáveis e morrem antes do nascimento. O alelo C em homocigose é letal (também denominado deletério). Assim, são gerados apenas heterozigotos e homocigotos recessivos (Cc e cc), resultando na proporção de $\frac{2}{3}$ para $\frac{1}{3}$ ou 2 : 1.



A pelagem dos camundongos é condicionada por dois tipos de alelos (C e c). Embriões com genótipo CC não completam seu desenvolvimento; isso interfere nas proporções fenotípicas dos cruzamentos.

Pleiotropia

Pleiotropia é a capacidade de um alelo determinar mais de uma característica. O alelo recessivo que condiciona a **fibrose cística** determina a produção de uma proteína alterada da membrana plasmática. Com isso, o transporte de água pela membrana é reduzido. Nas células glandulares, há a produção de secreções com pouca água, formando-se um muco mais denso. As glândulas sudoríferas eliminam suor com maior teor de sais e os pulmões têm acúmulo de secreção, favorecendo infecções bacterianas. O fígado e o pâncreas podem ter obstrução de seus canais, impedindo a eliminação de suas secreções. As gônadas também podem ter seus canais obstruídos, causando esterilidade. Todas essas características são causadas por um único alelo, que altera diversas características.



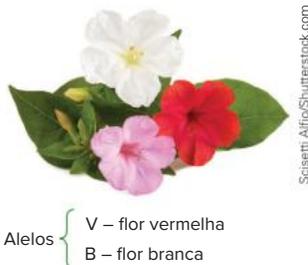
A fibrose cística é condicionada por alelo recessivo. Os indivíduos portadores dessa doença apresentam muitas manifestações fenotípicas, que caracterizam a pleiotropia.

No caso dos camundongos, o alelo C condiciona duas características: coloração amarela do pelo (quando se encontra em heterocigose) e morte (quando em homocigose). Esse também é um exemplo de pleiotropia.

Manifestação atípica do heterozigoto

Em cobaias, o heterozigoto Bb tem pelagem preta, pois o alelo dominante B expressa-se e o alelo recessivo b (que condiciona pelo branco) não se manifesta. No caso da flor-de-maravilha (*Mirabilis jalapa*), há dois alelos para a cor das flores: V (para vermelho) e B (para branco).

Indivíduos homozigotos VV têm flores vermelhas; homozigotos BB apresentam flores brancas. O heterozigoto VB tem flores róseas, cor intermediária entre o vermelho e o branco. Esse é um caso denominado **dominância incompleta**, no qual o heterozigoto apresenta fenótipo intermediário.



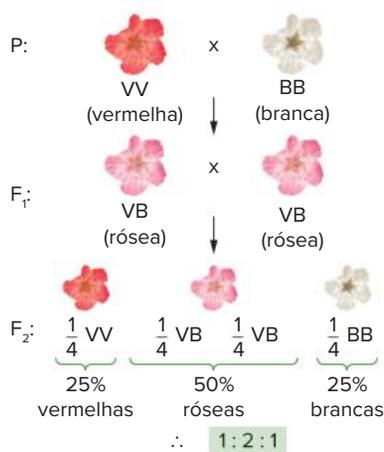
Sciencetr Alfre/Shutterstock.com

Alelos $\left\{ \begin{array}{l} V - \text{flor vermelha} \\ B - \text{flor branca} \end{array} \right.$

Genótipos	VV	BB	VB
Fenótipos	Flor vermelha	Flor branca	Flor rósea

A cor da flor de *Mirabilis jalapa* é condicionada por dois alelos: V (vermelha) e B (branca). São representados os genótipos e fenótipos possíveis.

Em uma sequência típica de cruzamento mendeliano, a geração parental (P) é constituída por indivíduos de flores vermelhas cruzados com indivíduos de flores brancas. A F1 resultante tem apenas descendentes com flores róseas. Com a autofecundação de F1, obtém-se a F2, constituída por indivíduos com três fenótipos: flores vermelhas (25%), flores róseas (50%) e flores brancas (25%). A proporção fenotípica de F2 é, portanto, de 1 : 2 : 1. Nesse caso, há um comportamento atípico do heterozigoto, que exibe uma terceira característica, diferente das características expressas pelo homozigoto.



O cruzamento entre indivíduos de *Mirabilis jalapa* produtores de flores vermelhas com produtores de flores brancas resulta em descendentes de flores róseas (heterozigotos). O cruzamento entre heterozigotos produz descendentes com três tipos de fenótipos (flores vermelhas, róseas e brancas) em uma proporção de 1 : 2 : 1.

No sistema sanguíneo ABO, o indivíduo de sangue AB é heterozigoto, e apresenta um alelo que condiciona tipo A e um alelo que condiciona tipo B. No entanto, não se pode

caracterizar o tipo AB como sendo um fenótipo intermediário entre tipo A e tipo B; é um fenótipo com características próprias. Nesse caso, o termo adequado para a herança é **codominância** e não dominância incompleta. O assunto será discutido com mais detalhes no próximo capítulo.

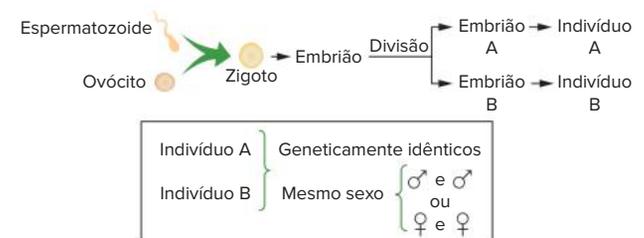
O cruzamento entre heterozigotos gera descendência com proporções definidas e pode identificar o tipo de herança envolvida.

Tipo de herança	Proporção fenotípica
Primeira lei de Mendel	3 : 1
Alelos letais (dominantes)	2 : 1
Herança com dominância incompleta e codominância	1 : 2 : 1

Proporções esperadas do cruzamento entre heterozigotos nos casos de primeira lei de Mendel e algumas de suas variações.

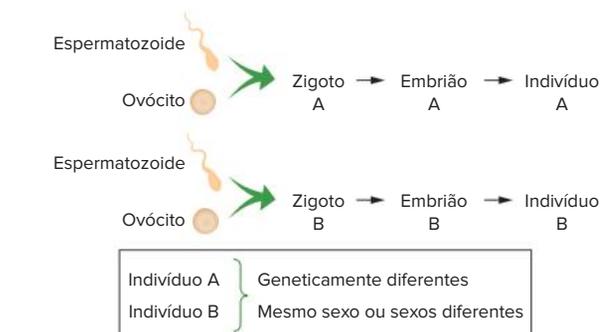
Gemelaridade

O estudo dos gêmeos, em Genética, levanta questionamentos interessantes no âmbito da primeira lei de Mendel. Há dois tipos de gêmeos: univitelinos e bivitelinos. Gêmeos **univitelinos** são resultantes de um mesmo zigoto, sendo também denominados **monozigóticos**. Sua formação ocorre durante a fase embrionária de blástula, que se parte em duas, gerando dois embriões geneticamente idênticos e que compartilham a mesma placenta. O resultado do desenvolvimento desses embriões é a formação de indivíduos com a mesma carga genética (são também denominados gêmeos idênticos) e com o mesmo sexo biológico. Em termos de resolução de problemas de genética, é como se os gêmeos univitelinos fossem um único indivíduo.



Origem dos gêmeos univitelinos e o sexo biológico que podem apresentar; são indivíduos geneticamente idênticos.

Gêmeos **dizigóticos** são também denominados **frater-nos**, ou **bivitelinos**; são resultantes de zigotos diferentes, cada qual formando um embrião com sua própria placenta. Cada embrião se desenvolve, tornando-se um indivíduo geneticamente diferente do outro.



Origem dos gêmeos bivitelinos e o sexo biológico que podem apresentar; são indivíduos geneticamente diferentes.

Em relação ao sexo biológico, os gêmeos fraternos são como dois irmãos não gêmeos, podendo ter o mesmo sexo ou sexos diferentes. São quatro possibilidades:

Possibilidade de nascimento quanto ao sexo	Zigoto A	Zigoto B
1ª	Menino	Menino
2ª	Menino	Menina
3ª	Menina	Menina
4ª	Menina	Menino

A tabela apresenta as possibilidades de um par de gêmeos bivitelinos em relação ao sexo biológico que podem ter.

Expressividade variável e penetrância incompleta

A polidactilia é determinada por um alelo autossômico dominante. A presença de cinco dedos é condicionada por alelo recessivo. Os indivíduos que apresentam o alelo para polidactilia podem ter um número variável de dedos extras, de um a quatro, razão pela qual essa herança é denominada **expressividade variável** (o número de dedos extras varia).

Assim, a pessoa com polidactilia pode ter um ou mais dedos extras em uma mão, em duas mãos, em um pé, em dois pés. Como o número de dedos extras pode mudar, esse alelo possui expressividade variável.



Disposição dos dedos extras em indivíduos com polidactilia.

Considerando a cor do pelo em cobaias, o alelo B não tem expressividade variável, pois todos os indivíduos portadores desse alelo são inteiramente pretos.

O alelo B também apresenta **penetrância completa**: todos os portadores (100%) do alelo B manifestam o fenótipo preto.

Em seres humanos, há o alelo que condiciona camptodactilia, determinando a formação de dedos curtos e encurvados; trata-se de um alelo dominante (N) em relação ao alelo que condiciona dedos sem camptodactilia (n). No entanto, apenas 65% dos portadores do alelo N manifestam camptodactilia. Esse alelo tem, portanto, **penetrância incompleta**.

Exercício resolvido

1. A camptodactilia é determinada por alelo autossômico dominante, com penetrância de 65%. Um homem heterozigoto para camptodactilia casa-se com mulher normal e recessiva, dotada de dedos normais. Calcule a probabilidade de o casal ter um descendente do sexo masculino que apresente camptodactilia.

Resolução:

$$\begin{array}{l}
 \text{Pais: } \quad \begin{array}{c} \text{♂} \\ \text{Nn} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \text{♀} \\ \text{nn} \end{array} \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\
 \text{Descendentes: } \quad \frac{1}{2} \text{Nn} \quad \frac{1}{2} \text{nn} \\
 \\
 \text{Probabilidade de descendente masculino com camptodactilia:} \\
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{c} \text{♂} \\ \frac{1}{2} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Nn} \\ \frac{1}{2} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Penetrância} \\ \text{incompleta} \\ 65\% \end{array} = 16,25\%
 \end{array}
 \end{array}$$

Revisando

1. O que é abordado no âmbito da primeira lei de Mendel?

2. O que são alelos letais?

3. O que é pleiotropia?

4. O que são gêmeos bivitelinos?

5. O que são gêmeos univitelinos?

6. O que é expressividade variável de um gene?

7. O que caracteriza a penetrância incompleta de um alelo?

Exercícios propostos

1. **UFC-CE** Alguns estudos com gêmeos idênticos mostraram que o QI, a altura e os talentos artísticos podem ser diferentes entre esses indivíduos. A melhor explicação para essas diferenças é que:

- a) a hereditariedade e o ambiente não possuem influência sobre a expressão dos fenótipos.
- b) o ambiente e os genes interagem no desenvolvimento e na expressão das características herdadas.
- c) o genótipo dos gêmeos depende da interação da dieta e do controle hormonal.
- d) as características QI, altura e talentos artísticos dependem apenas do ambiente.
- e) os alelos responsáveis por essas características possuem efeito fenotípico múltiplo.

2. **Uece** Um homem e sua esposa, ambos normais, já tiveram um filho albino. Se eles gerarem gêmeos dizigóticos, a probabilidade de ambos serem albinos é:

- a) $\frac{1}{4}$ b) $\frac{1}{16}$ c) $\frac{1}{32}$ d) $\frac{1}{64}$

3. **Unifor-CE** Em certa espécie vegetal, a cor das flores é determinada por um par de alelos entre os quais não há dominância. Um jardineiro fez os seguintes cruzamentos de plantas de:

- I. flor vermelha x flor rosa.
- II. flor vermelha x flor branca.
- III. flor rosa x flor rosa.
- IV. flor rosa x flor branca.

São esperadas plantas com flores brancas somente nos cruzamentos:

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

4. **FGV-SP 2018** O padrão genético da cor da pelagem na raça bovina Shorthorn é um exemplo de codominância cujos dois alelos autossômicos envolvidos na pigmentação do pelo se manifestam no heterozigoto, denominado ruão. Os homozigotos apresentam a cor da pelagem vermelha ou branca.

Um criador dessa raça, ao cruzar um casal de animais cuja pelagem é do tipo ruão, em três gestações subsequentes, obteve, em cada gestação, uma fêmea com pelagem vermelha. A probabilidade de repetição idêntica desses resultados nas próximas três gestações seguidas, a partir dos mesmos animais reprodutores, é de

- a) $\frac{1}{16}$. c) $\frac{1}{128}$. e) $\frac{1}{4096}$.
b) $\frac{1}{24}$. d) $\frac{1}{512}$.

5. **UFRN** A planta “maravilha” – *Mirabilis jalapa* – apresenta duas variedades para a coloração das flores: a alba (flores brancas) e a rubra (flores vermelhas).

Cruzando-se as duas variedades, obtêm-se, em F₁, somente flores róseas. Do cruzamento entre duas plantas heterozigotas, a percentagem fenotípica para a cor rósea é de:

- a) 25% b) 50% c) 75% d) 30%

6. **UEM-PR 2016** Considere uma espécie de vertebrado que apresenta dominância incompleta para um determinado gene codificador do fenótipo da pelagem do animal, e assinale o que for correto.

01 Animais homozigotos dominantes, homozigotos recessivos e heterozigotos terão fenótipos de pelagem distintos.

02 A proporção fenotípica de pelagem esperada para descendentes do cruzamento de parentais heterozigotos é de 3 : 1.

- 04 Os gametas produzidos por animais homocigotos com fenótipos de pelagem distintos terão genótipos idênticos.
- 08 Nesta espécie de vertebrados, fenótipos de pelagem distintos em animais com genótipos de pelagem distintos ocorrem porque a primeira lei de Mendel não se aplica durante a formação dos gametas desta espécie.
- 16 O cruzamento entre animais homocigotos com fenótipos de pelagem distintos gera descendentes com fenótipos de pelagem iguais entre si e diferentes dos parentais.

Soma:

7. **UPE/SSA 2018** A acondroplasia é a causa mais comum de nanismo em humanos. É um distúrbio causado por mutações específicas no gene do receptor 3 do fator de crescimento do fibroblasto (gene *FGFR3*). A ativação constitutiva desse gene inibe inadequadamente a proliferação de condrocitos na placa de crescimento, acarretando o encurtamento dos ossos longos, assim como a diferenciação anormal de outros ossos. Indivíduos acondroplásicos são heterocigóticos "Dd" e pessoas normais são "dd". O alelo "D" em homocigose leva à morte ainda no período embrionário. No mundo, a frequência do alelo "D" é baixa em relação ao alelo "d". Pais normais podem gerar uma criança acondroplásica por mutação nova.



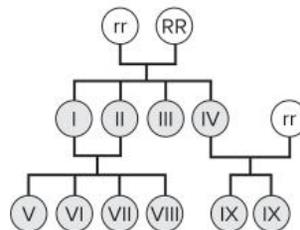
Fontes: <http://www.minhavidade.com.br/saude/temas/acondroplasia> (Adaptado) <https://saude.umcomo.com.br/artigo/o-nanismo-e-hereditario-21253.html>

Sobre isso, é CORRETO afirmar que

- a) a frequência do alelo d é maior que a do alelo D na população mundial, pois a ação da seleção natural sobre o alelo *FGFR3* mutado não é suficiente para suplantar o surgimento de mutações recorrentes no mesmo sítio, nas populações humanas.
- b) para que o indivíduo apresente o fenótipo normal, faz-se necessária a presença de dois alelos *FGFR3* mutados, pois a inativação do gene inibe a proliferação dos condrocitos na placa de crescimento.
- c) em relacionamentos nos quais um dos genitores é afetado por acondroplasia, o risco de recorrência em cada criança é de 25% pois a acondroplasia é um distúrbio autossômico dominante, visto haver mais homens acondroplásicos que mulheres.

- d) em relacionamentos nos quais ambos os genitores apresentam estatura normal, a probabilidade de nascer uma criança de estatura normal é de 50% pois a acondroplasia é um distúrbio autossômico recessivo.
- e) em relacionamentos em que ambos os genitores são afetados por acondroplasia, a probabilidade de ocorrer um abortamento é de 25% por causa da letalidade, na qual os dois alelos *FGFR3* mutados, DD, são necessários para causar a morte.

8. **Unicamp-SP 2015** Em uma espécie de planta, o caráter cor da flor tem codominância e herança mendeliana. O fenótipo vermelho é homocigoto dominante, enquanto a cor branca é característica do homocigoto recessivo. Considerando o esquema abaixo, é correto afirmar que



- a) os fenótipos de II e III são iguais.
- b) o fenótipo de X é vermelho.
- c) os fenótipos de IX e X são os mesmos dos pais.
- d) o fenótipo de IV é vermelho

9. **UPF-RS 2018** Em determinada espécie de ave, a cor da plumagem é condicionada pelo gene **N**. O alelo **N¹** codifica para plumagem preta, enquanto que o alelo **N²** codifica para plumagem vermelha. Aves heterocigotas para esse gene apresentam plumagem marrom. Sabendo-se que esse é um caráter de herança sexual (ligado ao sexo), o fenótipo esperado para os descendentes do cruzamento entre um macho preto e uma fêmea vermelha é:

- a) 100% dos machos vermelhos e 100% das fêmeas marrons.
- b) 50% dos machos e fêmeas marrons e 50% dos machos e fêmeas vermelhas.
- c) 100% dos machos e das fêmeas marrons.
- d) 100% dos machos marrons e 100% das fêmeas pretas.
- e) 100% dos machos marrons e 100% das fêmeas vermelhas.

10. **Unicamp-SP** Gatos Manx são heterocigotos para uma mutação que resulta na ausência de cauda (ou cauda muito curta), presença de pernas traseiras grandes e um andar diferente dos outros. O cruzamento de dois gatos Manx produziu dois gatinhos Manx para cada gatinho normal de cauda longa (2 : 1), em vez de três para um (3 : 1), como seria esperado pela genética mendeliana.

- a) Qual a explicação para esse resultado?
- b) Dê os genótipos dos parentais e dos descendentes. (Utilize as letras B e b para as suas respostas).

Resumindo

Variações da primeira lei de Mendel

Há variações no modelo em que as características são determinadas por um par de alelos.

- **Alelos letais (deletérios):** podem provocar a morte do indivíduo e afetar a proporção da prole, passando de 3 : 1 para 2 : 1 (em função de homozigotos do alelo letal morrerem).
- **Pleiotropia:** caso em que o alelo condiciona mais de uma característica fenotípica no indivíduo.
- **Dominância incompleta:** heterozigoto sem a manifestação usual de um alelo dominante. Nesse caso, o heterozigoto apresenta uma característica intermediária entre o dominante e o recessivo. Exemplo: flor-de-maravilha.
- **Codominância:** o heterozigoto apresenta um fenótipo com características próprias, não intermediárias aos dominantes e recessivos. Exemplo: sistema sanguíneo ABO.
 - **Gêmeos:** pode haver gêmeos **univitelinos** (resultantes de um mesmo zigoto) e com genomas e sexos biológicos

idênticos e **bivitelinos** (resultantes de zigotos diferentes), cada um sendo geneticamente distinto do outro.

- **Penetrância incompleta:** característica determinada por alelo autossômico dominante, mas que não apresenta 100% da prole que o possui com fenótipos determinados por ele. Pode haver manifestação em apenas uma porcentagem da prole. Exemplo: camptodactilia (dedos curtos e tortos, que se manifestam em apenas 65% da população com o alelo).
- **Expressividade variável:** o alelo determina um fenótipo que pode variar. Exemplo: polidactilia.

Proporções dos cruzamentos entre heterozigotos:

Tipo de herança	Proporção fenotípica
Primeira lei de Mendel	3 : 1
Alelos letais (dominantes)	2 : 1
Herança com dominância incompleta	1 : 2 : 1

Quer saber mais?



Site

<http://genoma.ib.usp.br/>
(Acesso em: 12 jan. 2022)

Site do Centro de Estudos do Genoma Humano, ligado ao Instituto de Biociências da USP.

Lá são desenvolvidas pesquisas ligadas ao estudo do genoma humano, a doenças genéticas e às células-tronco, além de atividades ligadas à educação e à transferência de tecnologia.

Exercícios complementares

1. **Uece 2017** Os genes letais foram identificados, em 1905, pelo geneticista francês Lucien Cuénot. A acondroplasia é uma forma de nanismo humano condicionada por um alelo dominante D que prejudica o desenvolvimento ósseo. Pessoas que apresentam a acondroplasia são heterozigotas e pessoas normais são homozigotas recessivas. Assinale a opção que corresponde ao genótipo em que o gene é considerado letal.
 - a) DD
 - b) Dd
 - c) dd
 - d) D_

2. **UEM-PR 2015** A acondroplasia é uma forma de nanismo provocada por um distúrbio de crescimento, devido a uma deficiência de ossificação. A altura média dos adultos afetados é de 130 cm para homens e de 120 cm para mulheres. Praticamente todos os indivíduos acondroplásicos são heterozigotos. Parte dos homozigotos conhecidos são gravemente afetados e falecem precocemente. Interpretando as informações dadas e com base nos conhecimentos de genética, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 A acondroplasia é uma anomalia genética condicionada por um alelo dominante.
- 02 O alelo para acondroplasia é letal quando em homozigose.
- 04 Os genes letais podem ser dominantes ou recessivos.
- 08 A probabilidade de um casal acondroplásico ter uma criança heterozigota é de 1/4.
- 16 Um casal heterozigoto tem 25% de chance de ter uma criança homozigota dominante.

Soma:

3. **UFV-MG** Frutos com fenótipo “Violeta” são os únicos resultantes de herança do tipo dominância incompleta entre cruzamentos de plantas com fruto “Roxo” e plantas com fruto “Branco”. Foram obtidas, de um cruzamento entre heterozigotas, 48 plantas. Espera-se que a proporção fenotípica do fruto entre as plantas descendentes seja:
 - a) Violeta (0) : Roxo (36) : Branco (12).
 - b) Violeta (12) : Roxo (24) : Branco (12).
 - c) Violeta (24) : Roxo (12) : Branco (12).
 - d) Violeta (36) : Roxo (12) : Branco (0).
 - e) Violeta (48) : Roxo (0) : Branco (0).

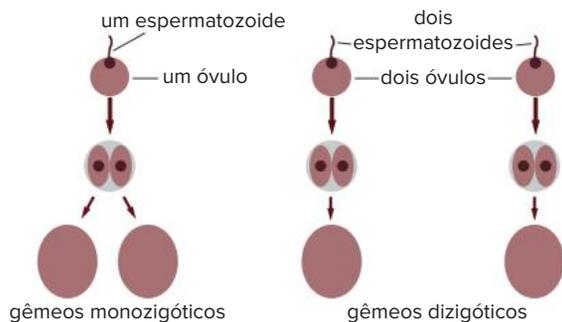
4. **UFMG** Analise esta tabela:

Média das diferenças nas características entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos			
Características	Gêmeos monozigóticos (MZ)		Gêmeos dizigóticos (DZ)
	Criados juntos	Criados separados	
Altura (cm)	1,70	1,80	1,80
Peso (kg)	1,90	3,50	4,50
Comprimento da cabeça (mm)	2,90	2,95	6,20

Com base nos dados dessa tabela e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que:

- o peso é a característica que apresenta maior influência genética.
- as diferenças entre gêmeos MZ indicam diferenças genéticas entre eles.
- a influência ambiental pode ser avaliada em gêmeos MZ.
- o comprimento da cabeça apresenta maior influência ambiental.

5. **UEA-AM 2015** Observe o esquema.



(<https://genomesunzipped.org/>)

Desconsiderando a ocorrência de mutações, é correto afirmar que, ao nascerem, os gêmeos

- monozigóticos apresentarão o mesmo genótipo e o mesmo fenótipo.
- dizigóticos apresentarão o mesmo genótipo e o mesmo fenótipo.
- monozigóticos apresentarão genótipos diferentes e o mesmo fenótipo.
- dizigóticos apresentarão o mesmo genótipo e fenótipos diferentes.
- monozigóticos apresentarão genótipos e fenótipos diferentes.

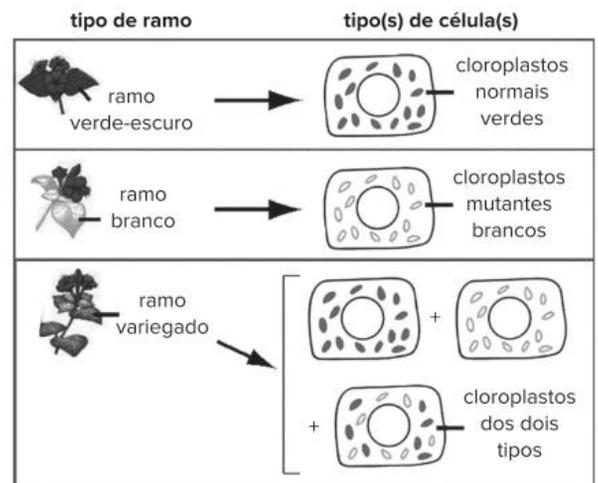
6. **Unir-RO** Em cães mexicanos conhecidos como *hairless*, a ausência de pelos é determinada por um alelo dominante H, cuja homozigose é letal. No cruzamento de animais sem pelos, a proporção esperada de filhotes com pelos é de:

- $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{3}$
- $\frac{1}{4}$
- $\frac{2}{3}$
- $\frac{3}{4}$

7. **FGV-SP** Sabe-se que um homem e uma mulher são heterozigotos para um alelo recessivo que condiciona o albinismo. Se eles tiverem gêmeos dizigóticos, qual a probabilidade de as duas crianças serem albinas?

- 25%
- $\frac{1}{32}$
- $\frac{1}{16}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{8}$

8. **Unicamp-SP 2019** A "maravilha" (*Mirabilis jalapa*) é uma planta ornamental que pode apresentar três tipos de fenótipo: plantas com ramos verde-escuro, plantas com ramos brancos e plantas mescladas. Plantas mescladas possuem ramos verde-escuro, ramos brancos e ramos variegados. Como mostra a figura a seguir, todas as células de ramos verde-escuro possuem cloroplastos normais (com clorofila). Todas as células de ramos brancos possuem cloroplastos mutantes (sem clorofila). Ramos variegados contêm células com cloroplastos normais, células com cloroplastos mutantes e células com ambos os tipos de cloroplasto.



Na formação de sementes, os cloroplastos são herdados apenas dos óvulos. A progênie resultante da fertilização de óvulos de flores presentes em um ramo variegado com pólen proveniente de flores de um ramo verde-escuro conterá

- apenas plantas com ramos de folhas brancas.
- plantas dos três tipos fenotípicos.
- apenas plantas mescladas.
- apenas plantas com ramos de folhas verde-escuro.

9. **Uece 2018** Em relação à herança, assinale com **V** ou **F** conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma a seguir.

- Na dominância completa, os heterozigotos apresentam fenótipo intermediário entre os dos homozigotos.
- Quando ocorre a codominância, os heterozigotos apresentam o mesmo fenótipo de um dos homozigotos.
- Alelos letais causam a morte de seus portadores e são considerados: dominante, quando apenas um está presente; ou recessivo, quando os dois estão presentes.

■ A pleiotropia é o fenômeno em que o gene determina a expressão de mais de uma característica.

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

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

10. **Uefs-BA 2016** Considere que um cientista tenha descoberto um novo sistema de grupo sanguíneo para seres humanos. O sistema envolve dois antígenos, P e Q, cada um determinado por um alelo diferente de um gene chamado de N. Os alelos para esses antígenos são mais ou menos igualmente frequentes na

população geral. Considerando-se que N^P e N^Q são codominantes, é correto afirmar:

- a) São dotados da mesma sequência nucleotídica.
b) Estão localizados no mesmo alelo, em um mesmo cromossomo.
c) Estarão, em condições normais, em um mesmo gameta ao final da meiose.
d) Um indivíduo heterozigoto para esse grupo sanguíneo apresentará os dois antígenos, P e Q.
e) De um casal $N^P N^Q$, a possibilidade de nascer uma criança do sexo masculino ou com o genótipo $N^P N^P$ é de 3/4.

BNCC em foco

EM13CNT301

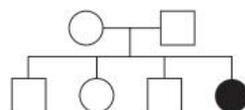
1. Na forma selvagem da planta da espécie *Antirrhinum majus*, conhecida popularmente como boca-de-leão, as flores podem ser vermelhas ou brancas. Em uma investigação a respeito da genética das cores da flor, realizou-se o cruzamento entre plantas de flores vermelhas com plantas de flores brancas. Obteve-se em F1 100% de descendência com flores rosadas. Em seguida, foi realizado o cruzamento entre plantas da geração F1 e foram obtidas, em F2, 805 plantas: 203 com flores vermelhas, 404 com flores rosadas e 202 com flores brancas.
- a) Que tipo de herança está caracterizada nessa investigação?
b) Considere os alelos R e r para as cores das flores e esquematize os cruzamentos citados acima (P, F1 e F2) e respectivas descendências. Aponte os gametas formados em cada caso e use o quadro de Punnett para os cruzamentos.
c) Por que esse tipo de herança é considerado uma variação da primeira lei de Mendel? Explique.

EM13CNT207, EM13CNT301 e EM13CNT306

2. A anemia falciforme é um exemplo de herança autossômica recessiva, uma das doenças hereditárias mais comuns no Brasil. Pessoas com anemia falciforme têm hemácias com formatos diferentes do padrão, o que pode afetar o transporte de gases por essas células.
- a) Considere um casal que está planejando ter um filho. Se ambos são heterozigotos, qual é a probabilidade de terem uma criança com anemia falciforme? E qual é a probabilidade de nascer um menino com a condição?
b) A pessoa com anemia falciforme produz uma hemoglobina anômala, denominada **HbS**, por uma mutação no gene responsável pela síntese da hemoglobina não afetada, chamada de **HbA**. Em nível molecular, trata-se de um exemplo de codominância, porque o indivíduo heterozigoto (chamado de traço falciforme) produz os dois tipos de hemoglobina. Com base nisso, explique o que significa codominância.

EM13CNT207 e EM13CNT301

3. A fibrose cística é uma doença causada por mutações no gene autossômico responsável pela regulação do transporte iônico nas membranas celulares, o CFTR (sigla para *Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator*). Essas mutações causam alterações nas secreções produzidas pelos órgãos, podendo afetar rins, pâncreas, fígado, pulmões e glândulas sudoríferas. Em homens, a fibrose cística, em geral, causa infertilidade devido à obstrução dos canais deferentes, impedindo que o sêmen ejaculado contenha espermatozoides. Por manifestar múltiplos fenótipos, a fibrose cística é um exemplo de pleiotropia.
- a) Considere o heredograma a seguir, de um casal com quatro filhos, dos quais apenas uma criança nasceu com fibrose cística. Sabendo que essa é uma doença recessiva, identifique o possível genótipo dos pais (use F para o gene dominante e f para o gene recessivo).



- b) É possível identificar os genótipos dos outros três filhos?



Coelhos com pelagens de padrões de cores diversos.

FRENTE 1

CAPÍTULO

15

Alelos múltiplos

Você sabia que existe uma semelhança entre o tipo sanguíneo das pessoas e a cor dos coelhos? As duas características são determinadas por genes que apresentam mais de dois alelos nas respectivas populações. Entre os coelhos, há quatro padrões de pelagem: aguti (escuro), chinchila (cinza-claro), himalaia (branco, com extremidades escuras) e albino. Entre os humanos, dentro do sistema ABO, também são quatro as variações possíveis: tipo A, B, AB e O. Neste capítulo, vamos entender como funcionam os alelos múltiplos e a importância dos sistemas ABO e Rh para as transfusões de sangue e a saúde das pessoas.

Conceito de alelos múltiplos (polialelia)

Cada coelho possui um par de alelos responsáveis pela determinação da cor de sua pelagem; isso se enquadra, portanto, no âmbito da primeira lei de Mendel. Entretanto, na população de coelhos, há quatro alelos; é isso que identifica a herança de alelos múltiplos: na **população**, há mais de duas formas alélicas (o **indivíduo**, no entanto, apresenta no máximo dois alelos diferentes).



Ocorrência de alelos múltiplos na população em geral e em cada indivíduo.

No caso dos coelhos, há quatro alelos: **C**, **C^{ch}**, **C^h** e **c**. O alelo **C** condiciona pelagem aguti (escura) e é dominante em relação aos demais. O alelo **C^{ch}** determina pelagem chinchila (cinza-claro) e é dominante em relação aos alelos **C^h** e **c**. O alelo **C^h** condiciona pelagem himalaia (branca, com extremidades escuras), sendo dominante em relação ao **c**. O alelo **c** condiciona albinismo e é recessivo em relação aos outros.

Pelagem de coelhos
(> significa "dominância")

C > C^{ch} > C^h > c
 Aguti Chinchila Himalaia Albina

Genótipos	Fenótipos (pelagem)
CC, CC ^{ch} , CC ^h , Cc	Aguti (escuro)
C ^{ch} C ^{ch} , C ^{ch} C ^h , C ^{ch} c	Chinchila (cinza-claro)
C ^h C ^h , C ^h c	Himalaia (branco, com extremidades escuras)
cc	Albina (sem pigmentação)

Genótipos e fenótipos relacionados à pelagem de coelhos.

Esses alelos podem estar distribuídos em dez categorias genótípicas. O cálculo do número das categorias genótípicas é feito pela fórmula:

$$C = \frac{n(n+1)}{2}$$

Na fórmula, **n** representa o número de alelos envolvidos na herança; no caso da pelagem de coelhos, $n = 4$. Assim, temos:

$$C = \frac{4(4+1)}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ categorias genótípicas}$$

O sistema sanguíneo ABO

No início do século XX, o médico austríaco Karl Landsteiner desenvolveu um estudo para identificar tipos sanguíneos em seres humanos. Os resultados

dessa investigação foram fundamentais na prevenção de acidentes em transfusões sanguíneas. Era frequente pacientes receberem transfusão de sangue e acabarem morrendo por causa de obstruções em vasos, provocadas por aglutinação do sangue recebido.

Em primeiro lugar, serão discutidos alguns aspectos imunológicos relacionados ao sangue e, posteriormente, serão analisados os aspectos genéticos dos tipos sanguíneos.

Sangue e imunidade

Para a finalidade do que estamos tratando neste capítulo, serão consideradas apenas duas partes componentes do sangue: plasma e hemácias (glóbulos vermelhos). No plasma, há proteínas de defesa, os **anticorpos**, que podem ligar-se a um **antígeno**, ou seja, algo que não seja próprio do organismo. Na superfície externa das hemácias, podem ser encontradas moléculas de carboidratos associadas a proteínas; essas estruturas moleculares, chamadas genericamente de **aglutinogênios**, atuam como antígenos, sendo reconhecidas como "corpos estranhos" se as hemácias de um doador forem transferidas para a corrente sanguínea de um indivíduo não compatível.

A membrana de hemácias humanas pode apresentar duas categorias de antígenos: aglutinogênio A e aglutinogênio B, indicados abreviadamente por **A** e **B**, respectivamente.

- No plasma do indivíduo que possui aglutinogênio A, são encontrados anticorpos (ou **aglutininas**) específicos que atuam contra o aglutinogênio B: são os anti-B.
- O plasma de um indivíduo com hemácias dotadas de aglutinogênio B tem anticorpos (ou **aglutininas**) anti-A.

Há quatro tipos sanguíneos no sistema ABO, baseados na ocorrência dos aglutinogênios A e B na superfície das hemácias, ou na ausência deles.

Tipo sanguíneo	Agglutinogênio nas hemácias	Agglutina no plasma
A		
B		
AB		Ausente
O		

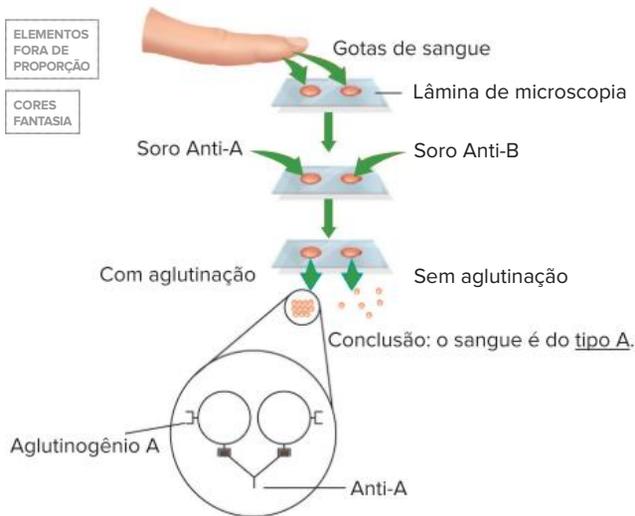
As diferenças entre os tipos sanguíneos relacionam-se à existência de tipos específicos de aglutinogênios e de aglutininas.

Os anticorpos anti-A e anti-B já se encontram dispersos no sangue do indivíduo. Eles foram produzidos pelo sistema imunitário, estimulado pelo contato do organismo com vários agentes, como bactérias, protozoários e vermes.

Tipagem sanguínea

A determinação do tipo sanguíneo do indivíduo é feita misturando gotas de seu sangue com gotas de soro próprio para esse teste. Há dois tipos de soro: o que contém anti-A e o que contém anti-B.

Duas gotas de sangue do indivíduo são colocadas em uma lâmina de microscopia; sobre uma gota, é depositado o soro anti-A; e na outra gota de sangue, coloca-se soro anti-B. Verifica-se, então, com o auxílio do microscópio, se ocorreu ou não aglutinação do sangue.



No caso exemplificado, o sangue é do tipo A, que aglutina apenas em presença de soro anti-A. No detalhe da representação, o antígeno reage com os anticorpos e coagula a gota de sangue.

O sangue do tipo A aglutina-se com o soro anti-A, mas não se altera em contato com o soro anti-B. Esse procedimento determina os demais tipos sanguíneos.

Tipo sanguíneo	Soro anti-A	Soro anti-B
A	Aglutina	Não aglutina
B	Não aglutina	Aglutina
AB	Aglutina	Aglutina
O	Não aglutina	Não aglutina

Tipagem sanguínea obtida pela ocorrência ou não de aglutinação em presença de soros anti-A e anti-B.

Transfusão sanguínea

Quando há necessidade de transfusão sanguínea, a situação ideal é que um indivíduo receba sangue do mesmo tipo que o seu. Se isso não for possível, deve-se ter cuidado para que o tipo sanguíneo doado não desencadeie a aglutinação das hemácias no organismo da pessoa que recebe a transfusão. O receptor não pode ter anticorpos contra o aglutinogênio do doador. Assim, um receptor de tipo A possui aglutininas anti-B e não pode receber sangue do tipo B nem do tipo AB. Um receptor de tipo B tem aglutininas anti-A, portanto, não pode receber sangue tipo A nem tipo AB.

Já o receptor AB não tem aglutininas anti-A nem anti-B e pode receber sangue de qualquer tipo (é o **receptor universal**). Já o receptor do tipo O tem aglutininas anti-A e

anti-B e não pode receber transfusão com sangue A, B ou AB; só pode receber sangue tipo O. Por outro lado, sangue tipo O não possui antígenos A ou B em suas hemácias, podendo ser doado para todos os tipos sanguíneos (é o **doador universal**).

Tipo sanguíneo	Recebe de	Doa para
Tipo A	A e O	A e AB
Tipo B	B e O	B e AB
Tipo AB	A, B, AB e O	AB
Tipo O	O	A, B, AB, O

Doadores e receptores no sistema sanguíneo ABO.

Essas informações podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Cada grupo pode doar para o próprio grupo.
- Portadores de sangue tipo O podem doar para todos os outros grupos sanguíneos (A, B e AB), sendo doadores universais.
- Portadores do tipo sanguíneo AB podem receber de todos os outros grupos (A, B e O), sendo receptores universais.

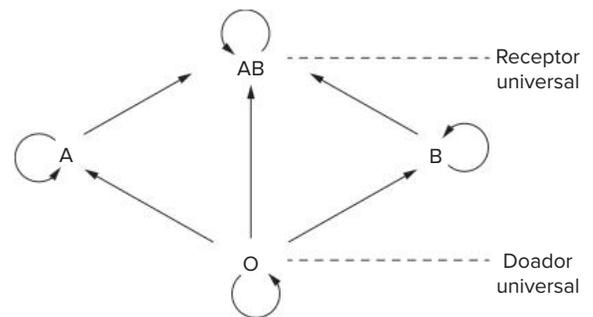
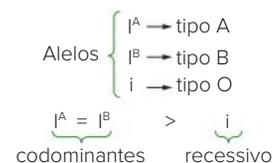


Diagrama representativo das transfusões sanguíneas possíveis.

A genética do sistema ABO

Na população humana, encontram-se três alelos: I^A , I^B e i . O i é **recessivo**, enquanto I^A e I^B são **codominantes**. O alelo i determina tipo O, o alelo I^A condiciona tipo A e o alelo I^B condiciona tipo B. Um indivíduo heterozigoto $I^A I^B$ pertence ao grupo sanguíneo AB; não se trata de um fenótipo intermediário entre o tipo A e o tipo B, mas sim dos dois fenótipos sendo expressos simultaneamente, caracterizando um caso de codominância.



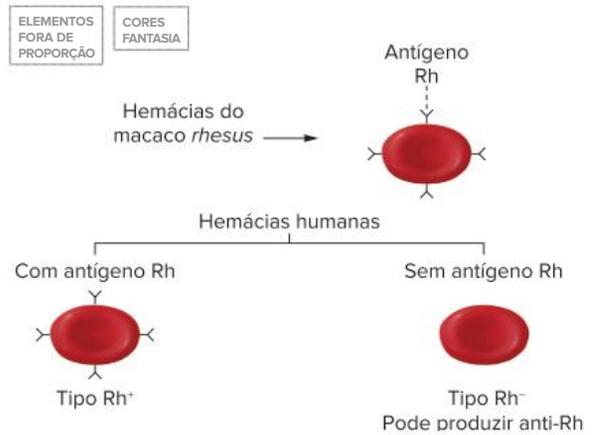
Fenótipos	Genótipos
Tipo A	$I^A I^A, I^A i$
Tipo B	$I^B I^B, I^B i$
Tipo AB	$I^A I^B$
Tipo O	ii

Fenótipos (tipos sanguíneos) e genótipos do sistema ABO.

Características do sistema Rh

O macaco *rhesus*, ou reso, espécie atualmente denominada *Macaca mulatta*, é um primata do grupo dos Platyrrhini, dotado de cauda preênsil. Não pertence ao mesmo grupo dos macacos antropoides, como o chimpanzé, o gorila e o orangotango, parentes mais próximos do ser humano. No entanto, há algum parentesco evolutivo entre os humanos e o macaco *rhesus*, revelado pelas similaridades entre os genomas das duas espécies. Essa semelhança bioquímica também se relaciona com o sistema sanguíneo Rh, que tem importantes aplicações clínicas.

O macaco *rhesus* apresenta hemácias dotadas de um **antígeno** (ou **aglutinogênio**) próprio, denominado **Rh**. Cerca de 85% das pessoas também possuem esse antígeno Rh e, por isso, são classificadas como tendo tipo sanguíneo **Rh positivo (Rh⁺)**; os demais 15% da população humana não apresentam esse antígeno e são, portanto, do tipo sanguíneo **Rh negativo (Rh⁻)**.



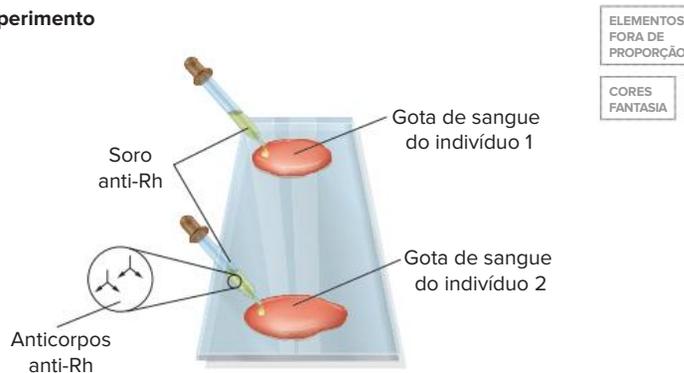
As hemácias do macaco *rhesus* apresentam o antígeno Rh, também presente em seres humanos Rh positivo (Rh⁺), mas ausente em indivíduos Rh negativo (Rh⁻).

Tipagem sanguínea

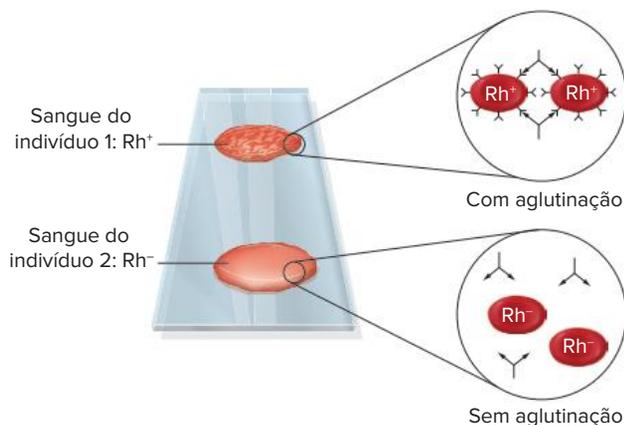
Anticorpos anti-Rh não são encontrados naturalmente no organismo de uma pessoa. Eles são produzidos por indivíduos que tenham tido o sistema imune sensibilizado por contato prévio com um sangue de tipagem diferente. Assim, um indivíduo Rh⁻ produz **anticorpos (aglutininas) anti-Rh** se receber hemácias Rh⁺ em sua circulação; já um indivíduo portador de sangue Rh positivo não produz anti-Rh.

A tipagem sanguínea no sistema é realizada com a utilização de um soro que contém **anticorpos anti-Rh**. Para a determinação do tipo sanguíneo segundo esse sistema, uma amostra de sangue obtida de uma pessoa deve ser misturada ao soro; caso ocorra aglutinação, o sangue será do tipo Rh⁺, pois houve interação entre os anticorpos anti-Rh e os antígenos Rh da superfície das hemácias; não ocorrendo aglutinação, o sangue será Rh negativo, revelando a falta de interação dos anticorpos com as hemácias, desprovidas de antígenos Rh.

Experimento



Resultado



Representação do procedimento de tipagem sanguínea no sistema Rh e detalhe do processo de aglutinação de hemácias. Moléculas de anti-Rh interagem com o antígeno Rh de hemácias Rh⁺, provocando aglutinação. Esse processo não ocorre com hemácias Rh⁻.

Transfusão sanguínea

Um indivíduo Rh^+ pode receber sangue do mesmo tipo (Rh^+), assim como também pode receber sangue Rh negativo, cujas hemácias não apresentam antígenos Rh em sua superfície e não desencadeiam resposta imunitária. Isso significa que no sistema Rh de tipagem sanguínea, indivíduos com sangue **tipo Rh^+ são receptores universais**.

Um indivíduo Rh^- pode receber sangue do seu mesmo tipo (Rh^-). No entanto, não deve receber sangue Rh positivo, cujas hemácias apresentam antígenos Rh em sua superfície, pois o receptor produzirá anticorpos anti- Rh e desenvolverá **memória imunitária**, o que poderá causar danos mais severos se o indivíduo receber uma segunda transfusão com sangue Rh positivo. Pessoas com sangue **tipo Rh^- podem doar para indivíduos com tipo Rh^+ e Rh^-** ; por isso, um indivíduo Rh^- é considerado **doador universal**.



Na transfusão, indivíduos Rh^+ podem receber sangue de indivíduos Rh^+ e Rh^- . Já indivíduos Rh^- só podem receber sangue de indivíduos Rh^- .

A genética do sistema Rh

O sistema Rh apresenta **dois alelos principais**: R e r . **R é dominante** e condiciona o tipo sanguíneo Rh^+ ; já **r é recessivo** e, em homozigose, determina Rh^- . Assim, são possíveis os seguintes genótipos.

Fenótipos	Genótipos
Rh positivo	RR, Rr
Rh negativo	rr

Fenótipos (tipos sanguíneos) e genótipos do sistema Rh .

A doença hemolítica do recém-nascido (DHRN)

Esse distúrbio, também conhecido como **eritroblastose fetal (EF)**, é decorrente da incompatibilidade entre o sangue da mãe e o sangue do filho.

Essa doença se desenvolve em fetos cuja mãe Rh^- tenha tido contato com sangue Rh^+ anteriormente (o que pode ocorrer por meio de uma transfusão sanguínea inadequada, com sangue Rh positivo).

O caso típico ocorre com casais em que o **homem é Rh positivo** e a **mulher é Rh negativo**. Ao gerar filhos Rh^+ (genótipo $R_$), a mãe pode ser sensibilizada pelas hemácias do filho, produzindo anticorpos anti- Rh . Geralmente, o primeiro filho nascido Rh^+ não é afetado pela doença, mas, caso o casal tenha um segundo ou terceiro filho com tipo sanguíneo Rh^+ , haverá elevada probabilidade de a criança nascer com DHRN, caso não seja feito o tratamento adequado.

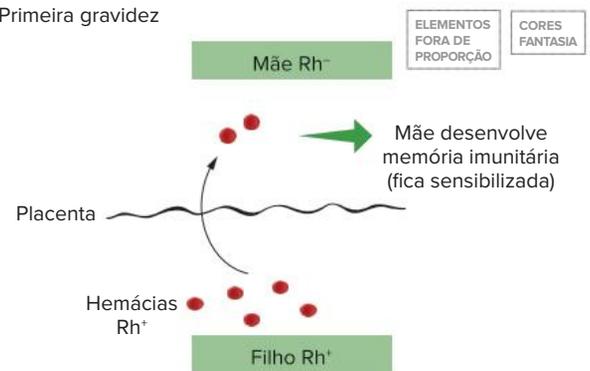


A eritroblastose fetal só ocorre quando a mãe possui Rh^- , o pai Rh^+ e os filhos Rh^+ . Gravidez com filhos Rh^- (rr) não interferem no sistema imunitário da mãe.

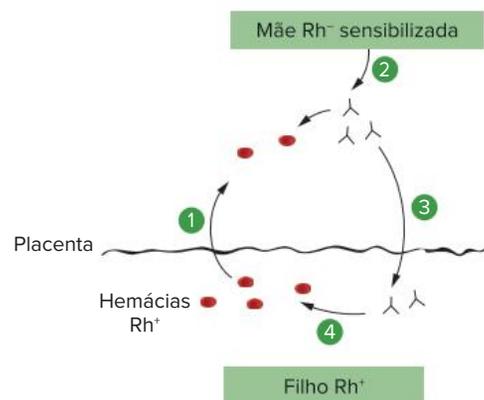
A sensibilização da mãe acontece durante a gravidez do primeiro filho Rh^+ . Ao final da gestação, o feto apresenta ruptura de um grande número de hemácias (fato que originou uma das designações da doença: "hemolítica do recém-nascido"). Algumas hemácias do filho atravessam a placenta e passam para a circulação materna; essas hemácias são reconhecidas como corpos estranhos pelo sistema imunitário da mãe, que passa a produzir **anti- Rh** . Geralmente, essa primeira criança nasce sem que algum dano ocorra, pois não houve tempo suficiente para a produção elevada de anticorpos pela mãe. Mas, como consequência do contato do sistema imune da mãe com o sangue Rh^+ do recém-nascido, a mulher foi imunizada (sensibilizada) e desenvolveu **memória imunitária**.

Em uma segunda ou terceira gestação de filho Rh^+ , hemácias Rh^+ do filho podem atravessar a placenta e passar para a circulação materna. A mãe produzirá grande quantidade de anti- Rh , e esses anticorpos, capazes de atravessar a placenta, atacam as hemácias Rh^+ do feto, causando hemólise.

Primeira gravidez



Gravidez posterior



- 1 Hemácias do filho passam para a circulação materna.
- 2 A mãe produz anti- Rh .
- 3 Anticorpos da mãe atravessam a placenta.
- 4 Anticorpos da mãe provocam lise de hemácias do filho.

A mulher Rh^- é sensibilizada durante gestação de filho Rh^+ . Em outras gestações com filho Rh^+ , a mulher produz rapidamente grande quantidade de anticorpos anti- Rh , que podem afetar as hemácias do filho.

A ruptura de hemácias acarreta comprometimento no transporte de gás oxigênio, o que pode afetar o cérebro do bebê, podendo levar à morte da criança ou causar danos neurológicos, como paralisia de alguma região do corpo,

cegueira, deficiência mental etc. O organismo do feto reage à destruição de hemácias, liberando na circulação **eritroblastos**, ou seja, hemácias ainda imaturas e dotadas de núcleo, de onde vem a outra designação do distúrbio: “eritroblastose fetal”.

Feito o diagnóstico de DHRN, o tratamento da criança consiste em uma rápida transfusão com sangue Rh negativo; isso evita que as hemácias do bebê sejam atacadas pelos anticorpos anti-Rh da mãe ainda presentes no organismo do recém-nascido. Depois de alguns dias, os anticorpos maternos serão destruídos e deixarão de atuar. A criança passará também a produzir em sua medula óssea hemácias do tipo Rh positivo, de acordo com o seu genótipo.

A prevenção do problema consiste em constatar se o casal tem probabilidade de gerar filhos com DHRN (homem Rh⁺ e mulher Rh⁻). Constatando-se isso, após o nascimento do primeiro filho Rh⁺, a mulher recebe uma injeção com soro anti-Rh, promovendo a destruição de hemácias Rh⁺ que ela recebeu do filho, o que evita que ela seja sensibilizada. Dessa maneira, minimizam-se as chances de que um segundo filho Rh⁺ tenha o problema.

Nos casos em que mãe e filho apresentam o mesmo tipo sanguíneo, ambos Rh⁻ ou ambos Rh⁺, não há possibilidade de desenvolvimento da doença.

Sistema sanguíneo MN

O mesmo pesquisador que desvendou o sistema sanguíneo Rh descobriu outros tipos sanguíneos que não apresentam relevância nas transfusões sanguíneas. No **sistema MN**, também descoberto por Landsteiner, na década de 1920, **há dois alelos na população: M e N**, tratando-se de um caso de **codominância**. Assim, podem ser observados os seguintes fenótipos e genótipos.

Fenótipos	Genótipos
Tipo M	MM
Tipo N	NN
Tipo MN	MN

Genótipos correspondentes aos tipos sanguíneos do sistema MN.

Esse sistema sanguíneo já foi muito empregado na identificação de parentesco, como auxiliar na elucidação de casos de **paternidade**. Na realidade, os testes de tipos sanguíneos podem apenas descartar a possibilidade de um indivíduo ser o pai da criança. Atualmente, o **teste de DNA** é o mais empregado nesse tipo de análise e sua eficácia é muito maior.

Revisando

1. Quais particularidades são observadas em uma população que apresenta alelos múltiplos para uma determinada característica?

2. Qual é a importância da identificação de tipos sanguíneos (sistema ABO) em seres humanos?

3. Como se determina o tipo sanguíneo de um indivíduo? Explique.

4. Joaquim foi a um laboratório de análises clínicas para descobrir sua tipagem sanguínea. Após a coleta do material, foi constatado pelo técnico laboratorial o seguinte resultado: houve aglutinação do sangue de Joaquim com os soros anti-A e anti-B. Com base nesses dados, qual é o tipo sanguíneo de Joaquim? Justifique sua resposta.

5. Após sofrer um grave acidente automobilístico, Sílvia, que possui tipo sanguíneo AB, precisou receber transfusão de sangue. Com base nesses dados, qual tipo de sangue Sílvia poderia receber?

6. Responda às questões a seguir, relacionadas à genética do sistema ABO.

a) Quantos alelos são encontrados na população humana?

b) Quais são esses alelos?

c) Explique a relação de dominância entre esses alelos e os tipos sanguíneos que eles determinam.

7. Que características a presença dos antígenos Rh nas hemácias confere aos seres humanos? E que características sua ausência confere?

8. Como é feita a tipagem sanguínea no sistema Rh?

9. Quantos alelos o sistema Rh possui? Qual a relação de dominância entre eles? Cite os fenótipos e os genótipos possíveis.

10. O que é e como ocorre a eritroblastose fetal?

11. Como pode ser feita a prevenção contra a eritroblastose fetal?

12. Qual tratamento pode ser realizado em bebês que desenvolveram a eritroblastose fetal?

13. Além dos sistemas ABO e Rh, que outro sistema sanguíneo pode ser observado em humanos? Cite seus alelos e o tipo de dominância entre eles. Qual a interferência que ele exerce sobre as transfusões sanguíneas?

Exercícios propostos

1. Fepar-PR 2018

Um erro de transfusão de sangue causou a morte de uma mulher de 46 anos na Santa Casa de Pindamonhangaba (SP), na quinta-feira (15/7). Ela possuía sangue A⁺, mas recebeu B⁻.

No Ceará, um idoso de 93 anos morreu porque uma funcionária do hemocentro trocou as amostras de sangue do paciente: deu-lhe sangue B⁺ em vez de O⁺.

Em São Paulo, no Hospital do Servidor Público Estadual, uma dona de casa de 61 anos morreu na última segunda-feira após receber sangue A⁺, apesar de ser portadora de sangue tipo O⁻. Todos os três pacientes foram diagnosticados com reação hemofílica transfusional por incompatibilidade, pois houve negligência ou “ausência de perícia necessária”.



(Adaptado do disponível em: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba/2017/16/6>. Acesso em: 18 jun. 2017.)

Levando em conta o sistema **ABO-Rh**, avalie as afirmativas.

- Se o paciente idoso do Ceará tivesse recebido sangue O⁻ em vez de B⁺, não haveria nenhum problema de incompatibilidade entre o sangue do receptor e o do doador.
- Tanto o paciente idoso do Ceará quanto a dona de casa de São Paulo eram heterozigotos para o fator **Rh** e poderiam ser considerados doadores universais.
- Suponha que o doador de sangue para o idoso fosse heterozigoto (para o sistema ABO) e se casasse com alguém igualmente heterozigoto, com o mesmo tipo sanguíneo doado para a dona de casa. Se esse casal gerasse quatro gêmeos bivitelinos, seria possível que cada criança tivesse um tipo sanguíneo diferente.
- As reações de aglutinação das hemácias ocorrem quando o sangue do doador possui aglutinogênios incompatíveis com as aglutininas do receptor.
- Se o paciente idoso fosse casado com a paciente idosa, seus filhos poderiam receber transfusão de pelo menos um dos tipos sanguíneos que lhes causaram incompatibilidade.

2. **UFRJ** Uma determinada característica depende de um *locus* que possui 4 alelos (A1, A2, A3, A4). Outra característica também depende de 4 genes (B1, B2 e C1, C2), porém são dois pares de alelos localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes.

Um desses dois tipos de determinismo genético apresenta um número maior de genótipos possíveis na população. Identifique esses genótipos.

3. **Famerp-SP 2020** Mariana e Pedro são pais de Eduardo, Bruna e Giovana. Giovana teve eritroblastose fetal (incompatibilidade quanto ao fator Rh) ao nascer. Os resultados das tipagens sanguíneas da família estão ilustrados na tabela a seguir. O sinal (+) indica que houve aglutinação e o sinal (-) indica que não houve aglutinação.

	Anti-A	Anti-B	Anti-Rh
Mariana	-	+	-
Pedro	+	-	+
Eduardo	+	-	+
Bruna	+	+	-
Giovana	-	+	+

É correto afirmar que, nesse caso, tal tipo sanguíneo é o mais adequado porque, nas hemácias do doador, estão:

- a) presentes os antígenos correspondentes aos anticorpos do receptor.
- b) ausentes os anticorpos correspondentes aos antígenos do receptor.
- c) ausentes os antígenos correspondentes aos anticorpos do receptor.
- d) presentes os anticorpos correspondentes aos antígenos do receptor.

11. **UFPE** A respeito dos grupos sanguíneos, avalie as proposições a seguir.

- Grupo sanguíneo: A
Antígenos: A
Anticorpos: Anti-B
Doa: A, AB
Recebe: A, O
- Grupo sanguíneo: B
Antígenos: B
Anticorpos: Anti-A
Doa: B, AB
Recebe: B, O
- Grupo sanguíneo: AB
Antígenos: A e B
Anticorpos: Anti-A e Anti-B
Doa: AB
Recebe: AB, A, B, O
- Grupo sanguíneo: O
Antígenos: O
Anticorpos: Não tem
Doa: O, A, B, AB
Recebe: O
- Grupo sanguíneo: A
Antígenos: A
Anticorpos: Anti-A
Doa: A, AB
Recebe: A, O

12. **UFPE-RS** Um dos principais problemas em cirurgias de emergência – a falta de sangue compatível com o da vítima para transfusões – pode estar prestes a ser resolvido. Uma equipe internacional de pesquisadores descobriu uma maneira de converter sangue dos tipos A, B e AB, que hoje podem ser doados apenas com restrição, no tipo O. Os cientistas descreveram o uso de novas enzimas que “limpam” esses tipos sanguíneos de seus antígenos, tornando-os viáveis para qualquer tipo de transfusão. Esta possibilidade liberaria os hospitais da dependência do tipo O.

O Estado de S. Paulo.

Disponível em: <http://noticias.universia.com.br/destaque/noticia/2007/04/03/424998/grupo-cria-sangue-doador-universal.html>. Acesso em: 20 abr. 2007. (Adapt.)

Com base no texto e em seus conhecimentos, desconsiderando o fator RH, é correto afirmar que, através da nova tecnologia,

- a) uma pessoa com sangue tipo “O” poderia receber sangue de qualquer outro grupo sanguíneo, pois os sangues tipo “A”, “B” e “AB” não apresentariam

aglutinogênios “A” e “B” nas hemácias; não ocorreriam, portanto, reações de aglutinação.

- b) uma pessoa com sangue tipo “O” poderia receber sangue de qualquer outro grupo sanguíneo, pois os sangues tipo “A”, “B” e “AB” não apresentariam aglutininas anti-A e anti-B no plasma; não ocorreriam, portanto, reações de aglutinação.
- c) uma pessoa com sangue tipo “A” poderia receber sangue, além do tipo “O” e “A”, dos tipos “B” e “AB”, pois os anticorpos anti-A e anti-B, presentes nas hemácias do sangue desses grupos sanguíneos, seriam neutralizados.
- d) uma pessoa com sangue tipo “B” poderia receber sangue, além do tipo “O” e “B”, dos tipos “A” e “AB”, pois os aglutinogênios “A” e “B”, presentes no plasma do sangue desses grupos sanguíneos, seriam neutralizados.
- e) todos os grupos sanguíneos seriam doadores universais, pois seriam eliminados os aglutinogênios anti-A e anti-B das hemácias e as aglutininas A e B do plasma; não ocorreriam mais reações de aglutinação.

13. **UFU-MG 2019** Em coelhos, os genes que condicionam a cor da pelagem apresentam a seguinte relação de dominância: C (aguti) > C^{ch} (chinchila) > C^h (himalaia) > C^a (albina).

Baseando-se nessas informações, responda:

- a) Quais são as proporções fenotípicas e genotípicas resultantes do cruzamento entre uma fêmea chinchila heterozigota para himalaia e um macho aguti heterozigoto para albino?
- b) Qual é a probabilidade de nascer um descendente chinchila heterozigoto para albino do cruzamento entre uma fêmea aguti heterozigota para chinchila e um macho himalaia heterozigoto? Demonstre o cruzamento e a descendência por meio do Quadro de Punnett.

14. **Mackenzie-SP 2019** Os indivíduos numerados de 1 a 5, pertencentes à mesma família, foram submetidos a exames de tipagem sanguínea para três sistemas: ABO, Rh e MN.

Abaixo, a tabela indica os resultados para a presença (sinal +) ou ausência (sinal –) de antígenos, relativos à membrana dos eritrócitos, pertencentes a cada um dos sistemas sanguíneos examinados.

Indivíduos submetidos aos exames	Sistema ABO		Sistema Rh	Sistema MN	
	Antígeno A	Antígeno B	Fator Rh	Antígeno M	Antígeno N
1	+	+	–	+	+
2	+	–	+	+	+
3	–	+	+	+	+
4	–	–	–	+	–
5	–	–	+	+	–

Sabendo-se que a família analisada é constituída por pais e filhos biológicos, assinale a alternativa que traz a provável relação de parentesco entre esses indivíduos,

	Pais		Filhos		
a)	2	3	1	4	5
b)	1	2	3	4	5
c)	4	5	1	2	3
d)	3	5	1	2	4
e)	2	4	1	3	5

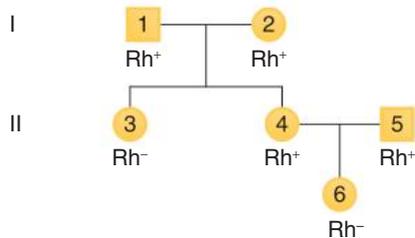
15. **UEL-PR** Os tipos sanguíneos do sistema ABO de três casais e três crianças são mostrados a seguir.

CASAIS	CRIANÇAS
I. AB × AB	a. A
II. B × B	b. O
III. A × O	c. AB

Sabendo-se que cada criança é filha de um dos casais, a alternativa que associa corretamente cada casal a seu filho é:

- a) I – a; II – b; III – c. d) I – c; II – a; III – b.
 b) I – a; II – c; III – b. e) I – c; II – b; III – a.
 c) I – b; II – a; III – c.

16. **Ufla-MG** O sistema Rh em seres humanos é controlado por um gene com dois alelos, dos quais o alelo dominante R é responsável pela presença do fator Rh nas hemácias, e portanto, fenótipo Rh⁺. O alelo recessivo r é responsável pela ausência do fator Rh e fenótipo Rh⁻.



Com base no hereditograma apresentado, determine os genótipos dos indivíduos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

- a) RR, Rr, Rr, RR, Rr, RR. c) Rr, Rr, Rr, rr, RR, Rr.
 b) Rr, Rr, rr, Rr, Rr, rr. d) Rr, Rr, rr, RR, Rr, rr.

17. **Mackenzie-SP** O quadro representa os resultados dos testes de tipagem sanguínea para um homem, para seu pai e para sua mãe. O sinal + indica que houve aglutinação e o sinal – indica ausência de aglutinação.

	Anti-A	Anti-B	Anti-Rh
Homem	–	+	+
Pai	+	+	+
Mãe	–	–	–

Assinale a alternativa correta.

- a) Esse homem tem anticorpos contra o sangue de sua mãe.
 b) O pai desse homem é doador universal.

- c) Esse homem apresenta aglutinogênio A em suas hemácias.
 d) Esse homem poderia ter um irmão pertencente ao tipo O, Rh⁻.
 e) Esse homem poderia ter tido eritroblastose fetal ao nascer.

18. **UFSC** Ao final da gravidez, é comum haver pequenas rupturas placentárias que permitem a passagem de hemácias fetais para o sangue materno. A mãe, assim, pode ser sensibilizada e, dependendo de seu tipo sanguíneo e do tipo sanguíneo do feto em relação ao sistema Rh, gerar uma doença denominada eritroblastose fetal. Com relação ao fenômeno descrito e suas consequências, é correto afirmar que:

- 01 a mãe tem que ser Rh negativo.
 02 o pai tem que ser Rh positivo.
 04 a criança é, obrigatoriamente, homocigota.
 08 a mãe é, obrigatoriamente, homocigota.
 16 o pai pode ser heterocigoto.
 32 a criança é Rh negativo.
 64 o pai pode ser homocigoto.

Soma:

19. **UFPE** No segundo parto de uma mulher, o feto apresentou o quadro de hemólise de hemácias, esse conhecido por doença hemolítica do recém-nascido (DHRN) ou por eritroblastose fetal. Considerando o fato de que essa mulher não foi submetida à transfusão de sangue em toda a sua vida anterior, e teve seu primeiro filho sem qualquer anormalidade, analise os genótipos descritos no quadro apresentado, e assinale a alternativa que indica, respectivamente, os genótipos da mãe, do primeiro filho e do segundo filho.

	Genótipos		
	Mãe	1º filho	2º filho
a)	Rh ⁻	Rh ⁻	Rh ⁺
b)	Rh ⁻	Rh ⁺	Rh ⁻
c)	Rh ⁻	Rh ⁺	Rh ⁺
d)	Rh ⁺	Rh ⁻	Rh ⁺
e)	Rh ⁺	Rh ⁺	Rh ⁻

20. **UEMG 2016** Ana Júlia está super preocupada porque ouviu dizer que, sendo ela Rh⁻ (negativo) e seu namorado Emílio Rh⁺ (positivo), não poderiam se casar e nem ter filhos, porque, senão, todos eles nasceriam com a doença hemolítica eritroblastose fetal, que os mataria logo após o nascimento.

Do ponto de vista biológico, o melhor aconselhamento que poderia ser dado a Ana Júlia seria:

- a) Não se preocupe porque a informação está totalmente incorreta. Risco de nascer bebês com a doença hemolítica eritroblastose fetal só existiria se vocês dois fossem Rh⁻ (negativo).
 b) Realmente, o que você ouviu dizer está correto e vocês não podem ter filhos, porque todos eles apresentariam a doença hemolítica eritroblastose fetal e morreriam, durante a gestação, ou logo após o parto.

- c) Não se preocupe porque a informação está completamente errada. O risco de nascer criança com a doença hemolítica eritroblastose fetal não está relacionado com o fator Rh, mas com o fator ABO, podendo ocorrer quando o pai for do grupo AB e a mãe do grupo O.
- d) Realmente, essa situação favorece a ocorrência de eritroblastose fetal em bebês que sejam Rh+ (positivo). Porém vocês podem perfeitamente se casarem e terem filhos, desde que seja feito um pré-natal adequado, com acompanhamento médico, que deverá tomar todas as medidas de profilaxia ou tratamento, se for necessário.

21. Mackenzie-SP O quadro a seguir mostra os resultados das tipagens ABO e Rh de um casal e de seu filho. O sinal + indica reação positiva e o sinal – indica reação negativa.

	Soro anti-A	Soro anti-B	Soro anti-Rh
Pai	+	–	+
Mãe	–	+	–
Criança	–	–	+

Considere as seguintes afirmações.

- I. Essa mulher poderá dar à luz uma criança com eritroblastose fetal.
 - II. Em caso de transfusão sanguínea, a criança poderá receber sangue tanto da mãe quanto do pai.
 - III. O genótipo do pai pode ser I^AI^ARR.
- Assinale:
- a) se somente III estiver correta.
 - b) se somente II estiver correta.
 - c) se somente I estiver correta.
 - d) se somente I e III estiverem corretas.
 - e) se somente II e III estiverem corretas.

22. Fuvest-SP Lúcia e João são do tipo sanguíneo Rh positivo e seus irmãos, Pedro e Marina, são do tipo Rh negativo. Quais dos quatro irmãos podem vir a ter filhos com eritroblastose fetal?

- a) Marina e Pedro.
- b) Lúcia e João.
- c) Lúcia e Marina.
- d) Pedro e João.
- e) João e Marina.

23. PUC-Minas Um casal possui o seguinte genótipo para o fator Rh: Pai = Rr; Mãe = rr. Considerando apenas o fator Rh, a probabilidade de esse casal vir a ter um filho do sexo masculino, com ocorrência de eritroblastose fetal, é:

- a) 1 b) $\frac{1}{2}$ c) $\frac{1}{3}$ d) $\frac{1}{4}$ e) $\frac{1}{8}$

24. Ufal Um casal teve uma criança com eritroblastose fetal. Assinale a alternativa que identifica corretamente os grupos sanguíneos dessa família.

- a) Mãe – Rh⁺; Pai – Rh⁻; Criança – Rh⁺
- b) Mãe – Rh⁺; Pai – Rh⁻; Criança – Rh⁻
- c) Mãe – Rh⁻; Pai – Rh⁺; Criança – Rh⁺
- d) Mãe – Rh⁻; Pai – Rh⁺; Criança – Rh⁻
- e) Mãe – Rh⁻; Pai – Rh⁻; Criança – Rh⁺

25. Fatec-SP A doença hemolítica do recém-nascido é um problema causado pela incompatibilidade sanguínea entre mãe e feto. Assinale a alternativa que contém a família na qual é possível a ocorrência da citada doença.

- a) Mãe: I^Ai rh rh
Pai: I^Bi Rh rh
1^o bebê: I^AB Rh rh
2^o bebê: I^Bi Rh rh
- b) Mãe: I^AA Rh rh
Pai: I^BB rh rh
1^o bebê: I^AB Rh rh
2^o bebê: I^AB rh rh
- c) Mãe: ii rh rh
Pai: ii rh rh
1^o bebê: ii rh rh
2^o bebê: ii rh rh
- d) Mãe: ii Rh rh
Pai: I^Bi Rh rh
1^o bebê: I^Bi Rh rh
2^o bebê: ii Rh rh
- e) Mãe: I^Ai rh rh
Pai: ii Rh rh
1^o bebê: I^Ai rh rh
2^o bebê: ii rh rh

26. PUC-Minas Indivíduos sem antígeno Rh nas hemácias são considerados recessivos. Carlos, que tem Rh⁺ e é homocigoto, casou-se com Elaine, que tem Rh⁻. Ambos possuem o mesmo grupo sanguíneo. Fazendo um exame pré-natal e relatando esse fato ao médico, este ficou:

- a) despreocupado e não fez qualquer recomendação relativa ao fato.
- b) despreocupado, não fez qualquer recomendação, apenas solicitando ao casal que o procurasse no momento da segunda gestação.
- c) preocupado, recomendando que, logo após o parto, a mãe recebesse soro anti-Rh. Numa segunda gravidez, entretanto, disse que esse procedimento não seria mais necessário.
- d) bastante preocupado, inclusive pela informação de compatibilidade de grupo sanguíneo, recomendando bastante atenção em cada gravidez, de maneira que, após cada parto, a mãe receba o soro anti-Rh.
- e) bastante preocupado, dizendo ao casal que a gravidez era de altíssimo risco e eles não poderiam mais ter outro filho.

27. Mackenzie-SP 2016 Uma mulher pertencente ao tipo sanguíneo A casa-se com um homem receptor universal que teve eritroblastose fetal ao nascer. O casal tem uma filha pertencente ao tipo sanguíneo B e que também teve eritroblastose fetal. A probabilidade desse casal ter uma criança com o mesmo fenótipo da mãe é de

- a) 1/8 d) 1/4
- b) 1 e) zero
- c) 1/2

De acordo com a professora da FMUSP, o sistema ABO, localizado no braço longo do cromossomo nove, tem mais de 160 alelos e não está presente apenas na linhagem de células que compõem os elementos do sangue, mas também no endotélio (parte interior dos vasos sanguíneos), em outros tipos de células e até mesmo em secreções. “A complexidade do sistema exigia que realizássemos estudos moleculares”, explicou.

Associação com doenças

Como o sistema ABO persistiu ao longo da evolução da espécie, os cientistas estimam que ele tenha alguma função específica, que, no entanto, ainda não foi esclarecida. Ao entender melhor o funcionamento do sistema, poderão surgir pistas de quais seriam as variantes ou mutações críticas para especificidade e atividade dos antígenos ABO.

“Sabemos que há associação do sistema ABO com algumas doenças. Indivíduos de grupo O, por exemplo, têm úlceras duodenais com mais frequência. Além disso, o sistema pode ter uma expressão aberrante em algumas células malignas – isto é, a distribuição do grupo sanguíneo pode ser desigual entre indivíduos com uma determinada doença”, destacou Marcia.

Segundo ela, depois da classificação sorológica, com a realização da tipagem testada para antígenos, todas as amostras tiveram o DNA extraído. Em seguida, passou-se ao estudo molecular com o PCR alelo-específico – técnica usada para detectar mutações específicas – seguida pelo sequenciamento do gene ABO.

A autora afirma que estudos moleculares sistemáticos do gene ABO em grupos diferentes de pacientes possivelmente deverão levar ainda à descoberta de novas variantes ABO.

CASTRO, Fábio de. Nova luz no sistema ABO. *Agência Fapesp*, 26 fev. 2008. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/nova-luz-no-sistema-abo/8466/>. Acesso em: 16 jan. 2022.

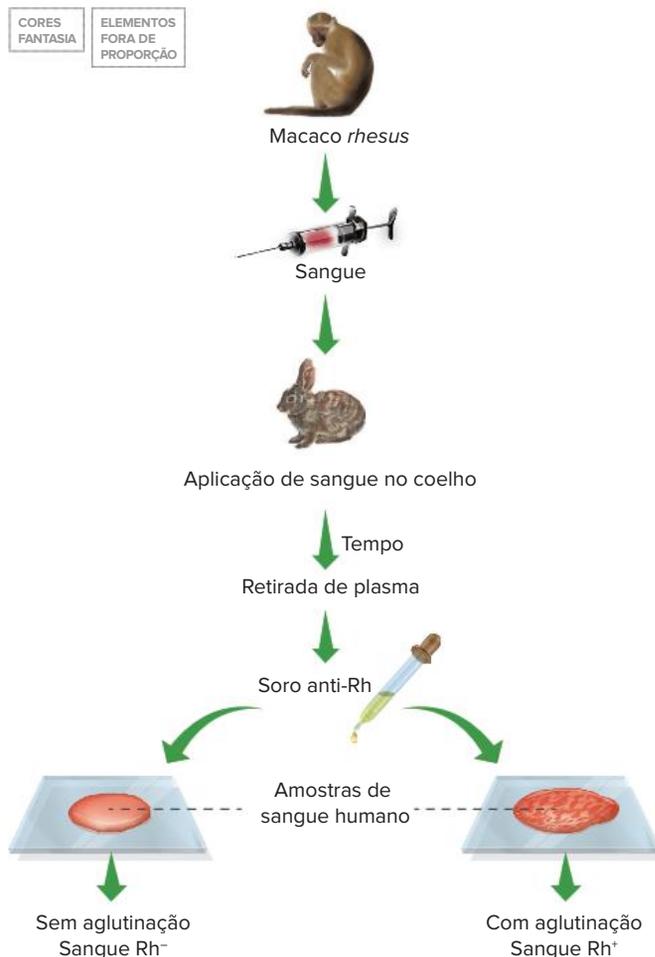
A descoberta do sistema Rh

Desde o início do século XX, experiências eram feitas para entender o porquê de as transfusões sanguíneas serem bem-sucedidas em alguns casos e em outros não. O médico Karl Landsteiner percebeu que, ao misturar sangue de diferentes pessoas, em alguns casos ocorria a formação de grumos grosseiros e, em outros casos, não. O médico chamou tais reações de aglutinação.

Na década de 1940, Landsteiner e seu colega Wiener descobriram o sistema Rh. Injetaram hemácias do macaco *rhesus* em um coelho, que passou a produzir anticorpos contra as hemácias do macaco. Foi retirado então o plasma do coelho, que continha anticorpos **anti-reso (anti-Rh)**. Esse produto constituiu um soro, que foi empregado na elaboração de testes com sangue de pessoas. Indivíduos cujo sangue aglutinava em presença do soro foram classificados como tendo **sangue Rh positivo (reso positivo)** e os que apresentavam sangue sem essa aglutinação foram classificados como tendo **sangue Rh negativo (reso negativo)**.

A descoberta desse novo sistema sanguíneo, batizado de sistema Rh em função do macaco que foi usado no experimento, possibilitou compreender por que havia problemas em algumas transfusões, mesmo quando o teste para o sistema ABO tinha sido realizado corretamente.

Assim, em uma transfusão sanguínea, ambos os sistemas devem ser testados para averiguar a compatibilidade entre doador e receptor. O quadro a seguir indica as transfusões que podem ser realizadas, de acordo com o sistema ABO e Rh combinados.



Esquema simplificado do processo de produção de soro anti-Rh e de tipagem sanguínea.

Receptor	Doador							
	O ⁻	O ⁺	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	AB ⁻	AB ⁺
O ⁻	✓							
O ⁺	✓	✓						
A ⁻	✓		✓					
A ⁺	✓	✓	✓	✓				
B ⁻	✓				✓			
B ⁺	✓	✓			✓	✓		
AB ⁻	✓		✓		✓		✓	
AB ⁺	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

O portador de sangue O⁻ é considerado doador universal, pois pode doar para portadores de todos os outros tipos. Já os portadores de sangue AB⁺ são considerados receptores universais, pois podem receber sangue de qualquer outro tipo.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Alelos múltiplos (ou polialelia)

Relacionados a situações em que há mais de dois alelos na população para uma determinada característica. Cada indivíduo tem um par de alelos responsáveis pela determinação da sua característica, mas na população existem outros que, se combinados, podem gerar mais genótipos diferentes e, assim, outros fenótipos.

O cálculo do número de categorias genóticas existentes em uma população é:

$$C = \frac{n(n+1)}{2}, \text{ sendo } n \text{ o número de alelos envolvidos na herança.}$$

O sistema sanguíneo ABO

Sangue e imunologia

- **Anticorpos** presentes no plasma podem ligar-se a “corpos estranhos” ao organismo, chamados de **antígenos** (ou, neste caso em específico, **aglutinogênios**). Hemácias estranhas ao corpo são reconhecidas como antígenos pelos anticorpos. Isso acontece porque elas apresentam em sua superfície externa moléculas de carboidratos associadas a proteínas que podem ser incompatíveis com os anticorpos.
- A membrana de hemácias humanas pode apresentar duas categorias de antígenos: aglutinogênio A e aglutinogênio B.
- No plasma humano, podem ser encontrados dois tipos de anticorpos: no indivíduo que possui aglutinogênio A, são encontrados anticorpos (ou **aglutininas**) anti-B, que atuam contra o aglutinogênio B. No indivíduo que possui aglutinogênio B, são encontrados anticorpos anti-A, que atuam contra o aglutinogênio A.
- Há quatro tipos sanguíneos no sistema ABO, baseados na ocorrência dos aglutinogênios A e B:
 - Tipo A: com aglutinogênios A e aglutinina anti-B.
 - Tipo B: com aglutinogênios B e aglutinina anti-A.
 - Tipo AB: com aglutinogênios A e B e sem aglutininas anti-A e anti-B.
 - Tipo O: não apresenta aglutinogênios A e B, mas possui aglutininas anti-A e anti-B.
- **Tipagem sanguínea:** realiza-se a mistura de gotas de sangue com soros que contêm aglutininas anti-A e anti-B. O sangue aglutina-se com a presença de anticorpos incompatíveis: sangue tipo A aglutina-se com soro anti-A e não se altera em contato com soro anti-B. Seguindo essa mesma lógica, são determinados os demais tipos sanguíneos.
- **Transfusão sanguínea:** deve ser realizada com a compatibilidade do sangue do doador e do receptor. O receptor não pode ter anticorpos contra o antígeno do doador. Assim:

Tipo sanguíneo	Recebe de	Doa para
Tipo A	A e O	A e AB
Tipo B	B e O	B e AB
Tipo AB	A, B, AB e O	AB
Tipo O	O	A, B, AB, O

- **Genética do sistema ABO:** são observados três alelos: I^A, I^B e i, sendo i recessivo e I^A e I^B codominantes. Assim:

Fenótipos	Genótipos
Tipo A	I ^A I ^A , I ^A i
Tipo B	I ^B I ^B , I ^B i
Tipo AB	I ^A I ^B
Tipo O	ii

Sistema sanguíneo Rh

No macaco *rhesus*, há hemácias dotadas de um antígeno denominado Rh. Nos humanos, esse antígeno Rh também está presente, sendo que cerca de 85% das pessoas o possui (tipo sanguíneo Rh positivo – Rh⁺) e 15% não (tipo sanguíneo Rh negativo – Rh⁻).

• Tipagem sanguínea do sistema Rh

- A tipagem sanguínea no sistema é realizada com a utilização de um soro que contém anticorpos anti-Rh e que é misturado a uma amostra de sangue da pessoa.
- Ocorre aglutinação: sangue do tipo Rh⁺ (houve interação entre os anti-Rh e os antígenos Rh da superfície das hemácias).
- Não ocorre aglutinação: sangue tipo Rh⁻ (não houve interação dos anticorpos com as hemácias, desprovidas de antígenos Rh).
- Anticorpos anti-Rh não são encontrados naturalmente no organismo de uma pessoa, sendo eles presentes apenas em indivíduos que tenham sido sensibilizados por contato prévio com um sangue de tipagem diferente.
- Indivíduo Rh⁻ produz anticorpos (ou aglutininas) anti-Rh se receber hemácias Rh⁺ em sua circulação.
- Indivíduo portador de sangue Rh⁺ não produz anti-Rh.

• Transfusão sanguínea

- A transfusão sanguínea, considerando o sistema Rh, deve seguir alguns preceitos:
- Indivíduos Rh⁺ podem receber sangue do mesmo tipo (Rh⁺) e também do tipo Rh negativo. Por isso, esses indivíduos Rh⁺ são receptores universais.
- Indivíduos Rh⁻ podem receber sangue do seu mesmo tipo (Rh⁻) e não devem receber sangue tipo Rh positivo (o receptor passa a produzir anticorpos anti-Rh e desenvolve memória imunitária). Por isso, esses indivíduos Rh⁻ são doadores universais.

• A genética do sistema Rh

- O sistema apresenta dois alelos principais, R (dominante) e r (recessivo), que conferem aos indivíduos dois tipos de fenótipo (tipo sanguíneo) e três genótipos:

Fenótipos	Genótipos
Rh positivo	RR, Rr
Rh negativo	rr

A doença hemolítica do recém-nascido (DHRN), ou eritroblastose fetal (EF)

- Corresponde à incompatibilidade entre o sangue da mãe e o sangue do filho.
 - Desenvolve-se em fetos que sejam Rh⁺ e tenham mães com sangue Rh⁻ (e que tenham tido contato com sangue Rh⁺ anteriormente).
 - Ocorre comumente com casais formados por homem com sangue Rh positivo e mulher com sangue Rh negativo.
 - Ao gerar filhos Rh⁺ (genótipo R₁), a mãe pode ser sensibilizada contra as hemácias do filho (que atravessam a placenta ao final da gestação), produzindo anticorpos anti-Rh. Ela pode ser sensibilizada também por meio de uma transfusão sanguínea inadequada, com sangue Rh positivo.
 - O primeiro filho nascido Rh⁺, normalmente, não é afetado pela doença.
 - Caso o casal tenha um segundo ou terceiro filho com tipo sanguíneo Rh⁺, haverá elevada probabilidade de a criança nascer com DHRN, caso não seja feito o tratamento adequado, pois a mulher foi imunizada (sensibilizada) e desenvolveu memória imunitária.
 - As hemácias do filho são reconhecidas pelos anticorpos (anti-Rh) do sistema imunitário da mãe e sofrem lise (o que justifica o nome “doença hemolítica do recém-nascido”).
- **Tratamento da criança**
 - Transfusão com sangue Rh negativo no bebê logo ao nascer – evita que as hemácias do bebê sejam atacadas pelos anticorpos anti-Rh da mãe presentes no organismo do recém-nascido.
 - Após certo período:
 - os anticorpos maternos serão destruídos e deixarão de atuar;
 - a criança produzirá novas hemácias do tipo Rh positivo, de acordo com o seu genótipo.
 - **Prevenção da doença**
 - Constatar probabilidade de o casal gerar filhos com DHRN (homem Rh⁺ e mulher Rh⁻).
 - Após o nascimento do primeiro filho Rh⁺, inocular na mulher o soro anti-Rh, promovendo a destruição de hemácias Rh⁺ que ela recebeu do filho, evitando que ela seja sensibilizada.

Sistema sanguíneo MN

Há outro sistema sanguíneo na população humana, mas ele não apresenta relevância nas transfusões sanguíneas. O **sistema MN** possui **dois alelos na população: M e N**, tratando-se de um caso de **codominância**. Assim, podem ser observados os seguintes fenótipos e genótipos:

Fenótipos	Genótipos
Tipo M	MM
Tipo N	NN
Tipo MN	MN



Exercícios complementares

1. **UFSCar-SP** A transfusão de sangue tipo AB para uma pessoa com sangue tipo B:

- pode ser realizada sem problema, porque as hemácias AB não possuem antígenos que possam interagir com anticorpos anti-A presentes no sangue do receptor.
- pode ser realizada sem problema, porque as hemácias AB não possuem antígenos que possam interagir com anticorpos anti-B presentes no sangue do receptor.
- pode ser realizada sem problema, porque, apesar de as hemácias AB apresentarem antígeno A e antígeno B, o sangue do receptor não possui anticorpos contra eles.
- não deve ser realizada, pois os anticorpos anti-B presentes no sangue do receptor podem reagir com os antígenos B presentes nas hemácias AB.
- não deve ser realizada, pois os anticorpos anti-A presentes no sangue do receptor podem reagir com os antígenos A presentes nas hemácias AB.

2. **PUC-Minas** O soro sanguíneo de um indivíduo do grupo O foi colocado em quatro tubos de ensaio, I, II, III e IV, aos quais foram adicionadas, separada e respectivamente, hemácias de indivíduos dos grupos sanguíneos AB, A, B e O.

Marque, na alternativa a seguir, a opção que corresponde à condição de aglutinação (+) ou não aglutinação (-) de hemácias resultante de reação antígeno-anticorpo.

- Tubo I (-), Tubo II (+), Tubo III (-) e Tubo IV (+).
- Tubo I (-), Tubo II (+), Tubo III (+) e Tubo IV (-).
- Tubo I (+), Tubo II (-), Tubo III (-) e Tubo IV (+).
- Tubo I (+), Tubo II (+), Tubo III (+) e Tubo IV (-).
- Tubo I (-), Tubo II (-), Tubo III (-) e Tubo IV (+).

3. **UFRGS 2018** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

Pessoas que pertencem ao grupo sanguíneo **A** têm na membrana plasmática das suas hemácias _____ e no plasma sanguíneo _____.

As que pertencem ao grupo sanguíneo **O** não apresentam _____ na membrana plasmática das hemácias.

- aglutinina anti-B – aglutinina anti-A e anti-B – aglutinogênio
- aglutinogênio A – aglutinina anti-B – aglutinogênio
- aglutinogênio B – aglutinogênio A e B – aglutinina anti-A e anti-B

- aglutinina anti-A – aglutinogênio B – aglutinina anti-A e anti-B
- aglutinina anti-A e anti-B – aglutinogênio A – aglutinina anti-B

4. **Fuvest-SP** A cor dos pelos nas cobaias é condicionada por uma série de alelos múltiplos com a seguinte escala de dominância:

C (preta) > C1 (marrom) > C2 (creme) > c (albino)

Uma fêmea marrom teve 3 ninhadas, cada uma com um macho diferente. A tabela a seguir mostra a constituição de cada ninhada.

Número de descendentes				
Ninhada	Pretos	Marrons	Crems	Albinos
1	5	3	0	2
2	0	4	2	2
3	0	5	0	4

A partir desses dados, é possível afirmar que o macho responsável pela ninhada:

- 1 era marrom homocigoto.
- 1 era preto homocigoto.
- 2 era albino heterocigoto.
- 2 era creme heterocigoto.
- 3 era marrom homocigoto.

5. **UFRGS** Se um caráter tem três alelos possíveis, podendo haver seis genótipos, e um segundo caráter apresenta oito genótipos possíveis, quando ambos forem estudados simultaneamente, podem ocorrer:

- 7 genótipos.
- 12 genótipos.
- 24 genótipos.
- 48 genótipos.
- 96 genótipos.

6. **UEPG-PR 2017** A eritroblastose fetal, ou doença hemolítica do recém-nascido, está relacionada ao fator Rh. Assinale o que for correto sobre esta doença.

- Atualmente, a eritroblastose fetal pode ser evitada injetando-se na mãe Rh+ (Rh positiva) o anticorpo anti-Rh, logo após o nascimento do primeiro filho Rh- (Rh negativo).
- Durante o parto, as hemácias do filho portadoras do fator Rh+ (Rh positivo) entram em contato com o sangue da mãe Rh- (Rh negativa), estimulando assim a produção de anticorpos anti-Rh no plasma da mãe.

- 04 Para que aconteça a eritroblastose fetal, o pai necessariamente deve ser Rh⁻ (Rh negativo) e a mãe deve apresentar o fator Rh nas suas hemácias, ou seja, ser Rh⁺ (Rh positiva). O segundo filho sofrerá com as consequências da doença caso ele também apresente o fator Rh, como a mãe.
- 08 A eritroblastose fetal pode ocorrer quando mulheres Rh⁻ (Rh negativas), já sensibilizadas anteriormente, tem filho Rh⁺ (Rh positivo). A sensibilização pode ocorrer por transfusão de sangue Rh⁺ (Rh positivo) ou gestação anterior de um filho Rh⁺ (Rh positivo).
- 16 Uma mãe Rh⁻ (Rh negativa), casada com um homem Rh⁻ (Rh negativo), pode apresentar filhos Rh⁺ (Rh positivos) na segunda gestação, porém sem que haja a manifestação da doença, visto que a mãe não apresenta anticorpos anti-Rh.

Soma:

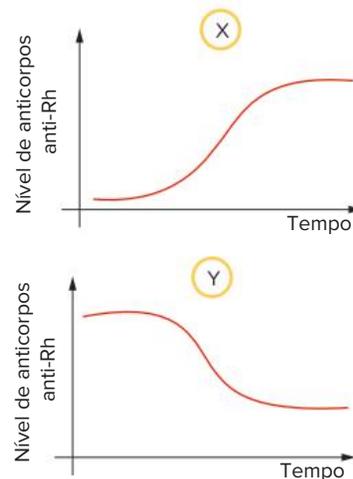
7. **UFRGS** Suponha que em uma certa espécie diplóide exista um caráter relacionado com uma série de quatro alelos (alelos múltiplos). Em um determinado indivíduo da espécie referida, o número máximo de alelos representados relacionados ao caráter em questão será igual a:
- a) 2 c) 6 e) 10
b) 4 d) 8
8. **UFRGS** Em uma espécie de peixes de aquário, aparecem três padrões distintos de coloração na nadadeira dorsal: negra, rajada e amarela. Esses padrões são resultantes das combinações de três diferentes alelos de um mesmo loco.
- No quadro a seguir, estão representados três cruzamentos entre peixes com padrões de coloração distintos para nadadeiras e suas respectivas gerações F1 e F2.

Cruzamento	Geração F1	Geração F2 (número de indivíduos)
1. rajada x amarela	100% rajadas	50 rajadas; 17 amarelas
2. negra x amarela	100% negras	100 negras; 35 amarelas
3. negra x rajada	100% negras	65 negras; 21 rajadas

Se um macho da F1 do cruzamento 3 cruza com uma fêmea da F1 do cruzamento 1, quais as proporções de coloração das nadadeiras dorsais esperadas para os descendentes?

- a) 50% de indivíduos com nadadeiras negras e 50% de indivíduos com nadadeiras rajadas.
b) 75% de indivíduos com nadadeiras negras e 25% de indivíduos com nadadeiras amarelas.
c) 75% de indivíduos com nadadeiras negras e 25% de indivíduos com nadadeiras rajadas.
d) 50% de indivíduos com nadadeiras negras e 50% de indivíduos com nadadeiras amarelas.
e) 100% de indivíduos com nadadeiras negras.

9. **Famerp-SP 2017** Um homem do grupo sanguíneo AB e Rh negativo casa-se com uma mulher do grupo sanguíneo O e Rh positivo homocigoto. Os grupos sanguíneos dos descendentes desse casal podem ser
- a) A ou AB, podendo ser Rh positivo ou Rh negativo.
b) A ou B, todos Rh negativo.
c) A ou B, todos Rh positivo.
d) A, B ou O, todos Rh negativo.
e) A, B ou AB, todos Rh negativo.
10. **FICSAE-SP 2018** Em humanos, a definição dos tipos sanguíneos do sistema ABO depende da ação conjunta do loco H e do loco ABO. O alelo dominante **H** é responsável pela síntese do chamado antígeno H, enquanto que essa produção não ocorre por ação do alelo recessivo **h**, muito raro na população. Os alelos **I^A** e **I^B**, por sua vez, são responsáveis pela conversão do antígeno H em aglutinogênios A e B, respectivamente, enquanto o alelo recessivo **i** não atua nessa conversão. Considerando que na tipagem sanguínea se identifica a presença apenas de aglutinogênios A e B, e não do antígeno H, é possível que uma pessoa de sangue tipo O tenha genótipos diferentes, tais como
- a) HhI^AI^B e HHI^Ai.
b) Hhii, hhiI^Ai e hhiI^AI^B.
c) hhii, HhI^Ai e HHI^AI^B.
d) HHii e hhiI^Ai e HhI^Bi.
11. **UFRN** Os dois gráficos a seguir representam as quantidades de anticorpos anti-Rh presentes no sangue de uma mulher (Rh⁻) em gestações distintas.



Pela observação dos gráficos e considerando que essa mulher teve um filho em cada gestação e nunca recebeu transfusão de sangue, é correto concluir que:

- a) em X, a mãe transferiu anticorpos anti-Rh para o 1^o filho Rh⁻, o qual teve eritroblastose fetal.
b) em X, a mãe foi sensibilizada com o sangue Rh⁺ do 2^o filho, o qual não teve eritroblastose fetal.
c) em Y, a mãe transferiu anticorpos anti-Rh para o 2^o filho Rh⁺, o qual teve eritroblastose fetal.
d) em Y, a mãe foi sensibilizada com o fator Rh⁻ do 1^o filho, o qual não teve eritroblastose fetal.

12. UFRGS 2017 Um casal tem dois filhos. Em relação ao sistema sanguíneo ABO, um dos filhos é doador universal e o outro, receptor universal. Considere as seguintes possibilidades em relação ao fenótipo dos pais.

- I. Um deles pode ser do grupo A; o outro, do grupo B.
- II. Um deles pode ser do grupo AB; o outro, do grupo O.
- III. Os dois podem ser do grupo AB.

Quais estão corretas?

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

13. Unesp 2021 Os sistemas de grupos sanguíneos foram descobertos no início do século XX. Além dos mais conhecidos, o sistema ABO e o sistema Rh, também existe o sistema MN, definido a partir da identificação dos antígenos M e N na superfície das hemácias humanas e condicionados por dois alelos de um gene.

As tabelas mostram os fenótipos e genótipos relacionados a cada sistema.

Fenótipos	Genótipos
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	ii

Fenótipos	Genótipos
Rh ⁺	RR ou Rr
Rh ⁻	rr

Fenótipos	Genótipos
M	$L^M L^M$
N	$L^N L^N$
MN	$L^M L^N$

Considere um casal que possua os alelos marcados a seguir.

	I^A	I^B	i	L^M	L^N	R	r
Mulher	✓	✓		✓		✓	✓
Homem	✓		✓	✓	✓		✓

Considerando os sistemas ABO, Rh e MN, o primeiro descendente desse casal terá um fenótipo específico que será uma dentre quantas possibilidades?

- a) 7.
- b) 16.
- c) 12.
- d) 24.
- e) 8.

14. UFSC 2020 Na letra da canção abaixo, transparece a expectativa que as famílias sentem com a espera e o nascimento de uma criança.

CRESCER

Isadora Canto

Vejo que você está crescendo
 Bem quentinho, aqui dentro
 Papai me abraça inteira
 Pra sentir você também
 Um beijo, e a certeza
 Que você está bem

Eu arrumo todo o nosso lar
 Me arrumo só para te esperar
 Te sinto noite e dia
 Dentro desse barrigão
 O peso da alegria perto do coração.

CANTO, Isadora. *Crescer*. In: CANTO, Isabela. *Vida de bebê*. São Paulo: Pommelo, 2018. CD. Faixa 1.

Sobre a gestação e o parto, é correto afirmar que:

- 01 a doença hemolítica do recém-nascido, conhecida também como “eritroblastose fetal”, ocorre quando o tipo sanguíneo em relação ao sistema Rh é diferente entre a mãe e o filho, tendo a mãe Rh positivo e o filho Rh negativo.
- 02 a placenta, anexo embrionário que estabelece a comunicação entre a mãe e o filho, é formada por uma rede de vasos sanguíneos que se fundem e fazem com que o sangue seja compartilhado por ambos os indivíduos.
- 04 a bolsa amniótica é repleta de líquido e tem como função nutrir as células do tecido epitelial, prevenir a dessecação e amortecer choques mecânicos.
- 08 nos seres humanos, os óvulos são classificados como “megalócitos” por possuírem grande quantidade de vitelo, capaz de nutrir o embrião durante 22 semanas.
- 16 na formação de gêmeos dizigóticos ocorre a liberação de mais de um ovócito, fenômeno conhecido como “poliembrionia”; já na formação de gêmeos monozigóticos ocorre a poliovulação, na qual cada ovócito é fecundado por um único espermatozoide.
- 32 a presença do hormônio gonadotrofina coriônica no sangue da mulher estimula a atividade do corpo-amarelo ovariano e mantém as taxas de estrogênio e progesterona elevadas no início da gestação.
- 64 o parto natural consiste na expulsão do feto por contrações rítmicas da musculatura uterina, estimulada pelo hormônio ocitocina ou oxitocina.

Soma:

15. UPF-RS 2019 Rodrigo, segundo filho de Maria, ao nascer, apresentou hemólise de hemácias, doença conhecida como eritroblastose fetal ou doença hemolítica do recém-nascido. Sabendo que Maria jamais se submeteu a nenhuma transfusão sanguínea e que João, primeiro filho de Maria, não apresentou a doença, assinale a alternativa que determina,

respectivamente, os genótipos de Maria, de Rodrigo e de João, quanto ao fator Rh.

- a) Rh⁻, Rh⁻ e Rh⁺
- b) Rh⁺, Rh⁻ e Rh⁺
- c) Rh⁻, Rh⁺ e Rh⁻
- d) Rh⁻, Rh⁺ e Rh⁺
- e) Rh⁺, Rh⁻ e Rh⁻

16. **Unesp** Uma mulher com útero infantil, Rh⁺ homocigota, casa-se com um homem Rh⁻. Impedida de ter filhos, o casal decide ter um “bebê de proveta” e contrata uma “mãe de aluguel” para receber em seu útero o zigoto formado por aquele casal. O que o casal não sabia é que a “mãe de aluguel” tivera três filhos, sendo que o último apresentara a doença hemolítica do recém-nascido. A probabilidade de o “bebê de proveta” nascer com a doença hemolítica do recém-nascido é:

- a) mínima, visto que seu pai é Rh⁻.
- b) mínima, visto que sua mãe genética é Rh⁺.
- c) alta, já que o “bebê de proveta”, com absoluta certeza, será Rh⁺.
- d) nula, visto que a doença hemolítica do recém-nascido só ocorre quando a mãe é Rh⁻ e o pai Rh⁺.
- e) alta, pois a “mãe de aluguel” é Rh⁺.

17. **UEL-PR** Uma mulher Rh⁺, cujo pai é Rh⁻, é casada com um homem Rh⁺, cuja mãe é Rh⁻. A probabilidade de esse casal vir a ter uma criança Rh⁻ é de:

- a) 100%
- b) 75%
- c) 50%
- d) 25%
- e) 0%

BNCC em foco

EM13CNT207, EM13CNT301 e EM13CNT306

1. Leia o texto e responda às questões.

As transfusões são administradas para aumentar a capacidade do sangue de transportar oxigênio, restaurar a quantidade de sangue do corpo (volume sanguíneo) e corrigir problemas de coagulação. Transfusões são geralmente seguras, mas às vezes as pessoas têm reações adversas.

Para minimizar o risco de reações adversas durante uma transfusão, os profissionais de saúde tomam muitas precauções. Antes de iniciar a transfusão, geralmente poucas horas ou até mesmo alguns dias antes, faz-se a análise da compatibilidade do sangue do paciente com o sangue do doador (isso não é feito para transfusões de plasma ou plaquetas).

[...]

SARODE, Ravindra. Precauções e reações adversas durante transfusões de sangue. *Manual MSD*, fev. 2020. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-do-sangue/transfus%C3%A3o-de-sangue/precau%C3%A7%C3%B5es-e-rea%C3%A7%C3%B5es-adversas-durante-transfus%C3%B5es-de-sangue>. Acesso em: 18 jan. 2022.

- a) Por que, em casos de transfusões de plasma ou plaquetas, apenas, não é importante a compatibilidade de tipo sanguíneo?
- b) Uma pessoa sofreu um acidente na rua e perdeu muito sangue; por isso, precisa de uma transfusão com urgência. Como pode ser feito um teste rápido de tipagem sanguínea para verificação do sangue mais adequado a ser transfundido? Explique sua resposta (se preferir, use recursos gráficos).

EM13CNT202 e EM13CNT207

2. Uma futura mãe, com tipo sanguíneo Rh negativo, tentou explicar ao futuro pai, com tipo sanguíneo Rh positivo, a importância de o casal fazer exames de sangue durante a gravidez, mas ele não se convenceu da necessidade dessa investigação.
- a) Considere a causa da eritroblastose fetal e explique por que esses exames são importantes.
 - b) De modo geral, o fato de o primeiro filho de uma mãe Rh negativo nascer sem a eritroblastose fetal indica que a criança certamente é Rh negativo, como a mãe? Explique.
 - c) Quando uma mulher Rh negativo tem um filho Rh positivo, qual providência deve ser tomada para prevenir problemas em uma segunda gravidez? Explique sua resposta.

EM13CNT207, EM13CNT301 e EM13CNT306

3. No ano de 2020, uma mulher grávida, cujo tipo de sangue é o dos doadores universais, inclusive quanto ao fator Rh, estava internada no hospital e precisava de uma transfusão sanguínea. Como a pandemia de coronavírus provocara uma queda sensível nas doações de sangue, o banco de sangue do hospital estava com estoques muito baixos. Por não se tratar de um caso de extrema urgência, os médicos resolveram pedir a algum familiar que fosse doador.
- a) Qual é o tipo de sangue dos doadores universais nos sistemas ABO e Rh? Por que são chamados assim?
 - b) O doador sabia ter o mesmo tipo de sangue da paciente, mas não tinha certeza quanto ao fator Rh. Por isso, para evitar problemas futuros de sensibilização, foi preciso fazer um teste antes da doação. Como é realizada a tipagem para o Rh? Explique sua resposta.



Flores e frutos são estruturas exclusivas de plantas angiospermas. Na fotografia, flores e fruto da laranjeira.

innes_la_luz/Shutterstock.com

FRENTE 2

CAPÍTULO

13

Angiospermas

As angiospermas são plantas que formam flores e frutos, apresentam a maior diversidade de espécies entre as plantas e estão presentes em todos os biomas terrestres. Destacam-se, entre outras características, pela sua grande importância econômica, já que fazem parte da nossa vida como fonte de alimento, ornamentação, combustível (álcool e biodiesel), madeira, entre diversas outras formas.

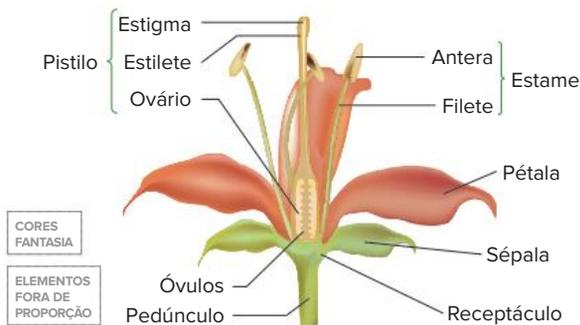
Características gerais

Milho, trigo, goiabeira, algodoeiro e soja são alguns exemplos de plantas de grande utilidade para o ser humano e que fazem parte do grupo das angiospermas, termo que significa “urna com sementes”, em referência ao fruto. Esses vegetais são **vasculares** e seu corpo possui raiz, caule e folhas; sua estrutura reprodutora típica e exclusiva é a **flor**, que gera **fruto e sementes**. Dessa maneira, as angiospermas se diferenciam das gimnospermas por apresentarem fruto e flor; as gimnospermas não formam fruto e suas estruturas reprodutoras são os estróbilos.

O estróbilos de gimnospermas tem um eixo com placas dotadas de esporângios (esporófilos) dispostos helicoidalmente. Em angiospermas, a flor tem seus componentes dispostos em círculos concêntricos. No entanto, há angiospermas consideradas mais primitivas e que apresentam componentes da flor dispostos helicoidalmente; é o caso da vitória-régia e da magnólia.

Flor

Uma flor típica de angiospermas não tem arranjo helicoidal de seus componentes. Apresenta um pedúnculo floral, que se expande, formando o receptáculo floral.



Flor típica de angiosperma. Uma flor pode apresentar pedúnculo, receptáculo e verticilos florais.

Uma flor apresenta quatro **verticilos florais** ligados ao receptáculo, correspondentes a grupos de folhas modificadas, que dão origem às seguintes estruturas: **cálice**, **corola**, **androceu** e **gineceu**.

O **cálice** é constituído por **sépalas**, folhas geralmente verdes e que protegem as estruturas reprodutoras. A **corola** é formada por **pétalas**, folhas geralmente coloridas e que podem apresentar odor; as pétalas protegem os elementos reprodutores e são capazes de atrair animais **polinizadores**, como morcegos, insetos ou pássaros. O conjunto constituído por cálice e corola é denominado **perianto**; quando as sépalas e as pétalas são semelhantes no aspecto e na cor, são denominadas **tépalas**, e seu conjunto recebe o nome de **perigônio**.

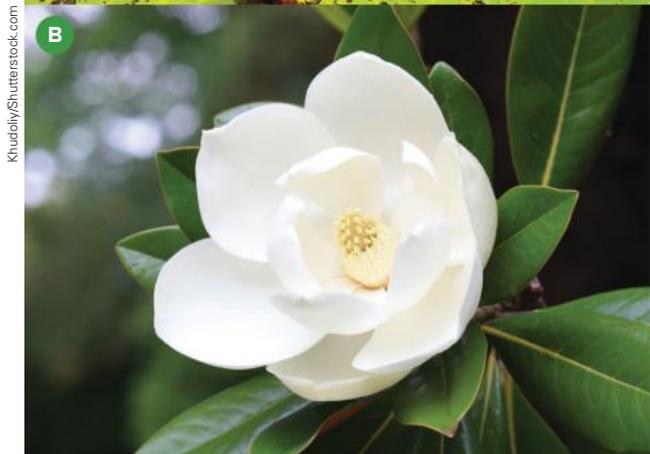
O **androceu** é formado por **estames**, os elementos masculinos da flor. Cada estame tem um filamento (filete) e uma extremidade arredondada, denominada **antera**. No interior da antera, ocorre a produção e a liberação de **grãos de pólen**.

O **gineceu** é geralmente formado por um **pistilo** (ou **carpelo**), o elemento feminino da flor; há espécies em que o gineceu é constituído por vários pistilos. Cada pistilo tem três partes: o **estigma** (que recebe pólen), o **estilete** (porção mais alongada) e o **ovário** (situado na base). Dentro do ovário, há um ou vários óvulos, dependendo da espécie. O óvulo maduro contém o gametófito feminino (ou saco embrionário).

Há flores com pistilos e estames; são denominadas **monóclinas**, ou hermafroditas. Flores que possuem só pistilos ou só estames são denominadas **díclinas**, apresentando, portanto, apenas um sexo.

O grão de pólen é transportado da antera até o estigma do pistilo, processo denominado **polinização**. Uma vez no estigma, o grão de pólen forma o **tubo polínico**, que cresce pelo estilete até alcançar o óvulo no interior do ovário, determinando a fecundação do tipo **sifonogâmica**. Forma-se a semente e, pela ação hormonal, o **ovário** desenvolve-se e origina o **fruto**. Assim, temos:

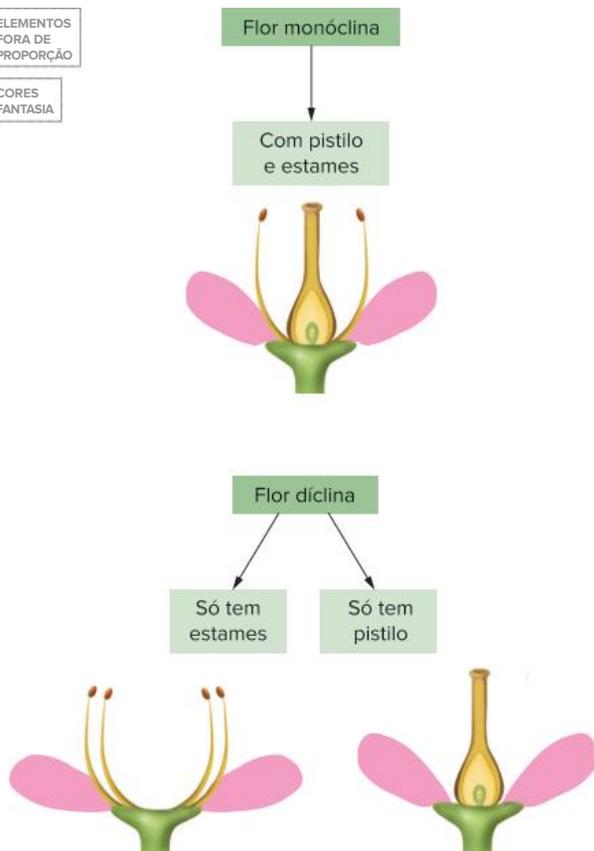
- Semente é o óvulo fecundado e desenvolvido.
- Fruto é o ovário desenvolvido.



Vitória-régia (A) e magnólia (B) apresentam flores com elementos florais dispostos helicoidalmente.

Atualmente, as angiospermas são também designadas como **antófitas** (que significa “plantas com flores”), ou **magnoliófitas** (uma referência à magnólia).

ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO
CORES FANTASIA

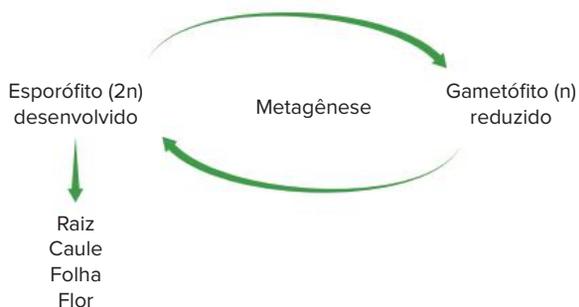


Flor monóclina tem elementos masculinos e femininos. Flor díclina tem apenas elementos masculinos ou femininos.

Ciclo reprodutivo

Metagênese

Angiospermas apresentam **metagênese**, com esporófito ($2n$) desenvolvido e gametófito (n) muito reduzido; o grão de pólen, por exemplo, contém o gametófito masculino e é muito pequeno. O esporófito é o vegetal propriamente dito, com raiz, caule e folha; sua estrutura reprodutora é a flor.



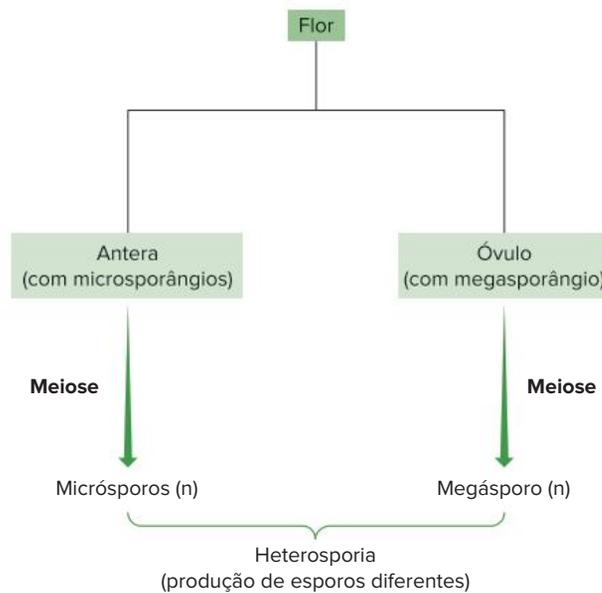
A metagênese em angiospermas apresenta o esporófito como a geração desenvolvida, enquanto o gametófito é bastante reduzido.

Esporos e gametófitos

Na antera, encontram-se os **microsporângios**, também conhecidos como **sacos polínicos**, onde se dá a produção de **micrósporos** (n), por meiose.

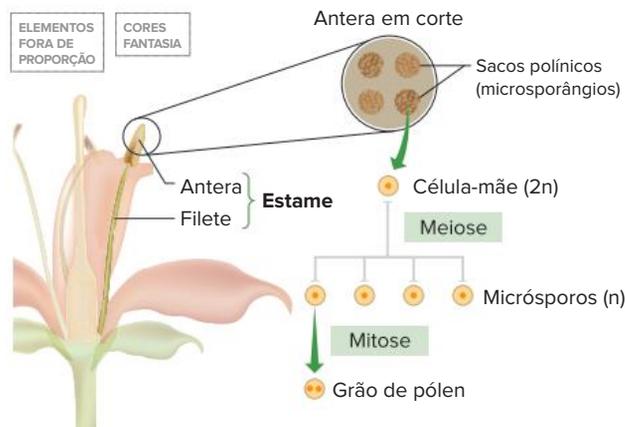
No interior do óvulo está o **megasporângio**, onde ocorre a formação de **megásporo** (n), por meiose.

Nota-se que os componentes masculinos são menores (micro) que os femininos (mega). Assim, as angiospermas, como as gimnospermas, apresentam **heterosporia**.



Angiospermas apresentam esporos gerados por meiose. Micrósporos são produzidos no interior da antera; e os megásporos, dentro de óvulos.

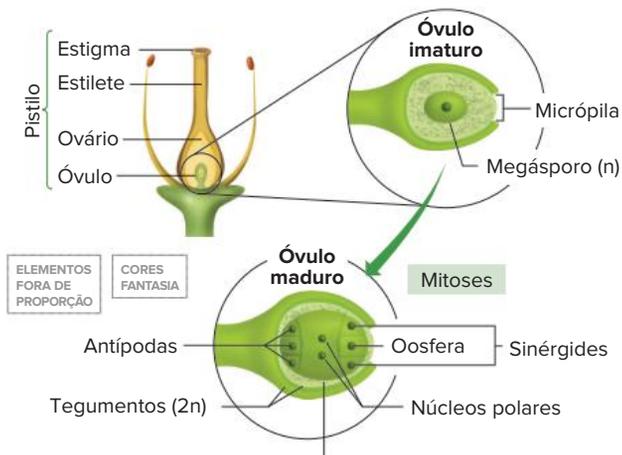
Cada micrósporo sofre mitose e origina um **grão de pólen** (**gametófito masculino imaturo**), que possui dois núcleos.



A antera do estame tem sacos polínicos, onde ocorre a formação de grãos de pólen.

A formação do megásporo se dá por meio de uma célula diploide chamada "**mãe de megásporo**". Tal célula sofre meiose, formando, portanto, 4 novas células haploides. Dessas, apenas uma permanece (megásporo), e as outras degeneram.

O megásporo restante sofre mitoses até gerar 8 núcleos (n), que formarão 7 células, organizadas no **gametófito feminino** (ou **saco embrionário**): a **oosfera** (o gameta feminino que, fecundado, gerará o embrião), **2 sinérgides** (dispostas ao lado da oosfera), **3 antípodas** (localizadas na base do saco embrionário, no lado oposto à sua abertura) e também uma grande **célula central**, dotada de dois núcleos (chamados de núcleos polares).

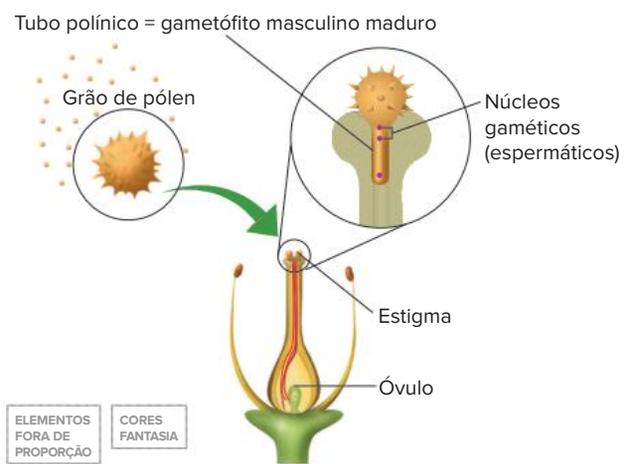


Antípodas + núcleos polares + oosfera + sinérgidas =
saco embrionário ou gametófito feminino

Processo de formação do óvulo maduro, com o gametófito feminino em seu interior.

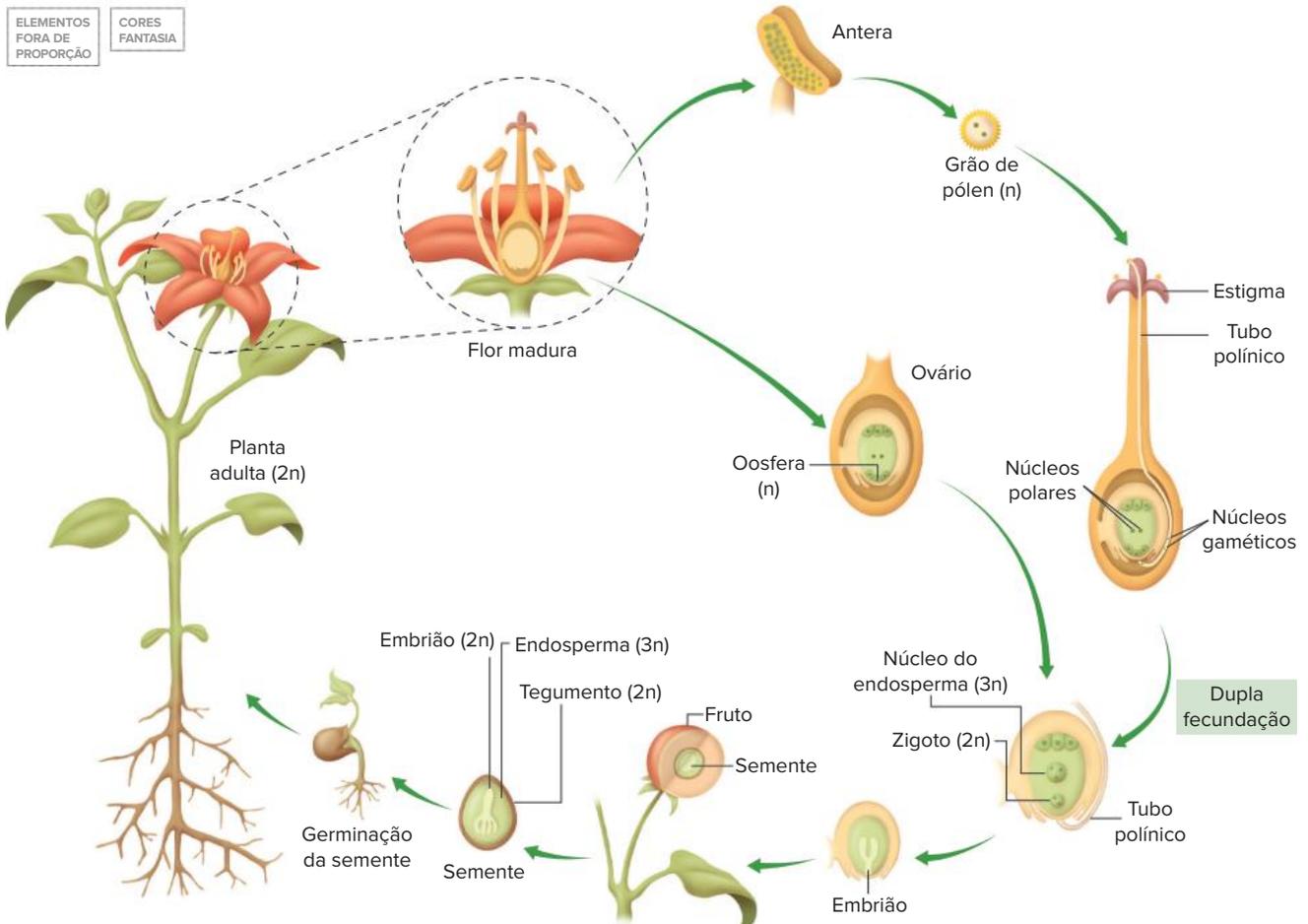
Fecundação

O grão de pólen que chega ao estigma desenvolve-se e forma o tubo polínico, correspondente ao **gametófito masculino maduro**, que cresce em direção ao óvulo; enquanto isso, um dos núcleos do grão de pólen sofre mitose e origina dois **núcleos gaméticos** (ou **espermáticos**), que correspondem aos gametas masculinos.



No interior do pistilo, o grão de pólen origina o tubo polínico, que cresce em direção ao óvulo.

A fecundação do óvulo resulta na formação da semente. O tubo polínico encontra o óvulo e libera seus núcleos espermáticos. Ocorre, então, uma **dupla fecundação**. Um núcleo gamético une-se à oosfera e forma-se um zigoto ($2n$), que gera um **embrião** ($2n$). O outro núcleo gamético une-se aos dois núcleos polares, formando uma célula triploide ($3n$), que sofre mitose e gera o **endosperma** ($3n$), o tecido de reserva da semente. Os tegumentos ($2n$) do óvulo originam os tegumentos da semente.



Ciclo de vida de uma angiosperma. Após o processo de dupla fecundação e o desenvolvimento do embrião, o óvulo se desenvolve na semente. Os componentes de uma semente de angiosperma são: embrião, endosperma e tegumentos.

Comparação entre gimnospermas e angiospermas

Gimnospermas e angiospermas têm muitas semelhanças reprodutivas, como a metagênese, meiose esporica, heterosporia e formação de semente. No entanto, esses dois grupos têm diferenças importantes:

Características	Gimnospermas	Angiospermas
Fruto	Ausente	Presente
Flor	Ausente	Presente
Endosperma	Haploide (n)	Triploide (3n)
Fecundação	Simplex	Dupla

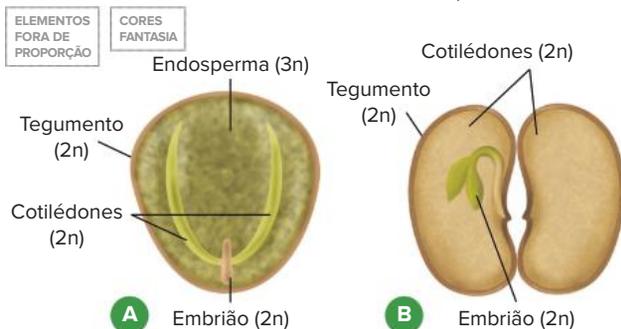
Diferenças entre gimnospermas e angiospermas.

Classificação das angiospermas

Atualmente, as angiospermas são classificadas em vários grupos, como as ninféias e as magnolídeas. Porém, os dois grupos que apresentam a maior quantidade de espécies conhecidas, e que serão estudados neste capítulo, são as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas (antigamente nomeadas dicotiledôneas). Esses grupos têm uma diferença fundamental, que é a quantidade de **cotilédones**, folhas modificadas que podem conter reservas. Vamos apresentar, a seguir, características que distinguem esses dois grupos.

Eudicotiledôneas

Um critério fundamental na identificação de eudicotiledôneas é a presença de dois cotilédones na semente. Como exemplos, podem ser citados a mamona e o feijão. Na mamona, os cotilédones são delgados e a semente possui endosperma; no feijão, não há endosperma e as reservas estão acumuladas nos dois cotilédones hipertrofiados.



Sementes de eudicotiledôneas. Semente de mamona (A), com dois cotilédones delgados e endosperma. Semente de feijão (B), com dois cotilédones bastante espessos e sem endosperma.

A semente de feijão pode ser aberta com certa facilidade, separando-a em duas partes; cada metade contém um cotilédone hipertrofiado e em uma das metades nota-se a presença do embrião.

As **eudicotiledôneas** apresentam raízes com um eixo principal, do qual saem ramificações; esse tipo é denominado **raiz axial**, ou **pivotante**. As folhas possuem

nervuras (estruturas que contêm vasos condutores de seiva) reticuladas, tendo uma nervura central ligada a uma rede de nervuras menores. O caule das eudicotiledôneas tem vasos condutores que formam agrupamentos conhecidos como feixes **liberolenhosos**, os quais apresentam distribuição regular. Muitas eudicotiledôneas têm seu caule crescendo em circunferência e seus vasos formam anéis concêntricos.

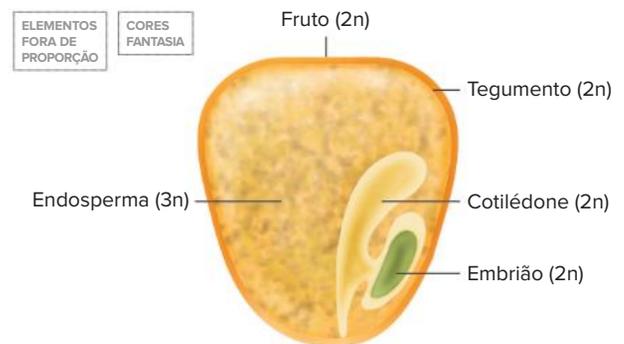
As flores da maioria das eudicotiledôneas têm verticilos organizados em múltiplos de cinco e, por isso, são denominadas flores **pentâmeras**; há algumas espécies com flores tetrâmeras, com verticilos em múltiplos de quatro.

As leguminosas, como o feijão e a soja, constituem uma importante família de eudicotiledôneas. Outros exemplos de eudicotiledôneas são o jacarandá, a laranjeira, o eucalipto e a goiabeira.

Monocotiledôneas

Alguns representantes do grupo das monocotiledôneas são as bananeiras, as palmeiras, as bromélias, as orquídeas, os lírios e as gramíneas. A família das gramíneas tem grande importância ecológica, evolutiva e econômica. Como exemplos, temos cana-de-açúcar, capim e cereais (arroz, milho, trigo, centeio, cevada e aveia).

No caso do milho, o grão é o fruto, o qual contém uma semente. A semente possui **tegumento** (2n), um embrião (2n) e endosperma (3n). O embrião tem um cotilédone, também conhecido como **escutelo**.



O grão de milho corresponde a um fruto; a semente em seu interior tem tegumento, endosperma e embrião com um cotilédone.

Com a germinação da semente de uma monocotiledônea, forma-se uma planta jovem, dotada de raízes, caule e folhas. A raiz principal degenera precocemente e são geradas muitas raízes a partir da base do caule; essas raízes depois ramificam-se. Não se desenvolve, portanto, uma raiz central, como se dá com as eudicotiledôneas; assim, as monocotiledôneas têm um feixe de raízes que se ramificam, denominadas **raízes fasciculadas** ou **raízes em cabeleira**.

Os vasos condutores no caule têm uma distribuição irregular, isto é, os feixes liberolenhosos são difusos. As folhas são **paralelinérveas**, com nervuras dispostas lado a lado.

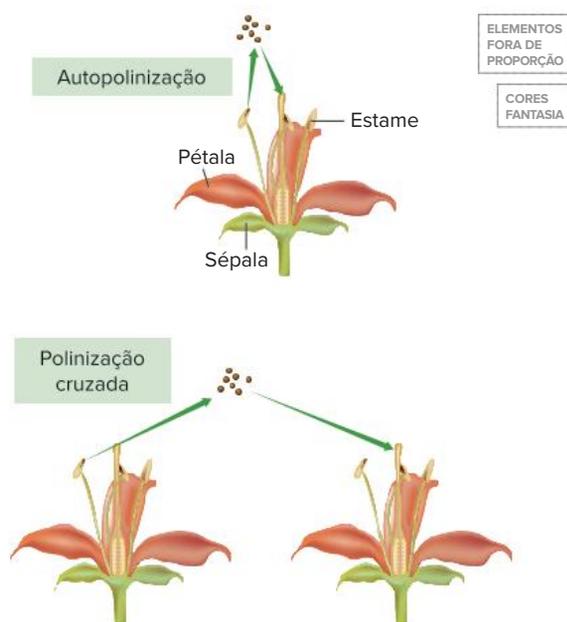
Algumas monocotiledôneas têm flores vistosas, como o lírio e as orquídeas; seus verticilos aparecem em múltiplos de três, ou seja, as flores são **trímeras**.

Características	Eudicotiledôneas	Monocotiledôneas
Raiz (sistema radicular)	Axial (pivotante). 	Fasciculada. 
Disposição dos vasos no caule	Regular. 	Irregular (difusa). 
Nervuras nas folhas	Nervuras reticulares. 	Nervuras paralelas. 
Flores	Pentâmeras ou tetrâmeras: Verticilos em múltiplos de cinco (mais comum) ou quatro, respectivamente. 	Trímeras: Verticilos em múltiplos de três. 
Exemplos	Eucalipto, goiabeira, ipê, batata, mogno. Inclui a família das leguminosas (seu fruto é a vagem): feijão, soja, lentilha, amendoim, grão-de-bico, ervilha, pau-brasil.	Palmeira, bananeira, lírio, orquídea, bromélia. Inclui a família das gramíneas : cana-de-açúcar, capim e cereais (arroz, milho, trigo, centeio, cevada e aveia).

Principais características de eudicotiledôneas e monocotiledôneas.

Polinização

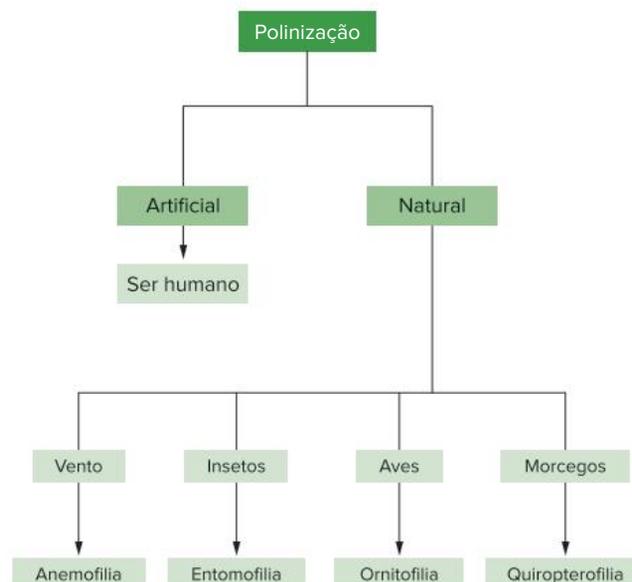
Polinização é o transporte de pólen da antera para o estigma; depois da polinização ocorre a fecundação, resultando na formação das sementes. Em algumas espécies, ocorre **autopolinização**, isto é, o pólen atinge o estigma presente na mesma planta. Esse processo restringe a variabilidade genética da população. No entanto, a **polinização cruzada** é mais frequente; nesse tipo de polinização, o pólen de uma planta é transportado para o estigma de outra planta. A polinização cruzada contribui para o aumento da variabilidade genética da espécie.



Angiospermas podem apresentar autopolinização ou polinização cruzada.

Em muitas plantas com **flores monóclinas** (com estames e pistilos), há estratégias evolutivas para evitar a autopolinização, como o amadurecimento da parte masculina e da parte feminina em períodos distintos, e a diferença de comprimento das porções reprodutivas (o estigma costuma ser mais elevado que a antera).

A polinização natural em angiospermas pode ocorrer por agentes diferentes: vento (**anemofilia**), aves (**ornitofilia**), insetos (**entomofilia**) ou morcegos (**quiropterofilia**). Há vários tipos de insetos polinizadores, como abelhas, borboletas, mariposas e besouros. O ser humano pode executar polinização, denominada **polinização artificial**, transferindo pólen de uma flor a outra.



Tipos de polinização (artificial e natural) de acordo com o agente polinizador.

As plantas apresentam adaptações relacionadas à polinização. A ação dos animais polinizadores geralmente está associada a elementos de atração, como cor vistosa e odor. Já alguns tipos de grão de pólen possuem projeções aladas que auxiliam na polinização pelo vento.

O animal polinizador visita as flores em busca de recursos, como cera (utilizada na construção de ninhos por algumas vespas e abelhas) ou alimento (como **néctar**, secreção líquida e açucarada, ou pólen comestível). Quando o animal deixa a flor, acaba carregando pólen aderido ao corpo. Ao visitar outra flor, deixa cair pólen no estigma e a polinização se completa.



A polinização natural pode ser efetuada por animais como insetos (A, abelha), mamíferos (B, morcego) e aves (C, beija-flor).

Há polinizadores noturnos, como alguns insetos e morcegos. As flores visitadas por esses animais têm, geralmente, cor clara e odor intenso. O alimento obtido pelos morcegos é o néctar.

Flores polinizadas por aves de bico longo, como o beija-flor, normalmente não têm odor e apresentam corola

vistosa, com as pétalas unidas, formando um tubo alongado. Durante a alimentação, o corpo da ave toca os estames e fica impregnado com pólen; ao visitar outra flor, a ave deixa, involuntariamente, o pólen sobre o estigma.

A polinização efetuada pelo vento ocorre em flores sem odor, desprovidas de pétalas vistosas e de néctar. O pólen tem aspecto de pó e é produzido em grande quantidade; o estigma dessas flores tem grande superfície.

Tipo de polinização	Corola vistosa	Odor	Néctar	Pólen
Anemofilia	-	-	-	Tem o aspecto de pó e é abundante. O estigma da flor é amplo, aumentando a superfície de captação do pólen.
Entomofilia	+	+	+	Pegajoso e, geralmente, em quantidade menor se comparado a plantas anemófilas. Dependendo do polinizador, parte do pólen é utilizada para alimentação.
Ornitofilia	+	-	+	Pegajoso e, geralmente, em quantidade menor se comparado a plantas anemófilas.
Quiropterofilia	+	++	+	Pegajoso e, geralmente, em quantidade menor se comparado a plantas anemófilas.

(+) indica presença; (-) indica ausência.

Características das flores de acordo com o tipo de polinização.

Fruto

Angiospermas apresentam características exclusivas: flor e fruto. A seguir, são discutidos alguns atributos importantes do fruto.

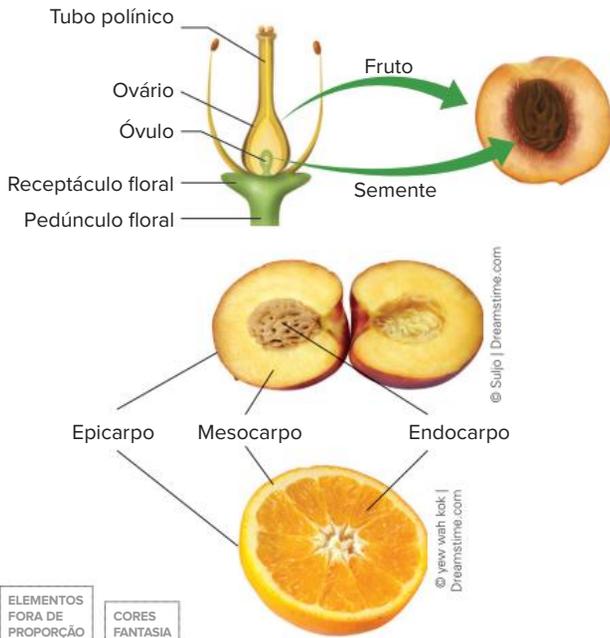
Conceito e classificação

O fruto corresponde ao ovário da flor desenvolvido, em cujo interior é encontrada a semente.

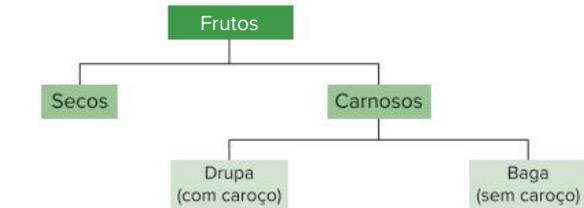
A parede do fruto recebe o nome de **pericarpo** (alguns autores utilizam o termo como sinônimo de fruto, excetuando-se a semente). Em algumas espécies, o pericarpo pode ser dividido em três camadas: **endocarpo** (mais interna), **mesocarpo** (entre endocarpo e mesocarpo) e **epicarpo** (mais externa). No caso de um pêssego, o caroço é o endocarpo, que contém a semente; a casca do fruto é o epicarpo, e a porção suculenta é o mesocarpo. Já na laranja, a casca é o epicarpo, e o endocarpo corresponde à porção suculenta onde ficam imersas as sementes; o mesocarpo é toda a porção esbranquiçada sob a casca e também as faixas que dividem a laranja em gomos (mais separadas na tangerina).

Pêssego e laranja são frutos carnosos, com uma polpa suculenta. O pêssego é do tipo **drupa**, pois tem sementes no interior do caroço (correspondente ao endocarpo rígido); a laranja é uma **baga**, com várias sementes soltas no interior da porção suculenta.

Frutos **secos** não são dotados de interior suculento, como a vagem das leguminosas e o carrapicho, que se adere ao corpo de animais ou à roupa de pessoas.



O fruto origina-se do desenvolvimento do ovário. O fruto apresenta epicarpo, endocarpo e mesocarpo. No pêssego, o endocarpo é o caroço e, na laranja, é a porção suculenta.

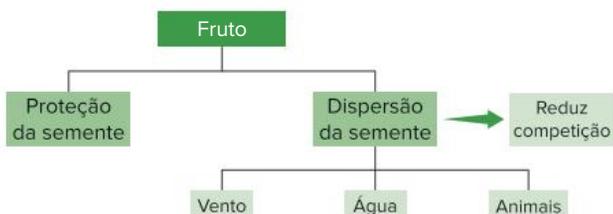


Tipos principais de frutos: secos e carnosos.

Funções do fruto

O fruto fica disposto ao redor da semente e contribui para sua proteção e dispersão no ambiente. No caso do pêssego, é evidente a função protetora que o fruto exerce, pois o caroço (parte interna do fruto) é bastante rígido e se localiza ao redor da semente.

O fruto também colabora para a dispersão das sementes. A dispersão é fundamental para a espécie: se todas as sementes geradas por uma planta germinassem junto dela, as plantas-filhas teriam elevada competição intraespecífica, acarretando menor sobrevivência da descendência. O fruto auxilia a dispersão das sementes por meio de agentes como o vento, a água e os animais.



O fruto protege a semente e contribui para a sua dispersão, processo que apresenta importantes vantagens para a espécie.

O dente-de-leão, por exemplo, forma uma estrutura globosa, constituída por inúmeros frutos alados, isto é, dotados de expansões que permitem sua propagação pelo vento. O coco-da-baía tem um fruto fibroso, envolvendo uma semente central, dotada de embrião; a água de coco e sua porção branca correspondem ao endosperma da semente. O fruto do coco pode ser transportado pela água e ser levado a um local bem distante de onde foi gerado.

Os animais podem dispersar sementes de duas maneiras: ingerindo o fruto e, com ele, as sementes, que são expelidas juntamente com as fezes, ou tendo o fruto aderido ao corpo, como o caso do picão ou do carrapicho.



A dispersão de sementes com a participação de frutos pode ocorrer pelo vento (A: dente-de-leão), por animais (B: picão, que se adere ao corpo) e pela água (C: coco-da-baía). Animais podem ingerir frutos que contêm sementes, as quais são eliminadas com as fezes.

Há casos relacionados a flores e frutos bem diferentes do padrão que descrevemos até aqui. A margarida, por exemplo, não constitui uma flor; ela é uma **inflorescência**, estrutura formada por muitas flores agrupadas em um mesmo ramo e que constitui, nesse caso, o disco central amarelo. O antúrio e o copo-de-leite também são exemplos de inflorescência.

Algumas inflorescências geram frutos que se mantêm muito próximos e acabam se fundindo, como é o caso do abacaxi. Esse aglomerado de frutos fundidos procedentes de inflorescência é denominado **infrutescência** ou **fruto múltiplo**. Cada fruto é originado de uma flor diferente.

O abacaxi é formado por frutos que não possuem sementes, ou frutos **partenocárpicos**. Também é o caso da banana e certas variedades de uva, limão e laranja, frutos sem semente. Variedades de plantas partenocárpicas só apresentam reprodução assexuada, com baixa variabilidade genética.

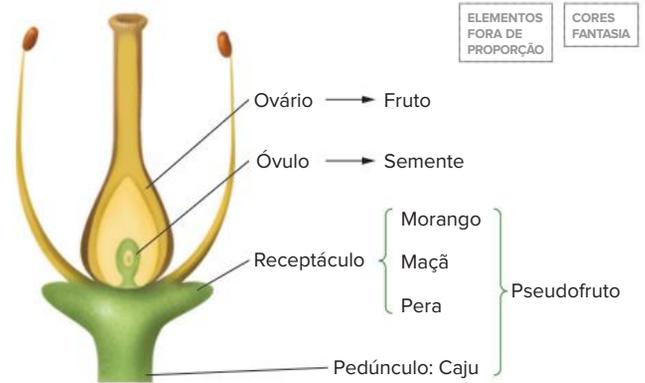


A gérbera (A) é constituída por pequenas flores bastante agrupadas; um exemplo de inflorescência. O abacaxi (B) é formado por muitos frutos fundidos (infrutescência).



A banana (um exemplo de fruto partenocárpico) não apresenta sementes; em seu interior há óvulos não fecundados.

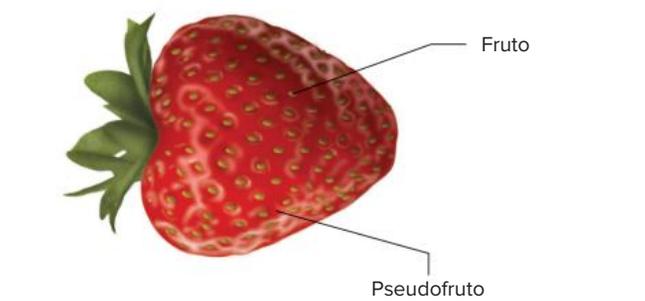
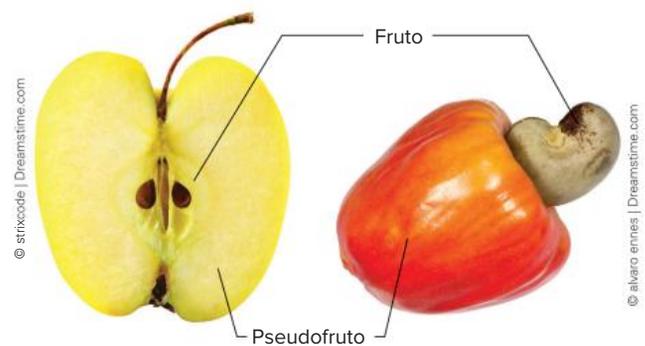
Um **pseudofruto**, ou fruto acessório, é uma estrutura que tem a aparência de um fruto, mas sua origem não é a partir do ovário. Normalmente, os pseudofrutos resultam do desenvolvimento do pedúnculo floral, caso do caju, ou do receptáculo floral, caso do morango, da maçã e da pera.



Pseudofrutos são procedentes do desenvolvimento do pedúnculo floral ou do receptáculo floral.

O caju corresponde ao pseudofruto, e a castanha, ao fruto verdadeiro, em cujo interior fica a semente. No caso da maçã e da pera, a parte comestível é o pseudofruto, proveniente do receptáculo hipertrofiado da flor; o fruto verdadeiro fica no centro e contém várias sementes.

O morango deriva de uma flor com vários pistilos dotada de receptáculo que apresenta uma elevação. Com a polinização seguida de fecundação, a flor do morango gera vários frutos pequenos, cada qual com uma semente. O receptáculo fica hipertrofiado e gera o pseudofruto comestível, com inúmeros frutos em sua superfície, denominado **fruto agregado**, crescendo de uma única flor.



Maçã, caju e morango são pseudofrutos. Os pontos escuros na superfície do morango são pequenos frutos.

Revisando

1. Cite as partes componentes de uma angiosperma.

2. Quais as partes de uma angiosperma que derivam da flor?

3. Qual é o significado do termo “angiosperma”?

4. Cite duas características presentes em angiospermas e ausentes em gimnospermas.

5. Cite dois sinônimos de angiospermas.

6. Cite os quatro verticilos florais e indique seus componentes.

7. Quais são as partes constituintes do estame e do pistilo?

8. Qual é o tipo de fecundação das angiospermas?

9. O que é semente?

10. Defina fruto.

11. O que diferencia flores monóclinas de flores díclinas?
-
-
-
-
12. Angiospermas apresentam metagênese, ou seja, seu ciclo de vida apresenta fases gametofítica e esporofítica. Qual é a fase desenvolvida? Qual é a fase reduzida?
-
-
-
-
13. Onde ocorre a produção dos micrósporos e dos megásporos nas angiospermas?
-
-
-
-
14. Como é denominado o gametófito masculino jovem?
-
-
-
-
15. Quais são os dois principais componentes do óvulo maduro?
-
-
-
-
16. Como é denominada a célula central, próxima da abertura do óvulo?
-
-
-
-
17. Como são denominados os núcleos da região central do saco embrionário?
-
-
-
-
18. Quais são as estruturas correspondentes aos gametas masculinos nas angiospermas?
-
-
-
-
19. Cite as estruturas componentes de uma semente de angiosperma e indique sua ploidia.
-
-
-
-
20. Qual é a origem do endosperma da semente das angiospermas?
-
-
-
-
21. Em relação às gimnospermas e às angiospermas, identifique em qual grupo ocorre dupla fecundação e em qual grupo se dá fecundação simples.
-
-
-
-

22. O que é cotilédone?

23. As angiospermas podem ter quantos cotilédones? Como é a denominação específica para cada caso?

24. Nas angiospermas sem endospermas, onde se localizam as reservas? Dê exemplos.

25. Cite uma família de monocotiledôneas. Exemplifique com uma planta.

26. Cite uma família de eudicotiledôneas. Exemplifique com uma planta.

27. Caracterize as monocotiledôneas quanto à raiz, à disposição de vasos no caule, às folhas e às flores.

28. Caracterize as eudicotiledôneas quanto à raiz, à disposição de vasos no caule, às folhas e às flores.

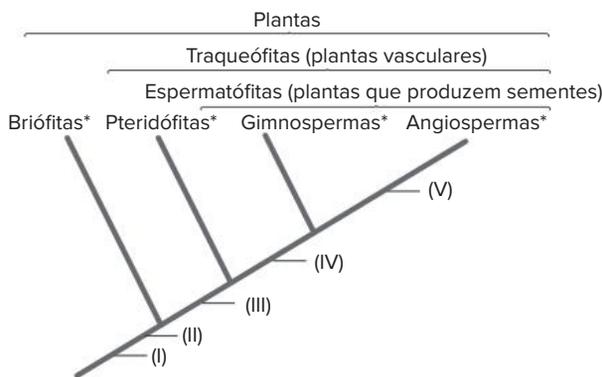
29. Cite os quatro principais agentes de polinização em angiospermas e indique sua denominação.

30. Compare a polinização feita pelo vento com a polinização executada por animais em relação à abundância de pólen e seu aspecto.

31. Quais são os possíveis recursos obtidos por um polinizador ao visitar as flores? Quais são os elementos de atração?

Exercícios propostos

1. **Fuvest-SP** As angiospermas se distinguem de todas as outras plantas pelo fato de apresentarem:
- alternância de geração haploide e diploide.
 - estômatos nas folhas.
 - flores.
 - sementes.
 - vasos condutores de seiva.
2. **UEPG/PSS-PR 2021** O cladograma abaixo apresenta resumidamente alguns passos da evolução das plantas. Em relação às características que os grupos foram adquirindo no decorrer do processo evolutivo (I, II, III, IV e V), assinale o que for correto.



*Representados por simplificação; não são grupos monofiléticos

Adaptado de: LOPES, Sônia. BIO. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2004. V. único.

- 01 (V) flores e frutos.
 02 (III) reprodução totalmente independente de água.
 04 (II) embrião multicelular.
 08 (IV) sementes.

Soma:

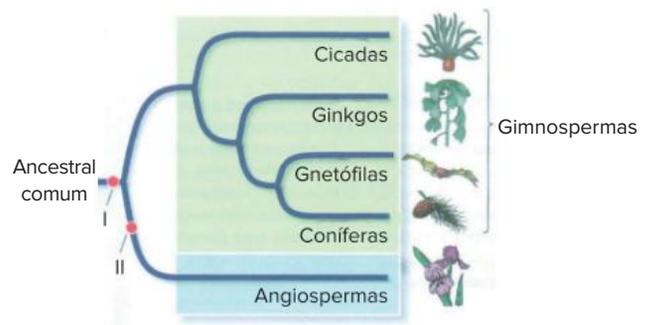
3. **UFJF-MG 2016** Ao caminhar pela sua cidade, um estudante do ensino médio observou as seguintes plantas:
- Musgo
 - Samambaia
 - Pinheiro
 - Goiabeira
 - Ipê-amarelo

Após analisá-las, fez as afirmações abaixo. Assinale a opção com a alternativa CORRETA:

- apenas uma dessas plantas não apresenta raiz, caule e folha diferenciados.
- apenas duas dessas plantas não apresentam tecidos condutores de seiva.

- apenas duas dessas plantas apresentam sementes.
- apenas duas dessas plantas apresentam processos de polinização.
- apenas uma dessas plantas apresenta fruto.

4. **UFRGS 2017** Observe a figura abaixo, que ilustra as relações evolutivas dos grupos das Gimnospermas e Angiospermas.

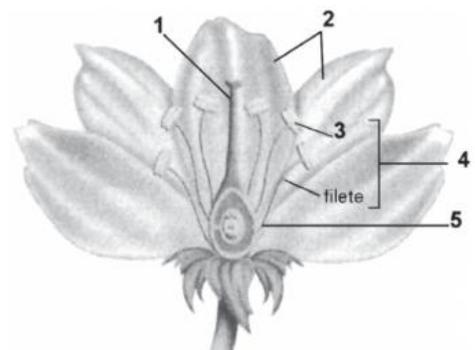


Adaptado de: SADAVA et al. *Vida: a ciência da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

Com base na figura, a correspondência correta dos itens I e II, na ordem em que aparecem, é

- folhas – cones.
- sementes – flores.
- frutos – embriões.
- ovários – esporos.
- estróbilos – grãos de pólen.

5. **UEPB 2014** Nas angiospermas as estruturas relacionadas com a reprodução sexuada são as flores. Observe o esquema, onde se encontra representada uma flor, e identifique as estruturas numeradas; em seguida, estabeleça a relação entre o número indicado no esquema, nome da estrutura e a descrição da mesma.



- | | | |
|-------------|-------------|------------|
| A. Ovário. | C. Estame. | E. Antera. |
| B. Pétalas. | D. Gineceu. | |

- I. Dilatação na ponta do filete onde são produzidos os grãos de pólen.
- II. Estrutura que contém o óvulo e que, ocorrendo a fecundação, desenvolve-se originando o fruto.
- III. Estrutura reprodutora feminina da flor, formada pela fusão de folhas carpelares.
- IV. Em conjunto compõem a corola, importante na atração de agentes polinizadores.
- V. Formado pelo filete e a antera: o conjunto destes compõe o androceu.

A alternativa que apresenta a relação correta é:

- a) 1-D-III, 2-B-IV, 3-E-I, 4-C-V, 5-A-II.
- b) 1-B-I, 2-D-V, 3-A-II, 4-E-IV, 5-C-III.
- c) 1-D-II, 2-B-V, 3-E-IV, 4-C-III, 5-A-V.
- d) 1-C-IV, 2-A-II, 3-D-III, 4-B-IV, 5-E-I.
- e) 1-E-V, 2-C-III, 3-B-II, 4-A-I, 5-D-IV.

6. UEMG 2015

[...]“O tempo não existe: tudo continua aqui, e cresce como uma árvore pesada de frutos que são máscaras, palavras, promessas, bocas ferozes.” [...]

LUFT, 2014 (fragmentos)

Na estrofe acima, “uma árvore pesada de frutos” poderia ser substituída pelo seu grupo botânico, que é o das

- a) angiospermas.
- b) gimnospermas.
- c) pteridófitas.
- d) briófitas.

7. Udesc

As angiospermas constituem um grande grupo de plantas, cujas características são:

- a) presença de flores que podem ser hermafroditas, ou masculinas, ou femininas.
- b) presença de estróbilos femininos e estróbilos masculinos, sem formação de flores.
- c) produção de sementes sem proteção de um fruto.
- d) reprodução dependente da água para a fertilização e flores exclusivamente monoicas.
- e) alternância de gerações e fase esporofítica haploide.

8. UFRGS 2018

Considere as estruturas esquematizadas abaixo, coletadas no Parque Farroupilha, em Porto Alegre.



Assinale a alternativa correta sobre essas estruturas.

- a) 1 e 3 são estruturas reprodutivas.
- b) 2 e 3 são estruturas de angiospermas.
- c) 3 é uma estrutura com função de absorção de nutrientes.
- d) 2 é uma estrutura que corresponde ao fruto.
- e) 1, 2 e 3 são estruturas de plantas vasculares.

9. Enem 2021

Nas angiospermas, além da fertilização da oosfera, existe uma segunda fertilização que resulta num tecido triploide.

Essa segunda fertilização foi importante evolutivamente, pois viabilizou a formação de um tecido de

- a) nutrição para o fruto.
- b) reserva para o embrião
- c) revestimento para a semente.
- d) proteção para o megagametófito.
- e) vascularização para a planta jovem.

10. Uerj 2018

Várias plantas possuem flores hermafroditas, ou seja, que apresentam os dois sexos. Em alguns desses casos, as estruturas femininas, os estigmas, estão posicionadas acima das estruturas masculinas, as anteras, conforme destacado na imagem.



Esse arranjo das partes reprodutoras está diretamente associado à seguinte vantagem:

- a) atração de insetos
- b) proteção ovariana
- c) dispersão do pólen
- d) variabilidade genética

11. UFRGS

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, referentes às angiospermas.

- Seus óvulos e sementes estão contidos em um carpelo.
- Elas apresentam um endosperma diploide.
- Elas apresentam dupla fertilização.
- Sua geração predominante é gametofítica.
- Elas são dioicas ou monoicas.

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

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

12. UFSC 2020 No Brasil, a importância dos vegetais pode ser medida de várias formas. Cita-se a pujança das plantações de cereais como milho e soja, que geram bilhões em recursos financeiros, assim como a riqueza das formações vegetais de nossos extraordinários biomas, onde viceja a vida. Sobre os seres vivos vegetais, é correto afirmar que:

- 01** as angiospermas podem ser classificadas em dois grupos: monocotiledôneas e dicotiledôneas; entre as diferenças desses grupos pode-se citar tipo de raiz, nervura das folhas, quantidade de pétalas e sépalas nas flores, bem como corte histológico de caule e raiz.
- 02** entre os cereais há representantes dos quatro grupos de plantas reunidos popularmente de acordo com o teor de água.
- 04** para diminuir o risco de extinção das araucárias, plantas do grupo das gimnospermas, todos os anos é regulamentado um período de colheita do fruto do pinheiro, conhecido como “pinhão”.
- 08** entre as pteridófitas encontramos samambaias e avencas, plantas com esporófito haploide, avasculares e sem sementes.
- 16** na reprodução das angiospermas, o receptáculo floral origina o fruto verdadeiro.
- 32** plantas criptógamas, como os musgos, não apresentam raiz, caule, folha nem vasos condutores de seiva (xilema e floema), sendo a fase gametofítica permanente em seus ciclos de vida.

Soma:

13. UFJF/Pism-MG 2020 Ao longo do desenvolvimento dos diferentes grupos de plantas, observamos algumas alterações que culminaram no surgimento das angiospermas. Com relação a esse grupo vegetal e seu ciclo de vida, é **CORRETO** afirmar que:

- a)** O desenvolvimento do fruto, a partir do ovário, contribuiu para uma maior dispersão das sementes, originadas a partir do óvulo, possibilitando-lhes alcançar lugares distantes dos indivíduos que as produzem.
- b)** O desenvolvimento da semente, caráter exclusivo das angiospermas, é um aspecto evolutivo importante com a função de proteger o embrião quando as sementes são liberadas ao ambiente externo.
- c)** A dupla fecundação, caráter compartilhado com as gimnospermas, permite a formação do embrião e de um tecido de reserva haploide que nutrirá o embrião durante o seu desenvolvimento.
- d)** As peças florais como sépalas e pétalas são os esporófilos responsáveis pela formação do megásporo e do microsporo, respectivamente.
- e)** A polinização e a dispersão dos frutos pelo vento são fenômenos que ocorrem somente nas angiospermas e explicam a baixa diversidade biológica e a restrita distribuição geográfica das espécies desse grupo.

14. UFRRJ Considere os vegetais:

- I.** *Solanum lycopersicum* (tomate)
- II.** *Phaseolus vulgaris* (feijão)
- III.** *Solanum tuberosum* (batata)
- IV.** *Zea mays* (milho)
- V.** *Oryza sativa* (arroz)

Levando em conta as regras de nomenclatura e considerando a existência de duas espécies de monocotiledôneas entre os vegetais mencionados, é correto afirmar, em relação ao grupo de espécies vegetais acima, que:

- a)** apresentam apenas três gêneros.
- b)** apresentam três plantas com nervuras paralelas.
- c)** apresentam três plantas com sistema radicular fasciculado.
- d)** apresentam pelo menos dois reinos.
- e)** apresentam três plantas com sistema radicular pivotante.

15. Udesc 2017 Flores desprovidas de pétalas coloridas, sem nectários com grande produção de grãos de pólen, os quais são pequenos e leves, caracterizam plantas com polinização do tipo:

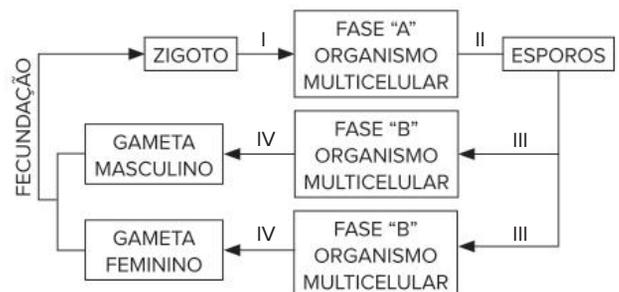
- a)** entomófila
- b)** ornitófila
- c)** artificial
- d)** anemófila
- e)** hidrófila

16. Enem 2018 A polinização, que viabiliza o transporte do grão de pólen de uma planta até o estigma de outra, pode ser realizada biótica ou abioticamente. Nos processos abióticos, as plantas dependem de fatores como o vento e a água.

A estratégia evolutiva que resulta em polinização mais eficiente quando esta depende do vento é o(a)

- a)** diminuição do cálice.
- b)** alongamento do ovário.
- c)** disponibilização do néctar.
- d)** intensificação da cor das pétalas.
- e)** aumento do número de estames.

17. UFSC 2017 A figura abaixo representa o ciclo de vida de uma planta, no qual os números I, II, III e IV indicam um tipo de divisão celular.



Sobre a reprodução de plantas e com base no ciclo de vida apresentado, é correto afirmar que:

- 01 o ciclo de vida representado corresponde apenas ao das plantas sem sementes.
 02 em plantas avasculares e em plantas vasculares sem sementes, o anterozoide (gameta masculino) necessita de água para se locomover em direção à oosfera (gameta feminino).
 04 na divisão celular, representada por IV, ocorre a meiose, que forma os gametas haploides.
 08 o esporófito (fase "A") e o gametófito (fase "B") são organismos haploide e diploide, respectivamente.
 16 em angiospermas, não existe a fase "A".
 32 em angiospermas, o embrião é diploide e o endosperma é triploide.
 64 no ciclo representado, a meiose ocorre em "II" e "IV" e a mitose ocorre em "I" e "III".

Soma:

18. **UEL-PR** A banana não tem sementes porque na realidade:
- é um pseudofruto, ou seja, não é um fruto verdadeiro.
 - é um fruto múltiplo, que não foi polinizado.
 - é um fruto carnoso, partenocárpico.
 - é um fruto do tipo drupa.
 - a banana não é um fruto.
19. **UFPE** Um fruto verdadeiro é originado do desenvolvimento de um ovário, enquanto um pseudofruto tem origem a partir do desenvolvimento de outras partes da flor e não do ovário. Assinale a alternativa que indica apenas frutos verdadeiros.
- Abacaxi, ameixa e pêsego.
 - Morango, uva e tomate.
 - Caju, laranja e mamão.
 - Maçã, trigo e milho.
 - Melancia, mamão e feijão.
20. **UPE 2015** Um naturalista amador, interessado por plantas, poderia iniciar seus estudos com as Angiospermas, por causa da ampla distribuição de espécies no mundo. Algumas características permitem dividi-las em duas classes. Assim, o naturalista poderia explorar um fruto, cortando-o ao meio e procurando o número de cotilédones, dois ou um, dicotiledônea ou monocotiledônea, respectivamente. Além dessas características, outras diferenças podem ser observadas na tabela a seguir:

Característica	Dicotiledônea	Monocotiledônea
I. Tipo de nervação foliar	Nervuras paralelas	Nervuras reticuladas
II. Distribuição dos vasos no caule	Feixes liberolenhosos dispostos em círculo	Feixes liberolenhosos espalhados
III. Tipo de raiz	Raiz pivotante	Raiz fasciculada
IV. Tipo de flor	Elementos florais geralmente em números múltiplos de quatro ou cinco	Elementos florais geralmente em números múltiplos de três

Estão **CORRETAS** as características estampadas na tabela em

- I e III, apenas.
 - II, apenas.
 - I, II, III e IV.
 - II e IV, apenas.
 - II, III e IV, apenas.
21. **Enem** Os frutos são exclusivos das angiospermas, e a dispersão das sementes dessas plantas é muito importante para garantir seu sucesso reprodutivo, pois permite a conquista de novos territórios. A dispersão é favorecida por certas características dos frutos (ex.: cores fortes e vibrantes, gosto e odor agradáveis, polpa succulenta) e das sementes (ex.: presença de ganchos e outras estruturas fixadoras que se aderem às penas e aos pelos de animais, tamanho reduzido, leveza e presença de expansões semelhantes a asas). Nas matas brasileiras, os animais da fauna silvestre têm uma importante contribuição na dispersão de sementes e, portanto, na manutenção da diversidade da flora.

A. Chiaradia. *Minimanual de pesquisa: Biologia*. Jun. 2004. (Adapt.)

Das características de frutos e sementes apresentadas, quais estão diretamente associadas a um mecanismo de atração de aves e mamíferos?

- Ganchos que permitem a adesão a pelos e penas.
- Expansões semelhantes a asas que favorecem a flutuação.
- Estruturas fixadoras que se aderem às asas das aves.
- Frutos com polpa succulenta que fornecem energia aos dispersores.
- Leveza e tamanho reduzido das sementes, que favorecem a flutuação.

Coleções incompletas

Chocante! O termo é usado por George Shepherd, do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), para fazer referência ao fato de que o Brasil não conhece o número de espécies vegetais que possui.

“Qualquer número usado é praticamente uma questão de chute”, explica o pesquisador. Apesar de Shepherd estimar que devam existir no país entre 45 mil e 50 mil espécies de plantas, alguns estudos falam em 35 mil e outros em até 75 mil. Ou seja, as variações são consideráveis.

“Temos ainda uma profunda ignorância sobre a nossa flora, apesar de a situação ter melhorado nos últimos anos”, afirma o experiente botânico, para quem a questão tem mais a ver com a quantidade do que com a qualidade dos taxonomistas. [...]

Em estudo preparado em 2003 para o Ministério do Meio Ambiente, sobre a biodiversidade brasileira em relação às plantas terrestres, o pesquisador da Unicamp procurou mapear o conhecimento atual – e o desejado – da flora nacional.

Os números foram apresentados para os quatro grandes grupos vegetais: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. No caso dos grupos dos pinheiros (gimnospermas), a situação, segundo Shepherd, está sob controle, pois existem apenas entre 14 e 16 espécies dessa categoria taxonômica no Brasil, todas já conhecidas.

“Nos três grupos restantes, o cenário é outro: há poucos pesquisadores para muito desconhecimento”, diz. No caso das plantas com flores (angiospermas), o Brasil tem quase 50 mil espécies, o que representa de 16% a 20% do total mundial. “E temos apenas cerca de 200 sistematas [pesquisadores que estudam os grupos, no caso, vegetais] voltados para esse grupo”. Apesar do pequeno número, é a categoria taxonômica mais estudada no país.

Entre as briófitas e as pteridófitas, a situação é ainda pior. No primeiro caso, as espécies delicadas e pequenas desse grupo somam menos de 3 mil. As pteridófitas, que preferem ambientes úmidos como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, estão em torno de 1,4 mil espécies.

Segundo Shepherd, o número de pesquisadores exclusivamente dedicados a essas pequenas plantas não ultrapassa os dez. “Nos últimos anos foram publicados, pelo Jardim Botânico de Nova York, dois importantes livros sobre as briófitas brasileiras”, lembra o botânico da Unicamp. No Brasil, não foram produzidos trabalhos com a mesma importância no período.

Colaboração internacional

Além da falta de especialistas em plantas brasileiras, aqueles que estudam precisam vencer uma série de obstáculos logísticos. Um deles é o fato de que as principais coleções antigas sobre a fauna brasileira estão no exterior, principalmente na Europa e, em alguns casos, nos Estados Unidos.

“Isso realmente ocorre. Nos últimos tempos, algumas instituições colocaram os desenhos de plantas na internet, para consulta *on-line*. Isso ajuda muito, apesar de não resolver por completo o problema dos que precisam estudar com detalhe as chamadas espécies tipos [usadas na descrição inicial daquela espécie]”, explica Shepherd.

Para o pesquisador, escocês radicado no Brasil, a cooperação com outros países é a saída para que esse obstáculo geográfico possa ser transposto. “Os herbários internacionais estão cada vez menos emprestando material antigo, mas por terem medo de que se percam por completo, não porque não querem auxiliar ou divulgar a informação”, diz.

Como forma de solucionar as lacunas do conhecimento científico no campo da botânica, Shepherd conchama para que seja feito um grande esforço para aquilo que realmente importe para o Brasil e

para os demais países da América do Sul, que também apresentam floras semelhantes à brasileira.

“Não tem como falar em preservação antes de se conhecer o que se vai preservar. E, além disso, precisamos fazer um grande esforço para que as nossas coleções, em termos nacionais, sejam cada vez menos deficientes”, afirma Shepherd.

GERAQUE, Eduardo. Coleções incompletas. *Agência Fapesp*, 21 fev. 2006. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/colecoes-incompletas/5100/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Beleza e curiosidades das orquídeas

Polinizações exóticas e risco de extinção

Orquídeas apresentam reprodução sexuada, com propagações vegetativas ocorrendo de maneira muito rara na natureza. Seus frutos em forma de cápsulas são capazes de armazenar milhões de sementes cada um. Tal abundância de sementes consiste em uma estratégia de sobrevivência da orquídea, pois as sementes não possuem reservas (endospermas), e com maior número há maior probabilidade de algumas delas germinarem – o que só ocorre quando encontram ambientes com condições favoráveis.

A dispersão de sementes desse grupo só não é mais complexa que os mecanismos de polinização, que faz das orquídeas uma das plantas mais sofisticadas do reino das plantas. Elas possuem um órgão reprodutivo único, com estame e pistilo fundidos na mesma coluna: são hermafroditas. Mesmo com os dois sexos presentes na mesma flor, a polinização só é possível com ajuda da fauna. A polinização de orquídeas é feita por grande parte dos grupos de insetos (borboletas, besouros, mariposas, abelhas, moscas), algumas aves (como beija-flores) e também mamíferos (como os morcegos), o que resulta em importantes relações interespecíficas das plantas com a fauna.

Podem ser citados exemplos clássicos de interação que ilustram a importância de ambientes equilibrados para a reprodução das orquídeas. Um deles é a interdependência de castanheiras e de um tipo de orquídea (*Cattleya* spp.) com a reprodução da abelha que é polinizadora das duas espécies. O macho das abelhas, que não produz feromônios (odores), visita as flores da orquídea, buscando perfume delas para chamar a atenção da parceira e se reproduzir. O desmatamento impossibilita a sobrevivência da orquídea, o que conseqüentemente resulta no fim da abelha e também na queda de produção de castanhas.



Cattleya alaoorii.

Outro bom exemplo é o das orquídeas terrestres *Ophrys* spp., do Mediterrâneo. As flores dessas espécies imitam com perfeição a fêmea dos insetos que as polinizam. A morfologia das flores é diferente para cada espécie e cada uma libera um odor semelhante à fêmea do inseto,

o que engana o macho. Ele copula com a flor e assim transfere o pólen para outras flores, completando a fecundação.

No Brasil, muitos pesquisadores estudam as particularidades da polinização que ocorre nas orquídeas nativas, e salientam que muitas espécies únicas estão em vias de ir à extinção. O desmatamento é a causa principal, pois impede a proliferação e a germinação de novos indivíduos, mas a coleta predatória coloca ainda mais espécies na lista de extinção. O problema consiste no fato de que "orquidófilos" sempre buscam novas variedades e espécies com características únicas. Normalmente são espécies raras ou mesmo plantas que expressam mutações gênicas que as tornam diferentes. A retirada desses indivíduos da população diminui a variabilidade genética das populações. Os cultivadores se defendem, argumentando que colaboram para a conservação das espécies, pois mantêm seu cultivo de maneira controlada. A conscientização real surgiu apenas nos últimos 10 anos, salientando que há a necessidade de reproduzir novas plantas, mas sem retirá-las da natureza. Mas o fato é que a pressão ainda está longe de acabar, especialmente no caso das espécies de bela floração.

Texto elaborado para fins didáticos.



Ophrys cretica.



Ophrys lunulata zingaro.



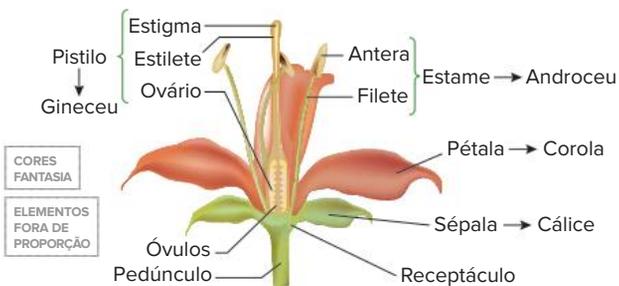
Ophrys scolopax.



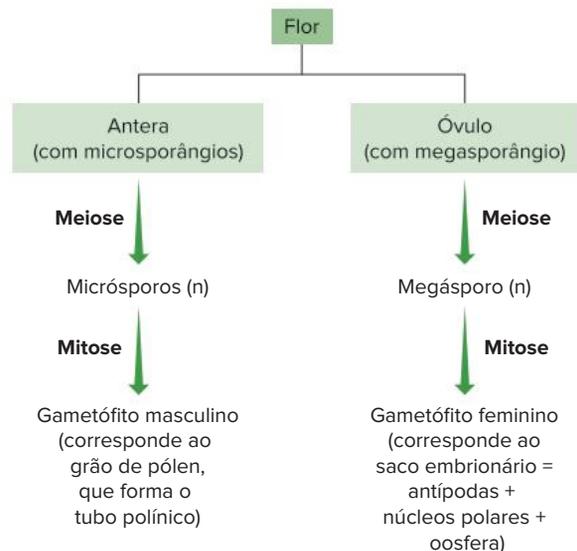
Ophrys royanensis.

Resumindo

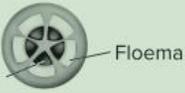
- Gimnospermas não possuem flor nem fruto.
- Angiospermas (também denominadas antófitas ou magnoliófitas) possuem raiz, caule, folhas, flores, frutos e sementes. A flor dá origem a fruto (desenvolvimento do ovário) e sementes (desenvolvimento do óvulo fecundado).



- A fecundação é do tipo sifonogâmica e envolve o crescimento do tubo polínico.
- As flores podem ser monóclinas, com pistilos e estames na mesma flor, ou díclinas, que tem flores masculinas, com estames, ou femininas, com pistilos.
- As angiospermas formam esporos por meiose.



- Atualmente, as angiospermas são classificadas em vários grupos, sendo os mais numerosos as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas.

Características	Eudicotiledôneas	Monocotiledôneas
Raiz (sistema radicular)	Axial (pivotante). 	Fasciculada . 
Disposição dos vasos no caule	Regular .  Xilema — Floema	Irregular (difusa).  Xilema — Floema
Nervuras nas folhas	Nervuras reticulares . 	Nervuras paralelas . 
Flores	Pentâmeras ou tetrâmeras : Verticilos em múltiplos de cinco (mais comum) ou quatro, respectivamente. 	Trímeras : Verticilos em múltiplos de três. 
Exemplos	Eucalipto, goiabeira, ipê, batata, mogno. Inclui a família das leguminosas (seu fruto é a vagem): feijão, soja, lentilha, amendoim, grão-de-bico, ervilha, pau-brasil.	Palmeira, bananeira, lírio, orquídea, bromélia. Inclui a família das gramíneas : cana-de-açúcar, capim e cereais (arroz, milho, trigo, centeio, cevada e aveia).

Principais características de eudicotiledôneas e monocotiledôneas.

- Polinização é o transporte de pólen da antera até o estigma; é classificada em polinização cruzada e autopolinização (esta propicia menor variabilidade genética). A polinização cruzada pode ser feita, por exemplo, por vento (anemofilia), insetos (entomofilia), aves (ornitofilia) ou morcegos (quiropterofilia) – algumas espécies vegetais podem apresentar características morfológicas específicas (estabelecidas evolutivamente) para cada tipo de polinizador.
- Após a polinização e a fecundação, formam-se os frutos, em cujo interior encontram-se sementes; eles podem ser secos ou carnosos. As principais funções do fruto são a proteção e a dispersão da semente, que ocorre por agentes como vento, água e animais. A dispersão é importante porque pode diminuir a competição intraespecífica, elevando a chance de sobrevivência dos descendentes.
- Fruto partenocárpico não possui sementes; seu desenvolvimento ocorre sem que tenha havido fecundação de óvulos. Pseudofrutos são provenientes do desenvolvimento do pedúnculo floral ou do receptáculo floral.
- Inflorescência é um conjunto de flores agrupadas; infrutescência é um conjunto de frutos agrupados – uma infrutescência é proveniente de uma inflorescência.

Quer saber
mais?



Site

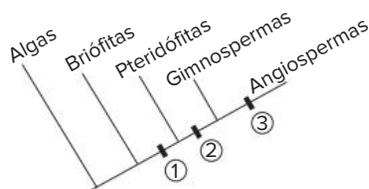
<http://jfluz.blogspot.com/2011/01/cajueiro-gigante-e-centro-de-polemica.html>

(Acesso em: 10 fev. 2022)

Reportagem sobre o maior cajueiro do mundo, localizado em Parnamirim (RN) e considerado patrimônio histórico e ambiental.

Exercícios complementares

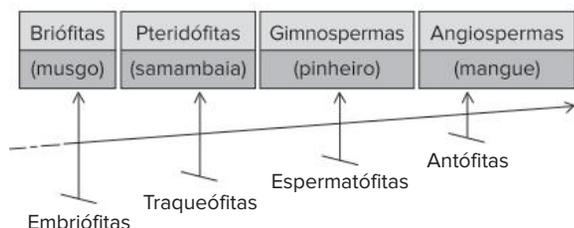
1. UEL-PR 2019 Analise o cladograma a seguir.



Com base no cladograma, responda aos itens a seguir.

- Os números no cladograma representam o surgimento de características adaptativas, nos grupos vegetais, ao longo do processo evolutivo.
Cite as características representadas pelos números 1 e 2.
- Cite as duas características adaptativas representadas pelo número 3 e explique como o desenvolvimento dessas características permitiu o predomínio de espécies de angiospermas ao redor do mundo.

- 2. Uema 2016** O Reino Plantae é representado por mais de 300.000 espécies, cuja história evolutiva foi marcada pela grande capacidade adaptativa na conquista gradual e extensa do ambiente terrestre, durante a qual as plantas desenvolveram estruturas e mecanismos especiais capazes de superar problemas como a perda de água para o ar e a garantia da fecundação. A árvore evolutiva abaixo representa o surgimento de algumas dessas características, mostrando que a longa história evolutiva das plantas envolveu vários passos.



SILVA Jr., César da; SASSON, Sezar; CALDINI Jr., Nelson. *Biologia*. 10ª ed. São Paulo, v. 2, 2010, p. 398.

Após analisar a árvore, explique cada passo evolutivo característico das embriófitas, traqueófitas, espermatófitas e antófitas.

- 3. Fuvest-SP 2014** A autofecundação pode ocorrer em plantas. Por exemplo, um núcleo espermático do tubo polínico fecunda a oosfera, e o outro núcleo espermático se funde com os núcleos polares do saco embrionário, na mesma planta.
- No caso de autofecundação, a reprodução é sexuada? Justifique sua resposta.
 - A que grupo de plantas corresponde o processo de fecundação exemplificado? Justifique sua resposta.
- 4. UFJF/Pism-MG 2021** Ao longo da evolução das plantas são reconhecidas diferentes características que definem as Espermatófitas, ou seja, as plantas com sementes.
- Cite duas características que permitiram o aparecimento evolutivo das sementes.
 - Cite duas funções importantes das sementes para a ocupação do ambiente terrestre pelas espermatófitas.

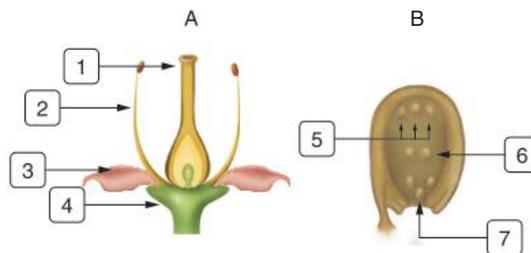
- 5. Unifesp 2019** Leia o trecho da letra da canção "Flor do Cerrado", de Caetano Veloso.
- Todo fim de mundo é fim de nada é madrugada e ninguém tem mesmo nada a perder
Eu quero ver
Olho pra você
Tudo vai nascer
Mas da próxima vez que eu for a Brasília eu trago uma flor do Cerrado pra você

(www.vagalume.com.br)

- A que grupo vegetal pertence a planta da qual pretende-se colher a flor referida na música? Além da flor, que outro órgão é exclusivo desse grupo vegetal?
- Supondo que essa flor tenha sido colhida de uma árvore típica do Cerrado, cite uma característica

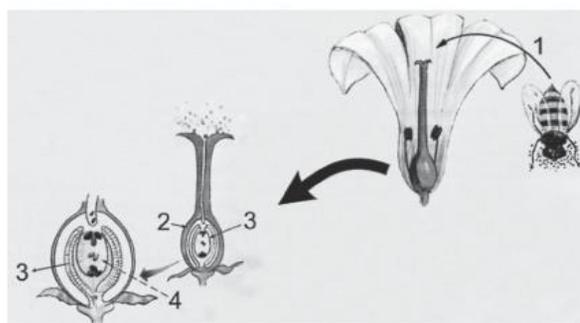
morfológica adaptativa dessa planta e justifique por que essa característica é importante para a sobrevivência da planta nas condições ambientais do Cerrado.

- 6. Unioeste-PR** Os esquemas a seguir representam as estruturas típicas de uma flor e de um óvulo maduro, indicados por A e B, respectivamente.



Com relação aos esquemas, é correto afirmar que:

- 1 representa o pistilo, composto de estigma, estilo e ovário.
 - 2 representa o estame, composto de filete e antera.
 - 04 os conjuntos de 3 e 4 formam o cálice e a corola, respectivamente.
 - 08 5 representa as sinérgides que, quando fecundadas, formam o endosperma tetraploide.
 - 16 6 representa as antípodas, que participam da nutrição do embrião.
 - 32 7 representa a oosfera que, quando fecundada, gera o embrião diploide.
- Soma:
- 7. UEG-GO 2012** A flor é um órgão importante para as Angiospermas, na qual são encontradas estruturas onde ocorrem processos que irão garantir a dispersão e a perpetuação das espécies. Na figura a seguir, algumas dessas estruturas e desses processos são evidenciados.

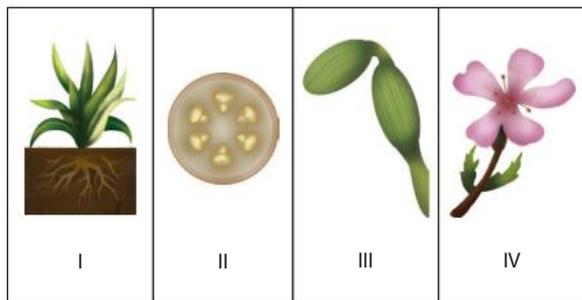


CÉSAR, S. J.; SEZAR, S. *Biologia*. V.2. 8.ed. São Paulo: Saraiva, 2005. P. 398; 417.

Com base na análise da figura, pergunta-se:

- Qual o processo representado em 1 e sua importância para as plantas?
 - Quais as estruturas representadas em 2, 3 e 4?
 - Caso haja sucesso no processo 1, o que as estruturas 2, 3 e 4 irão originar, respectivamente?
- 8. UFV-MG** O dono de um viveiro de plantas pediu ao seu empregado que separasse algumas monocotiledôneas das dicotiledôneas na vitrine. Para

auxiliá-lo, o patrão lhe deu as dicas de que “a semente de milho tem dois cotilédones e a semente de feijão apenas um” e uma pequena cartela guia, porém incompleta e sem nomes, conforme representada a seguir.



Para ajudar o pobre empregado a cumprir corretamente a sua tarefa, resolva os itens seguintes.

- As dicotiledôneas estão indicadas pelos números:
 - As plantas com flores trímeras devem ficar na vitrine juntamente com as:
 - Que tipo de nervura deverá haver nas folhas das plantas para que elas não fiquem juntas com as que têm raízes fasciculadas?
 - Pode não ser uma dica prática, mas o empregado poderá considerar que o caule de milho tem a disposição dos feixes liberolenhosos difusa e o caule do feijão tem estes feixes regulares?
 - Mesmo que a cartela guia seja completada, cite um bom argumento técnico de botânica para que o dono da loja mude de ramo.
- 9. UFPR 2019** Responda às questões propostas, considerando os seguintes grupos de plantas: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- Explique o que são plantas vasculares e avasculares e classifique cada um dos quatro grupos em questão como vasculares ou avasculares.
 - Araucária, samambaia e ipê-amarelo são exemplos de quais dos grupos em questão? Classifique essas plantas quanto à presença ou ausência de flores e sementes.
- 10. UFSCar-SP** Sobre flores, responda:
- as flores coloridas das angiospermas são interpretadas como uma aquisição evolutiva que aumenta a eficiência da reprodução sexuada. De que modo isso ocorre?
 - que fator ambiental contribui para a reprodução sexuada de flores não coloridas, como as do capim?
- 11. UFU-MG 2020** Em uma aula de Botânica sobre determinado grupo vegetal, a professora apresentou algumas das principais características de monocotiledôneas e eudicotiledôneas a partir de dois conjuntos de exemplares: Conjunto 1: ipê, mogno, abacateiro e goiabeira; Conjunto 2: arroz, cebola, trigo e grama.
- De que forma as espécies desse grupo vegetal se relacionam com os animais polinizadores?

- Considerando-se que os conjuntos 1 e 2 descritos no texto referem-se a uma subclassificação do grupo vegetal em questão, identifique seus nomes e descreva as características dos vasos nos caules presentes no conjunto 2.
- Descreva as características da venação foliar que diferenciam o conjunto 1 do conjunto 2.

12. UFU-MG Na história evolutiva das plantas, ficou marcada a transição do meio aquático para o meio terrestre. Nesse ambiente, os organismos enfrentam problemas diferentes dos existentes em ambientes aquáticos. Com referência a esse assunto:

- explique três características que surgiram nas plantas e que podem ser consideradas adaptativas à vida no ambiente terrestre.
- qual grupo de fanerógamas é o mais diversificado no ambiente terrestre e quais características possibilitaram o seu predomínio nesse ambiente?

13. UFSC Atualmente, a Terra é dominada pelo grupo vegetal das angiospermas, com cerca de 250.000 espécies espalhadas por todo o mundo. A maior parte dos alimentos de origem vegetal é derivada de plantas desse grupo.

Com respeito às angiospermas é correto afirmar que:

- são os únicos vegetais que produzem sementes.
- as monocotiledôneas são uma divisão deste grupo, cujos representantes apresentam raiz axial, ou pivotante, flores tetrâmeras, sementes com dois cotilédones e crescimento acentuado em espessura.
- suas flores originam estruturas chamadas frutos que auxiliam na dispersão de suas sementes.
- em algumas espécies, o fruto pode se desenvolver sem que ocorra o processo de fecundação, originando os chamados frutos partenocápicos.
- suas flores podem ser polinizadas por algumas aves, mamíferos e insetos.
- alguns de seus frutos são comestíveis, como, por exemplo, o chuchu e o tomate.

Soma:

14. Unifesp 2018 O surgimento do fruto e o surgimento do endosperma, tecido de reserva que nutre o embrião, são considerados importantes novidades evolutivas das Angiospermas, contribuindo para que esse grupo de plantas domine grande parte dos ambientes terrestres do planeta.

- Cite duas vantagens que, em termos evolutivos, os frutos representaram na conquista do ambiente terrestre.
- A ocorrência de um tecido que armazena nutrientes para o embrião não é exclusividade das Angiospermas. Cite o grupo de plantas no qual esse tipo de tecido também ocorre. Explique por que na realização de suas funções o endosperma das Angiospermas é mais eficaz do que o tecido de reserva desse grupo.

15. **Unesp 2016** “Fruto ou Fruta? Qual a diferença, se é que existe alguma, entre ‘fruto’ e ‘fruta?’”

A questão tem uma resposta simples: fruto é o fruto comestível. O que equivale a dizer que toda fruta é um fruto, mas nem todo fruto é uma fruta. A mamona, por exemplo, é o fruto da mamoneira. Não é uma fruta, pois não se pode comê-la. Já o mamão, fruto do mamoeiro, é obviamente uma fruta.

(Veja, 04.02.2015. Adaptado.)

O texto faz um contraponto entre o termo popular “fruta” e a definição botânica de fruto. Contudo, comete um equívoco ao afirmar que “toda fruta é um fruto”. Na verdade, frutas como a maçã e o caju não são frutos verdadeiros, mas pseudofrutos.

Considerando a definição botânica, explique o que é um fruto e por que nem toda fruta é um fruto. Explique, também, a importância dos frutos no contexto da diversificação das angiospermas.

16. **UFJF-MG 2015** A araucária ou pinheiro-do-Paraná e o arroz são plantas tipicamente encontradas nas paisagens da região sul do Brasil. A primeira, habitando áreas naturais da Floresta Ombrófila Mista, e a segunda, grandes áreas cultivadas. Ambas as espécies são polinizadas pelo vento, porém apresentam diferenças na organização de suas estruturas reprodutivas. A araucária, uma Gimnosperma, possui suas estruturas reprodutivas organizadas em estróbilos, e o arroz, uma Angiosperma, em flores.

- Quais as diferenças morfológicas entre as estruturas reprodutivas da araucária e do arroz?
- Cite duas características de flores que apresentam síndrome de polinização anemófila.
- Após a fecundação, o estróbilo da araucária produz pinhões, que, no sul do Brasil, são aproveitados como um saboroso alimento. A que órgão vegetal corresponde o pinhão? Qual foi a novidade evolutiva relacionada à formação do tecido de reserva desse mesmo órgão encontrado no arroz?

BNCC em foco

EM13CNT202 e EM13CNT303

1. Leia o texto e responda às questões.

O macho *Utahraptor* está parado completamente quieto à sombra das folhas palmatiformes de uma **cicadácea**. De modo geral, ele tem o destemor de um adulto jovem. Está cheio de hormônios e confia em seus músculos, na sua condição atlética, em seus sentidos. Não tem medo de atacar herbívoros estranhos de tamanho triplo do seu. Não receia muito em desafiar um macho *Utahraptor* adulto, que pesa cinquenta quilos a mais.

Agora, porém, está com medo da cor vermelha. O jovem macho está desanimado diante da massa de objetos rosa-púrpura pendurados de arbustos e árvores baixas a algumas centenas de metros. Há mais vermelho aqui num lugar só do que ele já viu antes. O muro carmesim de quase dois metros de altura se estende por uns quatrocentos metros, e quando o vento sopra, os objetos vermelhos flutuam de forma ameaçadora.

[...]

Bakker, R. T. *Velociraptor: Raptor Red*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1996

Utahraptor: gênero de dinossauro carnívoro e bípede que podia atingir 2 metros de altura.

Cicadácea: planta do grupo das gimnospermas, são arbustivas e lembram palmeiras (daí as “folhas palmatiformes”).

- Até então, a cor verde predominava na vegetação, constituída principalmente por gimnospermas. Mas estavam surgindo novidades evolutivas nas plantas. O que podem ser os objetos vermelhos presos aos arbustos que assustaram o dinossauro?
- Qual é a importância dessa aquisição evolutiva das plantas?

EM13CNT202

2. Esquematize simplificadamente o ciclo reprodutivo em uma angiosperma, desde a polinização até a germinação da semente.

- Em seu exemplo, considere uma planta com flores monóclinas e a ocorrência de autopolinização.
- Explique o que é a dupla fecundação na reprodução de angiospermas.

EM13CNT202

3. A pintura reproduzida a seguir é do artista holandês Albert Eckhout, que veio ao Brasil na primeira metade do século XVII, onde viveu por sete anos, retratando a fauna, a flora e as pessoas do país.



Nationalmuseum, Copenhagen, Dinamarca

ECKHOUT, Albert. *Abacaxi, melancia, etc.* [S. d.]. Óleo sobre tela, 83 x 92 cm, Copenhagen, Dinamarca.

- A tela retrata uma estrutura exclusiva de angiospermas: o fruto. Mas alguns dos elementos retratados, como o abacaxi e o caju, são casos particulares. Explique esses casos.
- Qual é a importância do surgimento dos frutos na história evolutiva das plantas?

FRENTE 2

CAPÍTULO

14

Morfologia externa das plantas

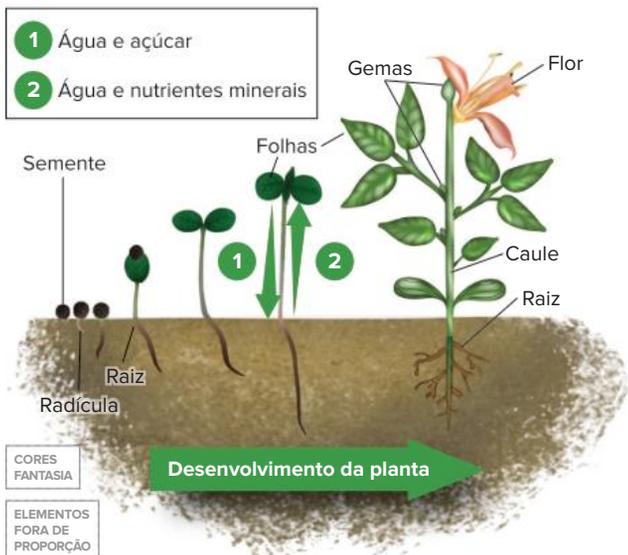
Nas plantas, pode ser encontrada uma grande diversidade de caules, folhas e raízes. As angiospermas, por exemplo, apresentam a arquitetura corporal adaptada a diferentes condições ambientais, incluindo solos com pouca disponibilidade de oxigênio e que ficam boa parte do tempo alagados, como o solo dos manguezais. Nesse ambiente, observam-se diversas adaptações, como ocorre nos indivíduos de *Avicennia* sp. Essas plantas possuem raízes respiratórias (ou pneumatóforos), que são dotadas de pequenos orifícios por onde ocorrem trocas gasosas.

Manguezal com raízes respiratórias de *Avicennia* sp., em São Sebastião, SP.

Os órgãos das plantas e sua importância

Muitas pessoas estão habituadas a fazer mudas a partir de plantas adultas, cortando pedaços de caule e enterrando-os. Com o tempo, desenvolve-se uma planta completa e com as mesmas características da planta-mãe. Esse é um processo de reprodução assexuada, menos frequente na natureza. Entre as angiospermas, há a reprodução sexuada, que culmina com a produção da semente, estrutura dotada de um embrião descendente da planta-mãe. O embrião é protegido pelo tegumento, mais externo, e fica imerso nas reservas alimentares, que podem conter amido, proteínas e lipídeos.

Uma semente colocada em solo úmido absorve água, ativando o metabolismo do embrião. Para isso, também são necessárias outras condições, como temperatura adequada e gás oxigênio. Assim, tem início a germinação: o embrião vai emergindo da semente e gradualmente desenvolve-se uma planta jovem. A planta possui uma raiz, derivada da radícula do embrião. A radícula é uma raiz ainda imatura que emerge da semente no início da germinação, permitindo a retirada de água e nutrientes do solo e assegurando a fixação da planta jovem à terra. Na extremidade oposta à raiz, forma-se o caule, ao qual se prendem as folhas. As raízes enviam água e nutrientes minerais às demais partes da planta, enquanto as folhas realizam fotossíntese, produzindo açúcares, que são necessários a todos os tecidos vivos do vegetal.



Representação simplificada das etapas de desenvolvimento de uma angiosperma, desde a germinação até a formação da planta adulta. A primeira parte que emerge da semente é a radícula, que se desenvolve formando a raiz.

O caule tem inúmeras gemas, localizadas em sua extremidade e junto à base de cada folha. Uma gema é formada por células de tecido meristemático, com grande capacidade mitótica. O desenvolvimento de uma gema pode determinar o crescimento do caule (gema situada na extremidade superior da planta) ou a formação de ramos, conhecidos como “galhos” (gemas localizadas nas laterais da planta). Dependendo de ação hormonal específica, a gema pode gerar uma flor e, com a reprodução sexuada, ocorre a formação de frutos e sementes.

Raiz

A raiz fixa a planta ao solo e dele retira água e nutrientes minerais, necessários às atividades metabólicas de todo o organismo. A seguir, são apresentados a origem, as partes e os tipos de raiz, que têm aparência e funções diferentes.

Partes de uma raiz

Uma raiz típica de eudicotiledônea apresenta as regiões: coifa, zona meristemática, zona de distensão (ou zona lisa), zona pilífera e zona das ramificações (ou suberosa).



Organização de uma raiz típica de angiosperma.

A **zona meristemática** é constituída por tecido meristemático, cujas células são pequenas, têm grande atividade mitótica e são indiferenciadas, isto é, não executam papéis especializados, como transporte, revestimento ou fotossíntese. A atividade das células meristemáticas produz o crescimento longitudinal da raiz, o que faz com que ela penetre no solo. A extremidade da zona meristemática é coberta por um “capuz” denominado **coifa**, estrutura que protege o meristema do atrito contra as partículas do solo e da decomposição realizada por bactérias.

Algumas células produzidas a partir das mitoses das células meristemáticas ficam mais afastadas da extremidade e sofrem aumento de volume. Isso ocorre na **zona de distensão** (ou **zona lisa**), que também contribui para o crescimento longitudinal da raiz.

Acima da zona lisa, encontra-se a **zona pilífera**, caracterizada pela presença dos pelos responsáveis pela absorção de água e nutrientes minerais do solo. Os **pelos absorventes** são extensões tubulares das células que recobrem essa porção da raiz; eles aumentam consideravelmente a superfície de contato com o solo e, por consequência, a capacidade de absorção da raiz.

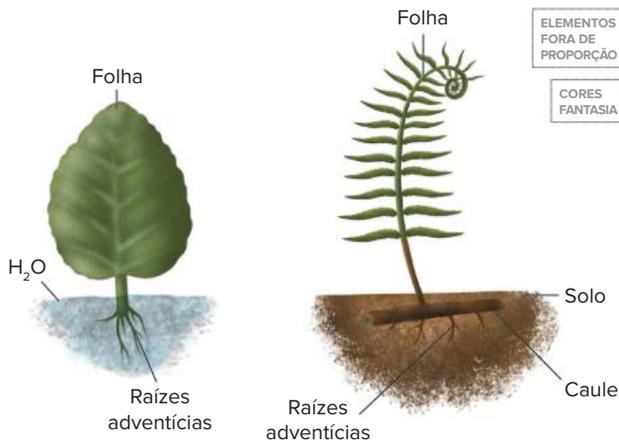
A **zona das ramificações** (ou **zona suberosa**) localiza-se acima da zona pilífera e caracteriza-se pelo aumento de diâmetro e pela formação de ramificações, as **raízes secundárias**, as quais formam outros ramos. A presença das ramificações aumenta a superfície de absorção do sistema radicular e melhora a capacidade de fixação da planta ao solo.

As raízes podem ser classificadas de acordo com dois aspectos: quanto à **origem de formação** e quanto ao **hábitat**.

Origem

Vimos que uma semente em germinação gera a radícula, que origina a raiz adulta. No entanto, há as **raízes adventícias**, que não são provenientes da radícula; elas podem ser formadas por folhas ou caules. Uma folha de violeta, por exemplo, se for cortada e colocada em um recipiente com água, gera, em poucos dias, grande número de raízes adventícias.

O caule da samambaia, por exemplo, é do tipo rizoma e dele saem raízes adventícias laterais.



Raízes adventícias são provenientes de folhas ou de caules.

Hábitat

Raízes de plantas recebem classificações diversas de acordo com o hábitat nos quais se desenvolvem.

As **raízes aquáticas** são encontradas em plantas aquáticas e desenvolvem-se submersas.



Exemplar de ninfeia (*Nymphaea* sp.); possui folhas e flores flutuantes.

Geralmente, essas plantas possuem folhas e/ou caule flutuantes, mas também existem espécies que se desenvolvem totalmente submersas. Como exemplos de raízes aquáticas, podem ser citadas as das ninfeias e as da camboja (muito utilizada em aquários).

As **raízes aéreas** são encontradas em plantas terrestres e podem ser divididas de acordo com características específicas.

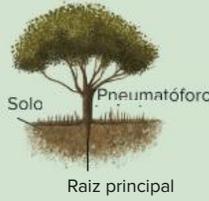
- **Raiz-escora (suporte):** originadas do caule e emitidas em direção ao solo, ampliam o apoio do próprio caule. São, portanto, responsáveis por ajudar na sustentação da planta. Exemplo: as raízes que saem da base do milho e da cana-de-açúcar.
- **Raiz sugadora (haustório):** é característica de plantas parasitas, que retiram seiva de uma planta hospedeira. A raiz sugadora tem uma dilatação denominada **apressório**, que se liga à planta hospedeira. O interior do apressório tem estruturas filamentosas, que atingem os vasos condutores da hospedeira. Há dois tipos de plantas parasitas: as hemiparasitas e as holoparasitas. As hemiparasitas, também chamadas parasitas parciais, como a erva-de-passarinho, são plantas clorofiladas (realizam fotossíntese) cujos haustórios retiram da hospedeira água e nutrientes minerais (seiva bruta, transportada pelo xilema).

As **holoparasitas**, ou parasitas totais, como o cipó-chumbo, são plantas aclorofiladas (não realizam fotossíntese), cujos **haustórios** retiram da hospedeira água e substâncias orgânicas (seiva elaborada, transportada pelo floema).

- **Raiz estrangulante:** ocorre no mata-pau, planta da família das figueiras; envolve o tronco de uma planta suporte, mas não suga sua seiva. Essa raiz atinge o solo, absorve água e sais minerais e os envia às folhas, que estão se desenvolvendo sobre a copa da hospedeira. O mata-pau não é parasita, pois é capaz de realizar fotossíntese e retirar nutrientes do solo. No entanto, quando o tronco da árvore suporte cresce em espessura, seus vasos são esmagados pelas raízes do mata-pau. A planta suporte acaba morrendo e, com o tempo, seu tronco e outras partes são utilizadas como alimento por cupins, fungos e bactérias, até desaparecerem por completo.
- **Raiz respiratória:** também conhecida como **pneumatóforo**, constitui ramos de raízes que crescem verticalmente para fora do solo. Apresenta fendas (os pneumatódios) através das quais ocorrem trocas gasosas com o ar. Essas estruturas são encontradas em algumas espécies dos manguezais, como a *Avicennia* sp. O solo de manguezais é pobre em gás oxigênio, sendo recoberto pela água na maré alta.
- **Raiz tabular:** é lateralmente achatada, como uma tábua. Esse tipo de raiz ocorre em árvores de grande porte e ajuda na fixação e na estabilidade, aumentando a base de apoio do vegetal. O xixá, a figueira e a sapopema são exemplos de plantas raízes tabulares.
- **Raiz grampiforme (aderente):** origina-se do caule (é um tipo de raiz adventícia) e tem como função prender o vegetal em estruturas-suporte, sejam elas plantas ou não. A raiz emite uma espécie de grampo que prende a planta, como a hera em muros e estacas. O imbé (*Philodendron* sp.) tem raízes aéreas que envolvem o tronco de uma árvore suporte; algumas

de suas raízes ficam pendentes e acabam crescendo em direção ao solo. O cipó corresponde a esse tipo de raiz.

CORES FANTASIA
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

Tipos de raiz	Características e exemplos	
Escora	<p>Origina-se do caule e aumenta a base de fixação da planta. Ex.: milho.</p>	 <p>Raiz-suporte do milho</p>
Sugadora (haustório)	<p>Retira seiva de uma planta hospedeira. Ex.: cipó-chumbo (retira água e açúcares) e erva-de-passarinho (retira água e sais minerais).</p>	 <p>João Medeiros/Flickr</p>
Estrangulante	<p>Envolve o tronco de uma árvore hospedeira, que, quando cresce em circunferência, tem seus vasos condutores interrompidos, podendo provocar sua morte. Ex.: mata-pau.</p>	 <p>Fir0002, Wikimedia Commons</p>
Respiratória (pneumatóforo)	<p>Cresce para fora do solo e tem fendas (pneumatódios) que realizam trocas gasosas com o ar. Ex.: <i>Avicennia</i> sp., planta comum em manguezais.</p>	 <p>Solo Pneumatóforos Raiz principal</p>
Tabular	<p>Apresenta aspecto de placas, que crescem acima da superfície do solo. Aumenta a sustentação mecânica do vegetal. Ex.: figueira.</p>	 <p>seneca77/Morguefilem</p>
Grampiforme	<p>Permite aderência a uma superfície, como rochas, muros ou troncos de árvores. Ex.: hera e ímbé.</p>	 <p>chery/Wikimedia Commons</p>

Tipos principais de raízes aéreas.

As **raízes subterrâneas**, também relacionadas a espécies terrestres, são dispostas enterradas no solo; podem ser classificadas de acordo com sua morfologia externa.

- **Raiz axial** (ou **pivotante**): possui um eixo principal maior em diâmetro e comprimento que as raízes laterais (secundárias). Ocorre em gimnospermas (como as araucárias) e angiospermas eucotiledôneas (como o manacá-da-serra). Algumas espécies apresentem raiz pivotante que se converte em órgão de reserva, armazenando grande quantidade de substâncias nutritivas na forma de amido ou sacarose; essas raízes, chamadas **tuberosas**, são encontradas, por exemplo, nas plantas do rabanete, da batata-doce, da mandioca e da cenoura.
- **Raiz fasciculada**: não apresenta uma raiz principal. É encontrada nas **monocotiledôneas**, outro grupo pertencente às angiospermas.
- **Raiz tuberosa**: converte-se em órgão de reserva para a planta e armazena grande quantidade de substâncias nutritivas na forma de amido ou sacarose. Exemplos: mandioca (macaxeira), cenoura, rabanete, mandioquinha, beterraba, nabo e batata-doce.

CORES FANTASIA
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

Tipos de raiz	Características e exemplos	
Fasciculada (em cabeleira)	<p>Constituída por várias raízes formadas a partir da base do caule e que se ramificam. Ocorre em monocotiledôneas.</p>	
Axial (pivotante)	<p>Apresenta um eixo (raiz principal) de onde saem ramificações (raízes secundárias). Ocorre em eudicotiledôneas e gimnospermas.</p>	

Tipos principais de raízes subterrâneas.

Caulé

A principal função do caule é estabelecer a ligação entre raízes e folhas, permitindo um fluxo de seiva por meio de seus vasos condutores. O caule e seus ramos fornecem suporte mecânico para as folhas, possibilitando a exposição à luz, que fornece a energia utilizada na fotossíntese.

Há diversos tipos de caules, que podem representar importantes adaptações das plantas ao seu ambiente. Caules, bem como raízes adventícias, podem possuir pequenos orifícios, chamados **lenticelas**, que facilitam as trocas gasosas entre a planta e o ambiente.

Os caules são classificados em dois grandes grupos: **aéreos** e **subterrâneos**.

Caules aéreos

Alguns caules aéreos não possuem tecidos de sustentação com a rigidez suficiente para permitir a manutenção independente de sua verticalidade, sendo classificados como **rastejantes**. É o caso do caule do chuchu (classificado como volúvel), que cresce enrolado em um suporte, e dos caules de melancia e de abóbora, que crescem rasteiros ao solo. O caule do morango também é rastejante, sendo denominado estolho, ou estolão – ele forma inúmeras gemas, cada qual com capacidade de originar uma nova planta completa.



O caule da planta do chuchu (A) cresce enrolado em suportes como cercas ou estacas. Já as plantas da melancia (B) e do morangueiro (C) apresentam caules que se desenvolvem prostrados no solo.

Os caules aéreos com rigidez suficiente para manter o suporte das folhas e estruturas reprodutoras, classificados como **eretos**, são de diversos tipos, como **haste, tronco, colmo, estipe** e **cladódio**.

- **Haste:** é um caule delgado e clorofilado, como o da planta do arroz, do feijão, do trigo e do dente-de-leão.
- **Tronco:** é o caule típico de árvores; tem casca revestida de súber (tecido conhecido como cortiça) e possui muitos ramos (galhos), que sustentam as folhas. Árvores com tronco são típicas de muitas gimnospermas e angiospermas eudicotiledôneas.
- **Colmo:** tem formato cilíndrico e apresenta anéis conhecidos como nós. Cada nó pode apresentar meristema (chamado de **meristema intercalar**) e gerar folhas. São exemplos o bambu e a cana-de-açúcar.
- **Estipe:** também tem formato cilíndrico e nós em forma de anéis; no entanto, difere do colmo pela formação de ramos (com folhas, flores e frutos) apenas na

extremidade. São exemplos de estipe o coqueiro e as palmeiras da família *Arecaceae*. O palmito produzido por uma palmeira localiza-se na extremidade do caule e corresponde à gema apical da planta.

- **Cladódio:** é o típico caule dos cactos, com grande quantidade de água armazenada e clorofila, podendo realizar fotossíntese; apresenta folhas modificadas em espinhos. Essas são características adaptativas à prolongada escassez de água no ambiente, pois espinhos apresentam uma superfície reduzida, o que diminui a perda de água por transpiração.

Tipos de caule	Características e exemplos
Haste	Delgado e clorofilado. Ex.: arroz, trigo e feijão.
Tronco	Espesso, ramificado, recoberto por súber (cortiça). Ex.: mangueira, ipê e pinheiro.
Colmo	Cilíndrico, com nós paralelos ao longo do eixo; folhas ligadas ao caule em toda a sua extensão. Ex.: milho e cana-de-açúcar (ambos com colmo cheio); bambu (com colmo oco).
Estipe	Cilíndrico, com nós paralelos ao longo do eixo; folhas somente na extremidade. Os ramos produzidos têm flores. Ex.: coqueiro e palmeira.
Cladódio	Clorofilado, com água armazenada. Ex.: cacto.

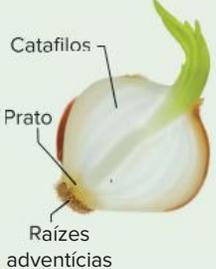
Tipos principais de caules eretos.

Caules subterrâneos

Há três principais modalidades de caules subterrâneos.

- **Rizoma:** é encontrado paralelo à superfície do solo; dele saem raízes adventícias e folhas. Esse tipo de caule ocorre na samambaia e na bananeira. Já o cilindro vertical que se vê em uma bananeira é formado pela base de suas folhas enroladas.

- **Tubérculo:** é compacto e rico em reservas, como a batata-inglesa e o inhame (lembre-se de que a batata-doce é uma raiz tuberosa). Os tubérculos distinguem-se das raízes tuberosas pela presença de gemas em sua superfície, sendo que as gemas podem brotar e iniciar o desenvolvimento de uma planta completa em um processo de reprodução assexuada.
- **Bulbo:** possui uma base, conhecida como “prato”, à qual ficam ligadas raízes e folhas ricas em reservas, os **catafilos**. Os exemplos mais conhecidos são a cebola e o alho. Há outros casos, como açucena, gladiolo e açafraão.

Tipos de caule		Características e exemplos	
Tipos de caule			
	Rizoma	Desenvolve-se paralelamente à superfície do solo. Ex.: bananeira, samambaia e gengibre.	
	Tubérculo	Acumula reservas e apresenta gemas. Ex.: cará e batata-inglesa.	
Bulbo	Reduzido a uma base em forma de disco chamada prato, envolta por folhas ricas em reservas. Ex.: cebola e alho.		

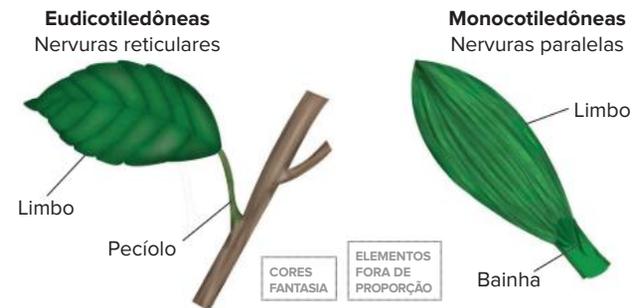
Tipos principais de caules subterrâneos.

Folha

A principal função da folha é a realização de fotossíntese; sua ampla superfície (útil na absorção de luz) e a presença de células clorofiladas contribuem para o desempenho dessa atividade. As folhas de uma planta realizam intensas trocas gasosas com o ambiente, e é por elas que há perda de maior quantidade de vapor, no processo de transpiração.

As folhas têm uma lâmina (**limbo**) e um cabo (**pecíolo**) ligado ao caule. Em eudicotiledôneas típicas, as folhas apresentam limbo com **nervuras com disposição em rede** (são folhas reticulínervas).

As folhas típicas de monocotiledôneas têm limbo dotado de **nervuras paralelas** (são folhas paralelinérvas); geralmente, há uma **bainha**, estrutura que envolve o caule. O eixo vertical das bananeiras é constituído pelas bainhas enroladas das folhas da planta.



Uma diferença marcante entre folhas de eudicotiledôneas e de monocotiledôneas é o tipo de nervura que apresentam: reticulares, naquelas com dois cotilédones, e paralelas, naquelas com um cotilédono.

Os pinheiros do gênero *Pinus* têm folhas com formato de agulha, denominadas **acículas**; assim, diz-se que o pinheiro é uma aciculifoliada. Esse tipo de folha tem grande superfície exposta ao ar e, por isso, em estações quentes, há grande perda de água por meio da transpiração. Em ambientes com inverno rigoroso, o aspecto das folhas é adaptativo, pois evita que a neve se acumule na planta.



As acículas de pinheiros têm formato de agulha e constituem adaptação à neve.

Há vários tipos de folhas modificadas, como **espinhos** (cactos), **sépalas** e **pétalas** (em flores) e **cotilédones** (nas sementes). As **brácteas**, algumas vezes coloridas, também são folhas modificadas, situadas na base das flores, como ocorre com o copo-de-leite e o antúrio.

Plantas carnívoras apresentam folhas que atraem pequenos animais e os capturam, realizando posteriormente a digestão.



Algumas plantas carnívoras têm folhas que aprisionam e digerem pequenos animais.

! Atenção

Algumas estruturas semelhantes em forma e função podem ser originadas de diferentes órgãos.

Gavinhas são estruturas que se enrolam em um suporte; podem ser folhas modificadas, como nas ervilhas, ou ramos caulinares, como no chuchu e no maracujá.

Os **espinhos** do limoeiro e da laranjeira são ramos modificados, pois provêm do desenvolvimento da gema situada na base da folha; já os espinhos dos cactos são folhas modificadas.



Craig Jevell/123rf.com

Gavinhas de ervilhas são folhas modificadas que se enrolam em um suporte.

Diversidade de órgãos vegetativos

A grande diversidade de raízes, caules e folhas presentes nas plantas demonstra que elas podem habitar praticamente todos os tipos de ambientes, por mais inóspitos que eles sejam.

Os muitos tipos de raízes demonstram capacidade de absorver nutrientes de solos áridos e úmidos, da água e até de outros vegetais.

Os caules conferem sustentação, apoio e possibilidade de reserva de nutrientes.

Já as variações nas folhas demonstram adaptações à vida em diversos tipos de clima, potencializando a realização de fotossíntese e a reprodução da planta, visto que elas participam também da composição dos mais variados tipos de flor.

A grande diversidade do reino vegetal reflete a adaptabilidade aos diversos biomas do planeta, consequência de inúmeras mutações genéticas e processos de seleção natural ocorridos ao longo de milhares de anos.

Revisando

1. Quais são os principais tipos de raízes dos vegetais? Exemplifique.

2. Qual a diferença entre raiz fasciculada e raiz axial?

3. Qual é a diferença observada na raiz de plantas monocotiledôneas e eudicotiledôneas?

4. Dê exemplos de:

a) raízes comestíveis.

b) caules comestíveis.

5. Cite quatro tipos de caule, descreva-os e dê um exemplo de cada.

6. Dê exemplos de vegetais que apresentam as seguintes especializações da raiz, do caule ou das folhas:

a) espinhos.

b) gavinhas.

c) cladódio.

d) pneumatóforo.

7. Quais as principais diferenças entre as folhas de monocotiledôneas e as de eudicotiledôneas?

8. Quais as funções das gavinhas e dos espinhos?

Exercícios propostos

1. **UEMG 2018** Uma floresta ripária submetida a alagamentos periódicos apresentou algumas embaúbas (espécies arbóreas da espécie *Cecropia pachystachya*) com raízes crescendo diretamente do caule e pequenos pontos de ruptura no tecido suberoso do caule, que aparecem como orifícios. A formação dessas estruturas é uma resposta fisiológica adaptativa comum em plantas submetidas ao alagamento. Assinale a alternativa que apresenta corretamente os nomes das raízes e dos orifícios produzidos nessas condições.

- a) Grampiformes e periderme.
- b) Adventícias e lenticelas.
- c) Pneumatóforos e hidatódios.
- d) Estranguladoras e estômatos.

2. **Uerj 2018** Por serem formados por sedimentos bem finos, que se deslocam facilmente, os solos dos mangues são mais instáveis. Árvores encontradas nesse ambiente apresentam adaptações que garantem sua sobrevivência, como o formato diferenciado de suas raízes, ilustrado na imagem.



O formato diferenciado de raiz desses vegetais contribui para o seguinte processo:

- a) fixação
- b) dispersão
- c) frutificação
- d) desidratação

3. **UFSCar-SP 2015** A figura ilustra raízes e ramos com folhas os quais brotam a partir de uma batata. Dessa forma, tal órgão vegetal pode ser utilizado tanto para o plantio agrícola como para o plantio visando a decoração de um ambiente doméstico:



(<http://noticias.bol.uol.com.br>)

A capacidade de gerar novas porções vegetais, sejam ramos, folhas ou raízes, indica que a batata é

- a) uma raiz com gemas laterais capazes de se desenvolverem.
- b) uma raiz cujos tecidos mais centrais são capazes de se desenvolverem.
- c) um caule com gemas laterais capazes de se desenvolverem.
- d) um caule cujos tecidos mais centrais são capazes de se desenvolverem.
- e) um fruto cuja semente é capaz de se desenvolver.

4. **UFSC** Assinale as proposições que apresentam corretamente os tipos de raízes, suas características e exemplos de vegetais que as possuem.

- 01 Raízes fasciculadas possuem um eixo central mais desenvolvido e estão presentes nos vegetais chamados dicotiledôneas, como o milho e a grama.
- 02 As raízes respiratórias, presentes nos mangues, promovem maior absorção de oxigênio.
- 04 Raízes tabulares aumentam a estabilidade de árvores frondosas, como as figueiras.
- 08 As raízes sugadoras dos vegetais parasitas, como o cipó-chumbo, penetram nos caules de plantas hospedeiras, sugando a seiva de que necessitam.
- 16 A raiz tuberosa, presente na cenoura e na beterraba, acumula substâncias nutritivas.

Soma:

5. **Enem 2017** Os manguezais são considerados um ecossistema costeiro de transição, pois são terrestres e estão localizados no encontro das águas dos rios com o mar. Estão sujeitos ao regime das marés e são dominados por espécies vegetais típicas, que conseguem se desenvolver nesse ambiente de elevada salinidade. Nos manguezais, é comum observar raízes suporte, que ajudam na sustentação em função do solo lodoso, bem como raízes que crescem verticalmente do solo (geotropismo negativo).

Disponível em: <http://vivimarc.sites.uol.com.br>.
Acesso em: 20 fev. 2012 (adaptado).

Essas últimas raízes citadas desenvolvem estruturas em sua porção aérea relacionadas à

- a) flutuação.
- b) transpiração.
- c) troca gasosa.
- d) excreção de sal.
- e) absorção de nutrientes.

6. **Uece 2017** Considerando as raízes das angiospermas, assinale a opção que apresenta corretamente os tipos de raiz correspondentes às seguintes descrições:

- I. Atua como órgão de reserva de alimento, que, nas plantas, se encontra na forma de amido.
- II. Seu eixo principal é subterrâneo e profundo, possuindo ramificações que garantem a fixação da planta no solo.

- a) Rizoma e bulbo.
- b) Colmo e bulbo.
- c) Estolão e rizoma.
- d) Cladódio e estolão.
- e) Estolão e cladódio.

13. **UFPI** Nos seres vivos, é notável a correlação entre forma e função. São exemplos de adaptação morfológica das folhas para a realização da fotossíntese:

- I. sua textura.
- II. sua pouca espessura.
- III. sua grande superfície de exposição.

Da análise das afirmativas acima, podemos assegurar que:

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

14. **UFRGS 2018** Algumas estruturas das angiospermas desenvolveram modificações ao longo da evolução, que permitiram adaptações ambientais importantes. Considere as seguintes afirmações sobre essas estruturas.

- I. Cenoura é um caule modificado subterrâneo que acumula nutrientes.
- II. Plantas de ambientes desérticos, tais como *cactus*, têm folhas modificadas em espinhos e caules fotossintetizantes.
- III. Plantas com flores de pétalas pequenas ou inexistentes podem apresentar folhas modificadas na base do receptáculo floral, com função de atrair polinizadores.

Quais estão corretas?

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

15. **UPE 2016** O coqueiro, *Cocus nucifera*, é uma das espécies de palmeira com maior distribuição na zona tropical, por causa de sua pouca exigência nutricional e de sua facilidade em se dispersar pelos mares e ter um sistema de sustentação resistente aos fortes ventos e ao solo arenoso do litoral. O seu caule apresenta nós e entrenós bem visíveis, mas com folhas apenas no ápice, que, por sua vez, é classificado como

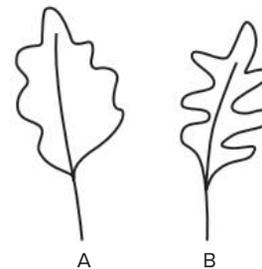
- a) haste.
- b) bulbo.
- c) colmo.
- d) estipe.
- e) tubérculo.

16. **UFC-CE** É característica típica das plantas terrestres vasculares a presença de folhas, que constituem expansões laminares verdes, especializadas na função fotossintética. No entanto, em ambientes áridos,

encontram-se muitas vezes plantas sem evidência de folhas, mas com espinhos, como as cactáceas. Essa característica tem relação com o hábitat porque permite:

- a) uma adaptação temporária até que o ambiente mude.
- b) um aumento da taxa de fotossíntese e de matéria orgânica formada.
- c) um aumento das velocidades de fotossíntese e transpiração.
- d) uma adaptação especial voltada à diminuição na perda d'água.
- e) um aumento da temperatura interna da planta e da produção de carboidratos.

17. **Fuvest-SP** Duas plantas da mesma espécie, que vivem em ambientes distintos, apresentam folhas morfologicamente diferentes, representadas nas figuras A e B.



- a) Indique, justificando, qual das folhas corresponde à planta que vive em campo aberto e qual corresponde à planta que vive no interior de uma floresta.
- b) Se recortarmos um quadrado de mesma área de cada uma dessas folhas e extrairmos a clorofila, de qual amostra se espera obter maior quantidade desse pigmento? Por quê?

18. **PUC-Campinas** Tubérculos que possuem botões vegetativos, como as batatas-inglesas; escamas que acumulam substâncias nutritivas, como as das cebolas; e cladódios que apresentam reserva de água, como os dos cactos, são, respectivamente, tipos de:

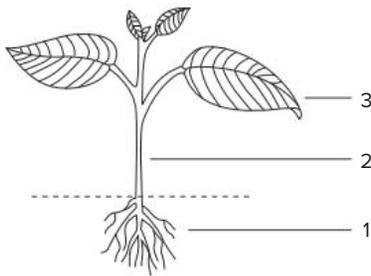
- a) raiz, caule e folha.
- b) raiz, folha e caule.
- c) raiz, raiz e caule.
- d) caule, folha e folha.
- e) caule, folha e caule.

19. **UFSM-RS** As plantas parasitas obtêm alimento do hospedeiro através dos _____, que são _____ especializadas.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) haustórios – raízes
- b) pneumatódios – folhas
- c) pneumatóforos – raízes
- d) haustórios – folhas
- e) pneumatóforos – folhas

- 20. Ufla-MG** A figura representa uma planta e seus órgãos vegetativos 1, 2 e 3.



1. Citar:
 - a) uma função do órgão vegetativo 1.
 - b) um tecido característico deste mesmo órgão.
2. Citar:
 - a) uma função do órgão vegetativo 2.
 - b) um tecido característico deste mesmo órgão (não repetir os citados em 1).

- 21. UEPG-PR 2017** Considerando algumas adaptações presentes nas plantas, assinale o que for correto.

- 01** As raízes respiratórias, ou pneumatóforos, são raízes aéreas que ocorrem em algumas plantas que vivem em solos pobres em oxigênio, comum em manguezais brasileiros. O processo de aeração pode ocorrer por meio de pequenos orifícios (pneumatódios).
- 02** O cladódio é um caule aéreo modificado, com função fotossintetizante e, em algumas espécies, também de reserva de água. Tem-se como exemplo o cacto, cujo caule é sempre verde e apresenta folhas atrofiadas em forma de espinhos, reduzindo a perda de água por transpiração.
- 04** O tubérculo é um caule subterrâneo adaptado à reserva de material nutritivo. Como exemplo, podemos citar a batata (*Solanum tuberosum*).
- 08** Os haustórios são folhas modificadas presentes na base das flores. Podem ser coloridas, devido a presença de pigmentos, atuando assim como estruturas de atração para os agentes polinizadores.

Soma:

- 22. Udesc** As angiospermas possuem três tipos básicos de órgãos: raiz, caule e folha. Em relação a esses órgãos, assinale a alternativa correta.

- a) As folhas apresentam função de sustentação.
- b) A raiz é a porção do eixo principal de um vegetal, geralmente clorofilada, subterrânea e que apresenta gemas laterais.
- c) Em plantas aquáticas, as raízes promovem a fotossíntese e a liberação de oxigênio para o meio externo.
- d) No caule, são observados os estômatos, que regulam a quantidade de sais que a planta absorve.
- e) Podemos observar caules aéreos, subterrâneos ou aquáticos, de acordo com as características dos vegetais.

- 23. UFC-CE** O corpo dos vegetais superiores é composto de 2 (dois) conjuntos básicos de estruturas: vegetativas e reprodutivas. Enquanto as estruturas vegetativas garantem a manutenção do indivíduo como uma unidade dentro da população, as estruturas reprodutivas são responsáveis pela propagação deste indivíduo e pela consequente manutenção do estoque genético da espécie. No que se refere às estruturas vegetativas, resolva os itens a seguir.

- a) Quais as funções do caule e da raiz na planta? Cite pelo menos duas funções de cada órgão.
- b) Quais as características morfológicas (ou fisiológicas) de cada um desses órgãos? Cite pelo menos duas características de cada um.
- c) Normalmente, os caules e as raízes desenvolvem-se, respectivamente, acima e abaixo do solo. Acontece que determinadas plantas apresentam um padrão de crescimento um tanto quanto diferente. Cite 2 (dois) exemplos de caules subterrâneos e 2 (dois) exemplos de raízes aéreas.

- 24. PUC-Minas**



A figura anterior destaca partes da estrutura de três diferentes cultivares (vegetais). Com base em seus conhecimentos, é correto afirmar, exceto:

- a) Rizoma é uma estrutura encontrada em samambaia e em bananeiras.
- b) Tubérculos são raízes que apresentam nódulos ricos em substâncias nutritivas.
- c) No bulbo como os da cebola, folhas modificadas e armazenadoras revestem uma pequena porção interna de caule.
- d) Rizomas, tubérculos e bulbos são estruturas tipicamente subterrâneas.

- 25. UTFPR** Diferentes órgãos das plantas têm importância econômica para o homem. As partes da mandioca e da cana-de-açúcar utilizadas para a produção de álcool são, respectivamente:

- a) caule e caule.
- b) raiz e caule.
- c) caule e raiz.
- d) raiz e raiz.
- e) raiz e fruto.

A matemática das flores

Olhe para uma pinha, um cacto ou um girassol e repare nas intrincadas espirais que eles apresentam. Os desenhos que parecem um prodigioso acaso da natureza são, para os matemáticos, o resultado de forças mecânicas que agem no crescimento das plantas. Já se sabia que as espirais expressam uma progressão numérica conhecida como sequência de Fibonacci, em que cada número é a soma dos dois precedentes: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...

Agora, os matemáticos Patrick Shipman e Alan Newell, da Universidade do Arizona, nos Estados Unidos, criaram um modelo matemático para explicar esse fenômeno (Physical Review Letters, 23 de abril). A cabeça arredondada dos cactos, por exemplo, é coberta de pequenas protuberâncias, cada uma com um espinho. Começando pelo centro e conectando os pontos de cada espinho até seu vizinho, chega-se a uma espiral com 2, 5 ou 8 galhos – a sequência de Fibonacci. Cada nova folha emerge de um ponto que consiste de uma capa que cobre um núcleo.

À medida que a planta cresce, a capa se desenvolve mais rápido que o núcleo, e assim as espirais se formam para acomodar a superfície extra. Os espinhos ficam na intersecção das espirais. Formam-se três tipos de espirais, que dividem a superfície da planta em triângulos de lados curvos, com propriedades especiais. Alguns biólogos comentaram que esse modelo pode ser útil nas pesquisas sobre a formação de padrões nos organismos vivos, mais do que apenas produzir desenhos elegantes.

A MATEMÁTICA das flores. *Revista Pesquisa Fapesp*, jun. 2004. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-matematica-das-flores/>. Acesso em: 2 jan. 2022.

Resumindo

Uma semente germina em determinadas condições ambientais. São então formadas as estruturas da planta: a raiz (derivada da radícula do embrião), o caule (ao qual as folhas se prendem) e as folhas. A origem das diferentes partes da planta ocorre no tecido meristemático (com grande capacidade mitótica) dependendo de ação hormonal específica.

- **Raiz:** fixa a planta ao solo e dele retira água e nutrientes minerais. Origina-se da radícula, mas também pode ser chamada de adventícia, quando é formada a partir de outras estruturas da planta, como folhas ou caules.

– Partes de uma raiz:

- **Coifa:** protege a zona meristemática do atrito com o solo e da decomposição.
- **Zona meristemática:** constituída por tecido meristemático indiferenciado.
- **Zona de distensão (zona lisa):** contribui para o crescimento longitudinal da raiz.
- **Zona pilífera:** possui pelos responsáveis pela absorção de água e nutrientes minerais do solo.
- **Zona das ramificações (suberosa):** caracteriza-se pelo aumento de diâmetro e pela formação de ramificações (**raízes secundárias**).

– Tipos de raízes: recebem classificações de acordo com o hábitat nos quais se desenvolvem:

- **Aquáticas:** de plantas que se desenvolvem totalmente ou parcialmente submersas na água. Ex.: ninfeias e cabomba.
- **Aéreas:**
 - **Raiz-escora, ou suporte:** responsável por ajudar na sustentação da planta. Ex.: milho.
 - **Raiz sugadora, ou haustório:** característica de plantas parasitas (retiram seiva de uma planta hospedeira), são capazes de fixar a planta parasita à hospedeira, atingindo os vasos condutores. Há dois tipos de plantas parasitas: hemiparasitas e holoparasitas. Ex.: erva-de-passarinho e cipó-chumbo.
 - **Raiz estrangulante:** envolve o tronco de uma planta hospedeira sem sugar sua seiva. Ex.: mata-pau.
 - **Raiz respiratória:** conhecida como **pneumatóforos**, constitui ramos de raízes que crescem verticalmente para fora do solo, promovendo as trocas gasosas. Ex.: *Avicennia* sp.

- **Raiz tabular:** lateralmente achatada, como uma tábua. Ajuda na fixação e na estabilidade da árvore, aumentando sua base de apoio. Ex.: figueira.
- **Raiz grampiforme, ou aderente:** raiz adventícia que tem como função prender o vegetal em estruturas suporte. Ex.: hera e cipó.

• Subterrâneas:

- **Raiz axial:** raiz principal maior em diâmetro e comprimento do que as raízes laterais, sendo muito mais desenvolvida. Típica do grupo das eudicotiledôneas e gimnospermas. Ex.: araucária (gimnosperma) e manacá-da-serra (angiosperma). Pode ser do tipo **tuberosa**, que armazena reserva nutritiva (amido ou sacarose). Ex.: mandioca, cenoura e batata-doce.
- **Raiz fasciculada:** ramifica-se em um feixe de raízes secundárias, terciárias. Típica de monocotiledôneas. Ex.: gramíneas.

- **Caule:** estabelece a ligação entre raízes e folhas, permitindo fluxo de seiva. Fornece suporte mecânico para as folhas, possibilitando a exposição à luz, utilizada na fotossíntese. Caules podem ser divididos em dois grandes grupos: aéreos (eretos ou rastejantes) e subterrâneos.

– Caules aéreos rastejantes: não possuem tecidos de sustentação com rigidez. Ex.: melancia, abóbora e morango.

– Caules aéreos eretos:

- **Haste:** caule delgado e clorofilado, como o da planta do arroz, do feijão e do trigo.
- **Tronco:** caule típico de árvores, tem casca revestida de cortiça.
- **Colmo:** tem formato cilíndrico e anéis conhecidos como nós. De cada nó podem brotar folhas. Ex.: milho e cana-de-açúcar.
- **Estipe:** tem o formato cilíndrico e nós em forma de anéis. Ramos, folhas e flores são formados apenas na extremidade. Ex.: coqueiro e palmeiras.
- **Cladódio:** típico dos cactos, com grande quantidade de água armazenada e folhas modificadas em espinhos.

– Caules subterrâneos:

- **Rizoma:** paralelo à superfície; dele saem raízes adventícias e folhas. Ex.: samambaia e bananeira.

- **Tubérculo:** compacto e rico em reservas. Apresentam gemas em sua superfície e delas podem brotar novas plantas. Ex.: batata-inglesa e inhame.
- **Bulbo:** é formado por um caule achatado, conhecido como “prato”, ao qual ficam ligadas raízes e folhas ricas em reservas (**catáfilos**). Ex.: cebola e alho.
- **Folhas:** têm como principal função realizar fotossíntese, efetuando intensas trocas gasosas com o ambiente.
 - **Partes de uma folha:**
 - **Eudicotiledôneas:** possuem limbo (com **nervuras em rede** ou **reticulínervas**) e pecíolo (ligado ao caule).
 - **Monocotiledôneas:** possuem limbo (com **nervuras paralelas** ou **paralelinérvas**) e uma bainha (que envolve o caule).

– **Tipos de folhas:**

- **Acículas:** folhas com formato de agulha, com grande superfície exposta ao ar. Ex.: pinheiro.
- **Espinhos:** modificações das folhas, típica dos cactos, ou modificações dos ramos, no caso do limoeiro.
- **Sépalas e pétalas:** folhas modificadas para a formação de flores.
- **Brácteas:** folhas modificadas que podem ser coloridas, situadas na base das flores. Ex.: copo-de-leite.
- **Cotilédones:** folhas embrionárias que protegem o embrião e o nutrem com suas reservas nutritivas.
- **Gavinhas:** folhas modificadas (como nas ervilhas) ou ramos caulinares (como no chuchu). São estruturas que se enrolam em um suporte.

Quer saber mais?



Sites

<https://cienciahoje.org.br/plantas-ameacadas-pela-acao-humana/>

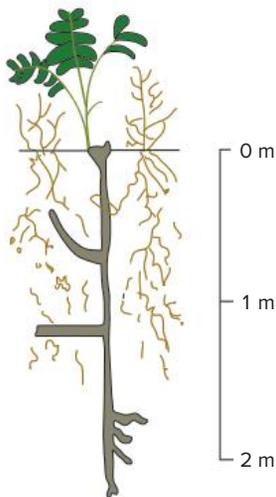
Estudo desenvolvido na Inglaterra aponta o ser humano como o responsável pelo risco de extinção de 20% das espécies da flora mundial.

<https://cienciahoje.org.br/coluna/cancer-em-plantas/>
Colunista mostra como surgem os tecidos tumorais em vegetais, também chamados de galhas.

(Acessos em: 2 jan. 2022)

Exercícios complementares

1. **Uerj** Barbatimão e gramínea convivem lado a lado no cerrado.



Fonte: “Biological Sciences” – Curriculum Study: Versão Verde. Vol. III. São Paulo: Edart, 1980.

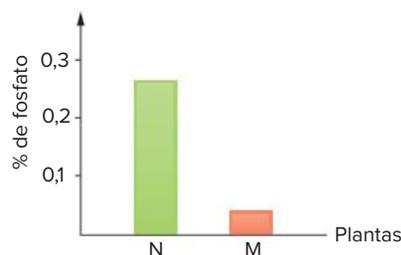
A figura anterior mostra o extraordinário desenvolvimento das raízes do barbatimão, em comparação com as raízes da gramínea. Até os 2 metros representados na figura, não aparecem sequer raízes absorventes do barbatimão, que estão em profundidade ainda maior.

- Indique a vantagem de as raízes do barbatimão atingirem vários metros de profundidade, em sua competição com as gramíneas.
- Cite duas outras características das plantas do cerrado que possibilitam sua adaptação às condições da seca.

2. **Famerp-SP 2020** Um jovem morador do litoral usou água do mar para regar cinco vasos de azaleias. Fez isso por duas semanas ininterruptamente. Depois desse período, todas as plantas estavam mortas, evidenciando um caso de seca fisiológica. Sabe-se que a azaleia é uma planta eudicotiledônea, que deve receber água todos os dias, sobretudo no verão.

- Na raiz íntegra de azaleia, quais estruturas são responsáveis pela absorção de água e de minerais? De qual tecido essas estruturas se originam?
- O que é a seca fisiológica? Explique a relação entre a prática realizada pelo jovem e esse fenômeno que levou as plantas à morte.

3. **UFF-RJ** Em estudos com *Arabidopsis thaliana*, um vegetal terrestre, foram utilizadas plantas jovens com genótipo mutante (M), que não apresentam a formação de uma estrutura presente na raiz, e plantas jovens com genótipo normal (N). As plantas foram cultivadas em solução nutritiva em condições adequadas ao crescimento, entretanto com metade da concentração de fosfato recomendada para essa espécie. Após um mês de cultivo, o teor de fosfato foi avaliado na matéria seca das plantas, fornecendo os resultados apresentados no gráfico a seguir.



EM13CNT202 e EM13CNT303

1. Leia o texto e responda à questão.

[...] As plantas adaptadas a tais ambientes estão entre as obras-primas da seleção natural, com suas “raízes aéreas” que mais parecem *snorkel* de mergulhador emergindo do manguezal, capacidade de tolerar diferentes níveis de salinidade e propágulos (frutos) otimizados para viajar pela água do mar.

[...]

LOPES, R. J. Maguebeat de Darwin, *Folha de S. Paulo*, 6 maio 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/reinaldojoselopes/2018/05/maguebeat-de-darwin.shtml>. Acesso em: 11 fev. 2022.



Fábio Colombini

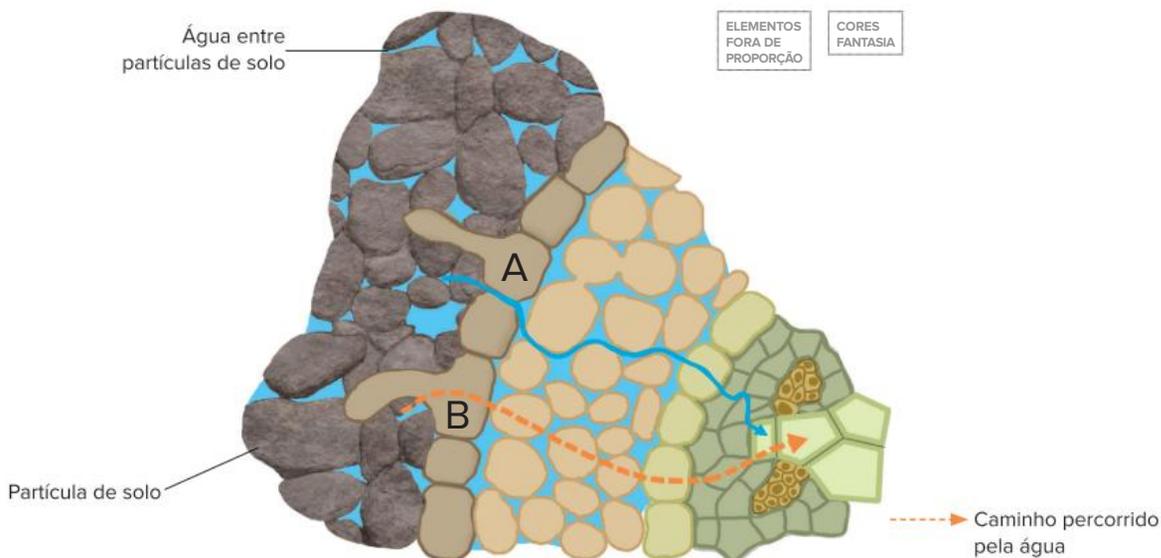
Uma das espécies arbóreas do manguezal, *Avicennia* sp.

O texto e a imagem acima referem-se a adaptações de uma espécie arbórea típica do manguezal. Nesse tipo de ambiente, recoberto periodicamente pela maré enchente, ocorre grande deposição de sedimentos finos, por isso, o solo é pouco firme e pouco oxigenado.

A que tipo de adaptação se faz referência? Explique.

EM13CNT202

2. A ilustração a seguir representa parte de um corte transversal de angiosperma.



Adaptado de: CAMPBELL, N. A.; REECE, J. B. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 773.

- É possível saber, com base apenas nos elementos apresentados na figura, em que porção da raiz foi feito o corte utilizado como referência para o ilustrador? Justifique sua resposta.
- Percebe-se que o solo representado está saturado de água, condição ambiental relativamente incomum em ambientes como os encontrados na Caatinga. Cite uma adaptação relacionada ao caule e outra adaptação relacionada à folha que podem ser encontradas em espécies típicas desse bioma. Justifique sua resposta.

EM13CNT202, EM13CNT203 e EM13CNT309

3. O etanol (biocombustível utilizado em veículos) é produzido a partir de matérias-primas como milho, cana-de-açúcar e beterraba. A substituição de combustíveis de origem fóssil por biocombustível é uma estratégia defendida por diversos grupos, como governantes, cientistas e sociedade civil, para minimizar a liberação e o acúmulo de gases que intensificam o efeito estufa.

Considerando as informações apresentadas no texto, responda.

- Que parte de cada uma das três espécies vegetais citadas é utilizada para a produção de biocombustível? Como são classificadas essas partes?
- O bagaço da cana-de-açúcar (resíduo da produção de etanol) pode ser utilizado como matéria-prima (biomassa) para a geração de energia elétrica, mas sua queima libera gases poluentes. Apesar desse efeito, o processo é incentivado por especialistas. Considerando os ciclos biogeoquímicos, explique uma razão que justifica a utilização dessa biomassa. Em sua resposta, inclua outro(s) órgão(s) vegetal(is) além do(s) citado(s) na resposta do item anterior.



Vitórias-amazônicas, plantas aquáticas típicas da região amazônica. Suas folhas medem cerca de 1,5 m de diâmetro.

FRENTE 2

CAPÍTULO

15

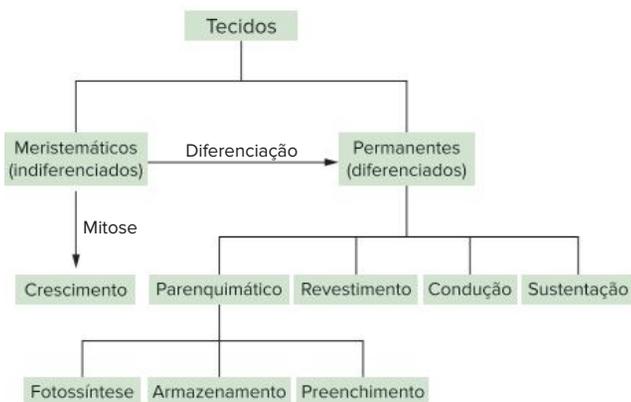
Tecidos vegetais

As plantas, assim como a maioria dos animais, têm o corpo constituído por diferentes tecidos. Os tecidos vegetais podem ser divididos em dois grandes grupos: os tecidos meristemáticos e os tecidos permanentes. As vitórias-amazônicas, por exemplo, são plantas aquáticas típicas de águas calmas, como rios de fluxo lento. Sua característica flutuante se deve ao parênquima aerífero, um tecido permanente cujas células possuem vacúolos que armazenam ar. Assim, há a diminuição da densidade relativa da planta, deixando-a mais leve e permitindo sua flutuação. Esse mesmo tecido pode ser encontrado em outras plantas aquáticas, como o aguapé.

Características dos tecidos vegetais

O corpo das plantas é organizado em tecidos, cada um constituído por células semelhantes. O estudo dos tecidos é chamado de Histologia.

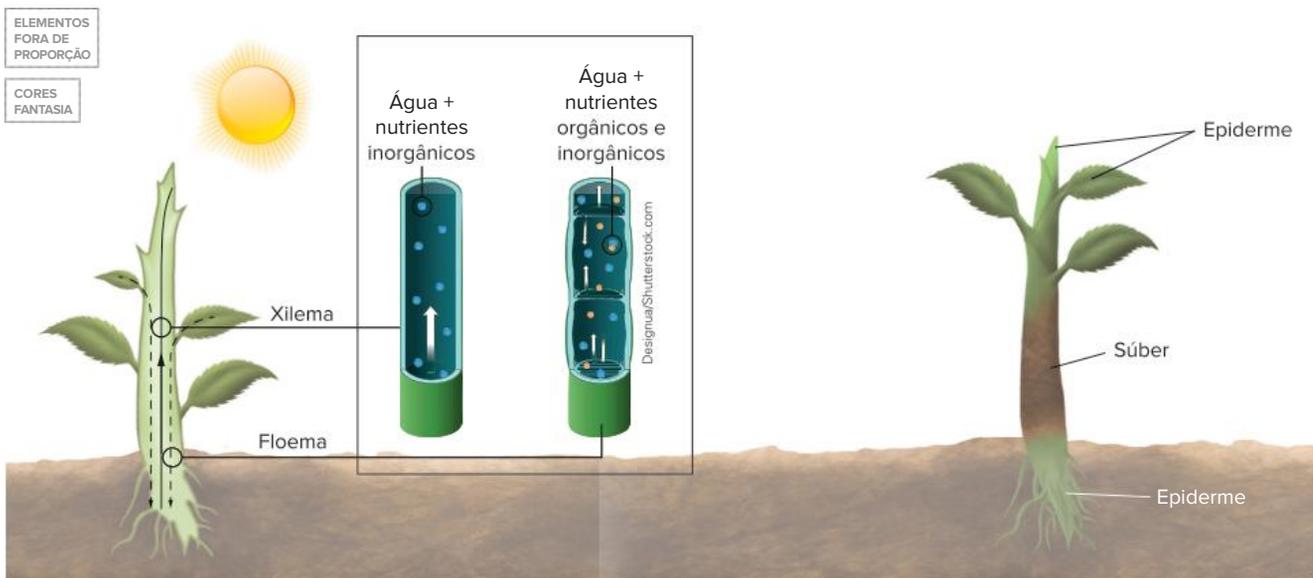
Há dois grandes grupos de tecidos vegetais: meristemáticos e permanentes. Os **tecidos meristemáticos**, ou meristemas, são formados por células indiferenciadas, com grande capacidade mitótica; são responsáveis pelo crescimento da planta e pela formação dos tecidos permanentes, por meio do processo de diferenciação celular. Os **tecidos permanentes** podem ser classificados, de acordo com as funções que exercem, em quatro modalidades: revestimento, condução (vasos condutores), sustentação e parênquimas. Os parênquimas exercem diferentes papéis, como realização de fotossíntese, armazenamento (água, amido) ou preenchimento, ocupando espaços entre os demais tecidos.



Principais tipos de tecidos vegetais.

Tipos de tecidos permanentes

Toda atividade da planta é executada por tecidos. Assim, é necessário ter uma visão geral dos principais tipos de tecidos e de como eles interagem na manutenção da vida de um vegetal.



No caule, o xilema tem posição interna, enquanto o floema é mais externo. A epiderme reveste folhas e partes jovens do caule e da raiz; o súber recobre partes do caule e da raiz que cresceram em espessura (diâmetro).

Tecidos de condução

São formados principalmente pelos vasos condutores de seiva: o **xilema** (lenho) e o **floema** (líber). A raiz retira água e nutrientes minerais do solo, formando no interior da planta uma solução chamada de seiva inorgânica (ou bruta), que é conduzida até as folhas pelo xilema. As folhas, então, realizam fotossíntese, produzindo açúcares e outros compostos orgânicos; forma-se nas folhas a seiva orgânica (ou elaborada), solução constituída principalmente por água e açúcares e transportada pelo floema até a raiz e outras partes da planta. No caule, o xilema é posicionado mais internamente que o floema.

Tecidos de sustentação

O xilema é um tecido que, além de conduzir seiva inorgânica, também contribui para a sustentação da planta. A madeira do interior do tronco de uma árvore é constituída, em grande parte, por xilema.

As plantas possuem outros dois tecidos de sustentação: **colênquima** e **esclerênquima**. O colênquima, mais flexível e formado por células vivas, é abundante no pecíolo das folhas e em caules maleáveis, como os da abóboreira. O esclerênquima, formado por células mortas e recobertas por substâncias como a lignina (que as deixam endurecidas), é mais rígido, sendo encontrado junto aos vasos condutores do caule e das folhas (nas nervuras) e compondo o caroço de frutos.

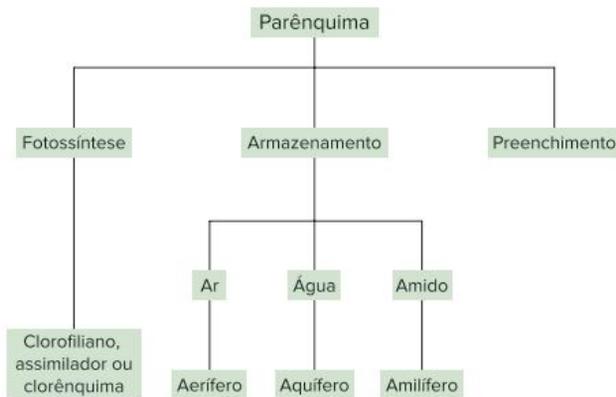
Tecidos de revestimento

Envolvem a planta, contribuindo para a proteção de estruturas e para a realização de trocas gasosas. Há dois tipos de tecidos de revestimento: **epiderme** e **súber**, este também denominado cortiça. A epiderme é bastante delgada e recobre folhas, frutos e partes jovens de caules e raízes. O súber, de aspecto mais rugoso, recobre partes do caule e da raiz que apresentam crescimento em espessura.

Parênquimas

São tecidos que preenchem espaços existentes entre os demais tecidos. O parênquima que realiza fotossíntese é denominado **parênquima clorofiliano**, clorênquima ou parênquima assimilador; é encontrado no interior de folhas e de caules jovens.

Alguns parênquimas são responsáveis pelo armazenamento de ar (**parênquima aerífero**), de água (**parênquima aquífero**) ou de amido (**parênquima amilífero**). O parênquima aerífero é comum em plantas flutuantes, como a vitória-amazônica e o aguapé. O cacto possui parênquima aquífero, que armazena água, permitindo ao vegetal sobreviver em ambientes secos. Já a mandioca e a batata têm parênquima amilífero, utilizado como reserva energética.

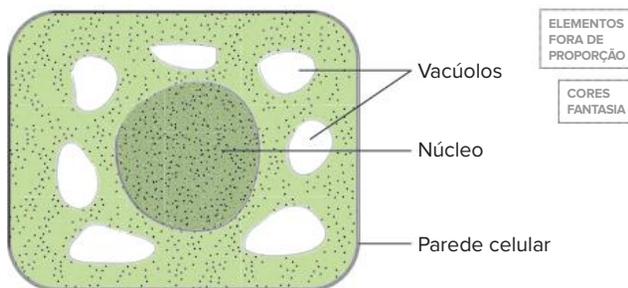


Tipos principais de parênquima.

Há também tecidos responsáveis pela secreção de substâncias como o néctar das flores e o látex. Pinheiros têm tecidos que secretam uma resina que protege a planta contra insetos e contra a decomposição.

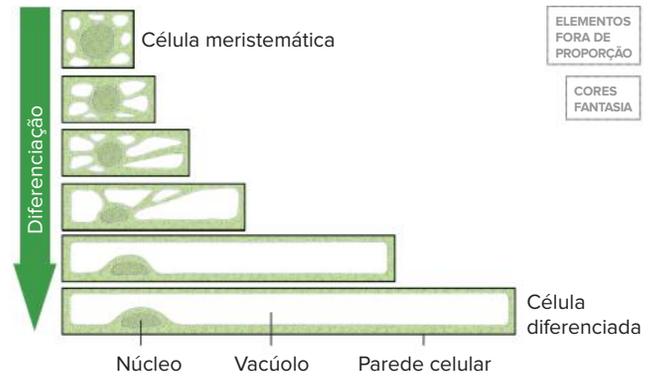
Meristemas

Células meristemáticas são pequenas quando comparadas a células de tecidos mais especializados. Apresentam parede celular delgada, núcleo em posição central e citoplasma com numerosos vacúolos.



Representação da organização de célula meristemática. É possível reconhecer sua parede celular delgada (envolvendo externamente a membrana plasmática) e o núcleo em posição central.

Uma célula meristemática pode crescer sob estímulo hormonal. Seus vacúolos fundem-se em um único vacúolo, que passa a ocupar uma posição central, provocando o deslocamento do núcleo para a periferia da célula. Ocorre também a deposição de materiais na face interna da parede celular, que se torna mais espessa.



Representação do processo inicial de diferenciação de células vegetais: formação de um vacúolo central, deslocamento do núcleo para a periferia e espessamento da parede celular.

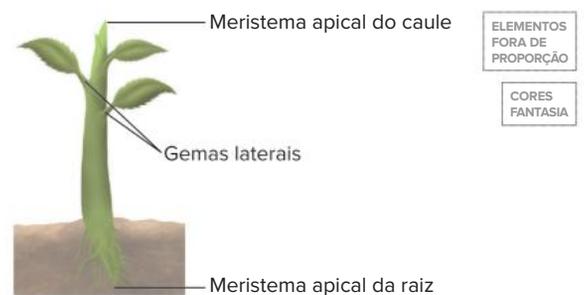
Esse tipo de célula já tem certo grau de diferenciação, que pode se acentuar, originando células com funções definidas, como realização de fotossíntese, armazenamento de amido, sustentação, condução de seiva etc. Esse processo é denominado **diferenciação celular**.

Há casos em que uma célula diferenciada divide-se em várias células-filhas de menor tamanho e com aspecto muito próximo ao das células meristemáticas. Esse processo é denominado **desdiferenciação**, e as células resultantes são componentes dos chamados **meristemas secundários**.



Muitos meristemas secundários são provenientes da desdiferenciação que ocorre em parênquimas.

As células que são indiferenciadas desde o estágio embrionário, provenientes de mitoses sucessivas, formam os chamados **meristemas primários**. Esses meristemas são encontrados, por exemplo, nas gemas laterais e nas extremidades do caule e da raiz (que é protegida pela coifa). Meristemas primários são responsáveis pelo crescimento longitudinal das estruturas onde se encontram, como o ápice do caule, o ápice de raiz e os ramos (provenientes do desenvolvimento de gemas laterais).

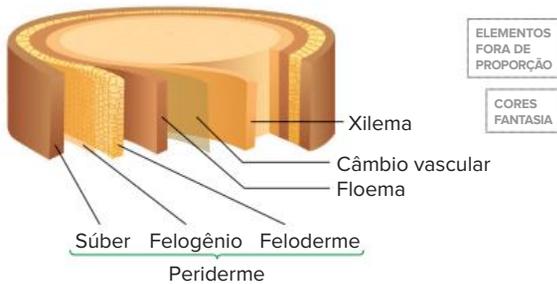


Representação da localização de alguns meristemas primários: na extremidade das raízes e do caule e nas gemas laterais.

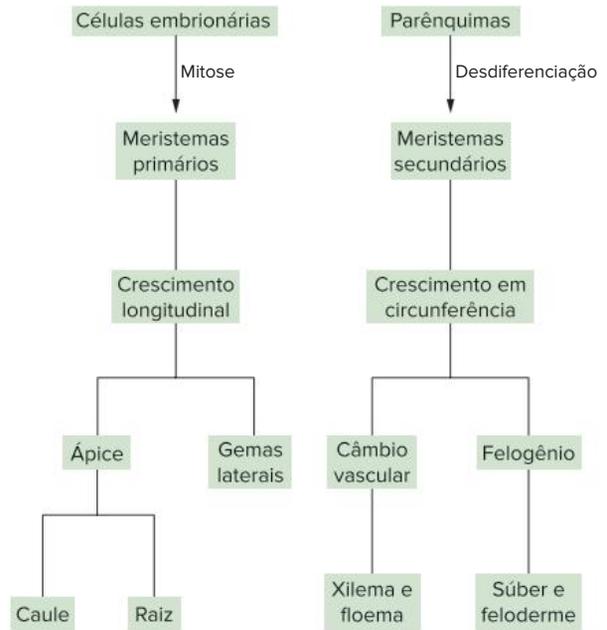
Já os meristemas secundários promovem crescimento em espessura (diâmetro). Dois exemplos de meristemas secundários são: o **câmbio vascular** e o **felôgênio**, também conhecido como câmbio de casca.

O câmbio vascular e o felogênio têm formato cilíndrico e estão localizados em caules e raízes em processo de crescimento secundário (em espessura). O felogênio é mais externo em relação ao câmbio. Este possui células que se diferenciam em vasos condutores, formando o xilema (componente da madeira) para dentro e o floema para fora.

Com a formação de maior quantidade de vasos condutores, o tronco aumenta sua espessura e acaba rompendo seu revestimento. O felogênio é responsável pela formação de um novo revestimento, o **súber** (para fora) e o **feloderme** (para dentro); este último é considerado um tipo de parênquima. O conjunto constituído por súber, felogênio e feloderme é denominado **periderme**.



Representação de corte de tronco (caule com crescimento em espessura) com a localização de dois meristemas secundários: o câmbio e o felogênio.



Origem e localização dos dois tipos de meristema.

Nos próximos capítulos, será feita uma análise mais detalhada dos tecidos, de modo integrado com a fisiologia vegetal.

Revisando

1. Qual é o nome dado ao estudo dos tecidos?

2. Existem dois grandes grupos de tecidos vegetais: os meristemáticos e os permanentes. Sobre os tecidos meristemáticos, responda:

a) como são formados?

b) quais são suas funções?

3. Como são classificados os tecidos permanentes?

4. O que é xilema?

5. Existem dois tipos de tecidos de revestimento. Que tecidos são esses? E quais são suas características?

6. O que são parênquimas?

7. Como é denominado o parênquima responsável pela realização da fotossíntese e onde é encontrado?

8. Leia o texto a seguir para fazer a correlação correta entre a coluna da direita e a coluna da esquerda.

“Alguns parênquimas são responsáveis pelo armazenamento de ar, água ou amido. São chamados, respectivamente, de parênquimas aeríferos, aquíferos e amilíferos.”

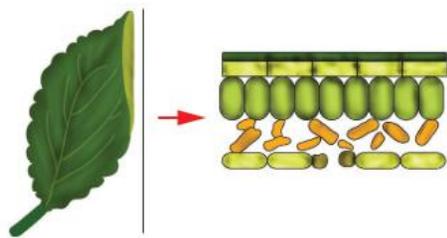
Faça a relação:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Cacto | ■ Parênquima aquífero |
| 2. Mandioca | ■ Parênquima aerífero |
| 3. Vitória-amazônica | ■ Parênquima amilífero |

Exercícios propostos

- Uece 2019** São tipos de tecidos vegetais:
 - parênquima, xilema e conjuntivo.
 - colênquima, esclerênquima e muscular.
 - xilema, floema e conjuntivo.
 - parênquima, colênquima e esclerênquima.
- UFV-MG** Em relação aos tecidos vegetais:
 - qual a função dos meristemas primários e onde se localizam?
 - qual a função dos meristemas secundários?
 - escreva uma característica do esclerênquima que o diferencia do colênquima.
 - dê o nome do tecido localizado nas folhas e nos caules jovens, caracterizado por células ricamente clorofiladas com função fotossintética.
- FMC-RJ 2020** O sistema vascular das plantas é formado por células cujas origens são os meristemas primários e secundários. Eles são vasos condutores de seivas que podem levar substâncias do sistema radicular para as folhas ou das folhas para as diferentes partes da planta.
Identifique as respectivas seivas dos vasos condutores:
 - xilema: transporta a seiva elaborada nas folhas para as demais partes da planta, sendo essa formada, essencialmente, por sais minerais e substâncias orgânicas; floema: transporta substâncias orgânicas, água e sais minerais da raiz para outras partes da planta
 - xilema: transporta substâncias orgânicas, água e sais minerais da raiz para outras partes da planta; floema: transporta, essencialmente, sais minerais e água das folhas para o sistema radicular
 - xilema: transporta, essencialmente, sais minerais, água e glicose da raiz para as folhas; floema: transporta a seiva elaborada, especificamente, para as flores
 - xilema: transporta a seiva bruta do sistema radicular para as folhas, sendo esta formada, essencialmente, por água e sais minerais; floema: transporta água, sais minerais e substâncias orgânicas das folhas para outras partes da planta
 - xilema: transporta a seiva elaborada; floema: transporta a seiva bruta. Ambas as seivas são formadas por sais minerais, água e substâncias orgânicas
- UFMS 2020** Qual o nome do tecido em plantas vasculares que transporta os compostos orgânicos solúveis produzidos durante a fotossíntese?
 - Esclerênquima.
 - Xilema.
 - Colênquima.
 - Floema.
 - Parênquima.
- O caule dos vegetais possui várias funções, dentre as quais a condução de água e nutrientes minerais (seiva

inorgânica) até as folhas, onde será realizado o processo de fotossíntese. A respeito do caule, responda:

- Qual é o vaso condutor responsável pela condução da seiva inorgânica?
 - Após a realização do processo de fotossíntese, será produzida matéria orgânica (seiva elaborada), que é conduzida por outro tipo de vaso condutor. Como é denominado esse vaso?
- Unisinos-RS 2017** As plantas vasculares diferenciam-se das avasculares por possuírem tecidos especializados no transporte de água e seiva elaborada. Esses tecidos são chamados, respectivamente, de
 - parênquima e colênquima
 - floema e xilema
 - esclerênquima e floema
 - colênquima e esclerênquima
 - xilema e floema
 - PUC-Minas** O súber é:
 - um tecido de condução encontrado em vegetais superiores com crescimento primário e secundário.
 - um tecido com função de proteção encontrado em vegetais superiores apenas com crescimento secundário.
 - uma estrutura utilizada para armazenamento de amido primário, resultante da atividade da periderme.
 - um pigmento que é responsável pela coloração das flores.
 - um tecido de revestimento que permite o aumento ou decréscimo na transpiração da planta.
 - PUC-Minas** O desenho representa o corte de uma folha indicando tecidos e/ou estruturas foliares.

Assinale a função que não ocorre em nenhuma das estruturas representadas:

 - Transpiração.
 - Transporte de seivas.
 - Fotossíntese.
 - Troca gasosa.
 - PUC-RS** Nas angiospermas, quais são os tecidos responsáveis pelo crescimento?
 - Colênquima e esclerênquima.
 - Colênquima e parênquima.
 - Esclerênquima e meristema.
 - Meristemas primário e secundário.
 - Tecidos lenhosos e liberianos.

- 10. Unisc-RS 2017** Analisando-se a organização anatômica do corpo vegetal, é possível afirmar que a epiderme, o esclerênquima e o xilema são considerados, respectivamente, como tecidos de
- a) sustentação, preenchimento e condução. d) condução, revestimento e sustentação.
 b) revestimento, sustentação e condução. e) preenchimento, condução e sustentação.
 c) sustentação, condução e revestimento.

- 11. UFSC** Pouca vantagem representaria, para animais e plantas, serem multicelulares, se todas as células fossem iguais. [...] Os órgãos das plantas, [...] são formados por tecidos.

Oswaldo Frota-Pessoa. *Os caminhos da vida I. Estrutura e ação*. São Paulo: Scipione. 2001. p. 157.

Com relação a esse assunto, é correto afirmar que:

- 01** as raízes, a epiderme e os estômatos são exemplos de órgãos das plantas.
02 na epiderme, existem células meristemáticas com função de aeração da planta.
04 o xilema e o floema compõem o sistema de tecidos vasculares das plantas.
08 os diversos tipos de parênquimas exercem funções de respiração, fotossíntese e aeração, entre outras.
16 os frutos, outro tipo de órgão nas plantas, são formados basicamente de células meristemáticas.
32 o colênquima e o esclerênquima são tecidos de condução, compostos de parênquimas vivos.
64 pelo xilema, circula a seiva bruta, rica em água e sais minerais.

Soma:



Texto para a questão **12**.

As florestas são os ecossistemas mais complexos do ambiente terrestre. O aumento das áreas naturais impactadas, as altas taxas de desmatamento e os problemas ambientais justificam o esforço mundial para o plantio de grandes áreas com espécies arbóreas.

- 12. PUC-Campinas** Alguns animais da mata Atlântica aprenderam a alimentar-se de cascas de pinheiros plantados em Santa Catarina, tendo se tornado um problema para esse cultivo. O tecido que é fonte de alimento para esses animais é:
- a) parênquima clorofiliano. d) colênquima.
 b) floema. e) esclerênquima.
 c) xilema.



Texto para a questão **13**.

Energia

A quase totalidade da energia utilizada na Terra tem sua origem nas radiações que recebemos do Sol. Uma parte é aproveitada diretamente dessas radiações (iluminação, aquecedores e baterias solares etc.) e outra parte, bem mais ampla, é transformada e armazenada sob diversas formas antes de ser usada (carvão, petróleo, energia eólica, hidráulica etc.).

A energia – incluindo a luz visível e as radiações ultravioleta e infravermelha – é um dos componentes abióticos dos ecossistemas e juntamente com a atmosfera e o solo deve ser considerada no estudo dos diversos níveis de organização dos ecossistemas, desde moléculas orgânicas, células, tecidos, organismos, populações e comunidades.

Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 1997. p. 433. v. 2. (Adapt.)

- 13. PUC-Campinas** As árvores possuem vários tipos de tecidos.

Tecido	Função	Localização na planta
esclerênquima	sustentação	I
epiderme	revestimento e impermeabilização	partes jovens da planta e nas folhas
colênquima	II	toda a planta
III	condução de seiva bruta	das raízes até as folhas
meristema primário	IV	ápices de caules e raízes

Para completar corretamente a tabela acima, deve-se substituir I, II, III e IV, respectivamente, por:

- a) folhas e raízes, reserva energética, floema, multiplicação celular e crescimento.
 b) associado ao sistema condutor, sustentação, xilema, multiplicação celular e crescimento.
 c) caule, condução de seiva elaborada, parênquima, preenchimento de espaços internos.
 d) tronco, proteção e condução de seiva elaborada, meristema, reprodução assexuada.
 e) interior dos feixes liberianos, fotossíntese, lenho, reprodução.

Plantas crescem menos com aquecimento global

O aquecimento global não tem feito as plantas crescerem mais, como se estimava, mas sim menos. Segundo um estudo publicado na revista *Science*, a produtividade dos vegetais tem decaído em todo o mundo.

Até então, achava-se que as temperaturas constantemente mais elevadas estariam estimulando o crescimento das plantas, mas a nova pesquisa, feita com dados de satélites da Nasa, a agência espacial norte-americana, aponta o contrário.

O motivo são as secas regionais, indica o estudo feito por Maosheng Zhao e Steven Running, da Universidade de Montana, segundo o qual a tendência na produtividade já dura uma década.

A produtividade é uma medida da taxa do processo de fotossíntese que as plantas verdes usam para converter energia solar, dióxido de carbono e água em açúcar, oxigênio e no próprio tecido vegetal.

O declínio observado na última década foi de 1%. Parece pouco, mas, de acordo com os autores da pesquisa, é um sinal alarmante devido ao impacto potencial na produção de alimentos e de biocombustíveis e no ciclo global do carbono.

“Os resultados do estudo são, além de surpreendentes, significativos no nível político, uma vez que interpretações anteriores indicaram que o aquecimento global estaria ajudando no crescimento das plantas mundialmente”, disse Running.

Em 2003, outro artigo publicado na *Science*, de Ramakrishna Nemani, do Centro de Pesquisa Ames, da Nasa, e colegas, havia apontado um aumento de 6% na produtividade global de plantas terrestres entre 1982 e 1999.

O aumento foi justificado por condições favoráveis na temperatura, radiação solar e disponibilidade de água, influenciados pelo aquecimento global, que seriam favoráveis ao crescimento vegetal.

Zhao e Running decidiram fazer novo estudo, a partir de dados da última década reunidos pelo satélite Terra, lançado em 1999. Os cientistas esperavam pela continuidade da tendência anterior, mas verificaram que o impacto negativo das secas regionais superou a influência positiva de uma estação de crescimento mais longa, o que levou ao declínio na produtividade.

Segundo o estudo, embora as temperaturas mais elevadas continuem a aumentar a produtividade em algumas áreas e latitudes mais altas, nas florestas tropicais, responsáveis por grande parte da matéria vegetal terrestre, a elevação nas temperaturas tem diminuído a produtividade, devido ao estresse hídrico e à respiração vegetal, que retorna carbono à atmosfera.

[...]

PLANTAS crescem menos com aquecimento global. *Agência Fapesp*, 23 ago. 2010.

Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/plantas-crescem-menos-com-aquecimento-global/12666/>. Acesso em: 30 dez. 2021.

Resumindo

O corpo das plantas é organizado em tecidos (constituídos por células semelhantes). Há dois grupos de tecidos vegetais: meristemáticos (formados por células indiferenciadas) e permanentes (podem ser classificados de acordo com as funções que exercem).

- **Tecidos meristemáticos:** responsáveis pelo crescimento da planta e pela formação dos tecidos permanentes. Os meristemas podem crescer sob estimulação hormonal e mudar sua função em um processo denominado diferenciação celular.
 - **Meristemas primários:** constituídos por células indiferenciadas desde o estágio embrionário; promovem crescimento longitudinal e são localizados nas gemas da planta.
 - **Meristemas secundários:** constituídos por células formadas pela desdiferenciação de parênquimas; promovem crescimento em espessura. Ex.: **câmbio vascular** (mais interno) e **felogênio** (câmbio de casca, mais externo). Este é responsável pela formação de um novo revestimento, o súber (para fora) e o feloderme (para dentro).

- **Tecidos permanentes:** podem ser classificados de acordo com as funções que exercem.
 - **Tecidos de condução:** formados principalmente pelos vasos condutores de seiva: **xilema**, que conduz seiva inorgânica ou bruta (água e nutrientes minerais do solo) até as folhas e **floema**, que conduz seiva orgânica ou elaborada (solução de água e carboidratos produzidos na fotossíntese) até a raiz e outras partes da planta.
 - **Tecidos de sustentação:** fornecem sustentação à planta. São o **xilema**, o **colênquima** e o **esclerênquima**.
 - **Tecidos de revestimento:** envolvem a planta e têm função de proteção e realização de trocas gasosas. Há dois tipos: **epiderme** e **súber** (cortiça).
 - **Parênquimas:** preenchem espaços existentes entre os demais tecidos. São observados vários tipos, dentre eles: **parênquima clorofiliano** (realiza fotossíntese), **parênquima aerífero** (armazena ar), **parênquima aquífero** (armazena água em seu interior) e **parênquima amilífero** (armazena amido).

Quer saber mais?



Sites

<https://cienciahoje.org.br/fotossintese-sintetica/>
(Acesso em: 30 dez. 2021)

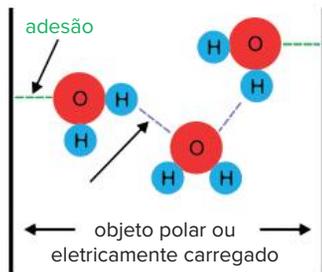
Reportagem sobre dispositivo desenvolvido por químico estadunidense que produz energia a partir de luz solar e água.

<https://cienciahoje.org.br/madeira-que-cupim-nao-roi/>
(Acesso em 30 dez. 2021)

Reportagem sobre estudo desenvolvido na UFPE, que busca desvendar os mecanismos que conferem resistência à amoreira-do-sertão contra o ataque de cupins.

Exercícios complementares

1. **Unesp 2017** A figura mostra duas propriedades da molécula de água, fundamentadas na polaridade da molécula e na ocorrência de pontes de hidrogênio.



Essas duas propriedades da molécula de água são essenciais para o fluxo de

- seiva bruta no interior dos vasos xilemáticos em plantas.
- sangue nos vasos do sistema circulatório fechado em animais.
- água no interior do intestino delgado de animais.
- urina no interior da uretra durante a micção dos animais.
- seiva elaborada no interior dos vasos floemáticos em plantas.

2. **UFRGS 2020** No bloco superior abaixo, estão listadas características de tecidos vegetais; no inferior, estão listados tecidos vegetais. Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

- Tecido com função de assimilação, formado por células clorofiladas.
 - Responsável por transportar a seiva bruta.
 - Tecido de sustentação das plantas, formado por células mortas.
 - Responsável por transportar a seiva elaborada.
- | | |
|-----------------|--|
| ■ esclerênquima | |
| ■ clorênquima | |
| ■ xilema | |

A sequência correta de cima para baixo, é

- | | |
|---------------|---------------|
| a) 1 – 3 – 2. | d) 1 – 3 – 4. |
| b) 3 – 1 – 4. | e) 3 – 1 – 2. |
| c) 3 – 2 – 4. | |
3. **PUC-SP** Um casal de namorados, com auxílio de um canivete, faz a inscrição de seus nomes ao redor do tronco de uma árvore. Passados seis meses, o casal se separa. O rapaz vai até a árvore e retira um anel da casca, circundando o tronco na região que continha a inscrição. Após algum tempo, o casal se reconcilia e volta à árvore para refazer a prova de amor, mas, para sua surpresa, encontram-na morta, porque o anel de casca que foi retirado continha:
- além da periderme, o floema.
 - além da periderme, o xilema.
 - apenas o floema.
 - apenas o xilema.
 - o xilema e o floema.

4. **UPE 2015** A cortiça é um tecido vegetal impermeável e flexível ao mesmo tempo, com estrutura que pode ser comprimida até a metade do seu volume, sem perder sua elasticidade. É amplamente utilizada para a produção de rolhas na vedação do vinho engarrafado. A cortiça só pode ser retirada de árvores com idade entre 25 e 30 anos e, após essa primeira extração, apenas a cada 9 anos, será possível sua retirada novamente. O principal país produtor da cortiça é Portugal, pois a árvore, que a origina, é muito comum no sul do país, principalmente na região de Alentejo.



Qual tecido da planta fornece matéria-prima para produzir rolhas de cortiça?

- Lenho
 - Esclerênquima paliçádico
 - Colênquima
 - Feloderme
 - Súber
5. **Enem PPL 2020** Um anatomista vegetal, examinando os tecidos de uma espécie de angiosperma, evidenciou a presença de:
- epiderme com cutícula fina;
 - aerênquima bem desenvolvido;
 - feixes vasculares pouco desenvolvidos;
 - estômatos na face superior das folhas.
- Em que local pode ser encontrado esse vegetal?
- Em uma restinga, ambiente com solo arenoso e alta luminosidade.
 - Em um ambiente aquático, onde há grande disponibilidade hídrica.
 - No cerrado, ambiente com solo pobre em nutrientes e sujeito a queimadas.
 - Em uma floresta, ambiente com boa disponibilidade hídrica e rica diversidade.
 - Em um afloramento rochoso, ambiente com pouco solo e muita luminosidade.
6. **UEPG-PR 2015** As células que compõem o corpo das plantas vasculares são bem diferenciadas entre si. Células semelhantes reúnem-se formando tecidos, especializados na realização de funções específicas.

Os tecidos organizam-se em três sistemas fundamentais: dérmico, vascular e de preenchimento. Com relação à estrutura, organização e função desses tecidos, assinale o que for correto.

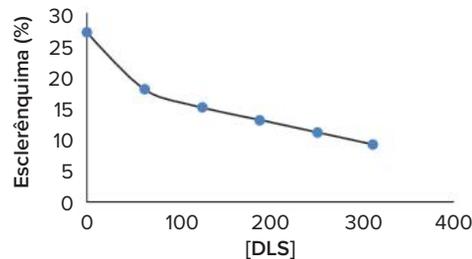
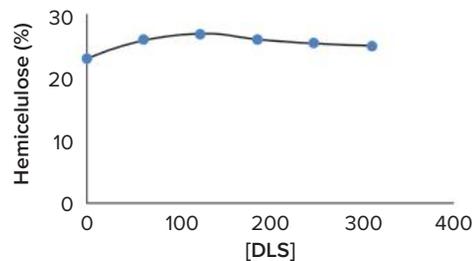
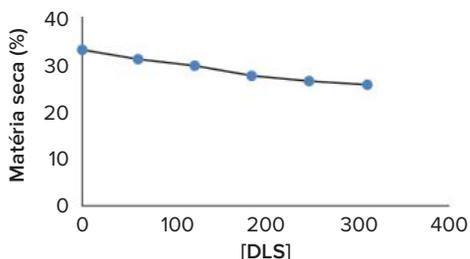
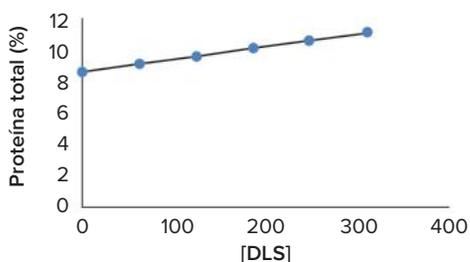
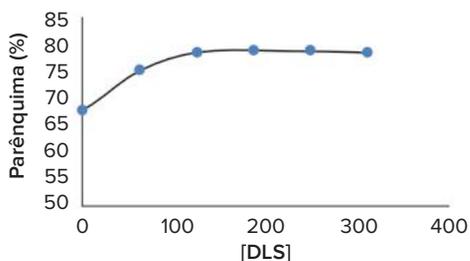
- 01 O parênquima amilífero é organizado por um conjunto de células especializadas na flutuação de plantas aquáticas.
- 02 O sistema vascular compõe-se dos tecidos condutores – xilema e floema – e sua função primária é distribuir substâncias pelo corpo.
- 04 O sistema de preenchimento é formado pelos tecidos que ocupam os espaços internos da planta e que são chamados genericamente de parênquimas.
- 08 O sistema dérmico forma a camada mais externa do corpo das plantas vasculares, recobrando as raízes, o caule e as folhas.

Soma:

7. **UFRRJ** Muitas fibras do esclerênquima são usadas industrialmente como matéria-prima para a fabricação do cânhamo, da juta e do linho.

- a) Cite duas características do esclerênquima.
- b) Identifique a principal função desse tecido vegetal.

8. **UFPR 2020** A grama-missioneira-gigante (um híbrido de *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*) é utilizada para alimentação animal em pastagens da região Sul do Brasil. Para estudar formas de melhorar sua digestibilidade, foi aplicado dejetos líquidos suíno (DLS), em diferentes concentrações, sobre áreas com a grama, por dois anos. Os demais parâmetros do experimento foram controlados. Os resultados observados estão apresentados nas figuras abaixo:



O componente que teve relevância para o aumento da digestibilidade em função do aumento da concentração de DLS foi:

- a) o parênquima.
- b) a matéria seca.
- c) a hemicelulose.
- d) a proteína total.
- e) o esclerênquima.

9. **Unioeste-PR 2017** Durante uma aula de Botânica, a fim de destacar a importância de vários produtos de origem vegetal, um professor de Biologia ressaltou que:

- do caule tuberoso da batata retiram-se vários produtos importantes para a alimentação, ricos principalmente em AMIDO;
- dos caules de árvores como mogno, cedro, peroba, jacarandá, pinho, imbuia, ipê etc., retira-se uma grande variedade de MADEIRAS;
- do caule do sobreiro é extraída a grossa camada externa, conhecida como CORTIÇA;
- do caule da coroa-de-Cristo pode ser extraído o LÁTEX, o qual apresenta potencial efeito moluscicida.

Os produtos acima mencionados pelo professor e destacados no texto – AMIDO, MADEIRAS, CORTIÇA e LÁTEX – estão associados a diferentes tipos de tecidos vegetais, respectivamente:

- a) tecido suberoso; vasos lenhosos; tecido secretor; parênquima de reserva.
- b) tecido de sustentação; parênquima de reserva; vasos lenhosos; tecido suberoso.
- c) tecido secretor; parênquima de reserva; vasos lenhosos; tecido suberoso.
- d) parênquima de reserva; tecido suberoso; vasos lenhosos; tecido secretor.
- e) parênquima de reserva; vasos lenhosos; tecido suberoso; tecido secretor.

10. **UFRRJ** Em pesquisas desenvolvidas com eucaliptos, constatou-se que, a partir das gemas de um único ramo, pode-se gerar cerca de 20.000 novas plantas, em aproximadamente duzentos dias; enquanto os

métodos tradicionais permitem a obtenção de apenas cerca de cem mudas a partir de um mesmo ramo. A cultura de tecido é feita a partir:

- de células meristemáticas.
- de células da epiderme.
- de células do súber.
- de células do esclerênquima.
- de células do lenho.

11. UFRGS Entre os tecidos vegetais, a madeira desempenhou um papel decisivo na história da humanidade. Sob o ponto de vista anatômico, a madeira corresponde ao:

- xilema secundário.
- floema primário.
- súber.
- córtex.
- câmbio vascular.

12. UFRGS Associe as denominações listadas na coluna A às alternativas da coluna B que as explicam melhor.

Coluna A

- Floema.
- Parênquima
- Esclerênquima.
- Xilema.
- Meristema.

Coluna B

- Tecido embrionário.
- Tecido de sustentação.
- Tecido de condução.
- Tecido de síntese e armazenamento.

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

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

BNCC em foco

EM13CNT202

- A ilustração representa um corte transversal do caule da aristolóquia, uma angiosperma ornamental, e mostra a disposição dos feixes liberolenhosos.
 - A que grande grupo de angiospermas essa planta pertence? Justifique com base na ilustração.
 - Explique a constituição e as funções dessas estruturas nas plantas.



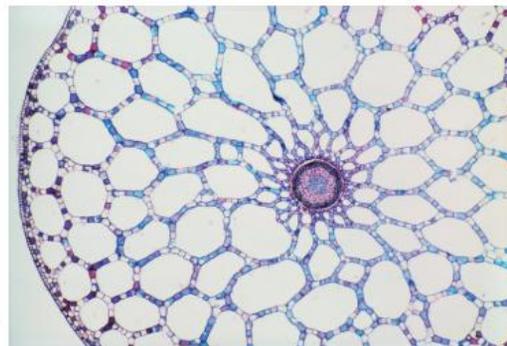
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO
CORES FANTASIA

Adaptado de: Rawitscher, F. *Elementos básicos de botânica*. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1979.

EM13CNT202

- Os pulgões da espécie *Aphis gossypii* são uma das mais importantes pragas das plantações de algodão (*Gossypium* spp.). Esses insetos, de coloração entre o amarelo-claro e o verde-escuro, vivem preferencialmente sob as folhas e sobre brotos novos das plantas, sugando-lhes a seiva. Isso faz com que as folhas fiquem enrugadas, sem viço, e os brotos sofram deformações, prejudicando o desenvolvimento da planta.
 - Que tecido da planta o aparelho bucal do pulgão deve alcançar para sugar a seiva? Explique.
 - De modo geral, os pulgões preferem as folhas da parte superior da planta e os brotos, provavelmente porque, nesses locais, os tecidos mais novos e macios facilitam a tarefa de perfurar. Qual é o tecido vegetal responsável pelo crescimento da planta em altura? Explique.

- Uma histologista do Departamento de Botânica estuda representantes da flora brasileira e pretende comparar as características celulares de duas espécies distintas: uma planta terrestre e uma planta aquática. Analisando um corte de caule ao microscópio (apresentado na imagem ao lado), a pesquisadora observou algumas estruturas, identificando a maioria delas como aerênquima. Considerando as duas espécies em estudo, é provável que a fotografia pertença ao caule de qual delas? Justifique sua resposta.



Aerênquima em caule visto ao microscópio de luz (ampliação de cerca de 14 vezes).

M. I. Walker/SCIENCE SOURCE/Easyvox Brasil



Plantação de milho, uma das plantas que constituem a base da alimentação brasileira.

Kuntalveserova Stuchelova/Shutterstock.com

FRENTE 2

CAPÍTULO

16

Nutrição e secreção vegetal

Tanto o açúcar quanto o amido de milho são produtos básicos na alimentação da população brasileira obtidos a partir de plantas. Os carboidratos que compõem esses produtos são nutrientes não só para as pessoas, mas também para as plantas. No entanto, o processo de nutrição vegetal é bem diferente do processo de nutrição que ocorre no organismo dos seres humanos e dos outros animais. Neste capítulo, vamos entender melhor essas diferenças, descobrindo como a nutrição ocorre no reino das plantas.

Aspectos gerais da atividade de uma planta

O organismo de uma planta tem nítida divisão de funções entre as suas partes. As **folhas** realizam fotossíntese e produzem matéria orgânica, necessária ao fornecimento de energia para o metabolismo e para a construção das estruturas celulares. Elas são mantidas em posição elevada, recebendo luminosidade, por meio de tecidos de sustentação. As **raízes** fixam o vegetal ao solo e dele retiram água e nutrientes minerais. Elas dependem da matéria orgânica gerada nas folhas, e estas dependem das substâncias que as raízes recolhem do solo. Assim, as raízes e as folhas trocam substâncias por meio dos vasos condutores que percorrem o interior do **caule**.

Uma planta pode armazenar nutrientes, como o amido, que serão utilizados em um momento de necessidade, e apresentar estruturas de proteção contra vários agentes do ambiente que representam riscos à sua sobrevivência, como variação na disponibilidade de água e luz, predação por animais, alteração térmica etc. Para isso, a planta conta com **tecidos de revestimento** e alguns **tecidos de secreção**, que impedem o ataque de muitos animais. Por outro lado, a planta interage com animais de modo harmonioso, como é o caso da polinização; muitas plantas produzem néctar em suas flores, utilizado como alimento pelo polinizador que as visita.

Anteriormente, foram apresentados o processo de reprodução das angiospermas, os órgãos e os tecidos vegetais e como eles se organizam. A seguir, é aprofundado o estudo da nutrição vegetal, dos parênquimas e dos tecidos de secreção.

As modalidades de nutrição vegetal

Uma planta apresenta dois tipos de nutrição: **orgânica** e **inorgânica**. A nutrição orgânica está associada à fotossíntese, processo que produz matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas. A nutrição inorgânica, ou mineral, consiste em processos por meio dos quais o vegetal obtém água e nutrientes minerais do substrato onde se encontra.

Nutrição orgânica

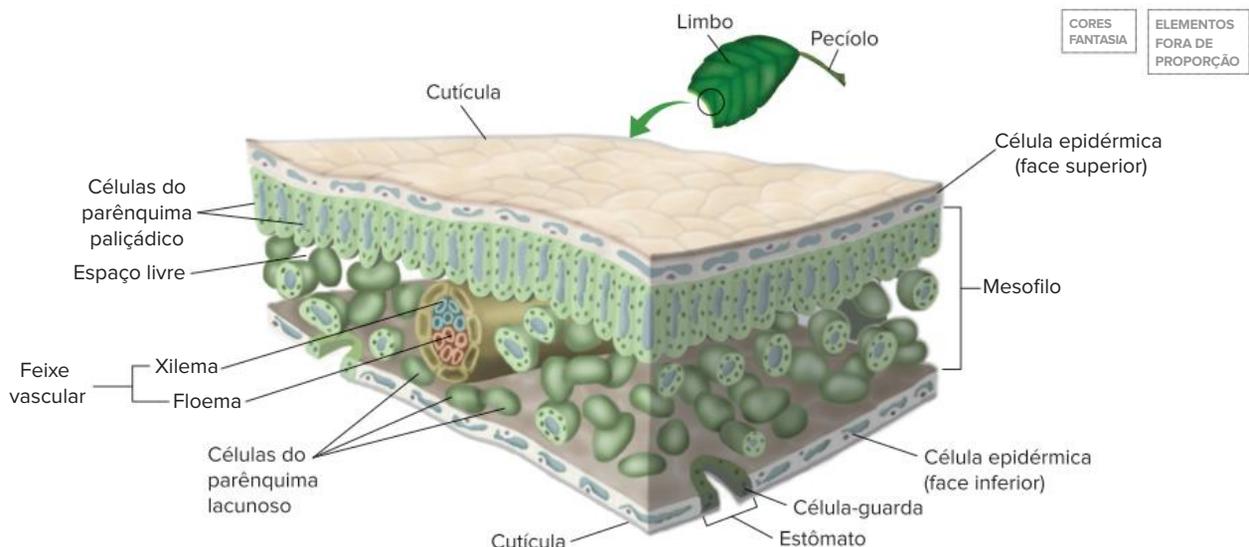
Para melhor entendimento dos processos de nutrição orgânica, serão descritas as estruturas necessárias à sua ocorrência. A fotossíntese acontece no interior de cloroplastos, organelas presentes em células do parênquima clorofiliano de folhas e caules jovens. Há duas modalidades desse tipo de tecido em uma folha: o parênquima clorofiliano paliçádico e o parênquima clorofiliano lacunoso. O parênquima paliçádico apresenta células alongadas e dispostas perpendicularmente em relação à epiderme da face superior da folha; há pouco espaço entre as células desse parênquima. Já o parênquima clorofiliano lacunoso, ou esponjoso, possui células com aspecto mais irregular, havendo grandes espaços preenchidos de ar entre elas.

Uma folha tem outros tecidos além do parênquima clorofiliano, entre eles o tecido de revestimento (**epiderme**), os tecidos de condução (**xilema** e **floema**) e os tecidos de sustentação (**colênquima** ou **esclerênquima**).

Os tecidos de condução e de sustentação estão associados, formando as nervuras da folha, que se ramificam e originam nervuras cada vez menores, permitindo que suas extremidades entrem em contato com as células parenquimáticas; dessa forma, os feixes de vasos condutores que as constituem têm como função distribuir nutrientes por todo o corpo do vegetal. Os vasos do **xilema** fornecem água e nutrientes minerais, vindos principalmente das raízes, para os parênquimas, enquanto o **floema** recolhe água, açúcar e outras substâncias orgânicas (como aminoácidos e vitaminas) e os transporta a outras partes da planta, como a raiz e o caule.

A folha é revestida por **epiderme** em sua face superior e inferior, sendo o **mesofilo** o conjunto de tecidos situados entre essas duas camadas de epiderme.

A epiderme é constituída por uma camada de células aclorofiladas que secretam a cutícula, uma película impermeável, constituída por cera ou por cutina, que recobre a folha, protegendo seu revestimento da dessecação. Na epiderme, são encontrados inúmeros **estômatos**, estruturas capazes de abrir e fechar. Os estômatos controlam as trocas gasosas efetuadas entre a folha e o ambiente; suas células



Representação dos elementos constituintes da folha. Nela ocorrem a fotossíntese e outras atividades, como trocas gasosas (efetuadas por estômatos) e transporte de substâncias (realizado pelo xilema e pelo floema).

centrais possuem cloroplastos e são denominadas **células-guarda**, ou células estomáticas. Elas podem se afastar, determinando a abertura do estômato e formando uma fenda, denominada ostíolo. Através do ostíolo são efetuadas as trocas gasosas, que incluem a perda de vapor de água (durante o processo de transpiração) e o fluxo de gases O₂ e CO₂ (durante a fotossíntese e a respiração) para dentro ou para fora do mesofilo.

O processo de fotossíntese pode ser representado, de maneira simplificada, pela seguinte equação:



A fotossíntese utiliza gás carbônico (CO₂), fornecido, em parte, pela respiração das células adjacentes e, em parte, pelo ar, que ingressa na folha através dos estômatos. A água, também necessária ao processo, é proveniente do solo, sendo transportada pelo xilema e pelas nervuras até as células clorofiladas. A água é empregada na fotossíntese e também na formação da estrutura das células (como o vacúolo e o citosol); uma parte da água fica ao redor das células estomáticas e acaba evaporando em contato com o ar. Parte do vapor pode deixar a planta pela transpiração, seja através dos estômatos, seja em menor quantidade, pela cutícula.

O gás oxigênio produzido na fotossíntese é consumido na respiração celular do próprio parênquima e de outros tecidos; o excedente de O₂ é eliminado da folha através dos estômatos.

Embora a glicose seja normalmente representada nas equações simplificadas como o carboidrato do produto final da fotossíntese, pouca glicose livre é produzida durante esse processo. A maior parte do carbono fixado na fotossíntese é convertida no dissacarídeo **sacarose** (glicose + frutose), que consiste na principal forma de transporte dos açúcares. Parte do açúcar é consumida na respiração das próprias células parenquimáticas. Há, ainda, a formação de **amido** (polissacarídeo formado por muitas moléculas de glicose) no interior do cloroplasto, constituindo uma forma de reserva alimentar na folha. No entanto, a folha não acumula grande quantidade de amido, que pode ser armazenado em raízes (como a mandioca) e em caules (como a batata).

Nutrição inorgânica (mineral)

A obtenção de **materiais inorgânicos** normalmente se dá através dos pelos absorventes da raiz. No entanto, há outras vias de captação desses materiais, como os pelos e os estômatos das folhas. Há outras modalidades de nutrição inorgânica, como a que envolve a participação de **micorrizas** e a que ocorre com as plantas carnívoras. Essas modalidades são discutidas na seção “Textos complementares” deste capítulo.

Os nutrientes minerais são divididos em **macronutrientes** e **micronutrientes**. A divisão refere-se à quantidade utilizada pela planta e não ao tamanho dos minerais: macronutrientes são utilizados em quantidade muito maior que a dos micronutrientes. Os principais macronutrientes são: **nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre**. São exemplos de micronutrientes **boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco**. Apesar da utilização em

quantidades menores, os micronutrientes não são menos importantes. O ferro, por exemplo, é indispensável para o metabolismo, pois é componente dos citocromos, proteínas que participam dos processos de fotossíntese e de respiração celular.

Podemos destacar alguns papéis que os nutrientes minerais desempenham nas plantas.

Macronutrientes	
Nitrogênio (N)	Formação de aminoácidos, clorofila e bases nitrogenadas, as quais fazem parte de moléculas importantes, como ATP, ADP, DNA e RNA.
Fósforo (P)	Integra ATP, ADP, DNA, RNA, fosfolípidos de membrana e açúcares ligados a íons fosfato, que atuam nos processos de respiração e fotossíntese.
Potássio (K)	Importante em fenômenos osmóticos da célula vegetal.
Cálcio (Ca)	Integrante da lamela média das paredes celulares.
Magnésio (Mg)	Componente da molécula de clorofila.
Enxofre (S)	É integrante de alguns aminoácidos, sendo fundamental para a produção de proteínas. Também compõe coenzimas e vitaminas.
Micronutrientes	
Boro (B)	Tem participação no alongamento celular, na síntese de ácidos nucleicos e na regulação do ciclo celular.
Cloro (Cl)	Participa da quebra da molécula de água na fotossíntese e é importante para a divisão celular em folhas e raízes.
Cobre (Cu)	Atua em processos enzimáticos.
Ferro (Fe)	Faz parte de moléculas de citocromos.
Manganês (Mn)	Participa da ativação de enzimas envolvidas na respiração celular e da reação da quebra da molécula de água na fotossíntese.
Molibdênio (Mo)	Importante no metabolismo do fósforo e do nitrogênio e na produção de aminoácidos.
Zinco (Zn)	Importante para o funcionamento de muitas enzimas e para a síntese da clorofila em algumas plantas.

Os principais nutrientes minerais e sua utilização nas plantas.

Um experimento clássico que determina o papel de um nutriente para uma planta é fornecer a ela todos os nutrientes minerais, atuando como controle do experimento. Essa planta cresce normalmente e serve como padrão de comparação para os grupos experimentais, aos quais deixam de ser fornecidos nutrientes específicos. Como resultado, as plantas experimentais devem apresentar diferentes deficiências de acordo com o nutriente faltante.

Os parênquimas

Anteriormente, foi apresentada uma visão geral dos tecidos componentes de um vegetal. Os parênquimas, particularmente, exercem papéis fundamentais à manutenção da vida da planta. O parênquima que armazena ar (aerífero) é encontrado em plantas aquáticas, como a vitória-régia e o aguapé. O parênquima que armazena água (aquífero) é encontrado em plantas de regiões mais secas, como é o caso do cacto.

Parênquimas responsáveis pela realização de fotossíntese, localizados no interior de folhas e caules jovens, são designados parênquimas clorofilianos, clorênquima ou, ainda, parênquima assimilador. O açúcar gerado no parênquima clorofiliano é transportado pelo floema até outras partes da planta, que podem ter função de reserva alimentar, formando-se grande quantidade de amido; assim, é constituído o chamado parênquima amilífero, presente em estruturas como a raiz (mandioca), o caule (batata), a semente (arroz) e o fruto (manga).



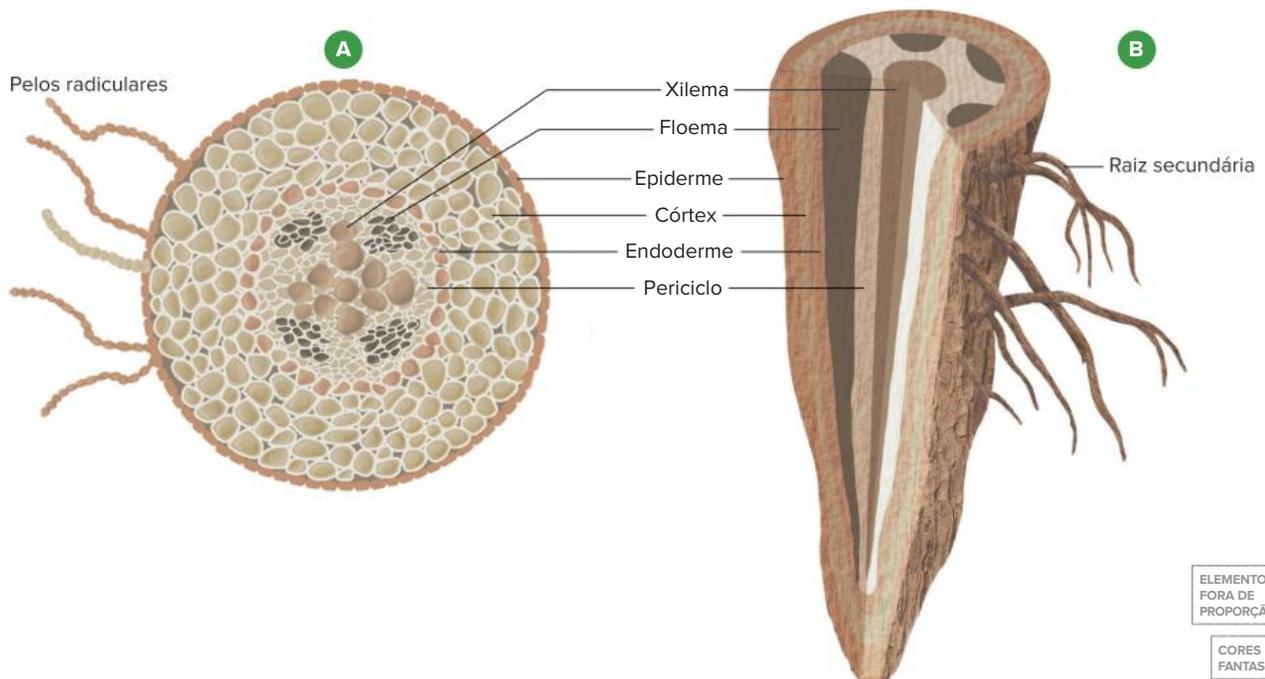
Experimento para demonstrar o papel de determinado nutriente para a planta. Um grupo controle (A) recebe todos os nutrientes, enquanto um grupo experimental (B) não recebe um dos nutrientes. As diferenças entre os dois grupos podem ser atribuídas à falta do nutriente.

A estrutura da raiz e do caule: relação com a nutrição

A estrutura da folha está relacionada com a nutrição orgânica, permitindo que ela realize fotossíntese. A estrutura da raiz está relacionada com a nutrição mineral e com sua capacidade de armazenamento de amido ou de sacarose. Já o caule promove a ligação entre a raiz e a planta, transitando por ele os nutrientes minerais e os orgânicos. O caule pode, ainda, armazenar nutrientes orgânicos.

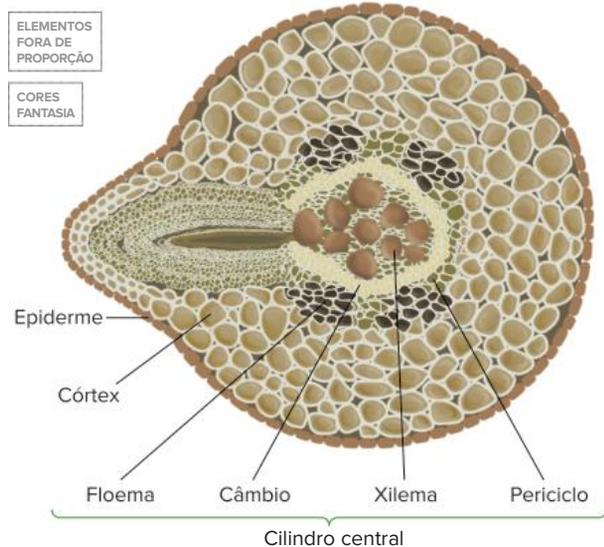
A estrutura da raiz

A estrutura de uma raiz na **zona pilífera** apresenta duas regiões: casca e cilindro central. A **casca** inclui a **epiderme** (com pelos absorventes), o **córtex** (um parênquima) e a **endoderme** (que regula o fluxo de íons em direção ao xilema). O **cilindro central** é formado por **periciclo**, **xilema** e **floema**. Na raiz, o xilema e o floema estão dispostos lado a lado, isto é, apresentam disposição alternada. No cilindro central pode haver um **parênquima central**, conhecido como **medula**. Essa estrutura pode ser encontrada nas monocotiledôneas, mas não nas eudicotiledôneas.



Representação da posição dos elementos na raiz. Em A, corte transversal de uma raiz (com crescimento primário) na região dos pelos absorventes. Em B, aspecto geral de raiz com crescimento secundário (em espessura).

Uma das funções do **periciclo** é originar **raízes secundárias** (ou laterais). Normalmente, algumas células do periciclo, situadas próximas a um grupo de vasos do xilema, dividem-se por mitose e acabam gerando uma nova raiz, que atravessa todos os tecidos da raiz principal até emergir como uma raiz secundária completa. Assim, pode-se dizer que a raiz apresenta **ramificações endógenas**, ou seja, que se originam a partir do seu interior; as ramificações do caule são exógenas, pois se formam a partir de gemas laterais, situadas em sua superfície.



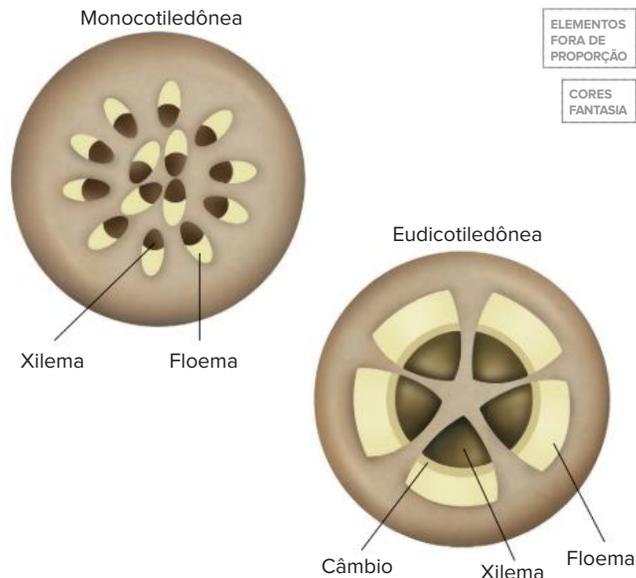
Representação de raiz em corte transversal. A proeminência à esquerda constitui uma raiz secundária em formação.

A estrutura do caule

O caule jovem é revestido de epiderme e apresenta parênquimas que podem realizar fotossíntese ou armazenar materiais. O interior do caule apresenta vasos condutores, sendo que a disposição deles é um dos critérios empregados para distinguir monocotiledôneas de eudicotiledôneas.

As monocotiledôneas apresentam caule com estrutura primária, revestido apenas de epiderme. O interior do caule é preenchido por parênquima, que pode acumular muito alimento, como a sacarose, no caso da cana-de-açúcar. Os vasos condutores formam blocos conhecidos como **feixes liberolenhosos**, os quais apresentam **disposição irregular**. Cada feixe liberolenhoso é constituído por **floema** (voltado para o lado externo) e por **xilema** (localizado mais internamente); ao redor dos feixes, há um grupo de células de **esclerênquima** (um dos tecidos de sustentação).

O caule jovem de uma eudicotiledônea também apresenta apenas estrutura primária e esclerênquima, mas os feixes liberolenhosos têm **distribuição regular**. Há também uma faixa de **câmbio** disposto entre o xilema e o floema dos feixes, o que permite o crescimento secundário da planta (em espessura). O parênquima externo aos feixes é denominado **córtex** (parênquima cortical), enquanto o parênquima interno aos feixes é denominado **medula** (parênquima medular).

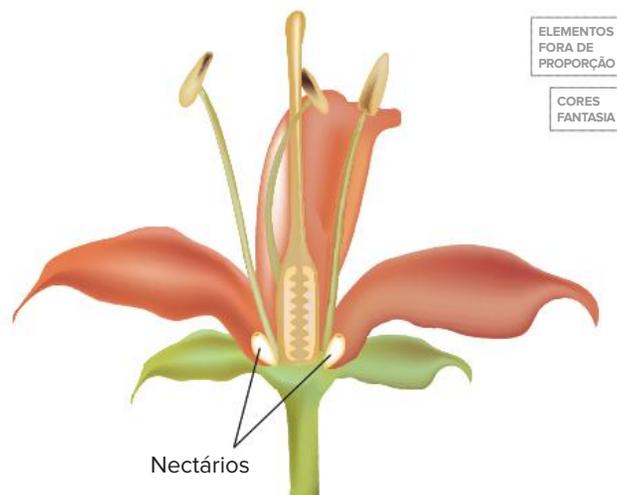


Representação da estrutura de caule sem crescimento em espessura (diâmetro). O caule de monocotiledôneas apresenta feixes liberolenhosos com distribuição difusa. Esses feixes têm disposição regular no caule de eudicotiledôneas.

Tecidos de secreção

A secreção consiste na elaboração e na eliminação de substâncias úteis ao vegetal. As plantas apresentam diversos tipos de estruturas secretoras, localizadas em diferentes regiões do organismo.

Os **nectários** são estruturas glandulares que secretam o néctar, líquido adocicado utilizado como alimento por animais. São mais comumente observados em flores (nectários florais), o que confere à planta um atrativo para os polinizadores; os nectários podem ser encontrados também em outras partes da planta, como nas inflorescências ou nos pedúnculos florais, o que faz o animal se aproximar da flor ao se alimentar. A função de proteção da planta também pode ser atribuída aos nectários, observados em algumas espécies também nas folhas ou nos caules. Nesses casos, a secreção açucarada extrafloral atrai animais polinizadores que defendem a planta contra predadores ou potenciais competidores por alimento.



Nectários produzem o néctar, que é utilizado como alimento pelo animal polinizador.

Os **canais resiníferos** são muito comuns em troncos, ramos e folhas de gimnospermas; essas plantas produzem uma resina que as protege de insetos e da ação de decompositores.

Os **laticíferos** são canais presentes no interior de muitas plantas que produzem **látex**. Essa secreção esbranquiçada é importante para o fechamento de ferimentos nos vegetais, pois coagula em contato com o ar, dando tempo para que ocorra a cicatrização do ferimento. Ela age também como elemento de proteção contra animais, que normalmente evitam plantas dotadas de látex devido às suas substâncias tóxicas.

Revisando

1. Quais tipos de nutrição podem ser observados em uma planta?

2. Qual processo bioenergético é envolvido na nutrição de vegetais?

3. Os tecidos responsáveis pela nutrição orgânica de um vegetal são chamados por qual nome? Onde se localizam?

4. Como é a constituição histológica de uma folha? Quais tecidos fazem parte do mesofilo?

5. Que relação de semelhança pode ser feita entre os vasos sanguíneos do sistema cardiovascular de um animal e os vasos condutores de uma planta?

6. Que tipo de substâncias o xilema transporta? E o floema?

7. Qual(is) o(s) órgão(s) principal(ais) na absorção de nutrientes minerais em uma planta?

8. Que outros órgãos podem atuar na obtenção de nutrientes minerais?

9. Cite três macronutrientes e três micronutrientes da nutrição mineral e algumas das funções que eles exercem no metabolismo das plantas.

10. Como se denominam as partes que estruturam a zona pilífera de uma raiz? Que papel cada tecido exerce na nutrição do vegetal?

11. Quais tecidos podem ser observados em um caule?

12. Qual a principal diferença entre o caule de monocotiledôneas e o de eudicotiledôneas?

13. Cite tecidos de secreção que podem ser observados em plantas.

14. Cite um tecido secretor que pode trazer benefícios para a reprodução das plantas. Como isso ocorre?

Exercícios propostos

1. **Uern 2015** Em relação às funções dos parênquimas vegetais, relacione adequadamente as colunas.

1. Cortical.
2. Aquífero.
3. Aerífero.
4. Amilífero.

■ Reserva de água.

■ Flutuação e, às vezes, respiração.

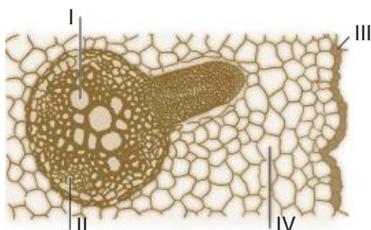
■ Reserva de alimento.

■ Preenchimento de espaço.

A sequência está correta em

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

2. **UFV-MG** Os tecidos da raiz desempenham várias funções nas plantas. No esquema de corte histológico transversal da raiz representado a seguir, alguns desses tecidos estão indicados por I, II, III, e IV, seguidos por funções (A, B, C, D) relacionadas.



- A. Transporte de água e minerais absorvidos do solo.
- B. Revestimento e absorção.
- C. Reserva e preenchimento.
- D. Transporte de substâncias orgânicas.

Associe cada tecido com a sua função, assinalando a alternativa correta.

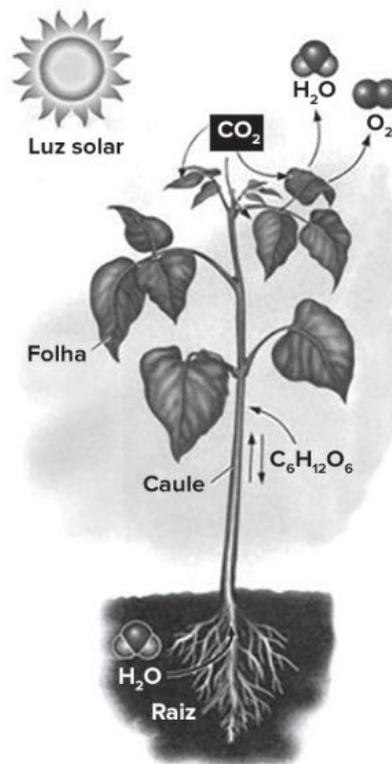
- a) I-A, II-C, III-B, IV-D.
- b) I-B, II-C, III-D, IV-A.
- c) I-C, II-B, III-D, IV-A.
- d) I-A, II-D, III-B, IV-C.
- e) I-D, II-B, III-C, IV-A.

3. **UFRGS 2017** Em relação às raízes de Angiospermas, é correto afirmar que

- a) são as responsáveis pela nutrição orgânica das plantas.
- b) absorvem macronutrientes como o manganês (Mn).
- c) têm o câmbio fascicular como o responsável pelo crescimento em altura.
- d) apresentam epiderme e mesofilo altamente diferenciado.
- e) têm pelos absorventes como os principais responsáveis pela absorção de água e sais minerais.

4. **Uepa 2015** Se todos os açúcares produzidos pelo processo ilustrado abaixo em um ano, tivessem a

forma de cubos de açúcar, haveria 300 quatrilhões deles. Se fossem dispostos em linha, esses cubos se estenderiam da Terra até Plutão. Isso representa uma imensa produção de energia. Sobre o processo abordado no enunciado, observe a imagem abaixo e analise as afirmativas.



(Fonte: Sadava, Heller, Orians, Purves e Hillis-2009)

- I. Os produtos liberados para o ambiente são água e oxigênio.
- II. O processo ilustrado acima se refere à respiração vegetal.
- III. Ocorre absorção de dióxido de carbono pelas folhas.
- IV. É um processo que ocorre na presença da luz solar.
- V. A água utilizada no processo é absorvida pelas folhas.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

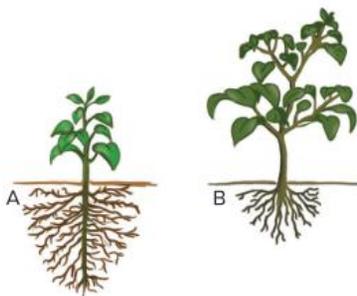
5. **Udesc (Adapt.)** Os tecidos vegetais fundamentais são aqueles encarregados de uma série de funções, como preenchimento e sustentação. A respeito destes tecidos, analise cada proposição e assinale (V) para verdadeira ou (F) para falsa.

- O parênquima de reserva está presente em sementes, frutos, raízes e rizomas e tem como função o armazenamento de substâncias nutritivas.
- O parênquima clorofiliano é o principal tecido de preenchimento de folhas, tendo por função a realização da fotossíntese.
- O parênquima aquífero está presente em plantas aquáticas, auxiliando na flutuabilidade desses vegetais.
- O esclerênquima é formado por células mortas, impregnadas de lignina, e é responsável pela sustentação.

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

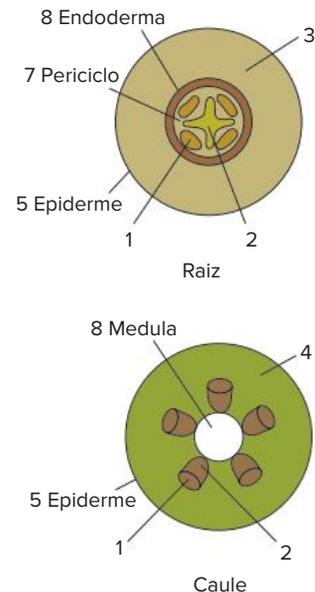
- a) V – F – V – V.
 - b) V – V – F – F.
 - c) V – V – F – V.
 - d) F – F – V – F.
 - e) F – F – F – V.
- 6. FMP-RJ 2020** As micorrizas desempenham um papel importante na melhoria da textura do solo e são consideradas importantes agentes biológicos para agregação de diversos tipos de solo. O micélio do fungo desempenha uma relação ecológica mutualística com as raízes vivas das plantas. Os fungos interagem com o tecido da raiz e promovem a(o)
- a) quimiossíntese de carboidratos para a árvore.
 - b) conversão de nitratos do solo em nitrogênio molecular.
 - c) aumento da capacidade de absorção da planta.
 - d) fixação de nitrogênio atmosférico para o vegetal.
 - e) decréscimo da ação decompositora de excretas nitrogenadas.

- 7. UFRJ** Dependendo das condições do solo, os vegetais podem destinar a maior parte dos nutrientes obtidos para o crescimento de seus brotos e folhas ou para o desenvolvimento de suas raízes. A figura a seguir mostra duas plantas (A e B) da mesma espécie, que possuem a mesma massa e que foram cultivadas em dois ambientes com diferentes disponibilidades de nutrientes.



Identifique qual das plantas se desenvolveu no solo com menor disponibilidade de nutrientes. Justifique sua resposta.

- 8. Fuvest-SP** Os esquemas representam cortes transversais de regiões jovens de uma raiz e de um caule de uma planta angiosperma. Alguns tecidos estão identificados por um número e pelo nome, enquanto outros estão indicados apenas por números.



Com base nesses esquemas, indique o número correspondente ao tecido:

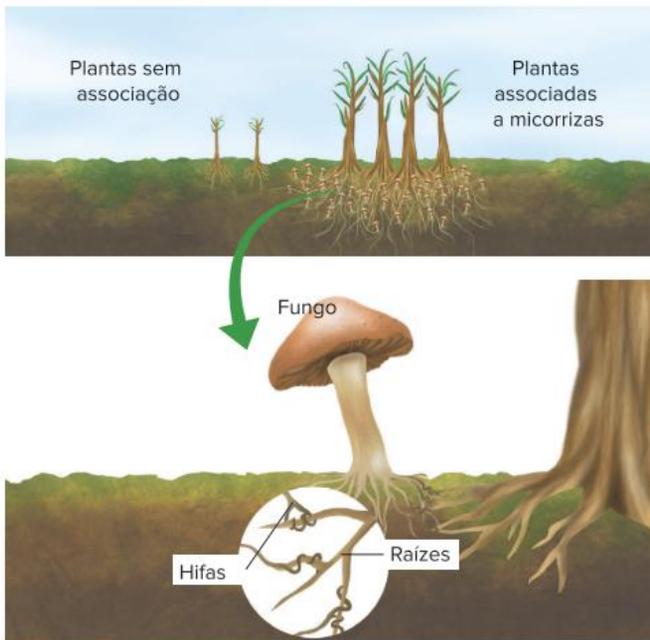
- a) responsável pela condução da seiva bruta.
 - b) responsável pela condução da seiva elaborada.
 - c) constituído principalmente por células mortas, das quais restaram apenas as paredes celulares.
 - d) responsável pela formação dos pelos absorventes da raiz.
- 9. UFSC** Tal como sucede com os animais, também as plantas desenvolvidas apresentam as suas células com uma organização estrutural formando tecidos. Os tecidos vegetais se distribuem em dois grandes grupos: tecidos de formação e tecidos permanentes. Com relação aos tecidos vegetais, assinale as proposições corretas.
- 01 Os meristemas e a epiderme são exemplos de tecidos de formação.
 - 02 O xilema e o colênquima são tecidos permanentes.
 - 04 Os meristemas são tecidos embrionários dos quais resultam todos os demais tecidos vegetais.
 - 08 Os parênquimas, quando dotados de células ricamente clorofiladas, são tecidos de síntese.
 - 16 Os tecidos de arejamento se destinam às trocas gasosas e de sais minerais entre a planta e o meio ambiente, sendo o floema um de seus principais exemplos.
 - 32 As bolsas secretoras, presentes em nectários, juntamente com os canais laticíferos, existentes nas seringueiras, são exemplos de tecidos de secreção.

Soma:

Outras modalidades de nutrição inorgânica

A atividade agrícola, geralmente, emprega **fertilizantes químicos** ou **adubos orgânicos** no solo para o fornecimento de nutrientes minerais às plantas cultivadas. Porém, em condições naturais, outros meios existentes acabam por promover maior nutrição para os vegetais.

Um exemplo é a associação de plantas **leguminosas** (como o feijão, a ervilha e a soja) com **bactérias** fixadoras de nitrogênio. Nessa interação de mutualismo, há benefício para as plantas, que obtêm uma fonte de nitrogênio, e para as bactérias, que recebem moléculas orgânicas utilizadas por elas como fonte de energia. Assim, com a presença de leguminosas em uma vegetação ou plantação agrícola, o solo é enriquecido com compostos nitrogenados, favorecendo também outras plantas.



CORES FANTASIA

ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

Diferença de desenvolvimento entre plantas com e sem micorrizas. No detalhe, uma micorriza e seus constituintes (hifas de fungos e raízes de plantas).

Hidroponia, ou **hidrocultura**, é o cultivo de plantas em uma solução que contém os nutrientes minerais necessários ao desenvolvimento da planta. Um cuidado necessário no sistema de hidroponia é a manutenção do fluxo de água corrente, que eleva os níveis de oxigênio na água, necessário para a realização da respiração celular nas raízes. Uma vantagem da hidroponia é que ela se dá em condições controladas, evitando o contato das plantas com insetos e outras pragas agrícolas, podendo promover a redução de agrotóxicos, como inseticidas, fungicidas e herbicidas.



Representação do sistema de hidroponia.

A inserção de leguminosas, principalmente no sistema de rotação de culturas, no qual as espécies plantadas em uma área são substituídas periodicamente, é uma estratégia muito utilizada para a conservação do solo e o beneficiamento da agricultura. Além de conservar o solo, a utilização das leguminosas como fonte natural de compostos nitrogenados também preserva corpos-d'água e lençóis freáticos da região agricultável, pois minimizam o emprego indiscriminado de fertilizantes químicos, os quais podem contaminar a água e causar grande desequilíbrio no ecossistema.

Na associação entre **fungos** e **raízes** de plantas, conhecida como **micorriza**, os fungos absorvem água e nutrientes minerais do solo e os transferem à raiz; em troca, recebem moléculas orgânicas que utilizam como alimento. Com essa associação, a planta aumenta consideravelmente sua superfície de contato com o solo, retirando grande quantidade de nutrientes. Sem o fungo, a planta teria um crescimento bem menor.

No caso das **plantas carnívoras**, que representam uma modalidade de seres autótrofos capazes de realizar fotossíntese, a escassez de nutrientes no solo, como o nitrogênio, é suplantada por uma estratégia evolutiva diferente das encontradas no reino vegetal: a captura de pequenos animais.



Espécie de planta carnívora do gênero *Nepenthes* (família Nepenthaceae). Na extremidade de folhas modificadas, são formadas estruturas semelhantes a jarros, que armazenam uma porção de líquido com função digestiva. Insetos, aranhas e até pequenos pássaros e anfíbios podem ser fonte de alimento dessas plantas, que atraem suas presas pelo seu colorido e impedem sua fuga por meio de substâncias escorregadias no interior do tubo.

Gareth Hambridge/Australasian Carnivorous Plant Society



Algumas plantas, como as espécies do gênero *Dionaea*, apresentam movimentação ativa da estrutura de captura. A “armadilha” é formada por folhas com dois lóbulos unidos pela base; o interior avermelhado atrai possíveis presas. Quando um animal toca nos pelos marginais da estrutura, os lóbulos se movimentam com muita rapidez, fechando-se instantaneamente e impossibilitando a fuga da presa.

Texto elaborado para fins didáticos.

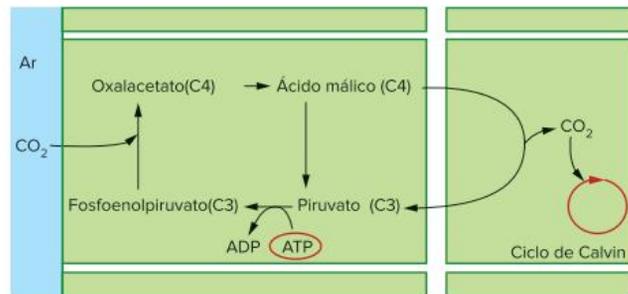
Plantas C3, C4 e fotorrespiração

Na etapa química da fotossíntese, também conhecida como **ciclo de Calvin**, ocorre a incorporação de gás carbônico do ambiente ou da respiração para a síntese de carboidratos. Na maioria das plantas, como o trigo, as leguminosas e o arroz, o primeiro composto formado na incorporação do CO_2 é o 3-fosfoglicerato, que possui três carbonos, por isso a designação **C3** para esse grupo de plantas. Mas, em dias ensolarados, quentes e secos, essas plantas fecham os estômatos, evitando a transpiração excessiva. Nessas condições, a enzima responsável pela agregação do CO_2 na fotossíntese é ligada a moléculas de O_2 , favorecendo um processo denominado **fotorrespiração**.

A fotorrespiração gera gasto de ATP e NADPH e compete com o ciclo de Calvin pela fixação do carbono. Na fotorrespiração, forma-se **glicolato**, um composto de dois carbonos, que é degradado nos **peroxissomos**, liberando CO_2 .

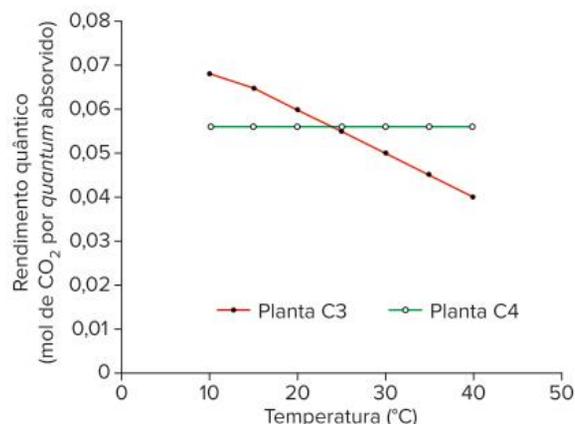
As plantas C3 são, portanto, inibidas por temperatura e luminosidade elevadas, apresentando maior taxa fotossintética sob condições moderadas. Elas são mais competitivas em comunidades mistas, nas quais há sombreamento, com luz e temperatura moderadas, sendo, nessas condições, responsáveis pela maior parte da produção fotossintética mundial. A fotorrespiração prejudica a produção agrícola, pois reduz a produção de carboidratos. É por essa razão que sistemas agroflorestais são indicados para plantas C3, pois a cobertura florestal mesclada às plantações gera o sombreamento necessário para o melhor desenvolvimento delas.

No entanto, há plantas, como o milho e a cana-de-açúcar, que apresentam maior tolerância à temperatura e à luminosidade elevadas. As chamadas plantas **C4** são capazes de obter mais moléculas de CO_2 por outra via; elas associam o gás carbônico do ar ao composto **fosfoenolpiruvato** (com três carbonos), gerando um composto de quatro carbonos (o **oxalacetato**), daí a sua designação C4. O oxalacetato passa por mais transformações, até ser degradado em fosfoenolpiruvato (que retorna ao ciclo) e gás carbônico, que é empregado na síntese de carboidrato na etapa química da fotossíntese (o ciclo de Calvin); o CO_2 é transferido para células clorofiladas, localizadas ao redor das nervuras, onde há menor concentração desse gás. Esse mecanismo fotossintético evita a ocorrência de fotorrespiração.



Esquema simplificado do processo de obtenção de CO_2 por plantas C4.

As plantas C4 são adaptadas à **luz intensa** e às **altas temperaturas**, o que resulta em implicações ecológicas importantes. Elas predominam na vegetação de desertos e campos em climas tropicais e temperados quentes. Constituem as conhecidas gramíneas, pioneiras no processo de sucessão ecológica de um ambiente degradado.



Rendimento quântico (rendimento da conversão da energia luminosa em energia química) apresentado por plantas C3 e C4 em diferentes temperaturas.

Conclui-se que a alta concentração de CO_2 e a baixa concentração de O_2 limitam a fotorrespiração. O sistema observado nas plantas C4 é uma vantagem evidente em relação às plantas C3, pois o CO_2 fixado pela via C4 é enviado para as células fotossintetizantes, mantendo assim uma alta concentração do gás.

Experimentos recentes têm demonstrado que a fotorrespiração, desenvolvida com mais facilidade pelas plantas C3, poderia servir como um caminho de defesa do aparelho fotossintético. Tais teses apontam que o grande consumo de NADPH e ATP na fotorrespiração é uma forma de dissipar o excesso desses compostos na célula, já que eles são formados na fase clara da fotossíntese e, com a estabilização das concentrações de CO_2 (o que impossibilita a continuidade do processo fotossintético), se acumulam. Dessa forma, a fotorrespiração teria como função dissipar o excesso dos compostos, protegendo a planta dos danos causados por eles e pela radiação solar intensa, permitindo rápida recuperação após o período de estresse.

Texto elaborado para fins didáticos.

Inteligência artificial na plantação

Observando as folhas de pés de milho, um agricultor experiente é capaz de identificar imediatamente a falta de determinados nutrientes. Mas isso só é possível quando a planta já está adulta e a safra foi comprometida.

Uma nova tecnologia, desenvolvida por um grupo interdisciplinar de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), é capaz de antecipar esse diagnóstico, permitindo que o agricultor faça a intervenção necessária a tempo de salvar a safra e evitar prejuízos.

A tecnologia utiliza imagens digitais das folhas e métodos de visão computacional e é capaz de detectar, em poucos minutos, a carência de diversos nutrientes em plântulas em estágio inicial de desenvolvimento.

O projeto Visão computacional aplicada à nutrição vegetal, desenvolvido por pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) e da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP, em Pirassununga, já tem patente depositada e está em fase de transferência de tecnologia. Os testes laboratoriais foram concluídos com sucesso e a equipe está realizando testes em campo.

[...]

De acordo com [o professor e pesquisador do IFSC,] foram utilizadas técnicas de inteligência artificial, voltadas para o reconhecimento de padrões visuais das folhas das plântulas. Esses padrões correspondem à falta de macronutrientes como nitrogênio, fósforo, magnésio, enxofre e potássio e micronutrientes como cobre, ferro, zinco e manganês.

“As folhas das plantas adultas registram, de forma visível, padrões correspondentes à falta de cada nutriente. Nas plantas em estágios iniciais da fase vegetativa, com uma ou duas semanas, esses padrões já estão lá, mas não são visíveis. Nosso desafio era identificá-los por meio de um olhar matemático”, disse [o professor] à *Agência Fapesp*.

Segundo ele, o método se baseia na leitura, por meio de um scanner, das imagens digitalizadas das folhas. Uma vez feita a leitura, a imagem é transformada em um modelo matemático, que é comparado, por um software, a modelos estabelecidos previamente.

“Construímos um modelo matemático das folhas das plântulas, com as quantidades ideais de todos os nutrientes. A partir dessas informações, um software produz um novo modelo matemático que pode ser comparado ao ideal, identificando as deficiências”, explicou.

A maior parte dos agricultores faz um levantamento nutricional do solo antes de realizar a preparação para a plantação. Mas essa preparação, segundo [o professor], não garante necessariamente que a planta irá absorver os nutrientes.

“Muitas vezes, mesmo que o solo não tenha sido preparado de forma inadequada, o próprio fenótipo da planta não permite que ela absorva o nutriente. Quando a planta está adulta, um engenheiro agrônomo pode detectar a deficiência. Mas, a essa altura, a correção será feita apenas na safra seguinte”, explicou.

Uma carência severa de nutrientes pode comprometer até 50% da safra de milho. “A tecnologia permite avaliar a planta com uma ou duas semanas e, assim, o produtor tem vários meses para recuperá-la antes da produção. Com a detecção precoce do problema, é possível aplicar à planta as substâncias adequadas para que ela absorva determinados nutrientes”, afirmou o pesquisador.

Outras culturas

Os testes feitos em laboratório, em Pirassununga, mostraram que o sistema funciona com 87% de acerto [...]. O grupo agora está repetindo os experimentos no campo, na mesma cidade no interior paulista, em situações nas quais o solo apresenta problemas.

“Da perspectiva acadêmica, ainda temos um grande número de testes pela frente. O projeto tem o objetivo de fazer avançar a ciência nessa área e precisamos estudar vários outros aspectos relacionados ao milho, aos diversos nutrientes e à aplicação em outras culturas”, disse.

No entanto, do ponto de vista da pesquisa tecnológica, mais dinâmica, o método já está em estágio avançado, segundo o professor do IFSC-USP.

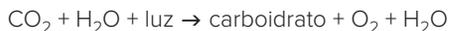
“A tecnologia está muito próxima de ser utilizada. Em termos práticos, hoje ainda não há ferramenta capaz de medir os nutrientes de plantas dessa maneira. Mesmo que ainda tenhamos que avançar na parte científica, para vários nutrientes a ferramenta já está pronta”, afirmou.

CASTRO, Fábio de. Inteligência artificial na plantação. *Agência Fapesp*, 14 jun. 2011. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/14028>. Acesso em: 3 jan. 2022. (Adapt.)

Resumindo

Nutrição orgânica

Está associada à fotossíntese, processo desenvolvido majoritariamente nas folhas, que produz matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas. A fotossíntese utiliza CO₂ (fornecido pelo ambiente, absorvido através dos **estômatos**, e também pela respiração celular), água proveniente do solo e luz (como fonte de energia para a reação). Como produtos, há o O₂ e carboidratos como a **sacarose** (glicose + frutose), sendo que a maior parte do carbono fixado é convertida nesse dissacárido, principal forma de transporte dos açúcares. Pode haver também a formação de amido (polissacarídeo), forma de reserva alimentar da planta. O processo de fotossíntese pode ser representado pela equação:



A fotossíntese acontece no interior dos **cloroplastos** em células do **parênquima clorofiliano** e, assim, envolve tecidos da planta que os possui, como folhas e caules jovens. Na folha, existem dois tipos de tecidos clorofilianos situados entre as duas epidermes (**mesofilo**):

- **Parênquima clorofiliano paliçádico**: com células alongadas, justapostas e perpendiculares em relação à epiderme da face superior.
- **Parênquima clorofiliano lacunoso**: possui células com aspecto mais irregular e com grandes espaços entre si.

As folhas apresentam outras estruturas que fazem parte dos processos de nutrição.

- **Nervuras**: ramificam-se e entram em contato com as células parenquimáticas. São constituídas por feixes de vasos condutores, que distribuem nutrientes pelo corpo do vegetal:

- **Xilema**: transporta água e nutrientes minerais, absorvidos principalmente pelas raízes.
- **Floema**: transporta água, açúcar e outras substâncias orgânicas, como aminoácidos e vitaminas; o floema transporta esses materiais a outras partes da planta.
- **Epiderme**: presente na face superior e inferior da folha. É constituída por uma camada de células aclorofiladas, que secretam a cutícula.
- **Cutícula**: película impermeável, constituída por cera ou por cutina, que recobre a folha protegendo-a contra a dessecação.
- **Estômatos**: suas células centrais possuem cloroplastos e são denominadas **células-guarda**, ou células estomáticas. Elas podem se afastar, determinando a abertura do estômato e formando a fenda chamada **ostíolo**. São estruturas que atuam no controle das trocas gasosas efetuadas entre a folha e o ambiente, como a perda de vapor de água (durante o processo de transpiração) e o fluxo de gases O₂ e CO₂ (durante a fotossíntese e a respiração).

Nutrição inorgânica (mineral)

Ocorre com a obtenção de **materiais inorgânicos** através dos **pelos absorventes** da **raiz**, podendo acontecer também através de pelos das folhas, dos estômatos e, ainda, com a participação simbiótica de fungos nas raízes (formando **micorrizas**), assim como através da digestão de presas (o que ocorre com as plantas carnívoras).

Os nutrientes minerais utilizados pelas plantas são divididos em dois tipos:

- **Macronutrientes:** utilizados pela planta em grandes quantidades. Os principais são: **nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.**
- **Micronutrientes:** utilizados pela planta em menores quantidades, não deixando de ser importantes por isso. Como exemplos podem ser citados: **boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco.**

Macronutrientes	
Nitrogênio (N)	Formação de aminoácidos, clorofila e bases nitrogenadas.
Fósforo (P)	Integra ATP, ADP, DNA, RNA, fosfolipídeos de membrana e os açúcares ligados a íons fosfato, que fazem parte do processo de respiração e fotossíntese.
Potássio (K)	Importante em fenômenos osmóticos da célula vegetal.
Cálcio (Ca)	Integrante da lamela média das paredes celulares.
Magnésio (Mg)	Componente da clorofila.
Enxofre (S)	Integrante de alguns aminoácidos (fundamental para a produção de proteínas). Também compõe coenzimas e vitaminas.
Micronutrientes	
Boro (B)	Tem participação no alongamento celular, na síntese de ácidos nucleicos e na regulação do ciclo celular.
Cloro (Cl)	Participa da quebra da molécula de água na fotossíntese e é importante para a divisão celular em folhas e raízes.
Cobre (Cu)	Atua em processos enzimáticos.
Ferro (Fe)	Faz parte de moléculas de citocromos.
Manganês (Mn)	Participa da ativação de enzimas envolvidas na respiração celular e participa da reação da quebra da molécula de água na fotossíntese.
Molibdênio (Mo)	Importante no metabolismo do P e N e produção de aminoácidos.
Zinco (Zn)	Importante para o funcionamento de muitas enzimas e na síntese da clorofila em algumas plantas.

Raiz e caule – relação com a nutrição

Raiz

Na zona pilífera, de absorção, apresenta duas regiões:

- **Casca:** localizada mais externamente, possui os tecidos:
 - **Epiderme:** reveste e possui pelos absorventes.
 - **Córtex:** consiste em um parênquima, podendo servir como tecido de reserva e armazenar amido (como a mandioca).
 - **Endoderme:** localizada internamente, ao lado do córtex. Regula o fluxo de íons em direção ao xilema.
- **Cilindro central:** é localizado na região interna da raiz e é formado por:
 - **Periciclo:** localiza-se logo abaixo da endoderme. Origina, por mitoses, **raízes secundárias** (ou laterais), consideradas ramificações **endógenas** (que se originam a partir do interior da raiz).

- **Xilema:** disposto lado a lado com o floema, mais internamente ao periciclo.
- **Floema:** disposto lado a lado com o xilema, mais externamente ao periciclo.
- **Parênquima central:** conhecido como **medula**, estrutura que pode ser encontrada apenas nas monocotiledôneas.

Caule

Possui:

- **Epiderme:** único revestimento do caule jovem, com estrutura primária.
- **Parênquimas:** que podem realizar fotossíntese ou armazenar materiais.
- **Vasos condutores:** localizados no interior do caule e com disposição que distingue monocotiledôneas e eudicotiledôneas.
- **Monocotiledôneas:**
 - Apresentam caule com estrutura primária.
 - Interior preenchido por parênquima de reserva (como da cana-de-açúcar).
 - **Feixes liberolenhosos** constituídos por floema (voltado para o lado externo) e por xilema (localizado mais internamente).
 - Ao redor dos feixes há **esclerênquima**, tecido de sustentação.
 - Feixes de vasos apresentam **disposição irregular no caule.**
- **Eudicotiledôneas:** caules jovens apresentam apenas estrutura primária, com esclerênquima como tecido de sustentação, mas outras estruturas permitem o crescimento em espessura da planta.
 - **Córtex (parênquima cortical):** parênquima localizado externamente aos feixes liberolenhosos.
 - **Câmbio (felogênio):** faixa de tecido meristemático disposto entre o xilema e o floema. Permite o crescimento secundário da planta.
 - **Feixes liberolenhosos** têm **distribuição regular.**
 - **Medula (parênquima medular):** parênquima localizado na região mais interna do caule.

Secreção

Secreção consiste na elaboração e na eliminação de substâncias úteis ao vegetal. Plantas apresentam diversos tipos de estruturas secretoras, localizadas em diferentes regiões do organismo.

- **Nectários:** estruturas glandulares que secretam néctar, líquido adocicado utilizado como alimento por animais. São mais comumente observados em flores (nectários florais – atrativo aos polinizadores), mas podem ser encontrados em outras partes da planta, como inflorescências, pedúnculos florais, folhas e caules. A secreção açucarada acessível pode também atrair animais que defendem a planta contra predadores, potenciais competidores do alimento.
- **Canais resiníferos:** muito comuns em troncos, ramos e folhas de gimnospermas; produzem uma resina que protege a planta contra insetos e contra a atuação de decompositores.
- **Laticíferos:** canais presentes no interior de caules que produzem látex (secreção esbranquiçada importante no fechamento de ferimentos da planta). A produção de látex age também como elemento de proteção contra animais, que normalmente evitam plantas que o secretam, por causa de suas substâncias tóxicas.

Quer saber mais?



Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=Xm9y2SvPN1U>
(Acesso em: 3 jan. 2022)

Vídeo do Laboratório de Tecnologias Educacionais da Unicamp, que mostra como ocorre e qual a importância do processo de fotossíntese.

<https://www.youtube.com/watch?v=b9sfQZrK8jQ>
(Acesso em: 3 jan. 2022)

Vídeo sobre a origem evolutiva da fotossíntese e das consequências do surgimento desse processo para a vida no planeta.

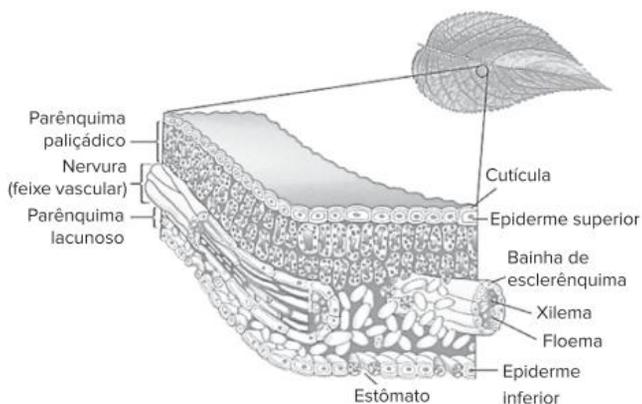
Exercícios complementares

1. **UFJF-MG 2018** “A imaginação dos aficionados por astronomia incendiou-se com a notícia de que sete planetas similares à Terra orbitam uma estrela próxima. Eles se encontram tão perto do Sistema Solar que aumentou muito a chance de detectar, enfim, formas de vida extraterrestre. [...] Caso se observe num desses mundos a presença de uma certa quantidade da **substância A** e água por exemplo, astrobiólogos poderiam postular, com até 99% de certeza, a presença de vida em sua superfície. Uma parcela elevada da **substância A** indicaria que há no planeta organismos realizando fotossíntese.”

Adaptado de Folha on Line acessado em 05/08/2017
<http://www1.folha.uol.com.br/opiniaio/2017/02/1862430-o-bloco-dos-exoplanetas.shtml>

Assinale a alternativa que apresenta corretamente qual é a substância

- a) Gás Carbônico.
 - b) Gás Ozônio.
 - c) Gás Metano.
 - d) Gás Oxigênio.
 - e) Gás Nitrogênio.
2. **UFSC 2018** Na maioria das plantas, a folha é o principal órgão fotossintético. As estruturas histológicas de uma folha vegetal são mostradas esquematicamente na figura abaixo.



FAVARETTO, J. A. *Biologia unidade e diversidade*, 2ª ano. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016, p. 243.

Sobre as estruturas foliares, é correto afirmar que:

- 01 as plantas xerófitas podem apresentar a epiderme com várias camadas de células.
- 02 a cutícula facilita a troca gasosa entre a epiderme e o ar atmosférico.

- 04 a epiderme superior, por receber diretamente a luz do sol, possui maior quantidade de cloroplasto em relação aos outros tecidos.
- 08 em todas as estruturas histológicas de uma folha ocorre fotossíntese.
- 16 os estômatos selecionam o CO_2 , que é utilizado na fotossíntese, e o N_2 , que é utilizado na formação das proteínas e dos ácidos nucleicos.
- 32 a folha é um órgão formado por vários tecidos vegetais.
- 64 as folhas como a representada no esquema são encontradas nas Briófitas, nas Pteridófitas, nas Gimnospermas e nas Angiospermas.

Soma:

3. **UFTM-MG 2012** Atualmente é possível encontrar variedades de alface, rúcula e agrião produzidas por meio da cultura hidropônica, técnica que consiste no plantio desses vegetais sem o contato com o solo, ficando inseridos em canaletas individuais.



(<http://olhares.uol.com.br>)

- a) Em que consiste a hidroponia? Explique por que o conteúdo que fica em contato com as raízes das plantas deve ficar frequentemente circulando.
 - b) A que grupo de vegetais pertencem as plantas citadas? Cite uma característica encontrada em plantas desse grupo e que não ocorre nos demais grupos vegetais.
4. **UFG-GO** Luz solar, rios, oceanos, rochas, microrganismo, plantas e animais inter-relacionam-se pelo fluxo de energia no planeta. As plantas iniciam esse fluxo por

meio da fotossíntese. Para que esse processo ocorra é necessário que o:

- a) gás carbônico se difunda para a folha através dos poros estomáticos.
- b) hidrogênio seja absorvido pela folha contra o gradiente de concentração.
- c) oxigênio se difunda para a planta através dos poros estomáticos e das lenticelas.
- d) vapor de água entre nas plantas através dos poros estomáticos.
- e) nitrogênio circule das folhas para raízes através do floema.

5. PUC-Rio 2016 Uma determinada espécie do grupo das traqueófitas (plantas vasculares) tem grande área foliar, garantindo a absorção de energia luminosa para realizar com sucesso o processo de fotossíntese. Nesse processo, além da luz, há utilização de

- a) gás carbônico e água, e produção de substâncias orgânicas, que são transportadas da folha para o caule e para a raiz pelo floema.
- b) oxigênio e água, e produção de substâncias orgânicas, que são transportadas da folha para o caule e para a raiz pelo floema.
- c) gás carbônico e água, e produção de substâncias orgânicas, que são transportadas da folha para o caule e para a raiz pelo xilema.
- d) oxigênio e água, e produção de substâncias orgânicas, que são transportadas da folha para o caule e para a raiz pelo xilema.

6. FGV-SP 2015 Alimentos como a mandioca, a batata e o arroz armazenam grande quantidade de amido no parênquima amilífero. Já o parênquima clorofiliano é responsável pela síntese de glicose. Tendo em vista que as porções amilíferas e clorofilianas dos vegetais estão situadas em órgãos diferentes nos vegetais, o acúmulo do amido depende

- a) do transporte de minerais pelo xilema, seguido da síntese de monossacarídeos e polimerização nos próprios órgãos armazenadores.
- b) da polimerização de monossacarídeos nos órgãos produtores, seguida do transporte pelo floema até os órgãos armazenadores.
- c) da síntese e polimerização de monossacarídeos nos órgãos produtores, seguidas do transporte pelo xilema até os órgãos armazenadores.
- d) da síntese de monossacarídeos pelos órgãos produtores, seguida do transporte pelo floema para polimerização nos órgãos armazenadores.
- e) do transporte de monossacarídeos pelo floema, seguido do transporte de minerais pelo xilema, para polimerização nos tecidos produtores.

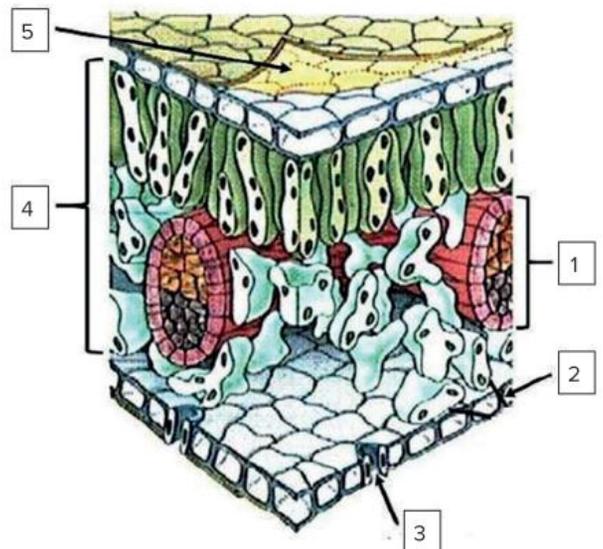
7. Unesp O cipó-chumbo é um vegetal que não possui raízes, nem folhas, nem clorofila. Apresenta estruturas especiais que penetram na planta hospedeira para

retirar as substâncias que necessita para viver. Por sua forma de vida, o cipó-chumbo é considerado um holoparasita. Uma outra planta, a erva-de-passarinho, é considerada um hemiparasita e, embora retire das plantas hospedeiras água e sais minerais, possui folhas e clorofila.

Considerando estas informações, responda.

- a) Pelo fato de o cipó-chumbo ser holoparasita, que tipo de nutriente ele retira da planta hospedeira para a sua sobrevivência? Justifique sua resposta.
- b) Quais estruturas das plantas hospedeiras são “invasadas” pelo cipó-chumbo e pela erva-de-passarinho, respectivamente? Justifique sua resposta.

8. UPF-RS 2017 A figura abaixo representa, de forma esquemática, um corte transversal tridimensional numa folha de dicotiledônea.

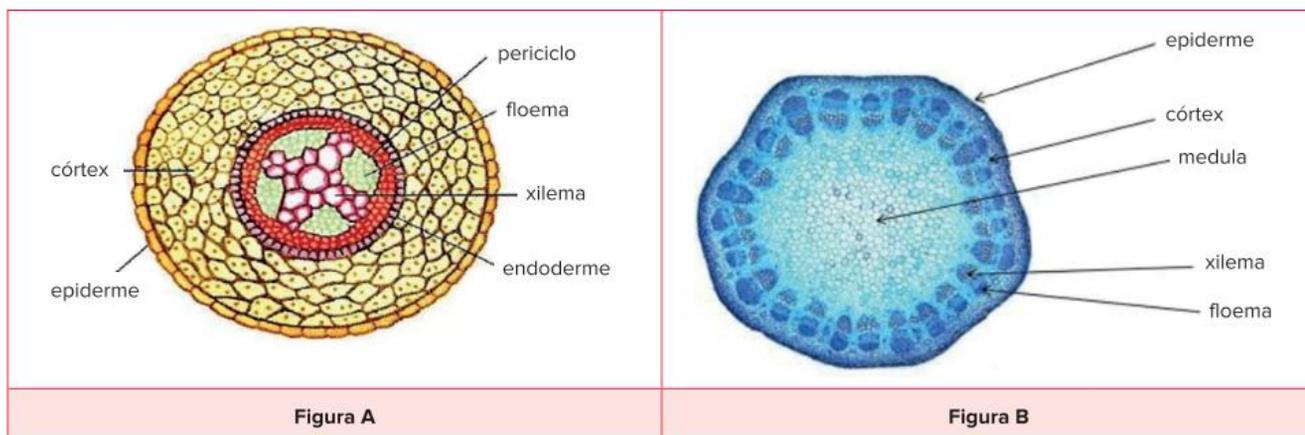


(Disponível em: www.survivalworld.com/science/anatomy/leaf-anatomy.html#.W0eXcIWcHIU. Adaptado. Acesso em 07 abr. 2017)

Sobre a figura, assinale a alternativa incorreta.

- a) O número 5 indica a cutícula, camada de cera impermeabilizante produzida pelas células epidérmicas, cuja principal função é evitar a perda de água.
- b) O número 2 indica a epiderme abaxial da folha, tecido aclorofilado cuja função principal é o revestimento do órgão.
- c) O número 3 indica um estômato, estrutura epidérmica que permite as trocas gasosas, pois apresenta um poro (ostíolo) que permanece sempre aberto.
- d) O número 4 indica o mesófilo foliar, composto por parênquima paliádico no lado adaxial e por parênquima lacunoso no lado abaxial.
- e) O número 1 indica um feixe vascular, estrutura de condução composta principalmente por xilema e floema.

9. **UPF-RS 2014** As figuras A e B abaixo representam cortes transversais feitos em órgãos vegetais.



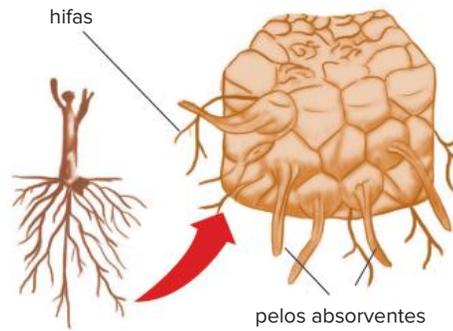
(Disponível em: <http://biovest10.blogspot.com.br/> Acesso em 04 out. 2013)

(Disponível em: www2.esec-mirandela.rcts.pt Acesso em 04 out. 2013)

Com base na análise das figuras, é correto afirmar que:

- A é raiz de eudicotiledônea, pois apresenta floema e xilema alternados e região central preenchida com xilema; B é raiz de monocotiledônea, pois tem feixes vasculares separados entre si, formando um cilindro.
 - A é caule de eudicotiledônea, pois apresenta floema e xilema alternados; B é raiz de eudicotiledônea em crescimento primário, pois tem feixes vasculares colaterais separados entre si, formando um cilindro com parênquima no centro.
 - A e B são raízes de eudicotiledôneas, no entanto, B representa a estrutura primária, e A representa a estrutura secundária desse órgão.
 - A é raiz de eudicotiledônea, pois apresenta floema e xilema alternados e região central preenchida com xilema; B é caule de eudicotiledônea em crescimento primário, pois tem feixes vasculares colaterais separados entre si, formando um cilindro com parênquima no centro.
 - A e B são caules de monocotiledôneas, no entanto, A representa a estrutura primária, e B a estrutura secundária desse órgão.
10. **PUC-RS 2018** Algumas tribos indígenas da região da Amazônia costumam alimentar-se das sementes oleaginosas de *Hevea brasiliensis*, também conhecida como seringueira. A importância econômica dessa planta está fortemente vinculada à extração de látex para a produção de borracha, podendo ser utilizada também para a produção de óleos, vernizes, tintas e suplementos alimentares. A partir dessas informações, é possível concluir que
- seu fruto não permite classificá-la como angiosperma.
 - suas folhas pecioladas permitem classificá-la como monocotiledônea.
 - seu látex, ao ser secretado, protege áreas de tecidos vegetais lesionadas.
 - suas sementes são oleaginosas devido a seu alto teor de carboidratos.
11. **Cefet-MG 2018** O nitrogênio é essencial a todos os seres vivos e a produtividade de alimentos está ligada à disponibilidade desse elemento químico. Apesar de ser abundante na atmosfera em sua forma gasosa, poucos seres vivos conseguem incorporá-lo diretamente. Os organismos autotróficos clorofilados realizam esse processo por meio da(s)
- reações da fotossíntese.
 - captura direta pelas folhas.
 - absorção de sais pelas raízes.
 - digestão de matéria orgânica.
12. **UFMG** As plantas insetívoras, ou carnívoras, vivem, geralmente, em solos pobres em nutrientes. Com base nessa informação e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que as plantas insetívoras:
- podem realizar respiração celular.
 - são consideradas produtores primários.
 - usam matéria orgânica de suas presas para fotossíntese.
 - utilizam nutrientes das presas no seu metabolismo.

13. **UFMS-RS** Observe a figura a seguir. Ela representa a relação entre as plantas e certos fungos, que crescem no solo e córtex de suas raízes.



Fonte: S. Linhares; F. Gewandsnajder. *Biologia hoje: os seres vivos*. São Paulo: Ática, 2003. p. 81.

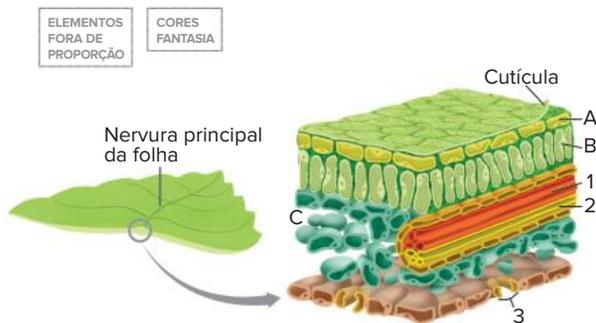
Considerando a região da raiz onde as hifas estão alojadas, pode-se concluir que a função do fungo, nessa relação, é:

- aumentar a absorção de água.
- proteger as raízes laterais emergentes.
- proteger o meristema apical.
- contribuir para o crescimento em extensão das raízes.
- aumentar o número de raízes secundárias.

BNCC em foco

EM13CNT202 e EM13CNT301

1. A figura a seguir é uma representação esquemática de um corte em folha vegetal.



- Nomeie os tecidos celulares indicados por **A**, **B** e **C** e as estruturas indicadas por **1**, **2** e **3**.
- Qual a função desses tecidos e estruturas? Explique sua resposta.

EM13MAT101, EM13MAT202, EM13MAT206 e EM13MAT301



Texto para as questões 2 e 3.

O Brasil é líder mundial em vários produtos do agonegócio, como a soja e o café, mas é também campeão em uma atividade pouco conhecida: a resina extraída de pinheiros cultivados no país. O produto é uma espécie de cola, uma goma vegetal que tem diversos usos no nosso dia a dia.

O produto está presente no pneu do carro, na sola do sapato, na tinta da parede e da impressora e, até mesmo, nas cápsulas de remédio e no chiclete.

É no sul do estado de São Paulo que se concentra a maior produção desse material no Brasil, com destaque para o município de Itapirapuã Paulista, onde as terras estão tomadas pelo cultivo do *Pinus elliottii*, uma espécie exótica que se deu bem por aqui.

[...]

Transformação

Após a retirada e transporte das resinas, a indústria pega o material que veio do campo para transformá-lo em dois produtos: o breu e a terebintina.

O breu serve de liga na composição de inúmeros produtos do nosso cotidiano, já a terebintina entra como solvente.

“A cadeia da resina não acaba aqui. Em seguida, a gente distribui para o mercado externo... Ásia, Europa, América, e a gente tem um consumo interno também na nossa unidade”, diz Eduardo Rodrigues, gerente da indústria.”

Do chiclete a remédios, conheça a versatilidade da resina de pinus.

G1, 19 jul. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2020/07/19/do-chiclete-a-remedios-conheca-a-versatilidade-da-resina-de-pinus.ghtml>.

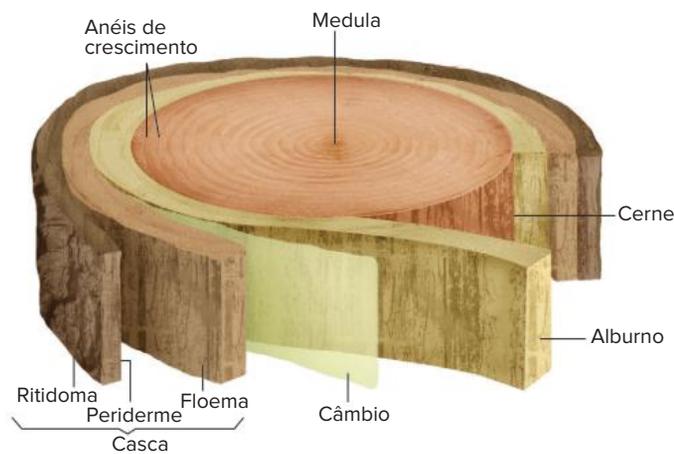
Acesso em: 16 nov. 2020.

2. Na extração da resina do pinheiro, ou resinagem, o trabalhador produz alguns cortes (estrias) no tronco da árvore. Depois aplica sobre os cortes uma pasta feita de farelo de arroz, água e ácido sulfúrico, que impede a cicatrização do corte, e coloca um saco ou um balde preso ao tronco, abaixo dos cortes, para recolher a resina que escorre.



Processo de resinagem em um pinheiro.

- Que tipo de tecido vegetal é responsável pela produção de resina? Qual é a vantagem de a árvore investir energia na produção desse material?
- Em um manual de resinagem, recomenda-se que as estrias para a extração da resina tenham profundidade suficiente para romper a camada correspondente ao câmbio, deixando o alburno exposto (veja a ilustração a seguir). Recomenda-se também que sejam feitas em apenas um dos lados do tronco.



Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaoavegetal/SERGIOVALIENGOVALERI/s_modulo2dendrologia15_08_2016.pdf

Por que não poderiam ser feitas estrias desse tipo em todo o contorno do tronco da árvore? Explique sua resposta.

3. Considere os seguintes tópicos:

- Áreas cada vez maiores do território brasileiro são ocupadas por plantações de *Pinus elliottii* (uma espécie exótica), para a extração de resina e madeira. Essas plantações costumam ser chamadas de “reflorestamento” pelos empresários do agronegócio e até por representantes governamentais.
 - No plantio comercial do pinheiro, utiliza-se grande quantidade de agrotóxicos para eliminar as gramíneas e outras plantas que poderiam inviabilizar o plantio.
 - Praticamente mais nada nasce sob os pinheiros, por isso esse tipo de plantação é chamado de deserto verde pelos ambientalistas.
 - Esse tipo de plantio também prejudica os rios e outros corpos de água do entorno, porque essas árvores consomem muita água para se desenvolver.
 - A resina do pinheiro é usada para a produção de dois materiais, o breu e a terebintina, utilizados na fabricação de produtos de nosso cotidiano. Mas a maior parte do material, cerca de 70%, é exportada.
 - No Brasil, a plantação dessa espécie para resinagem começou na década de 1970, quando a mão de obra e as terras nos EUA, onde já houve muita resinagem, ficaram muito caras. A terra e a mão de obra no Brasil são comparativamente muito mais baratas.
 - Agricultores têm feito financiamentos para a compra de terras para plantar essa espécie de pinheiro e explorar seus produtos. Outros têm vendido suas terras a grandes empresas de agronegócio. Com isso, deixam de ser cultivadas, por exemplo, plantas de interesse alimentar.
- Você concorda com a denominação “reflorestamento” dada às plantações desse tipo de pinheiro? Explique sua resposta.
 - Discuta com seus colegas os outros tópicos apontados acima e responda à questão: a extração de resina de *Pinus elliottii* é uma atividade que deve ser estimulada? Por quê?



Estômatos observados por meio de microscopia eletrônica de varredura, ampliados cerca de 2830 vezes e coloridos artificialmente.

FRENTE 2

CAPÍTULO

17

Revestimentos e trocas gasosas

Em muitos animais, há estruturas respiratórias especializadas, como os pulmões ou as brânquias, através das quais são realizadas trocas entre o sangue e o meio externo; nesses casos, o sangue transporta gás oxigênio aos tecidos.

Nas plantas, as trocas gasosas com o ambiente são realizadas em determinadas regiões do tecido de revestimento, como os estômatos presentes nas folhas. No entanto, o transporte de gases não ocorre por meio da seiva que percorre o corpo do vegetal.

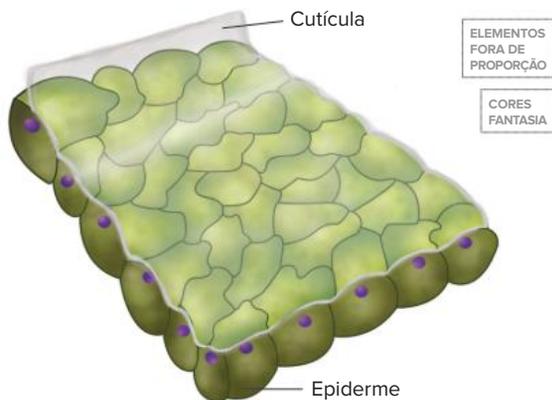
Revestimentos

Uma planta pode apresentar dois tipos de tecidos de revestimento: a **epiderme**, bastante delgada, e o **súber**, ou cortiça, bem espesso e constituído por células mortas. Os tecidos de revestimento recobrem a planta, protegendo-a de vários fatores ambientais, como o risco de desidratação e de possíveis lesões que poderiam ser provocadas por animais. No vegetal, o revestimento também tem como função a realização das **trocas gasosas** com o meio circundante, garantindo à planta os elementos necessários para os processos de respiração, transpiração e fotossíntese.

Além das funções principais, em certas situações, o revestimento assegura controle térmico à planta, impedindo que células mais internas sejam submetidas a grandes variações de temperatura. Pode também secretar substâncias, como óleos essenciais, e acumular pigmentos, como nas pétalas de flores, atraindo animais polinizadores. Em regiões específicas da raiz, é especializado na absorção de água, possuindo, inclusive, anexos como pelos.

Epiderme

A epiderme é um tecido fino, constituído por células vivas; recobre folhas, flores, frutos, sementes, caules e raízes jovens. As células da epiderme normalmente são **aclorofiladas** e dispostas em uma **única camada**; no entanto, há casos em que a epiderme possui mais de uma camada de células. As células desse tecido são, na maioria das espécies, achatadas e com paredes laterais onduladas, o que proporciona maior aderência entre elas e, assim, resistência mecânica à superfície vegetal.



A epiderme típica apresenta uma única camada de células aclorofiladas. No caule e na folha, a epiderme é recoberta por uma cutícula impermeável.

Em partes do vegetal sujeitas à desidratação, como caules e folhas, a epiderme é recoberta por uma **cutícula** impermeável, constituída por **cutina** (um tipo de lipídeo), ou **cera**, como ocorre no pseudofruto da macieira e nas folhas da carnaubeira, conferindo-lhes aspecto brilhante. A cutícula diminui a perda de água na forma de vapor, inibindo as trocas gasosas através da epiderme. Nas raízes que se desenvolvem no solo ou no meio aquático, não há cutícula recobrindo a epiderme e também não existem estômatos, estruturas responsáveis pela realização de trocas gasosas.

A epiderme apresenta estruturas anexas, como os pelos, os acúleos e os estômatos. Há diversos tipos de **pelo**, como os pelos absorventes das raízes, através dos quais ocorre a entrada de água e de nutrientes minerais retirados do solo.

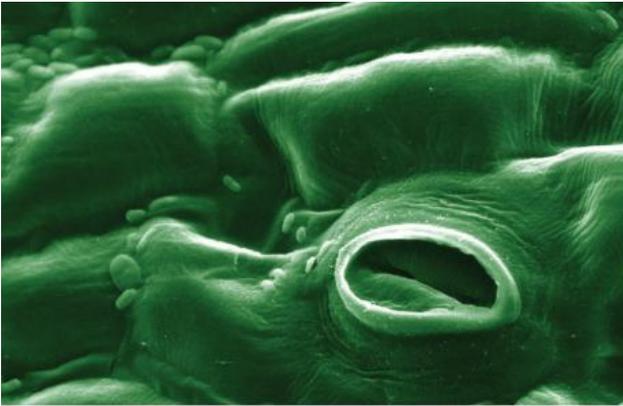
Diversas estruturas são também recobertas por outros tipos de pelo, que desempenham diferentes funções. Os **tricomas** podem contribuir para a retenção de vapor de água na superfície do vegetal, como pode ser observado em folhas de violetas. Há tricomas, como os da urtiga, especializados em secretar uma substância urticante que penetra na pele de animais quando tocam a planta. Ainda, existem tricomas em plantas carnívoras que secretam substâncias que fazem a digestão dos animais capturados.

Já os **acúleos** são estruturas pontiagudas, constituídas por acúmulos de células epidérmicas, recobertas por grande quantidade de cutina; são encontrados em caules de roseiras e de paineiras e têm função protetora contra animais. Não devem ser confundidos com espinhos, que correspondem a modificações de folhas (como no cacto) ou de ramos (como no limoeiro).



Estruturas anexas da epiderme contribuem para a sobrevivência da planta: tricomas urticantes (A) e acúleos (B) são estruturas de proteção contra animais.

Os **estômatos** são células epidérmicas modificadas, que atuam nas trocas gasosas entre a planta e o meio externo. São essenciais para a nutrição da planta, já que estão diretamente relacionados com a fotossíntese e com outros processos de absorção.



Eletromicrografia de estômato, estrutura responsável pela maioria das trocas gasosas entre a planta e o ambiente (ampliação de 1000 vezes; colorido artificialmente).

Súber

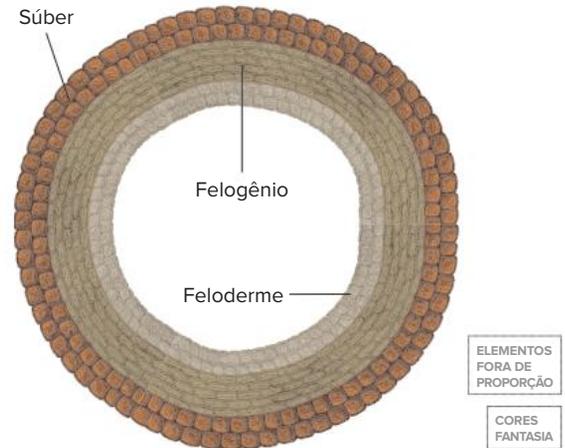
O **súber** é um tecido formado por células mortas e apresenta espessura maior que a da epiderme. É o revestimento de caules e raízes que apresentam crescimento secundário (em espessura). O súber é formado pela atividade do **felogênio**, um meristema secundário. O felogênio produz, por meio de divisões celulares, o súber (para o lado de fora do caule ou da raiz) e o **feloderme** (para o lado de dentro). Súber, felogênio e feloderme constituem a **periderme**.



O tronco de uma árvore é revestido pelo súber, que vai apresentando grandes fendas à medida que ocorre o crescimento em diâmetro.

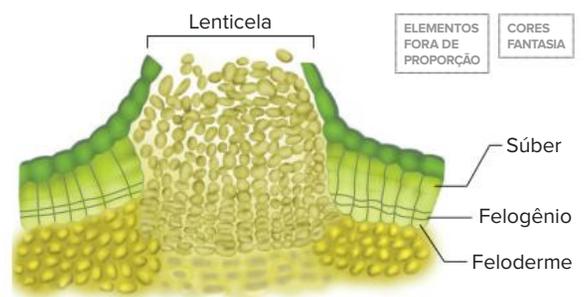
As células do súber sofrem grande diferenciação celular durante sua formação, alterando profundamente sua parede pela deposição de grande quantidade de **suberina**,

uma substância impermeável. Esse material isola o interior da célula de outras partes da planta, fazendo com que ela deixe de receber nutrientes e acabe morrendo. Uma célula adulta do súber apresenta apenas parede celular, constituída por suberina e uma quantidade menor de celulose; seu interior é ocupado por ar, o que permite ao súber desempenhar um papel importante no isolamento térmico da planta.



O felogênio é um meristema secundário, com alta atividade mitótica; produz células do súber para o lado externo e do feloderme (um parênquima) para o interior da planta.

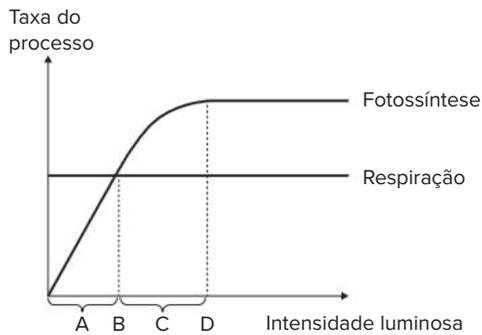
A superfície do súber pode apresentar **lenticelas**, fendas através das quais ocorrem trocas gasosas com o ar. As lenticelas não apresentam mecanismos de abertura e fechamento, como ocorre com os estômatos; a troca de gases ocorre entre os tecidos internos e a atmosfera através da periderme. Nas raízes respiratórias de plantas de manguezais, há um tipo de lenticela denominado **pneumatódio**.



Lenticelas são fendas presentes em algumas partes do súber, por meio das quais o ar flui.

As trocas gasosas

As trocas gasosas incluem a **perda de vapor de água** e a **entrada** e a **saída dos gases carbônico e oxigênio** da planta. As trocas gasosas efetuadas com o ar são realizadas, em grande parte, por estômatos, podendo ocorrer também através da epiderme. Os estômatos são válvulas que podem apresentar mecanismo de abertura e fechamento, regulando a passagem de gases. Quando a planta é iluminada acima do seu ponto de compensação fótica, ela realiza mais fotossíntese do que respiração. O resultado é que ocorre a entrada de mais gás carbônico, proveniente do ar, e a eliminação de mais gás oxigênio.

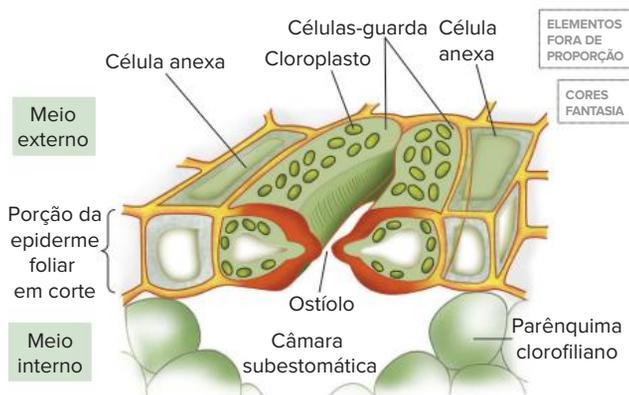


O ponto de compensação fótica (B) corresponde à intensidade luminosa na qual as taxas de respiração e fotossíntese são iguais. Em intensidades luminosas menores (trecho A), a taxa de respiração é maior que a de fotossíntese; em intensidades mais elevadas (trecho C), a taxa de fotossíntese é maior. Em D, a luz deixa de ser o fator limitante da fotossíntese.

Todas as trocas gasosas ocorrem por difusão, sendo que a cutícula restringe bastante as trocas gasosas entre a epiderme e o ambiente, mas não impede totalmente a sua realização.

Estômatos

Estrutura e origem dos estômatos



Representação de um estômato. Essa estrutura tem células-guarda e células anexas; a fenda entre células-guarda é o ostíolo.

Os estômatos são constituídos por duas células chamadas **células-guarda** (ou **células estomáticas**), dotadas de cloroplastos e de parede celular com pontos reforçados com filamentos de celulose. Ao lado das células estomáticas, há **células anexas** (ou **subsidiárias**), acolorofiladas e sem espessamento de parede; essas células contribuem com o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, trocando **íons potássio** e **água** com as células estomáticas.

Com os estômatos abertos, forma-se uma fenda, conhecida como **ostíolo**, por meio da qual ocorrem as trocas gasosas. As células estomáticas são procedentes de uma célula-mãe que gera células-filhas; estas, ao se diferenciarem, desenvolvem cloroplastos e espessamentos na parede.

A folha pode ter estômatos na epiderme inferior (**folha hipostomática**), na epiderme superior (**folha epistomática**) ou em ambas (**folha anfistomática**).

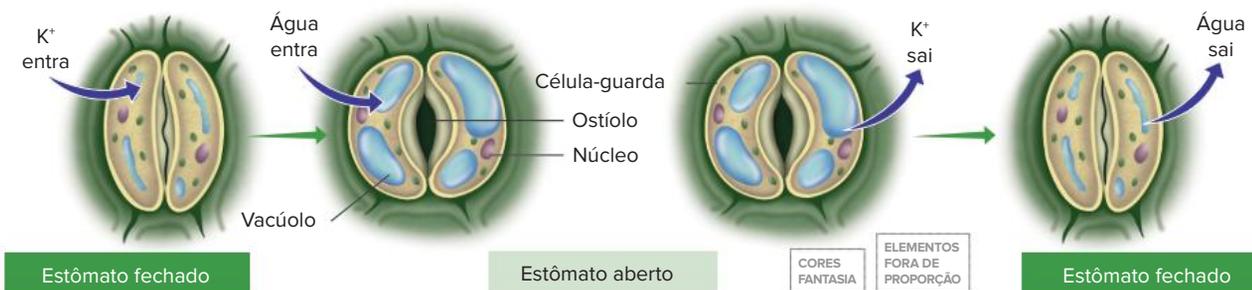
O funcionamento dos estômatos

O mecanismo de funcionamento dos estômatos está ligado, entre outros fatores, às variações no seu teor de água (sua turgescência). Com pouca água, as células estomáticas têm pequeno volume, e suas paredes vizinhas aproximam-se, determinando seu fechamento. Quando as células estomáticas ganham água das células anexas, seu volume aumenta, e elas tornam-se **túrgidas**; com isso, a célula sofre um arqueamento, que provoca a abertura da **fenda estomática**, ou seja, do ostíolo. A água que abastece as células estomáticas é proveniente do solo. Assim, com a redução da absorção de água pelas raízes, há o fechamento estomático, reduzindo a perda de vapor pelas folhas. Trata-se de uma adaptação fisiológica da planta, que permite economia de água. A abertura e o fechamento dos estômatos regulados pelo teor de água correspondem ao **mecanismo hidroativo**.

A passagem de água da célula anexa para a célula estomática ocorre por osmose. Assim, para receber água, a célula estomática deve estar hipertônica em relação à célula anexa. A diferença de concentração é determinada principalmente pelo teor de **íons potássio**, transferidos por transporte ativo da célula anexa para a célula estomática. Com a elevação de concentração da célula estomática, ocorre entrada de água por osmose, tornando-as túrgidas e possibilitando a abertura do estômato.

O principal fator ambiental que determina o transporte ativo de potássio entre as células é a presença de luz; no escuro, não se dá o transporte ativo de potássio, e ocorre o fechamento dos estômatos. Uma planta mantida sem iluminação terá seus estômatos fechados em poucos minutos. A abertura e o fechamento dos estômatos, condicionados pela presença ou ausência de luz, constituem o **mecanismo fotoativo**.

Resumindo, pode-se constatar que a abertura dos estômatos é favorecida pela presença de **água** no solo e pela presença de **luz**. A falta de um desses fatores promove o fechamento dos estômatos.



A abertura dos estômatos envolve a presença de luz (que influencia o transporte ativo de íons K^+ da célula anexa para a célula estomática) e o ganho de água pelas células-guarda. O fechamento dos estômatos está relacionado com a ausência de luz e a perda de água pelas células-guarda.

Outros fatores estão ligados à abertura e ao fechamento dos estômatos, como a **concentração de gás carbônico** e a **temperatura**.

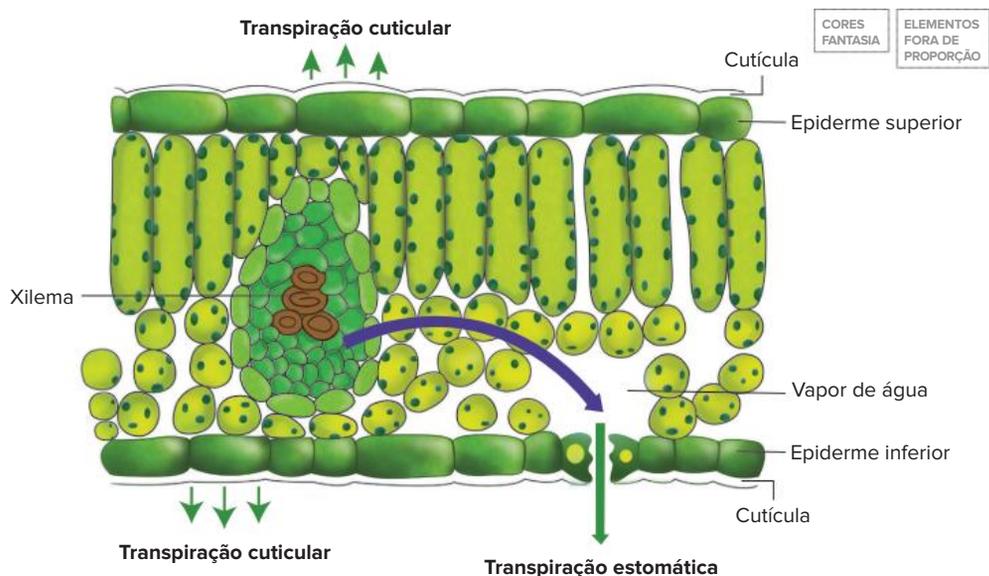
O aumento da concentração de gás carbônico no ar favorece a realização de fotossíntese, já que esse gás é um dos reagentes do processo, e ativa a abertura dos estômatos. No entanto, concentrações muito elevadas de CO₂ podem se tornar tóxicas para a planta, e isso desencadeia o fechamento dos estômatos, o que impede o ingresso do excedente de gás carbônico.

O aumento da temperatura promove aumento da atividade metabólica das células da planta, elevando o processo de transporte ativo de íons para as células estomáticas e, assim, provocando sua abertura. Porém, temperaturas muito elevadas fazem com que a atividade enzimática decaia. Isso tem repercussão no transporte ativo de potássio para o interior das células estomáticas, o que se reflete no fechamento dos estômatos.

Transpiração

O interior da folha pode apresentar vapor de água proveniente da evaporação ocorrida no parênquima clorofiliano. A maior parte desse vapor pode deixar o interior da folha através dos estômatos, quando estes se encontram abertos. Já uma pequena parte do vapor é liberada pela cutícula das folhas. Assim, transpiração é a perda de vapor de água para o meio externo e ocorre através dos estômatos (**transpiração estomática**) e da cutícula (**transpiração cuticular**). A perda de água na transpiração se dá por difusão, isto é, quando a concentração de vapor no interior da folha é maior que a concentração de vapor presente no ar. Isso significa que, para haver transpiração, o ar atmosférico deve estar mais seco que o ar do interior da folha.

A transpiração pode representar uma grande perda de água pela planta. No entanto, essa perda contribui para a regulação térmica do vegetal, uma vez que a saída de vapor está relacionada com a dissipação de calor, evitando o aquecimento das células expostas à luz. A transpiração também colabora para a movimentação de seiva inorgânica no interior do xilema, como será apresentado no próximo capítulo.



Representação esquemática de uma folha vegetal em corte. A transpiração total da planta corresponde à soma da transpiração cuticular com a transpiração estomática.

Demonstração de transpiração

A transpiração pode ser demonstrada por meio de experimentos simples: as folhas de uma planta podem ser envolvidas em um saco plástico transparente; com o tempo, o plástico fica embaçado, ou seja, sua face interna é recoberta por gotículas de água. A formação dessas gotículas sugere que a planta liberou vapor de água na transpiração. Esse procedimento não mostra, contudo, a quantidade de água perdida. Uma medida quantitativa pode ser feita por alguns procedimentos mais elaborados. Um deles é revestir o vaso em que a planta está se desenvolvendo de um material impermeável, como o papel-alumínio. Esse procedimento impede a perda de vapor pela parede do vaso e pela terra; assim, se houver perda de vapor, ocorrerá apenas pela planta, através da transpiração. O resultado é que o conjunto constituído pelo vaso e pela planta terá redução de massa, o que pode ser verificado em uma balança de sensibilidade elevada.

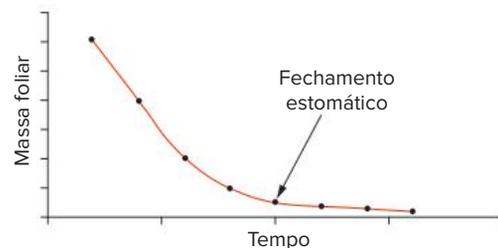
Outra maneira de avaliar a quantidade de vapor que a planta perde é por meio da água que ela consome. Em curtos intervalos de tempo, a quantidade de água consumida é proporcional ao que a planta perde na transpiração: quanto maior for a transpiração, maior será a absorção de água pelas raízes. Um equipamento que mostra a quantidade de água que uma planta absorve é o **potômetro**. Um modelo simples consiste em colocar água com um corte de uma planta em um recipiente graduado. A planta realiza transpiração e perde água, reposta pela absorção da água presente no recipiente pelas raízes. Com isso, o nível no recipiente diminui, sendo possível quantificar a água consumida (proporcional ao volume perdido na transpiração).

Tempo	Condensação de gotículas de água	Diminuição da massa	Consumo de água pela planta
00 : 00			
30 : 00			

A transpiração vegetal pode ser demonstrada com um plástico colocado ao redor da planta. Avaliações mais precisas de transpiração são realizadas com o potômetro ou com o emprego de balança de grande sensibilidade.

Um experimento clássico pode ser realizado colocando-se a folha de uma planta sobre uma balança de precisão. Os valores de sua massa são registrados em intervalos regulares de tempo. Como resultado, a folha exibe uma variação de massa acentuada após os primeiros intervalos de tempo; em seguida, a variação da massa passa a ser constante. Isso pode ser explicado porque a folha perdeu água por meio da transpiração, mais intensa no início, quando os estômatos estão abertos. Posteriormente, com a suspensão da absorção de água, ocorre o fechamento dos estômatos, e a folha passa a ter transpiração somente cuticular, apresentando perda constante de vapor de água. O gráfico que

representa tal fenômeno é chamado de **curva de fechamento estomático**.



Uma folha destacada tem decréscimo de massa por conta da transpiração. Com o fechamento dos estômatos, a perda de água pela folha diminui, ficando restrita à transpiração cuticular.

Revisando

1. De que maneiras o revestimento de uma planta pode beneficiá-la?

2. Que tipo de relação pode haver entre uma função do revestimento e a polinização?

3. Quais são as características principais da epiderme de uma planta?

4. As plantas mantêm suas atividades vitais por meio, principalmente, de dois processos: a respiração celular e a fotossíntese. A esse respeito, responda:

a) Qual é o gás produzido pelas plantas na respiração?

b) Qual é o gás produzido pelas plantas na fotossíntese?

5. Qual é a função desempenhada pelos estômatos?

6. De que maneira as plantas conseguem gás oxigênio para realizar a respiração celular aeróbica?

7. A epiderme das plantas realiza fotossíntese? Explique.

8. Que tipo de proteção a epiderme possui contra a dessecação?

9. Cite algumas estruturas anexas da epiderme e sua importância para a planta.

10. Do que é feito o súber e em que momento do desenvolvimento da planta ele é formado?

11. O que é a periderme?

12. Que tipo de trocas gasosas uma planta pode fazer com o ambiente à sua volta?

13. Quais são as estruturas responsáveis pelas trocas gasosas de uma planta?

14. Como são e como funcionam os estômatos? Quais são os mecanismos que os controlam?

15. Como funciona o mecanismo fotoativo?

16. Como ocorre o processo de transpiração das plantas?

17. Qual é o benefício da transpiração?

Exercícios propostos

1. **UFSM-RS** Relacione as características foliares citadas (coluna 1) com as possíveis vantagens obtidas pelos vegetais (coluna 2).

Coluna 1

1. Forma laminar
2. Parênquima paliçádico junto à face superior
3. Parênquima com grandes espaços intercelulares (lacunoso)
4. Maior número de estômatos na face inferior da lâmina

Coluna 2

- a. redução na perda de água
- b. maior eficiência na circulação interna dos gases
- c. maior superfície de absorção de luz e gás carbônico
- d. maior eficiência no aproveitamento da luz incidente

A relação correta é:

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

2. **Unicamp-SP 2020** Um grande incêndio consumiu uma floresta inteira e deixou apenas os troncos das árvores em pé. Algumas plantas conseguiram rebrotar e produzir uma folhagem exuberante após alguns meses. Considerando a relação entre estrutura e função dos tecidos vegetais, as plantas mencionadas tiveram um bom desempenho logo após a queimada por serem dotadas de
- tecido esclerenquimático desenvolvido, capaz de promover alta atividade fotossintética.
 - periderme pluriestratificada, capaz de isolar termicamente os feixes vasculares.
 - aerênquimas, capazes de promover a difusão interna de gases e o metabolismo das raízes.
 - epiderme foliar espessa, com cutícula rica em ceras capazes de reduzir a temperatura da planta.

3. **Enem PPL 2019** O mangue é composto por três tipos de árvores (*Rhizophora mangle* — mangue-bravo ou vermelho, *Avicennia schaueriana* — mangue-seriba, e *Laguncularia racemosa* — mangue-branco). Uma característica morfológica comum aos três tipos de árvores encontradas no mangue está relacionada à pouca disponibilidade de oxigênio encontrado em seu solo.

ALVES, J. R. P. (Org.). *Manguezais: educar para proteger*. Rio de Janeiro: Femar; Semads, 2001 (adaptado).

A característica morfológica de valor adaptativo referenciada no texto é a

- ausência de frutos.
 - ausência de estômatos.
 - presença de folhas largas.
 - presença de raízes-escoras.
 - presença de pneumatóforos.
4. **PUC-Minas** O súber é:
- um tecido de condução encontrado em vegetais superiores com crescimento primário e secundário.
 - um tecido com função de proteção encontrado em vegetais superiores apenas com crescimento secundário.
 - uma estrutura utilizada para armazenamento de amido primário, resultante da atividade da periderme.
 - um pigmento que é responsável pela coloração das flores.
 - um tecido de revestimento que permite o aumento ou decréscimo na transpiração da planta.
5. **UFRRJ** Obtém-se a cortiça a partir do tecido denominado súber, presente em plantas da região mediterrânea, tais como o sobreiro. O súber resulta da atividade do meristema secundário, sendo formado por várias camadas de células mortas e ocas. Cite duas funções do súber.

6. **Ufla-MG** Da mesma maneira que nos animais, os tecidos de proteção são especializados no revestimento do vegetal, protegendo-o contra os diversos agentes agressores que podem danificá-lo. Além disso, regulam o intercâmbio de substâncias entre a planta e o meio ambiente. Os

tecidos de revestimento também evitam perda excessiva de água contribuindo, assim, para a adaptação dos vegetais à vida terrestre.

Baseando-se no texto, assinale a opção que contenha o tecido de proteção e sua adaptação para trocas gasosas.

- Periderme – estômatos.
- Súber – estômatos.
- Epiderme – estômatos.
- Epiderme – lenticelas.
- Felôgênio – lenticelas.

7. **Famema-SP 2021** Quando chegam às plantas, as bactérias *Pseudomonas syringae* logo procuram por onde possam entrar e causar lesões nas folhas. Os estômatos são as principais vias de acesso para essa entrada e quando as plantas detectam o inimigo, rapidamente se protegem alterando o formato dos estômatos, impedindo, assim, a entrada das bactérias. No entanto, a *P. syringae* libera a coronatina, uma substância que bloqueia essa defesa e permite a infecção do tecido interno da folha.

(“Abre-te, Sésamo”. Revista Pesquisa Fapesp, dezembro de 2006. Adaptado.)

- Qual a função dos estômatos? Por que os estômatos são vias aparentemente mais fáceis para invadir o tecido interno de uma folha?
- Qual a consequência da ação das bactérias *P. syringae* sobre a produtividade primária bruta de plantas contaminadas durante uma estiagem prolongada? Justifique sua resposta mencionando o processo metabólico vegetal.

8. **Uece 2018** Atente ao seguinte excerto:

“... Em ambientes com déficit hídrico, a obtenção de água é fator crucial para o crescimento e desenvolvimento das plantas...”

Assim, a hidrofilia da superfície foliar pode favorecer a absorção hídrica, especialmente pela absorção de orvalho que se forma na madrugada. Em *Combretum leprosum*, um arbusto nativo do nordeste brasileiro, ocorrem tricomas foliares hidrofílicos...”

Fonte: <http://www.periodicos.ufc.br/br/article/view/17977/26335>

Considerando o excerto acima, é correto afirmar que hidrofília se refere à

- presença de pelos na epiderme foliar.
 - capilaridade ascendente da água por distâncias pequenas.
 - propriedade de ter afinidade por moléculas de água.
 - propriedade daquilo que não absorve ou não se mistura com a água.
9. **UFRGS** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo a seguir, na ordem em que aparecem.
A _____ das plantas é composta de diferentes estruturas que fazem parte do seu sistema de revestimento ou proteção. Nela, podem ser encontrados o

_____ e o _____, que atuam no controle da perda de água pela planta.

- a) periderme – estômato – câmbio
- b) epiderme – câmbio – espinho
- c) periderme – acúleo – tricoma
- d) protoderme – acúleo – espinho
- e) epiderme – estômato – tricoma

10. Unicamp-SP As substâncias orgânicas que nutrem as plantas são produzidas por meio da fotossíntese em células dotadas de cloroplastos, localizadas principalmente nas folhas. Nesse processo, que tem a luz como fonte de energia, moléculas de água (H₂O) e de gás carbônico (CO₂) reagem, originando moléculas orgânicas. As moléculas de água são absorvidas principalmente através da raiz, e o CO₂ através dos estômatos.

- a) A abertura dos estômatos depende de diversos fatores ambientais. Cite um fator ambiental que afeta a abertura estomática e explique como isso ocorre.
- b) Que processo permite que a planta utilize parte das substâncias orgânicas produzidas na fotossíntese como fonte de energia para suas células? Em que consiste esse processo?

11. Unicamp-SP 2015 Seca faz cidades do interior de SP decretarem emergência. A falta de água enfrentada pelo Sudeste do país tem feito cada vez mais cidades de São Paulo e de Minas Gerais adotarem o racionamento, para reduzir o consumo de água, ou decretarem estado de emergência. Além do desabastecimento, a seca tem prejudicado também setores como a agricultura, a indústria, a saúde e o turismo dessas cidades.

(Adaptado de <http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2014/07/07/seca-faz-cidades-do-interior-decretarem-emergencia.htm>. Acessado em 16/07/2014.)

A situação de seca citada na reportagem é determinada por mudanças no ciclo hidrológico, em que as plantas têm papel determinante, uma vez que representam uma fonte de vapor d'água para a atmosfera. Os vasos que conduzem a água das raízes até as folhas são os

- a) floemáticos e a transpiração ocorre pelos estômatos.
- b) floemáticos e a transpiração ocorre pelos tricomas.
- c) xilemáticos e a transpiração ocorre pelos tricomas.
- d) xilemáticos e a transpiração ocorre pelos estômatos.

12. Unesp

- a) Que semelhança existe entre os estômatos, as lenticelas e os pneumatódios?
- b) Qual a principal região da planta onde cada uma dessas estruturas é encontrada?

13. Enem 2013 O manguezal é um dos mais ricos ambientes do planeta, possui uma grande concentração de vida, sustentada por nutrientes trazidos dos rios e das folhas que caem das árvores. Por causa da quantidade de sedimentos — restos de plantas e outros organismos —

misturados à água salgada, o solo dos manguezais tem aparência de lama, mas dele resulta uma floresta exuberante capaz de sobreviver naquele solo lodoso e salgado.

NASCIMENTO, M. S. V. Disponível em: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 3 ago. 2011.

Para viverem em ambiente tão peculiar, as plantas dos manguezais apresentam adaptações, tais como

- a) folhas substituídas por espinhos, a fim de reduzir a perda de água para o ambiente.
- b) folhas grossas, que caem em períodos frios, a fim de reduzir a atividade metabólica.
- c) caules modificados, que armazenam água, a fim de suprir as plantas em períodos de seca.
- d) raízes desenvolvidas, que penetram profundamente no solo, em busca de água.
- e) raízes respiratórias ou pneumatóforas, que afloram do solo e absorvem o oxigênio diretamente do ar.

14. Fuvest-SP

- a) Relacione a abertura e o fechamento dos estômatos com o grau de turgor das células estomáticas.
- b) Por que é vantajoso para uma planta manter seus estômatos abertos durante o dia e fechados à noite?

15. Udesc 2013 Analise as proposições abaixo em relação aos estômatos da planta.

- I. Os estômatos estão localizados, principalmente, na epiderme inferior das folhas e são constituídos por duas células clorofiladas em forma de rim ou feijão, que são chamadas de células-guarda.
- II. Os fatores que estimulam a abertura e o fechamento dos estômatos são a luz, a concentração de gás carbônico, a concentração de íons e o grau de hidratação da planta.
- III. A absorção de água pelas células-guarda do estômato altera a sua forma e faz com que o espaço entre elas, chamado de ostíolo, se feche.
- IV. Os estômatos permitem a transpiração da planta e também a troca de gases com a atmosfera.

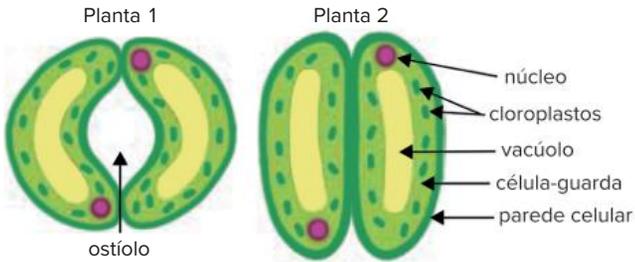
Assinale a alternativa correta.

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

16. UFSCar-SP Considere duas plantas, A e B, da mesma espécie, cada uma submetida a uma condição de luminosidade e de disponibilidade de água diferente. A planta A encontra-se em ambiente bem iluminado, com suprimento insuficiente de água no solo. A planta B encontra-se em um ambiente escuro, mas com abundante suprimento de água. O comportamento dos estômatos das plantas A e B, para as situações descritas, seria o de:

- a) abrir em ambas.
- b) fechar em ambas.
- c) abrir na planta A e fechar na planta B.
- d) fechar na planta A e abrir na planta B.
- e) permanecer inalterado em ambas.

17. **Uefs-BA 2018** Em um experimento, as plantas de soja 1 e 2 foram cultivadas em condições ambientais diferentes apenas em relação à luminosidade e à disponibilidade de água. A figura mostra um estômato da planta 1 e um estômato da planta 2.



(www.biologychamps.com. Adaptado.)

A comparação entre os estômatos das plantas 1 e 2 permite afirmar que

- a planta 1 foi cultivada em ambiente iluminado, com disponibilidade de água, e apresentou maior fluxo de seiva bruta.
- a planta 2 foi cultivada em ambiente iluminado, com disponibilidade de água, e apresentou menor fluxo de seiva bruta.
- a planta 1 foi cultivada em ambiente escuro, com escassez de água, e apresentou menor fluxo de seiva bruta.
- a planta 2 foi cultivada em ambiente escuro, com escassez de água, e apresentou maior fluxo de seiva bruta.
- a planta 1 foi cultivada em ambiente iluminado, com escassez de água, e apresentou maior fluxo de seiva bruta.

18. **UEM-PR 2016** Sobre o transporte de gases e a transpiração em vegetais vasculares, assinale o que for correto.

- Os revestimentos corporais que possibilitam a ocorrência de trocas gasosas entre o vegetal e o meio são a epiderme e o súber.
- A transpiração, perda de H_2O sob a forma de vapor, ocorre por meio de raízes do tipo pneumatóforo, principal órgão responsável por esse processo.
- Na ausência de luz ou na condição de alta concentração de CO_2 no exterior, as células-guarda perdem K^+ , diminuindo a pressão osmótica, com consequente perda de água.
- O processo de transpiração estomática faz com que algumas células das folhas percam água na forma de vapor, aumentando a concentração de solutos em relação às células vizinhas. Esse processo de perda de água é chamado osmose.
- Como as raízes perdem água por meio da transpiração, a concentração da solução no seu interior aumenta e, conseqüentemente, a pressão osmótica diminui.

Soma:

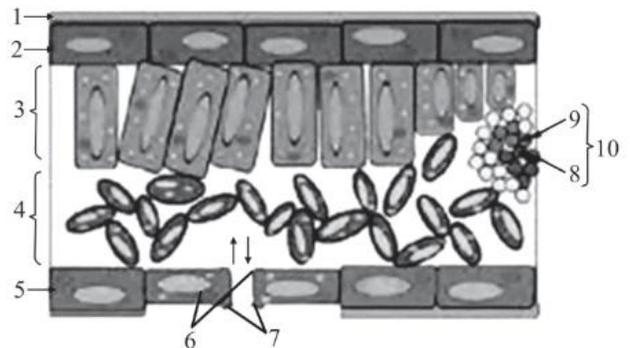
19. **Unesp** Nos vegetais, estômatos, xilema, floema e lenticelas têm suas funções relacionadas, respectivamente, a:

- trocas gasosas, transporte de água e sais minerais, transporte de substâncias orgânicas e trocas gasosas.
- trocas gasosas, transporte de substâncias orgânicas, transporte de água e sais minerais e trocas gasosas.
- trocas gasosas, transporte de substâncias orgânicas, transporte de água e sais minerais e transporte de sais.
- absorção de luz, transporte de água, transporte de sais minerais e trocas gasosas.
- absorção de compostos orgânicos, transporte de água e sais minerais, transporte de substâncias orgânicas e trocas gasosas.

20. **PUC-SP** O estômato é uma estrutura encontrada na epiderme foliar, constituída por duas células denominadas células-guarda. Estas absorvem água quando há grande concentração de íons potássio em seu interior, o que leva o estômato a se abrir. Se o suprimento de água na folha é baixo, ocorre saída de íons potássio das células-guarda para as células vizinhas e, nesse caso, as células-guarda tornam-se:

- flácidas, provocando o fechamento do estômato.
- flácidas, provocando a abertura do estômato.
- flácidas, não alterando o comportamento do estômato.
- túrgidas, provocando o fechamento do estômato.
- túrgidas, provocando a abertura do estômato.

21. **UEA-AM** A figura apresenta parte da folha de uma planta, vista em corte transversal.



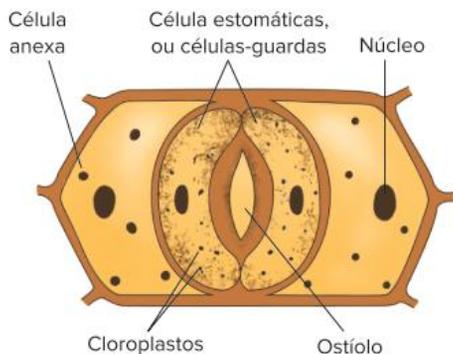
- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1 – Cutícula | 6 – Células-guarda |
| 2 – Epiderme superior | 7 – Estômatos |
| 3 – Parênquima paliçádico | 8 – Floema |
| 4 – Parênquima lacunoso | 9 – Xilema |
| 5 – Epiderme inferior | 10 – Feixe vascular |

Sobre a folha representada na figura, pode-se afirmar que pertence a uma planta

- aquática, cujas folhas flutuam sobre a água, como a vitória-régia, uma vez que apresenta estômatos na face inferior.
- de áreas sombreadas ou de penumbra, uma vez que não apresenta parênquimas clorofilados ou vasos transportadores de produtos da fotossíntese.
- de áreas onde não há restrição hídrica, uma vez que apresenta cutícula na face superior, estrutura responsável por favorecer a perda de água por evaporação.

- d) de regiões pantanosas, uma vez que apresenta parênquima paliçádico e parênquima lacunoso bastante desenvolvidos.
- e) de regiões áridas, uma vez que apresenta cutícula na face superior e estômatos na face inferior.

22. PUC-Rio A figura representa uma estrutura especial nas células vegetais chamada estômato.



L.C. Junqueira, J. Carneiro. *Histologia Básica*. RJ: Guanabara Koogan, 1980. (Adapt.).

Sua função principal no vegetal é:

- a) realizar respiração celular.
- b) realizar a fotossíntese.
- c) armazenar substâncias de reserva.
- d) eliminar resíduos nitrogenados tóxicos.
- e) controlar a entrada e saída de água e gases.

23. UFC-CE Escreva no espaço apropriado a soma dos itens corretos.

Nas folhas de algumas plantas que habitam as regiões áridas, os estômatos localizam-se, normalmente, na face inferior (abaxial) da lâmina foliar e dentro de criptas (depressões da epiderme), recobertas de pelos. Essas características são importantes porque:

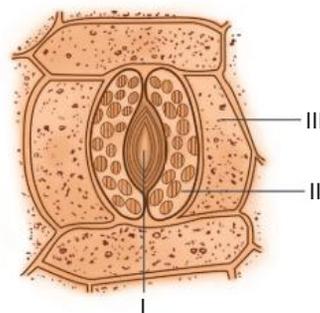
- 01** facilitam a eliminação de CO₂ proveniente da respiração celular.
- 02** diminuem a incidência direta da luz solar e de seu efeito no aquecimento dos estômatos, ocasionando, como consequência, um decréscimo na transpiração.
- 04** evitam o contato direto dos estômatos com o vento e o ar seco (baixa umidade relativa), reduzindo a velocidade de transpiração.

08 facilitam a absorção de oxigênio para a respiração celular.

16 dificultam a fotossíntese, porque diminuem a absorção de luz solar pelos estômatos.

Soma:

24. UFSC A figura a seguir representa, ao centro, o esquema de uma estrutura vegetal chamada estômato.



A respeito da estrutura e de seu papel fisiológico, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01** O funcionamento dos estômatos está associado aos mecanismos de transporte de seiva no vegetal.
- 02** A seta II da figura indica a presença de cloroplastos nas células estomáticas.
- 04** Os estômatos são estruturas encontradas em várias partes do vegetal, especialmente no caule.
- 08** A seta III indica as células-acessórias, ou subsidiárias; através delas ocorre a eliminação da água por transpiração para o exterior do vegetal.
- 16** Os estômatos são estruturas muito versáteis, participando inclusive dos mecanismos de defesa vegetal, pois podem produzir e eliminar substâncias tóxicas.
- 32** A seta I indica a abertura estomática que ocorre entre as células-guarda e por onde se realizam as trocas gasosas nos vegetais.
- 64** O funcionamento do estômato é controlado por fatores intracelulares, sendo independente de fatores externos como a luminosidade e a umidade.

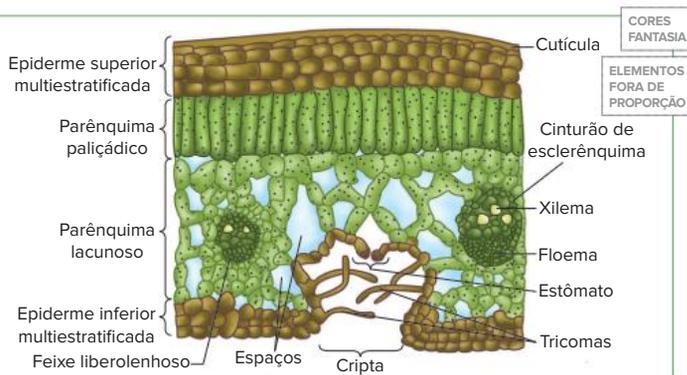
Soma:

Texto complementar

Estômatos e escassez de água

Plantas de regiões áridas, como os cactos, apresentam inúmeras adaptações à escassez de água, como a presença de cutícula impermeável mais espessa, **parênquima aquífero** e folhas modificadas em **espinhos**. Além disso, essas plantas têm estômatos presentes em depressões da epiderme conhecidas como **criptas**. Nessas depressões, há pelos (os **tricomatos**) que contribuem para a retenção de vapor de água, gerando uma atmosfera mais úmida do que a do ar circundante. Isso evita grande perda de água pela transpiração.

Epiderme pluriestratificada, tricomas para retenção de vapor e estômatos em criptas: adaptações de planta xerofítica a ambientes áridos.



Plantas como o cacto pertencem ao grupo das crassuláceas e apresentam o mecanismo de controle estomático conhecido como **metabolismo ácido das crassuláceas (MAC)**. Essas plantas fecham os estômatos durante o dia, o que é útil, pois isso permite-lhes poupar água, reduzindo sua transpiração. Durante a noite, ocorre a abertura de seus estômatos, permitindo a entrada de gás carbônico proveniente do ar. O CO₂ é armazenado na forma de **ácido málico**. Durante o dia, com a incidência de luz solar, o ácido málico é decomposto e libera gás carbônico, que é empregado na fotossíntese, sem que a planta fique sujeita a uma grande perda de água.



©Neumann | Dreamstime.com



©Illustrat | Dreamstime.com

Cactos mantêm os estômatos fechados durante o dia e abertos durante a noite; um importante mecanismo para plantas que vivem em regiões áridas.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Revestimentos

Os tecidos de revestimento na planta têm como funções: **recobri-la, protegê-la** da desidratação e de lesões e realizar as **trocas gasosas** com o meio circundante, garantindo à planta condições necessárias à respiração, à transpiração e à fotossíntese. Outras funções também podem ser atribuídas à epiderme, como o controle térmico da planta, a secreção de substâncias, a absorção de água pelas raízes e o **acúmulo de pigmentos**, diferenciando pétalas de muitas flores, caules e mesmo folhas. Uma planta pode apresentar dois tipos de tecidos de revestimento: **epiderme** e **súber**.

- **Epiderme:** tecido fino, constituído por células vivas; recobre folhas, flores, frutos, sementes, caules e raízes jovens. Possui como características:
 - células normalmente **acolorofiladas** e dispostas em uma **única camada** (pode apresentar mais de uma camada de células: **pluriestratificada**).
 - células achatadas e com paredes laterais onduladas, que proporcionam maior aderência entre elas.
 - cutícula impermeável (de cutina), ou cera, que recobre partes do vegetal sujeitas à desidratação, como caules e folhas. A cutícula diminui a perda de água na forma de vapor, inibindo as trocas gasosas através da epiderme.
- Estruturas anexas à epiderme:
 - **Pelos:** há diversos tipos, como os pelos absorventes das raízes.
 - **Tricomas:** pelos que podem contribuir para a retenção de vapor de água na superfície do vegetal, como em folhas de violetas. Podem também ter função secretora como nas folhas de urtiga.
 - **Acúleos:** estruturas pontiagudas, constituídas por acúmulos de células epidérmicas, recobertas por grande quantidade de cutina. Têm função protetora contra animais. Diferentes dos espinhos, que correspondem a modificações de folhas (como no cacto) ou de ramos (como no limoeiro).
 - **Estômatos:** células epidérmicas modificadas que atuam nas trocas gasosas entre a planta e o meio externo. São essenciais para a nutrição da planta, já que estão diretamente relacionados ao processo de fotossíntese.

- **Súber:** é o revestimento de caules e raízes que apresentam crescimento em circunferência. Tem as seguintes características:
 - é um tecido formado por células mortas e com maior espessura que a epiderme.
 - as células têm parede celular impermeável, rica em **súberina**. Seu interior, ocupado de ar, permite ao súber desempenhar papel como isolante térmico da planta.
 - é formado pela atividade de um meristema secundário chamado **felogênio**.
- **Felogênio:** produz **súber** para o lado de fora do caule (ou da raiz) e **feloderme** para o lado de dentro. Súber, felogênio e feloderme constituem a periderme.
- A superfície do súber pode apresentar **lenticelas**, fendas no tecido através das quais ocorrem trocas gasosas com o ar. Nas raízes respiratórias de plantas de manguezais, há um tipo de lenticela denominado **pneumatódio**.

Trocas gasosas

As trocas gasosas incluem a **perda de vapor de água** e a **entrada** e a **saída de gás carbônico e oxigênio** da planta. As trocas gasosas efetuadas com o ar podem ocorrer também através da epiderme, mas são realizadas em grande parte através dos estômatos.

Estômatos: a folha pode ter estômatos na epiderme inferior (**folha hipostomática**), na epiderme superior (**folha epistomática**) ou nas duas faces (**folha anfistomática**).

- **Estrutura:** constituídos por duas células chamadas **células-guarda (estomáticas)**, que são dotadas de cloroplastos e de parede celular com pontos reforçados com filamentos de celulose.
 - **Ostíolo:** fenda formada com a abertura dos estômatos, através da qual se processam as trocas gasosas.
 - **Células anexas (ou subsidiárias):** localizadas ao lado das células estomáticas, sendo acolorofiladas; contribuem com o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, trocando íons potássio e água com as células estomáticas.

- **Funcionamento:** o mecanismo de funcionamento está ligado às variações no teor de água (turgescência) e ao teor de íons, por meio de dois mecanismos:

- **mecanismo hidroativo:** quando as células estomáticas ganham água das células anexas, seu volume aumenta e elas tornam-se túrgidas. Com isso, a célula abre a fenda estomática (ostíolo). Com pouca água, as células estomáticas perdem volume e suas paredes vizinhas aproximam-se, determinando seu fechamento. Com redução no abastecimento de água pelas raízes, há o fechamento estomático, evitando perda de vapor pelas folhas (adaptação à dessecação).
- **mecanismo fotoativo:** a presença de luz determina o transporte ativo de íons potássio das células subsidiárias para as células estomáticas. Com a elevação de concentração da célula estomática, ocorre entrada de água por osmose; assim, as células estomáticas ficam túrgidas e ocorre a abertura do estômato. No escuro, não se dá o transporte ativo de potássio e ocorre o fechamento dos estômatos.

Outros fatores que estão ligados à abertura e ao fechamento de estômatos são:

- **concentração de gás carbônico:** o aumento da concentração de gás carbônico no ar favorece a realização de fotossíntese, ativando a abertura dos estômatos. Porém, concentrações muito elevadas de CO_2 podem se tornar tóxicas para a planta, e isso desencadeia o fechamento de estômatos.
- **temperatura:** temperaturas elevadas promovem aumento da atividade metabólica das células da planta, elevando o processo de transporte ativo de íons para as células estomáticas e provocando sua abertura. Temperaturas muito altas têm repercussão sobre a atividade enzimática, que decai. Isso afeta o transporte ativo de

potássio para o interior das células estomáticas, o que determina o fechamento dos estômatos.

Transpiração: é a perda de vapor de água proveniente da evaporação para o ar (por difusão), que ocorre através da cutícula (**transpiração cuticular**) e dos estômatos (**transpiração estomática**). Para haver transpiração, o ar atmosférico deve estar mais seco que o ar do interior da folha.

A transpiração pode representar uma grande perda de água pela planta, mas pode ser vantajosa pelo fato de contribuir para a sua regulação térmica. Ela também colabora para a movimentação de seiva bruta no interior do xilema.

Muitos experimentos podem ser realizados para comprovar e observar a transpiração de uma planta:

- **envolver folhas de uma planta com saco plástico transparente,** que ficará com a face interna recoberta por gotículas de água, resultantes da transpiração.
- **vestir o vaso da planta com um material impermeável** que impeça a perda de vapor pela parede do vaso e pela terra; assim, se houver perda de vapor, ocorrerá apenas pela planta através da transpiração. Ao colocar o conjunto constituído pelo vaso e pela planta em uma balança de sensibilidade elevada, ele apresentará redução de massa.
- **medir a água consumida pela planta em um potômetro:** o tubo graduado demonstrará diminuição de volume à medida que a planta transpira, pois está havendo absorção pelas raízes.
- **construir uma curva de fechamento estomático,** através da pesagem de uma folha de planta cortada, em intervalos regulares de tempo. Como resultado, a folha exibe uma variação de massa acentuada após os primeiros intervalos (perda de água através da transpiração intensa no início, quando os estômatos estão abertos), e, posteriormente, a variação da massa passa a ser constante (a folha passa a ter transpiração somente cuticular).

Quer saber mais?



Site

http://www.cientic.com/tema_plantas_pp3.htm

(Acesso em: 4 jan. 2021).

Panorama explicativo dos tecidos e das estruturas vegetais.

Exercícios complementares

1. **Unifesp 2020** Dois ecólogos viram um toco de árvore que, à primeira vista, parecia estar morto, porém, notaram que ele estava vivo. Intrigados, os cientistas instalaram no toco e em uma árvore ao lado instrumentos para medir o fluxo de água. Os resultados mostraram que o funcionamento das duas plantas estava intimamente interligado. Nos dias de sol, a árvore absorvia água do solo, enquanto o toco permanecia dormente. À noite, era o toco que se hidratava, e a árvore não absorvia mais água. Ao que tudo indica, a fusão de várias raízes criou um verdadeiro sistema de encanamento compartilhado no solo daquela floresta.

(A. J. Oliveira. “O toco de árvore que se recusa a morrer”. <https://super.abril.com.br>, 29.07.2019. Adaptado.)

- a) Durante a noite, como se apresentavam os ostíolos dos estômatos nas folhas da árvore? Qual a consequência desse comportamento dos ostíolos

em relação ao fluxo de dióxido de carbono da atmosfera para o mesófilo?

- b) Em qual tecido vegetal os ecólogos mediram o fluxo de água presente no toco e na árvore? Por que somente a hidratação não justifica o toco estar vivo?

2. **Unesp 2018** Analise as imagens de uma mesma planta sob as mesmas condições de luminosidade e sob condições hídricas distintas.

Condição 1:
planta sob restrição hídrica



Condição 2:
planta irrigada



Os estômatos desta planta estão

- abertos na condição 1, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células-guarda para as células acessórias, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- fechados na condição 2, pois há redução na troca de íons K^+ entre as células acessórias e as células-guarda, mantendo a turgidez de ambas.
- abertos na condição 2, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células-guarda para as células acessórias, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- fechados na condição 1, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células acessórias para o interior das células-guarda, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- abertos na condição 2, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células acessórias para o interior das células-guarda, resultando na turgidez destas últimas.

- 3. Unesp 2022** A disposição e a distribuição dos estômatos nas folhas são adaptações das espécies vegetais aos ambientes onde ocorrem. Os estômatos podem estar dispostos em ambas as faces da folha ou em apenas uma delas. Quando são encontrados nas duas faces, a folha é chamada de anfiestomática; quando são encontrados apenas na face abaxial (inferior), a folha é hipoestomática; e quando estão presentes apenas na face adaxial (superior), a folha é epiestomática. A figura 1 apresenta a salvinia (*Salvinia auriculata*), uma planta aquática cujas folhas flutuam sobre as águas. A figura 2 apresenta um pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), espécie vegetal arbórea de ambientes quentes e de baixa pluviosidade. E a figura 3 apresenta exemplares de bromélia (*Quesnelia testudo*), espécie vegetal adaptada a ambientes úmidos e de alta pluviosidade.

Figura 1



(<http://www.plantsoftheworldonline.org>)

Figura 2



(<http://www.naturezapura123.blogspot.com>)

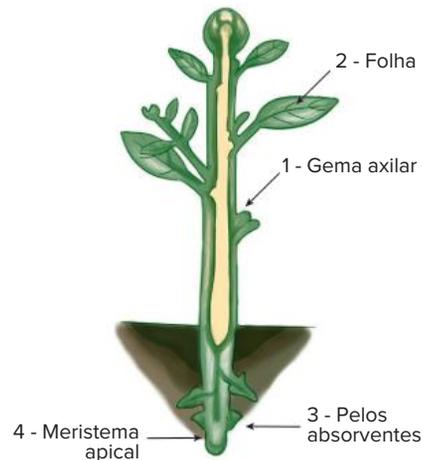
Figura 3



(<http://faunaeflorauna.blogspot.com>)

As figuras que representam as espécies anfiestomática, hipoestomática e epiestomática estão corretamente relacionadas a seus respectivos biomas em:

- 3 - Caatinga, 1 - Pantanal e 2 - Cerrado.
 - 1 - Amazônia, 2 - Cerrado e 3 - Mata Atlântica.
 - 3 - Mata Atlântica, 2 - Cerrado e 1 - Pantanal.
 - 1 - Pantanal, 3 - Amazônia e 2 - Caatinga.
 - 2 - Amazônia, 1 - Mata Atlântica e 3 - Caatinga.
- 4. UFU-MG** O esquema a seguir representa a organização básica de uma angiosperma. Observe as quatro estruturas assinaladas com os números 1, 2, 3 e 4.



Fonte: C. J. Silva e S. Sasson. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2002. v. 1. (Adapt.)

Assinale a alternativa que indica corretamente, para cada estrutura numerada, uma de suas funções ou uma de suas características morfológicas.

- 1 – formada por tecidos meristemáticos; 2 – pode ser transformada em espinho; 3 – protegem o ápice da raiz; 4 – tecido de reserva.
 - 1 – protege o meristema apical; 2 – geralmente clorofilada; 3 – responsáveis pela sustentação da planta; 4 – região de intensa divisão celular.
 - 1 – origina os ramos laterais; 2 – possui tecidos fotossintetizantes; 3 – são células epidérmicas; 4 – responsável pelo crescimento do órgão.
 - 1 – formada por tecidos meristemáticos; 2 – responsável pela formação das flores; 3 – são células epidérmicas; 4 – captação de água e nutrientes do solo.
- 5. UFJF-MG 2020** As plantas são encontradas em diferentes regiões do planeta Terra, e apresentam características que permitem a sua sobrevivência em diferentes condições de temperatura, luminosidade, além de disponibilidade hídrica e nutricional do solo.

A tabela abaixo apresenta quatro plantas hipotéticas e, para cada uma, há uma sequência de características anatômicas:

Planta	Espessura da cutícula	Tipo de parênquima	Estômatos	
			Quantidade	Localização
1	fina	amilífero	ausentes	-
2	espessa	aquífero	numerosos	face abaxial (inferior) da folha
3	fina	aerífero	poucos	face adaxial (superior) da folha
4	espessa	amilífero	numerosos	ambas as faces da folha

a) Considerando as informações da tabela, qual das plantas apresenta o conjunto de características que tornariam suas folhas mais adaptadas a um ambiente xérico? Explique como cada uma das características, destacadas pela planta indicada, estaria relacionada às condições de alta incidência dos raios solares promovendo altas temperaturas e baixa umidade (períodos de seca prolongados intercalados por um período de chuva muito curto), próprias desse tipo de ambiente ao qual essas folhas estariam expostas.

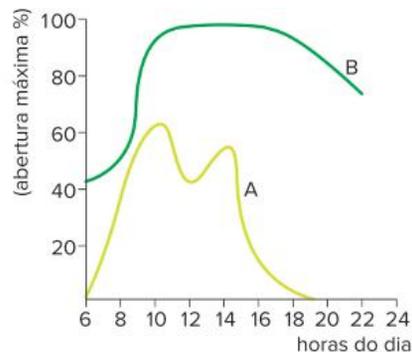
b) A raiz da cenoura, da beterraba e da batata-doce são órgãos vegetativos que estão relacionados à absorção e reserva de nutrientes. Analisando as informações da tabela, indique quais as características anatômicas, relacionadas à espessura da cutícula, ao tipo de parênquima e à quantidade de estômatos seriam encontradas nessas raízes. Explique como cada uma das características indicadas se aplicaria à descrição do órgão da planta (raiz subterrânea) e da função (reserva).

6. **PUC-Campinas** As folhas da carnaubeira, palmeira característica de algumas áreas da caatinga, são revestidas por uma espessa camada de cera. Outras plantas da mesma região também apresentam essa característica, considerada uma adaptação para:

- impedir ataques de insetos.
- atrair polinizadores.
- diminuir a perda de água.
- otimizar a respiração.
- aumentar processos de gutação.

7. **Uerj 2017** Os estômatos são estruturas encontradas na maioria dos órgãos aéreos dos vegetais. Situados na epiderme, são formados por duas células-guarda que controlam a abertura de um orifício, o ostíolo. Eles desempenham papel fundamental na fotossíntese, pois permitem as trocas gasosas no vegetal.

A abertura dos estômatos de duas espécies vegetais, A e B, foi monitorada em duas condições: uma das espécies foi mantida em ambiente quente e seco; a outra em ambiente quente e úmido. Observe, no gráfico, a porcentagem máxima de abertura dos estômatos verificada ao longo de um dia:



Adaptado de HELLER et al. *Physiologie végétale*, I. Nutrition. Paris: Dunod, 2004

Identifique a espécie mantida em ambiente quente e úmido. Justifique sua resposta.

Indique se a concentração de íons potássio no interior das células-guarda da espécie A será maior ou menor em comparação à da espécie B, às 12 horas. Justifique sua resposta.

8. **Fuvest-SP** Qual a alternativa que indica a sequência que leva ao fechamento dos estômatos?

- Concentração do suco vacuolar – AUMENTA; pressão osmótica do vacúolo – AUMENTA; movimento da água na célula estomática – ABSORVE.
- Concentração do suco vacuolar – AUMENTA; pressão osmótica do vacúolo – AUMENTA; movimento da água na célula estomática – ELIMINA.
- Concentração do suco vacuolar – AUMENTA; pressão osmótica do vacúolo – DIMINUI; movimento da água na célula estomática – ABSORVE.
- Concentração do suco vacuolar – DIMINUI; pressão osmótica do vacúolo – DIMINUI; movimento da água na célula estomática – ELIMINA.
- Concentração do suco vacuolar – DIMINUI; pressão osmótica do vacúolo – AUMENTA; movimento da água na célula estomática – ABSORVE.

9. **Unesp** Durante o mecanismo de abertura dos estômatos, verifica-se a ocorrência de:

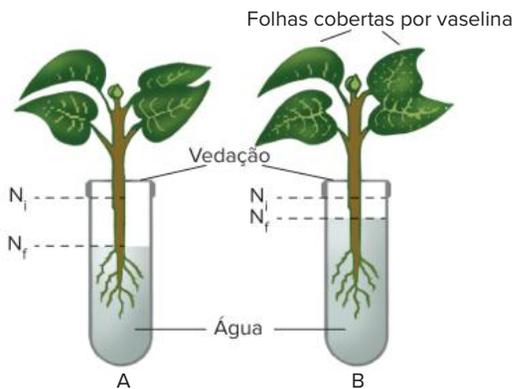
- diminuição da fotossíntese, devido à produção de CO_2 .
- saída de água do interior das células-guardas.
- entrada de íons K^+ no interior das células-guardas.
- plasmólise e diminuição da turgescência das células-guardas.
- Transformação de açúcares em amido pela fosforilação.

10. **UFRGS** As crassuláceas e as cactáceas são plantas muito bem adaptadas ao seu ambiente, onde há alta luminosidade, grandes amplitudes térmicas e baixa umidade. Entre as suas adaptações, encontramos uma interessante maneira de acumular CO_2 durante a noite para utilizá-lo durante o dia como substrato da fotossíntese.

Com base nas características dessas plantas e de seu habitat, podemos afirmar que este mecanismo é eficiente porque permite que os estômatos fiquem:

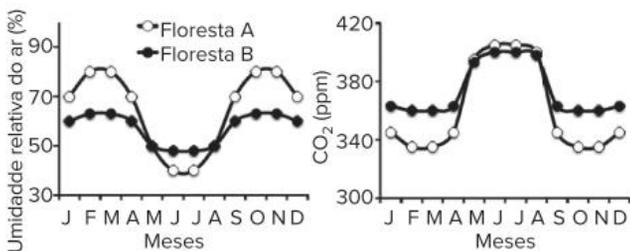
- a) fechados durante o dia, sem prejudicar a captação de CO_2 , evitando a perda hídrica.
- b) abertos durante o dia, sem a perda de CO_2 pelo calor e permitindo à planta captar um pouco da baixa umidade existente no ar.
- c) abertos dia e noite, havendo, assim, captação de CO_2 durante a noite e de luz durante o dia para a realização da fotossíntese.
- d) abertos durante a noite, para que a planta possa se livrar do excesso de água retirada do solo sem ser danificada por animais em busca de água.
- e) fechados durante o dia, evitando, assim, uma perda de O_2 , o que seria muito prejudicial para as plantas em condições de clima tão drásticas.

11. Fuvest-SP O esquema representa um experimento em que plantas foram colocadas em tubos, com igual quantidade de água, devidamente vedados para evitar a evaporação. A planta do tubo A foi mantida intacta, a do tubo B teve suas folhas totalmente cobertas por uma camada de vaselina. Cada tubo mostra o nível da água no início do experimento (N_i) e no final (N_f).



- a) Por que os níveis da água ficaram diferentes nos tubos A e B?
- b) Que estruturas da epiderme foliar tiveram seu funcionamento afetado pela vaselina?
- c) Qual o papel dessas estruturas da epiderme para que a planta realize fotossíntese?

12. Unicamp-SP 2018 Plantas têm papel crucial na ciclagem de carbono e de água no ambiente, captando e liberando o gás carbônico atmosférico e transferindo água do solo para o ar. Os gráficos abaixo representam padrões anuais de variação nas concentrações de vapor d'água do ar e de gás carbônico em regiões ocupadas por duas florestas tropicais distintas, A e B.

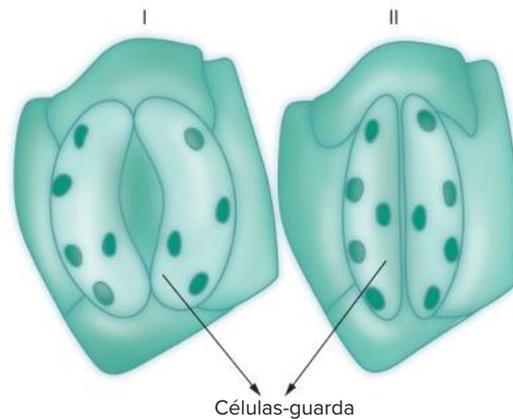


As variações mostradas ocorrem como consequência da presença das florestas. A precipitação nas duas

áreas ocorre no período quente do ano (setembro a abril). Além disso, a concentração de CO_2 atmosférico seria de 380 ppm se não houvesse cobertura vegetal.

- a) Considerando que a transpiração tem relação direta com o consumo hídrico, qual das duas florestas tem maior dependência de disponibilidade de água? Considerando que a fotossíntese e a respiração determinam o padrão anual de variação de CO_2 , qual das duas florestas tem maior produção anual de biomassa? Justifique suas respostas.
- b) Em um cenário de redução no regime de chuvas, o que aconteceria com as concentrações de vapor de água do ar e de CO_2 nas regiões ocupadas pelas florestas? Justifique sua resposta.

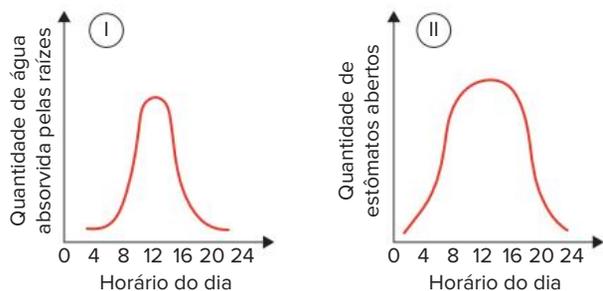
13. UFG-GO Os estômatos I e II, representados a seguir, foram desenhados com base na observação microscópica da epiderme inferior de folhas da mesma espécie vegetal coletadas durante o dia e submetidas a diferentes regimes de irrigação.

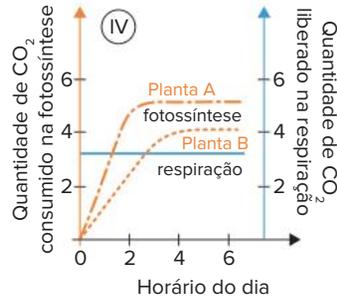
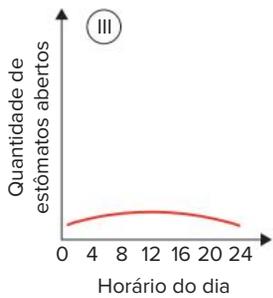


Considerando-se que a disponibilidade de água para a planta foi a única condição ambiental que variou, pode-se concluir que será maior a:

- a) resistência estomática em I.
- b) taxa fotossintética em I.
- c) disponibilidade de água em II.
- d) taxa respiratória em II.
- e) absorção de água em II.

14. Fuvest-SP 2020 Analise os gráficos relativos ao comportamento de plantas sujeitas a diferentes condições ambientais:



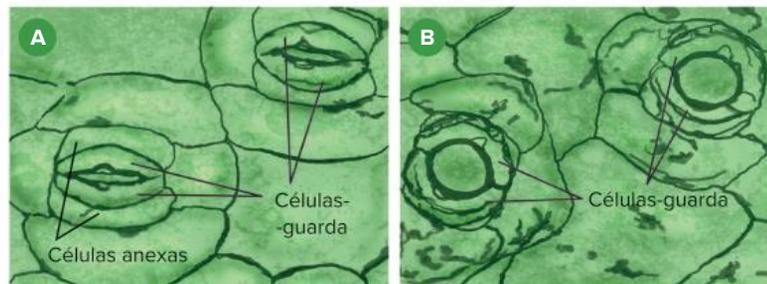


- Em relação ao gráfico I, em que horário aproximado do dia se espera maior quantidade de estômatos abertos?
- Considerando os gráficos II e III, como representativos de indivíduos da mesma espécie, indique aquele associado a plantas em estresse hídrico e aquele associado à maior taxa de fotossíntese no período de maior luminosidade.
- Pela análise do gráfico IV, qual planta cresce melhor na sombra? Qual é a intensidade mínima de luz, aproximadamente, para que a planta B consuma mais CO_2 do que produza?

BNCC em foco

EM13CNT202 e EM13CNT301

- Observe as ilustrações a seguir.



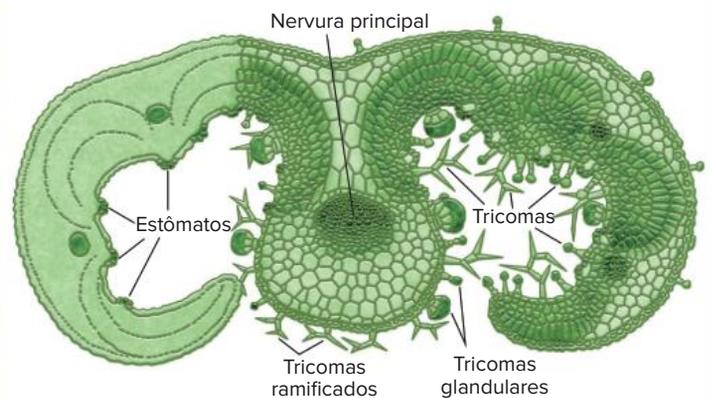
Elaborado com base em: Bresinsky, A. et al. *Tratado de botânica de Strassburger*. Porto Alegre: Artmed, 2012, p. 136.

As duas ilustrações (A e B) correspondem a cortes na folha de uma planta herbácea, a trapoeiraba (*Commelina communis*), colocados em meios diferentes:

- em A, o tecido vegetal foi mergulhado em uma solução de sacarose relativamente concentrada;
 - em B, o tecido vegetal foi mergulhado em água.
- Considere o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos na natureza e explique os fenômenos observados em A e em B. (Dica: compare os meios em que foram colocados os tecidos.)
 - Na natureza, qual é a importância desse mecanismo para a sobrevivência da planta? Explique sua resposta.

EM13CNT202 e EM13CNT301

- Na epiderme de uma folha podem ser encontradas diferentes estruturas anexas, como ocorre, por exemplo, nas folhas do alecrim (*Rosmarinus officinalis*).



Modificada de: Rawitscher, F. *Elementos básicos de botânica*. São Paulo: Nacional, 1979.

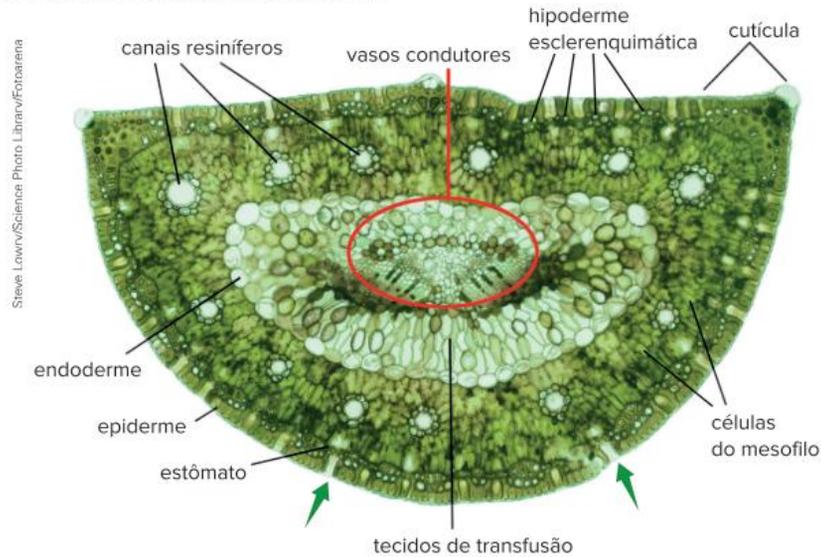
Planta do alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e, à direita, ilustração mostrando corte transversal de uma folha dessa espécie, visto ao microscópio.

Além dos estômatos, a epiderme de uma folha de alecrim apresenta algumas estruturas anexas, os tricomas, que podem ser de dois tipos: glandulares e ramificados (não glandulares), como mostra a ilustração da página anterior. Em determinadas situações, quando o ar do ambiente está mais seco, as folhas da planta podem perder água e sofrer leve enrolamento, como mostra a ilustração.

A folha do alecrim pode ser considerada um bom exemplo de adaptação às condições ambientais? Explique sua resposta.

EM13CNT202 e EM13CNT301

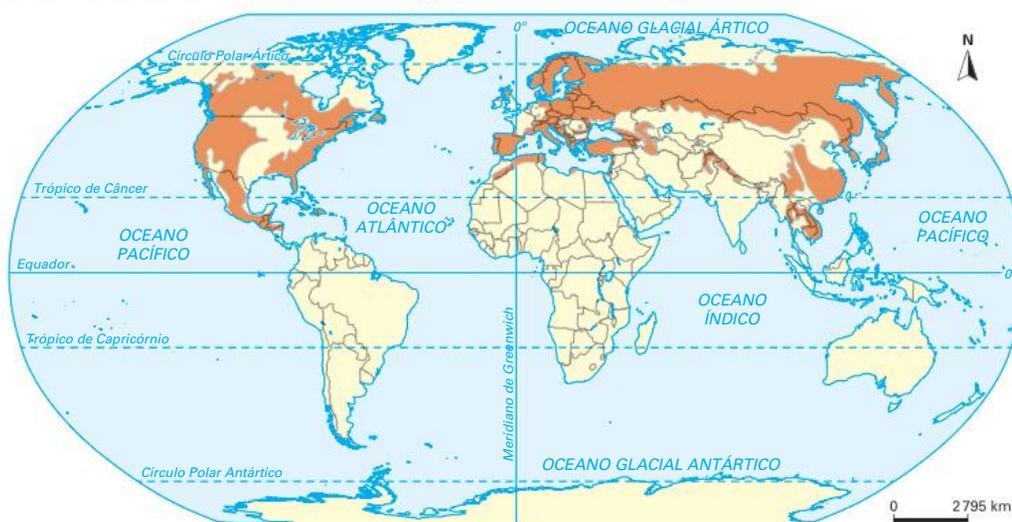
3. Nas gimnospermas conhecidas genericamente como pinheiros (*Pinus* spp.), as folhas têm formato acicular, como mostra a imagem a seguir, de um corte transversal em uma folha.



Corte transversal em uma folha de pinheiro (*Pinus* sp.) ao microscópio de luz; aumento de cerca de 100 vezes.

Na imagem, podem ser vistas algumas estruturas da folha: a cutícula, revestindo toda a epiderme (linha fina em verde-claro); abaixo dela, a epiderme; abaixo desta, a hipoderme esclerenquimática, formada de células de paredes espessadas; os estômatos, no interior de cavidades (duas estão indicadas pelas setas); as células do mesofilo, encaixadas umas nas outras, como as pedras de um quebra-cabeças, praticamente sem espaço entre elas; os feixes de vasos condutores; doze canais resiníferos.

- O tecido de transfusão, localizado entre a endoderme e os feixes vasculares, faz o transporte de substâncias entre estes e as células do mesofilo. Cite as funções (resumidamente) das outras estruturas em destaque no texto.
- O mapa a seguir mostra a ampla área de distribuição dessas gimnospermas (*Pinus* spp.) no hemisfério norte, ambiente natural dos pinheiros, onde esse grupo parece ter se originado.



Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus_range.png. Acesso em: 11 fev. 2022.

Distribuição geográfica das gimnospermas do gênero *Pinus*.

Considere as condições climáticas, especialmente durante o inverno, das áreas destacadas no mapa (em laranja) e explique as adaptações contra a perda de água observadas nas folhas de *Pinus*.



Médica examinando uma paciente. Realizar acompanhamento médico regularmente é um hábito que ajuda na manutenção da saúde.

FRENTE 3

CAPÍTULO

8

Circulação e imunidade

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), as doenças cardiovasculares configuram-se como a principal causa de morte em todo o mundo nos últimos 20 anos, e os números vêm crescendo: no ano 2000, foram mais de 2 milhões de mortes, enquanto em 2019 foram quase 9 milhões, representando cerca de 16% do total de mortes por todas as causas. O conhecimento sobre o sistema cardiovascular e os fatores de risco para doenças que o afetam pode contribuir com a prevenção de muitas enfermidades e resultar em diminuição desse elevado número de mortes.

Sistema cardiovascular

O principal papel desempenhado pelo sistema cardiovascular é o **transporte de materiais**, a exemplo dos nutrientes provenientes da absorção realizada pelo sistema digestório, dos hormônios produzidos pelas glândulas endócrinas, de gases, como O_2 e CO_2 , e de resíduos metabólicos. O sistema cardiovascular também participa da defesa do organismo e do controle da temperatura corporal.

Saiba mais

Como o sistema cardiovascular contribui com o controle da temperatura corporal?

Quando a temperatura do ambiente está baixa, a tendência é de que o corpo perca grande quantidade de calor, expondo o organismo ao risco de hipotermia. Nessa situação, vasos sanguíneos localizados mais próximos da superfície corporal sofrem contração, diminuindo o fluxo sanguíneo na periferia do corpo e, conseqüentemente, a dissipação de calor. Em situações nas quais a temperatura do ambiente é alta, vasos sanguíneos periféricos dilatam; com isso, há aumento de fluxo sanguíneo próximo à superfície corporal, resultando em aumento da dissipação de calor para o meio externo. Esse comportamento do sistema cardiovascular tem conseqüências para a pressão arterial. Quando há vasocontração, o volume total dos vasos pelos quais o sangue circula diminui, levando ao aumento da pressão arterial. Já quando acontece vasodilatação, verificamos uma situação oposta: o volume total dos vasos aumenta, ocasionando queda da pressão arterial.

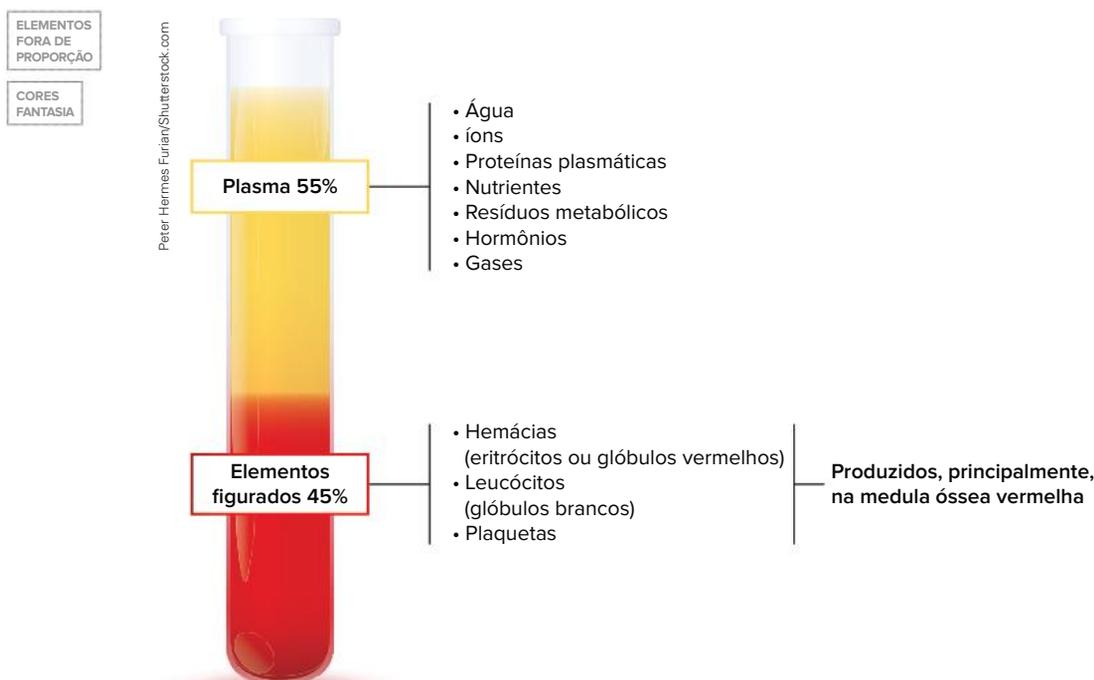
Os principais componentes do sistema cardiovascular são o sangue, os vasos sanguíneos e o coração, que serão descritos a seguir. Uma porção circulatória importante corresponde ao sistema linfático, que será apresentado mais adiante neste capítulo.

Sangue

O sangue corresponde a um tipo de tecido conjuntivo formado, basicamente, por duas porções: **plasma e elementos figurados** – hemácias (eritrócitos ou glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos) e plaquetas.

O plasma corresponde à matriz líquida, com aproximadamente 90% de água, na qual os elementos figurados encontram-se suspensos. No plasma são encontrados muitos íons dissolvidos (sódio, potássio, cloreto, bicarbonato, cálcio etc.), proteínas plasmáticas (como as imunoglobulinas, que constituem os anticorpos), nutrientes (como glicose e vitaminas), resíduos metabólicos, hormônios e gases.

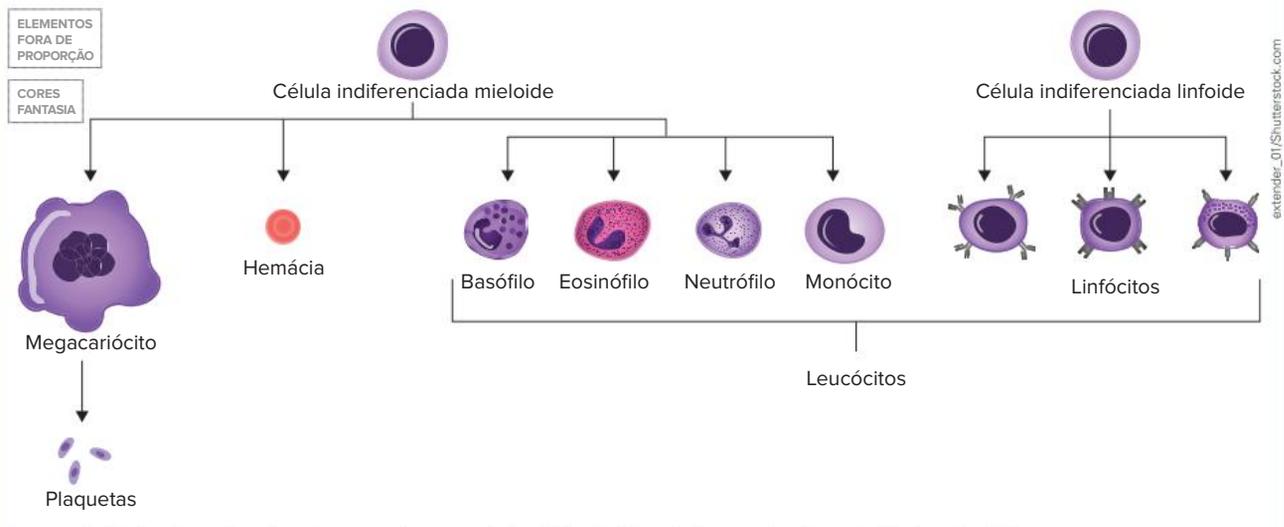
A produção dos elementos figurados ocorre principalmente na **medula óssea vermelha**, rica em **tecido hematopoiético** e encontrada no interior de certos ossos. Nesse tecido, são encontradas células-tronco multipotentes, a partir das quais os elementos figurados são formados.



Quando o sangue é submetido à centrifugação, o plasma e os elementos figurados são separados. O plasma corresponde a aproximadamente 55% do volume sanguíneo, enquanto os elementos figurados perfazem cerca de 45% do volume de sangue de uma pessoa. O volume médio de sangue em uma pessoa adulta corresponde a cerca de 8% da massa corporal. Considerando uma pessoa com 70 kg, estima-se que ela tenha entre 5 L e 6 L de sangue.

Saiba mais

Células-tronco multipotentes são aquelas que têm a capacidade de gerar um número limitado de células especializadas, diferentemente das células-tronco embrionárias pluripotentes, a partir das quais podem ser formados os três folhetos embrionários (endoderme, mesoderme, ectoderme), que darão origem a todos os outros tecidos do organismo.



Representação da origem dos elementos sanguíneos a partir de células indiferenciadas encontradas no tecido hematopoiético.

Hemácias

Também denominadas **eritrócitos** ou **glóbulos vermelhos**, as hemácias são formadas a partir de células presentes no tecido hematopoiético chamadas **eritroblastos**. Nos mamíferos, a formação de uma hemácia a partir de um eritroblasto envolve a perda do núcleo e das organelas citoplasmáticas, resultando em uma célula anucleada e bicôncava. No interior de uma hemácia madura é encontrada grande quantidade de **hemoglobina**, pigmento respiratório proteico associado a átomos de ferro, o que faz das hemácias células especializadas no transporte de gases, sobretudo o O_2 .

A ausência de núcleo potencializa a capacidade que as hemácias de mamíferos têm de transportar O_2 , uma vez que há mais espaço na célula para a hemoglobina. Já a ausência de mitocôndrias revela que não há consumo do O_2 durante o transporte. Contudo, devido à perda do núcleo, as hemácias maduras não podem sintetizar suas proteínas, tampouco desempenhar controle metabólico. Consequentemente, são células que duram relativamente pouco tempo na circulação, de **90 a 120 dias**. Hemácias velhas são destruídas, principalmente no fígado e no baço, e os resíduos de degradação das moléculas de hemoglobina podem ser reaproveitados. O ferro é usado na produção de novas cadeias de hemoglobina e o restante da molécula é metabolizado em um composto denominado **bilirrubina**, pigmento que fará parte da bile.



Representação de hemácias circulando por um vaso sanguíneo.

A quantidade de hemácias no sangue de uma pessoa saudável pode variar de acordo com alguns parâmetros, como o sexo biológico. Porém, de acordo com os valores de referência encontrados na literatura médica, em geral, há cerca de **4 milhões a 6 milhões** de hemácias por mm^3 de sangue.

Existem situações nas quais esses valores podem ser alterados. Por exemplo, quando uma pessoa viaja para uma região de **elevada altitude**, onde o ar é rarefeito e, portanto, tem menor pressão parcial de O_2 , a concentração desse gás em seu sangue torna-se baixa. Nos primeiros dias, em decorrência da menor oxigenação, a pessoa pode sentir-se mal, apresentando, entre outros sintomas, dor de cabeça e bastante cansaço. No entanto, o organismo responde à redução da taxa de oxigenação, aumentando a produção de hemácias (policitemia) e melhorando o transporte de gás oxigênio. Esse fenômeno corresponde a um processo de **aclimatação**.

Há também situações nas quais a quantidade de hemácias diminui, como nos quadros de **anemia**, prejudicando o transporte de O_2 e os processos de liberação de energia, o que resulta em um quadro de cansaço e palidez típico. Vale salientar que a anemia também pode ser caracterizada pela redução do teor de hemoglobina.

Saiba mais

Eritropoietina

A produção de hemácias é estimulada por um hormônio produzido pelos rins, denominado eritropoietina (EPO). A liberação desse hormônio aumenta em situações nas quais os tecidos não estão recebendo O_2 em quantidade suficiente. Atualmente, por meio do uso da tecnologia do DNA recombinante, é possível produzir EPO em culturas de células em laboratório. A eritropoietina recombinante pode ser usada no tratamento da anemia.

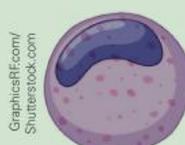
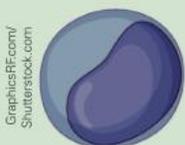
O fato de a EPO estimular a produção de hemácias e, conseqüentemente, melhorar o transporte de O_2 , pode instigar atletas a fazerem uso desse hormônio com o objetivo de aumentar seu desempenho nas competições esportivas; contudo, atualmente, o uso da EPO é considerado *doping*.

Leucócitos

Também conhecidos como **glóbulos brancos**, os leucócitos são células nucleadas que atuam na defesa do corpo. Dessa forma, os leucócitos têm participação importante no funcionamento do sistema imunitário, que será discutido mais adiante neste capítulo.

Os leucócitos podem ser classificados em **granulócitos** e **agranulócitos**. Os granulócitos possuem núcleo lobulado e citoplasma rico em grânulos que contêm substâncias importantes à atividade dessas células. Os agranulócitos não apresentam granulação evidente em seu citoplasma. O quadro a seguir apresenta exemplos de granulócitos e agranulócitos, bem como as principais funções desempenhadas por eles.

CORES FANTASIA
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

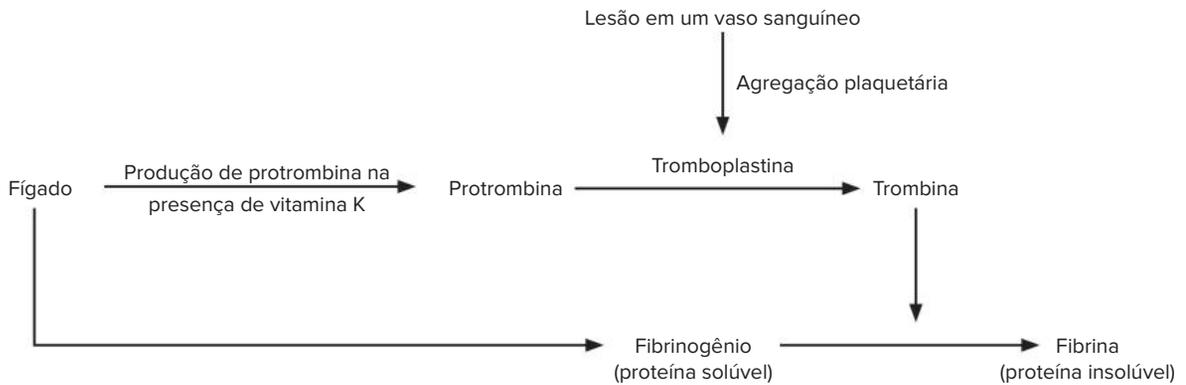
Granulócitos		Neutrófilo	Realiza fagocitose de agentes invasores, como bactérias e vírus, protegendo o organismo contra infecções.
		Eosinófilo	Atua no combate a vermes parasitas e no controle das inflamações.
		Basófilo	Atua em processos alérgicos por meio da liberação de histamina (substância que promove vasodilatação) e heparina (substância com ação anticoagulante).
Agranulócitos		Linfócito	Está relacionado à execução de uma série de funções ligadas aos mecanismos de defesa, a exemplo da formação de anticorpos.
		Monócito	No sangue, é imaturo. Ao penetrar em outros tecidos, origina o macrófago, célula com elevado poder de realizar fagocitose de agentes estranhos.

Os valores de referência indicam que a quantidade de leucócitos varia de **5 mil a 10 mil** células por mm^3 de sangue em uma pessoa saudável. Nessas pessoas, espera-se que essa quantidade aumente quando há necessidade de combater um agente infeccioso. Em contrapartida, indivíduos que exibem algum comprometimento do sistema imunitário podem ter baixa quantidade de glóbulos brancos circulantes, resultando em vulnerabilidade do organismo a infecções oportunistas, como ocorre em pessoas soropositivas para o vírus HIV, causador da aids, quando não recebem o tratamento antirretroviral.

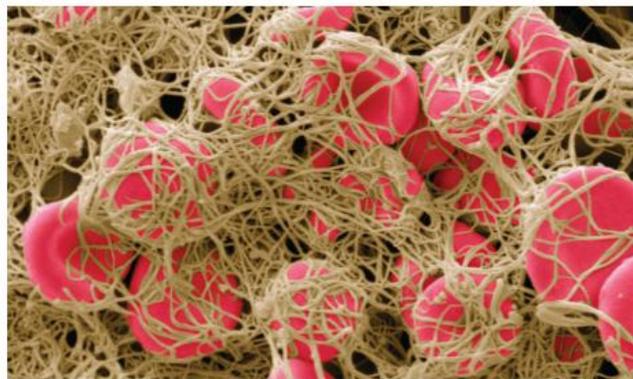
Plaquetas

No tecido hematopoiético e nos pulmões são encontradas células chamadas **megacariócitos**; a fragmentação dessas células resulta na formação das plaquetas (trombócitos), elementos sanguíneos imprescindíveis à ocorrência da **coagulação sanguínea**, processo que evita perdas excessivas de sangue (hemorragias). Quando um vaso sanguíneo é lesionado, ocorre agregação plaquetária no local do ferimento. As plaquetas agregadas e as células danificadas do tecido liberam uma enzima ativa chamada **tromboplastina**. O substrato sobre o qual a tromboplastina age é a proteína encontrada no plasma denominada **protrombina**; essa proteína é produzida pelo fígado na presença de **vitamina K** – por isso, carência de vitamina K resulta em maiores chances de a pessoa sofrer hemorragias. A tromboplastina converte a protrombina em uma enzima ativa chamada **trombina**, que, por sua vez, age sobre o **fibrinogênio**, proteína plasmática solúvel também produzida pelo fígado. A ação da trombina converte o fibrinogênio em **fibrina**, proteína insolúvel. O resultado desse processo é a formação de uma rede de fibrina no local da lesão, à qual elementos sanguíneos, principalmente hemácias, ficam aderidos, gerando um **coágulo**, que interrompe a perda de sangue.

A quantidade de plaquetas por mm^3 de sangue em uma pessoa saudável pode variar de **150 mil a 500 mil** (valores de referência). Quando a quantidade de plaquetas está baixa, o indivíduo apresenta risco aumentado de sofrer hemorragias.



Esquema das principais passagens da coagulação sanguínea. Além da vitamina K, outro nutriente importante à coagulação sanguínea é o cálcio (Ca^{2+}), fundamental à ocorrência de muitas das reações que levam à formação do coágulo.

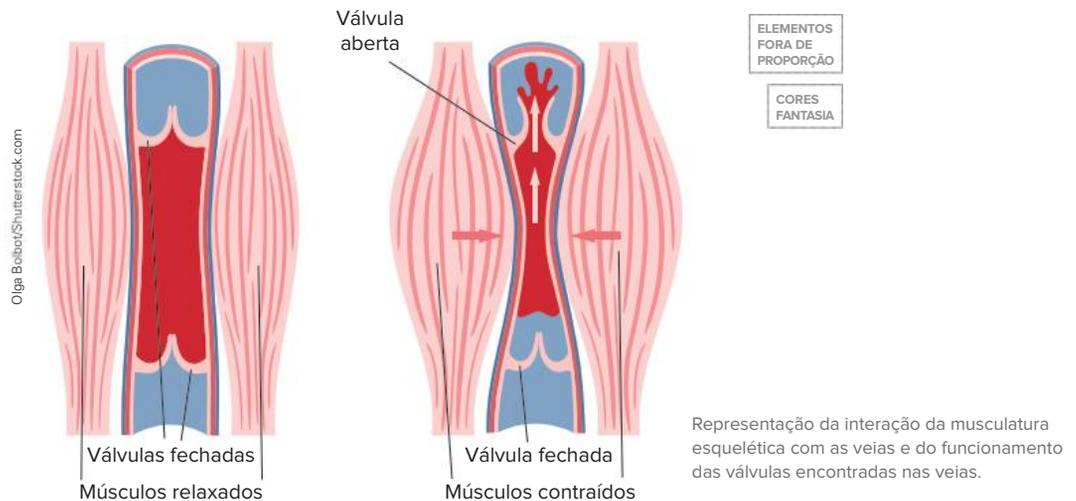


Coágulo sanguíneo visto ao microscópio eletrônico de varredura (cada hemácia mede cerca de $7 \mu\text{m}$; colorido artificialmente).

! Atenção

É possível que coágulos se formem no interior dos vasos sanguíneos, bloqueando o fluxo de sangue. Neste caso, o coágulo é chamado de trombo. O trombo pode se deslocar do seu local de formação, comumente nas pernas, e seguir em direção a outras regiões do sistema cardiovascular. Uma situação bastante grave que envolve esse processo é o tromboembolismo pulmonar (TEP), que ocorre quando o trombo se aloja em vasos sanguíneos dos pulmões. A gravidade do TEP depende da quantidade e do tamanho dos coágulos. Em casos mais graves, o TEP pode levar a pessoa a óbito.

Uma das dificuldades que o sistema cardiovascular tem de superar é o retorno, contra a gravidade, do sangue de pés e pernas para o coração. Esse movimento depende da contração da musculatura lisa presente na parede das veias e da contração da musculatura esquelética adjacente, que comprime as veias e resulta no deslocamento do sangue em seu interior. Além disso, as veias apresentam as **válvulas venosas**, que funcionam como um mecanismo de controle do fluxo sanguíneo, permitindo que o sangue flua apenas em direção ao coração, e impedindo seu retorno no sentido oposto. A ineficiência no funcionamento das válvulas resulta em veias retorcidas e dilatadas, caracterizando um quadro de varizes.



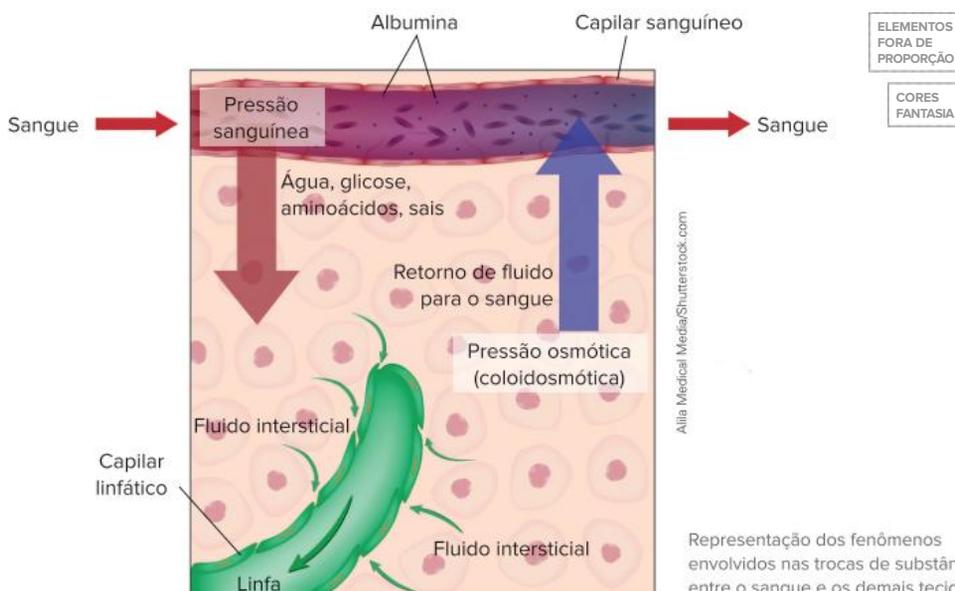
Representação da interação da musculatura esquelética com as veias e do funcionamento das válvulas encontradas nas veias.

Saiba mais

Trocas entre sangue e os demais tecidos nos capilares

O sangue que chega à rede de capilares é proveniente de arteríolas. Por isso, na porção inicial (arterial) dessa rede a pressão sanguínea é relativamente elevada. Essa pressão força a passagem de fluido do sangue, contendo água, glicose, aminoácidos e íons, em direção ao fluido intersticial do tecido adjacente aos capilares. Fluido intersticial é o fluido que preenche o espaço entre as células de um tecido. Apesar de ocorrer a passagem de uma série de substâncias do sangue para os tecidos, espera-se que as proteínas plasmáticas, por serem moléculas maiores, não atravessem a parede dos capilares e permaneçam no sangue. Nesse contexto, uma proteína denominada **albumina** merece destaque. Ao permanecer no sangue, a albumina faz com que a concentração sanguínea, ao final da rede de capilares, seja maior do que a concentração do fluido intersticial, resultando em uma **pressão osmótica**, também denominada coloidosmótica, que faz com que o sangue reabsorva a maior parte do fluido que passou para os tecidos.

Uma parte do fluido que extravasou do sangue não retorna para os capilares sanguíneos, e gera um excesso de líquido nos tecidos, que deve ser recolhido. Tal recolhimento é feito pelos **capilares linfáticos**, encontrados em praticamente todos os tecidos do organismo, resultando na formação da **linfa**. Os capilares linfáticos reúnem-se em vasos linfáticos de maior calibre que desembocam em vasos sanguíneos próximos ao coração. O retorno da linfa ao sangue é importante à manutenção da homeostase.



Representação dos fenômenos envolvidos nas trocas de substâncias entre o sangue e os demais tecidos.

Circulação nos vertebrados

A circulação em todos os animais vertebrados é do tipo **fechada**, ou seja, o sangue é confinado ao interior dos vasos sanguíneos. Apesar dessa semelhança, o sistema cardiovascular nos diversos grupos de vertebrados apresenta importantes diferenças que refletem o aumento de sua complexidade em algumas linhagens. Nesta seção, compararemos os sistemas circulatórios dos vertebrados, mas, para que as diferenças entre eles sejam compreendidas, é importante conhecermos alguns conceitos ligados ao assunto.

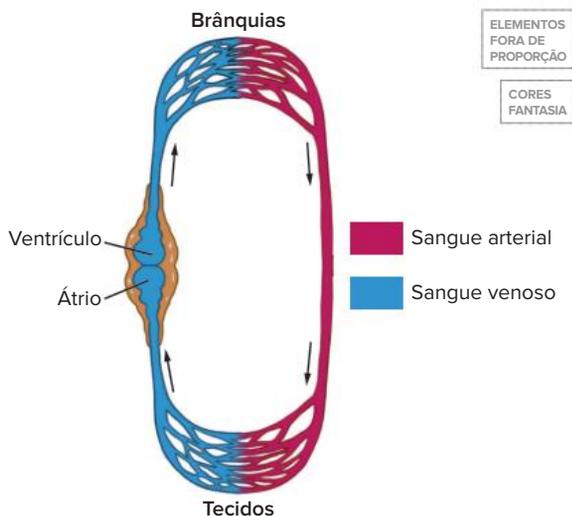
O sangue que trafega pelo sistema cardiovascular pode ser classificado de acordo com a concentração de O_2 e CO_2 . O **sangue arterial** é rico em O_2 e pobre em CO_2 , enquanto o **sangue venoso** é rico em CO_2 e pobre em O_2 .

A circulação pode ser classificada de acordo com dois critérios: quantidade de vezes que o sangue passa pelo coração a cada ciclo que completa pelo corpo e ocorrência de mistura entre sangue venoso e arterial. A **circulação simples** é aquela na qual o sangue passa apenas uma vez pelo coração a cada circuito completo; já na **circulação dupla** o sangue passa duas vezes pelo coração. Quanto à mistura de sangue, na **circulação incompleta** ocorre mistura entre sangue venoso e arterial em algum ponto do sistema circulatório; na **circulação completa** essa mistura não ocorre.

Peixes

O coração dos peixes é **bicavitário**, por ser dotado de duas cavidades – um átrio e um ventrículo –, e por ele passa apenas sangue venoso. O átrio recebe sangue venoso proveniente dos tecidos e o envia ao ventrículo. A contração realizada pelo ventrículo impulsiona o sangue em direção às brânquias, estruturas respiratórias nas quais ocorre a hematose (trocas gasosas); dessa forma, o sangue é oxigenado, tornando-se arterial. Das brânquias, o sangue arterial é enviado para os tecidos do corpo do peixe. Nos tecidos, o gás oxigênio é consumido e o gás carbônico é lançado no sangue, que se torna novamente venoso e retorna ao coração.

Nos peixes, a **circulação é simples e completa**.



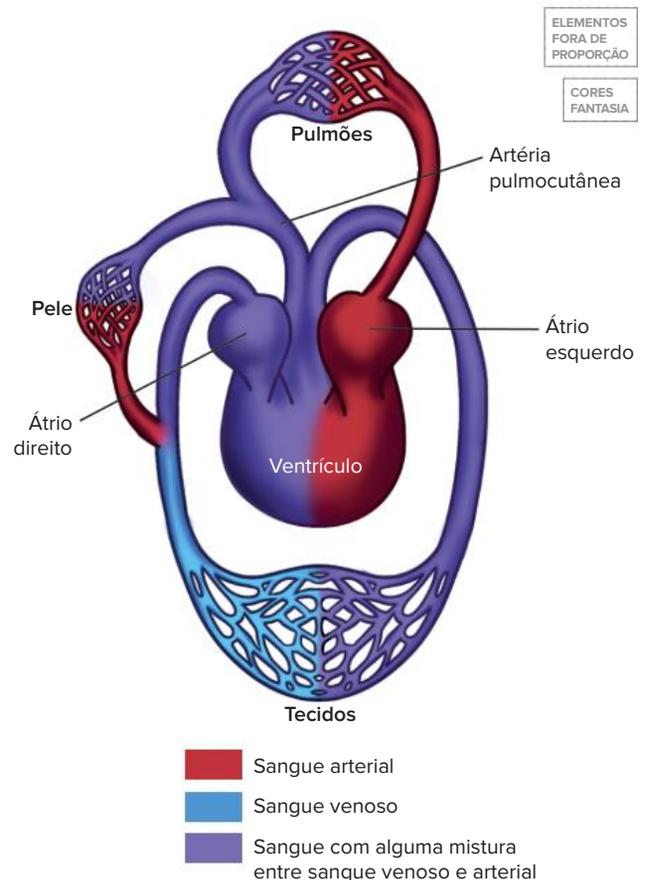
Representação esquemática do coração (em corte) e da circulação simples e completa de peixes.

Anfíbios

O coração dos anfíbios é **tricavitário**, ou seja, apresenta três câmaras – dois átrios (um direito e um esquerdo) e um ventrículo, no qual ocorre mistura de sangue. Em decorrência da existência de dois átrios, o sangue passa duas vezes pelo coração, o que define a **circulação dupla**; por ocorrer mistura entre sangue venoso e arterial, ela também é **incompleta**.

Na circulação dupla, o trajeto que o sangue faz do coração aos pulmões e de volta ao coração é chamado de **pequena circulação**, ou **circulação pulmonar**. Também há a **grande circulação** ou **circulação sistêmica**, que corresponde à circulação entre o coração e os demais tecidos corporais.

Nos anfíbios, a maior parte das trocas gasosas ocorre por meio da pele. A artéria que conduz a mistura de sangue do ventrículo em direção às estruturas respiratórias (pulmões e pele) é denominada artéria pulmocutânea. O sangue oxigenado nos pulmões volta ao coração pelo átrio esquerdo, enquanto o sangue oxigenado na pele é direcionado a vasos sistêmicos. Dessa forma, o sangue que chega ao átrio direito apresenta mistura entre sangue arterial e venoso. No ventrículo, existem adaptações que evitam a mistura entre sangue com pouco oxigênio e sangue oxigenado – apenas cerca de 5% se misturam; dessa maneira, a tendência é que sangue com maior concentração de O_2 siga em direção aos tecidos e sangue com menor concentração de O_2 siga em direção aos órgãos respiratórios.

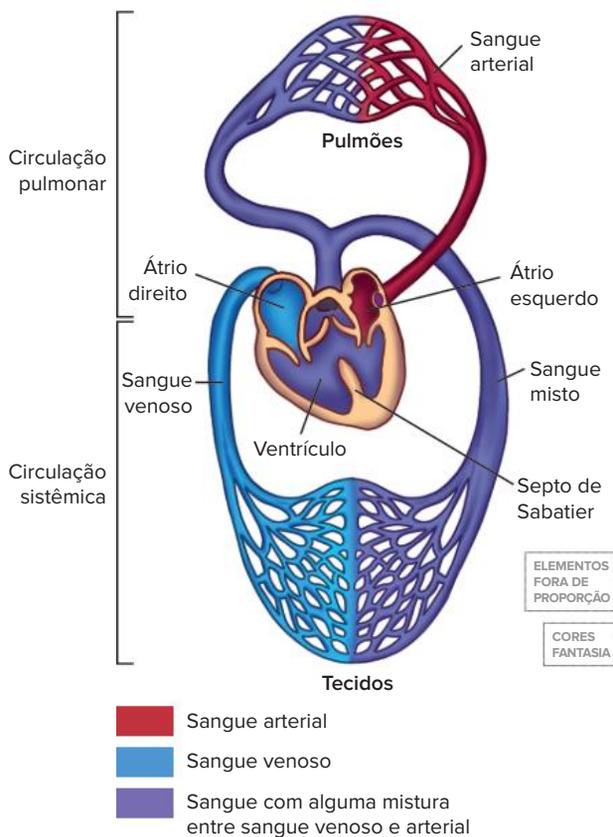


Representação esquemática do coração (em corte) e da circulação dupla e incompleta de anfíbios.

Répteis

Nos répteis escamados (lagartos e serpentes) e nos quelônios (tartarugas, jabutis e cágados) o coração é **tricavitário**, formado de dois átrios (um direito e um esquerdo) e um ventrículo, enquanto nos répteis crocodilianos e nas aves, o coração é **tetracavitário**, ou seja, é dotado de quatro câmaras cardíacas (dois átrios – direito e esquerdo – e dois ventrículos – direito e esquerdo) totalmente separadas. Em decorrência da presença de dois átrios, nos répteis a **circulação** será sempre **dupla**.

O coração tricavitário dos répteis apresenta ventrículo parcialmente dividido pelo **septo de Sabatier**. Mesmo com septo, ainda ocorre mistura de sangue no coração desses répteis; dessa forma, a circulação nesses animais é **incompleta**. O sangue venoso proveniente dos tecidos é conduzido ao átrio direito, enquanto o sangue arterial proveniente dos pulmões é levado ao átrio esquerdo. No ventrículo ocorre mistura entre sangue venoso e arterial, e, dele, a mistura é impulsionada para o restante do corpo.

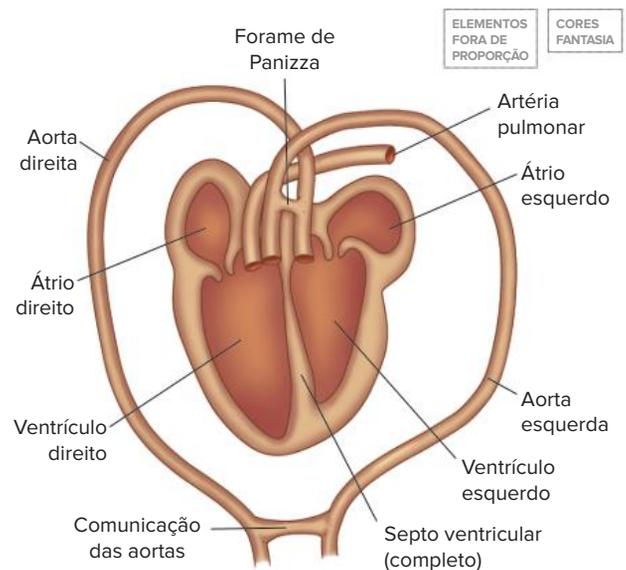


Representação esquemática do coração tricavitário (em corte) e da circulação dupla e incompleta de répteis escamados e quelônios.

No coração tetracavitário dos répteis crocodilianos, o sangue venoso chega ao átrio direito proveniente dos tecidos do corpo, passa ao ventrículo direito e é conduzido em direção aos pulmões pelas artérias pulmonares. Nos pulmões, o sangue se torna arterial, voltando ao coração pelo átrio esquerdo e passando para o ventrículo esquerdo. Do ventrículo esquerdo, sai uma artéria aorta curvada para a direita que carrega sangue oxigenado em direção aos demais tecidos do corpo. A separação total

dos ventrículos no coração dos crocodilianos impede que ocorra mistura de sangue dentro do coração; contudo, pode haver mistura fora dele.

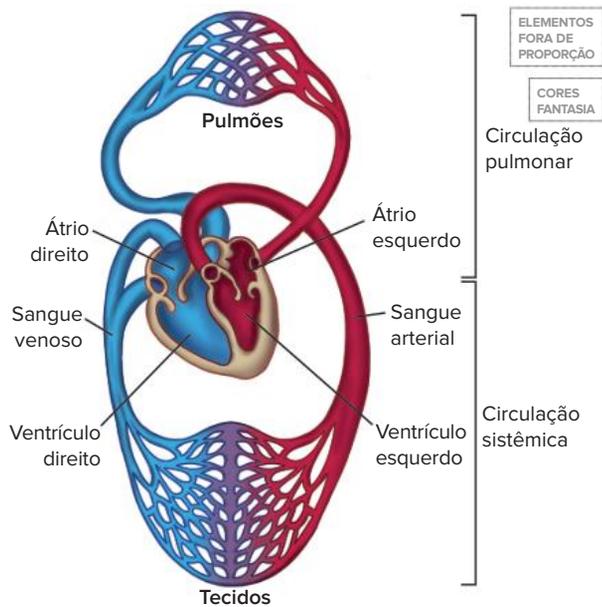
Do coração dos crocodilianos partem duas artérias aortas: a que sai do ventrículo esquerdo (carregando sangue arterial) e outra que sai do ventrículo direito (carregando sangue venoso) e se curva para a esquerda. Essas aortas se conectam em dois pontos: no **forame de Panizza**, pequena abertura localizada na base das aortas (logo na saída do coração), e em uma comunicação na região posterior do corpo, que resulta na formação da aorta dorsal. Em decorrência dessas conexões, pode haver mistura de sangue ao longo do sistema circulatório dos répteis crocodilianos (ou seja, fora do coração), caracterizando essa circulação como **incompleta**.



Representação esquemática do coração (em corte) de répteis crocodilianos.

Aves e mamíferos

O coração das aves e dos mamíferos é **tetracavitário**. O sangue venoso chega dos tecidos do corpo pelo átrio direito e passa para o ventrículo direito, de onde é enviado aos pulmões pelas artérias pulmonares. Em decorrência das trocas gasosas, o sangue se torna arterial, retorna ao coração pelo átrio esquerdo e passa para o ventrículo esquerdo, de onde é bombeado para o restante do corpo por meio da artéria aorta. Em nenhum ponto deste circuito ocorre mistura entre sangue venoso e arterial; portanto, a circulação nas aves e mamíferos é **dupla e completa**. Em comparação com a circulação simples, a circulação dupla promove fluxo sanguíneo sob maior pressão; a circulação completa, em relação à circulação incompleta, resulta na chegada de sangue com maior concentração de O_2 aos tecidos. Essas características favorecem maiores taxas de nutrição e de oxigenação tecidual e, por isso, conferem vantagens às aves e aos mamíferos – na condição de animais endotérmicos, precisam manter altas taxas metabólicas, consumindo aproximadamente dez vezes mais energia que um animal ectotérmico de mesmo tamanho.



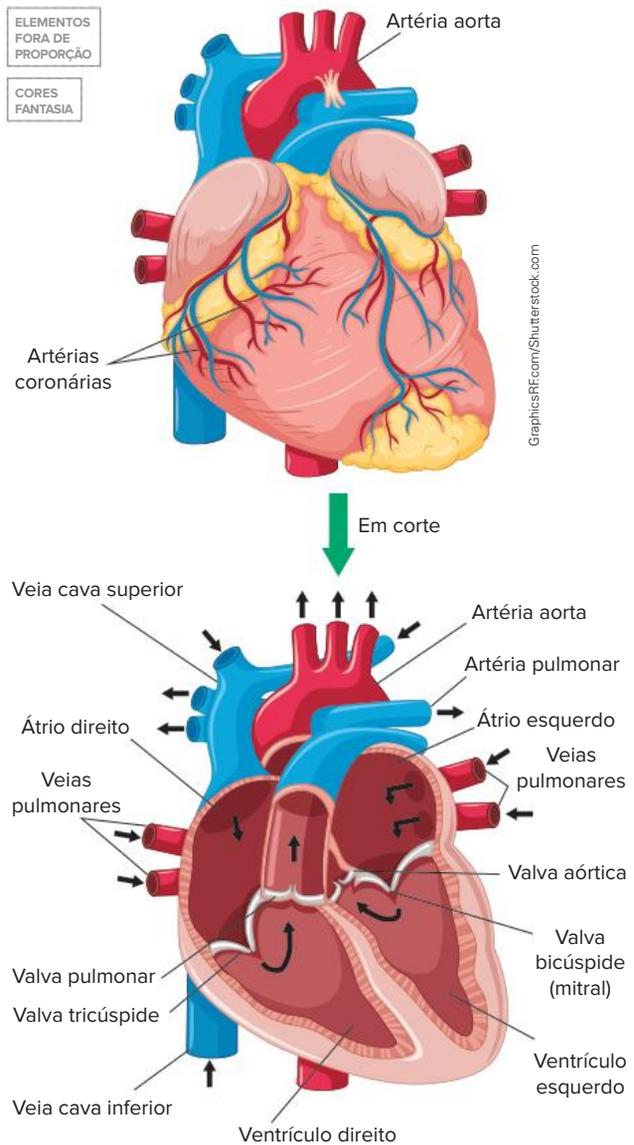
Representação esquemática do coração tetracavitário (em corte) e da circulação dupla e completa de aves e mamíferos. Uma diferença anatômica entre esses dois grupos é a curvatura da aorta ao sair do coração: nas aves, a aorta curva para a direita; nos mamíferos, ela curva para a esquerda.

Aspectos da circulação humana

Como mencionado anteriormente, dois fluidos principais circulam pelo corpo humano: o sangue e a linfa. O sangue circula pelos vasos sanguíneos e, com o coração, essas estruturas constituem o sistema cardiovascular humano. Já a linfa circula pelos vasos linfáticos e, juntos, esses componentes constituem o sistema linfático.

A circulação sanguínea

O coração humano é, assim como em todos os mamíferos, tetracavitário. As **veias cavas** conduzem sangue venoso do corpo até o **átrio direito** – a veia cava superior conduz sangue proveniente da cabeça, do pescoço e dos membros superiores, enquanto a veia cava inferior carrega sangue da parte inferior do tronco e dos membros inferiores. Ao realizar sístole, o átrio direito envia o sangue venoso ao **ventrículo direito**, que impulsiona esse sangue aos pulmões por meio das **artérias pulmonares**. Entre átrio e ventrículo direitos existe uma valva atrioventricular, chamada **valva tricúspide**, que se fecha quando o ventrículo contrai, impedindo refluxo do sangue para o átrio. Após a hematose nos pulmões, o sangue arterial chega ao **átrio esquerdo** pelas **veias pulmonares**. A contração do átrio esquerdo envia o sangue ao **ventrículo esquerdo** – câmara com parede muscular mais espessa que a do ventrículo direito –, cuja sístole direciona o sangue, sob alta pressão, para a **artéria aorta** em direção a todo o corpo. Entre átrio e ventrículo esquerdos há outra valva atrioventricular (**valva bicúspide** ou **mitral**), que, assim como a valva atrioventricular direita, se fecha na sístole ventricular, impedindo refluxo de sangue para o átrio. Além das valvas atrioventriculares, há as **valvas semilunares**: na saída da aorta encontra-se a **valva aórtica** e na saída da artéria pulmonar está a **valva pulmonar**. Quando os ventrículos relaxam, as valvas semilunares fecham, evitando refluxo sanguíneo de volta aos ventrículos. Os sons característicos emitidos pelo coração são decorrentes do fechamento das valvas mencionadas.



Representação do coração humano em vista externa e em corte, mostrando suas cavidades, suas valvas e os vasos sanguíneos que chegam e partem do coração. As setas indicam o sentido do fluxo sanguíneo.

A artéria aorta possui uma série de ramificações que originam outras artérias, como as artérias carótidas e as artérias coronárias. As carótidas conduzem sangue para a cabeça, enquanto as coronárias irrigam o próprio coração, levando O_2 e nutrientes às células do miocárdio.

Existem situações nas quais as artérias coronárias podem sofrer obstrução, levando o indivíduo a sofrer um **infarto do miocárdio**. Um infarto consiste em lesão ou morte tecidual por carência de O_2 , resultante do bloqueio do fluxo de sangue oxigenado em direção ao tecido cardíaco. O quadro denominado **aterosclerose** está intimamente ligado aos casos de infarto de miocárdio. Um fator a ser observado no desenvolvimento da aterosclerose são os níveis sanguíneos de colesterol. O colesterol desempenha uma série de papéis importantes no organismo humano, atuando, por exemplo, na manutenção da estrutura das membranas celulares e como precursor de hormônios sexuais. Na circulação sanguínea, o colesterol é transportado em associação com, principalmente, duas lipoproteínas: a **LDL** (*low-density lipoprotein*, ou lipoproteína de baixa densidade, em português) e a **HDL**

(*high-density lipoprotein*, ou lipoproteína de alta densidade, em português). A LDL fornece colesterol às células do corpo, enquanto a HDL recolhe o excesso de colesterol presente nos tecidos, levando-o ao fígado, onde participa da formação da bile.

Indivíduos que apresentam elevada concentração de LDL em relação à concentração de HDL têm risco aumentado de desenvolver aterosclerose. Nessa condição, o revestimento arterial é danificado, gerando uma inflamação que resulta na formação de uma placa constituída principalmente de gordura e colesterol (placa de ateroma) que cresce gradualmente e se deposita na parede arterial, tornando-a espessa e enrijecida, e obstruindo o vaso. Pessoas com aterosclerose em desenvolvimento e que não realizam tratamento do quadro têm maior risco de sofrer, além de um infarto do miocárdio, um acidente vascular cerebral (AVC).



Estabelecendo relações

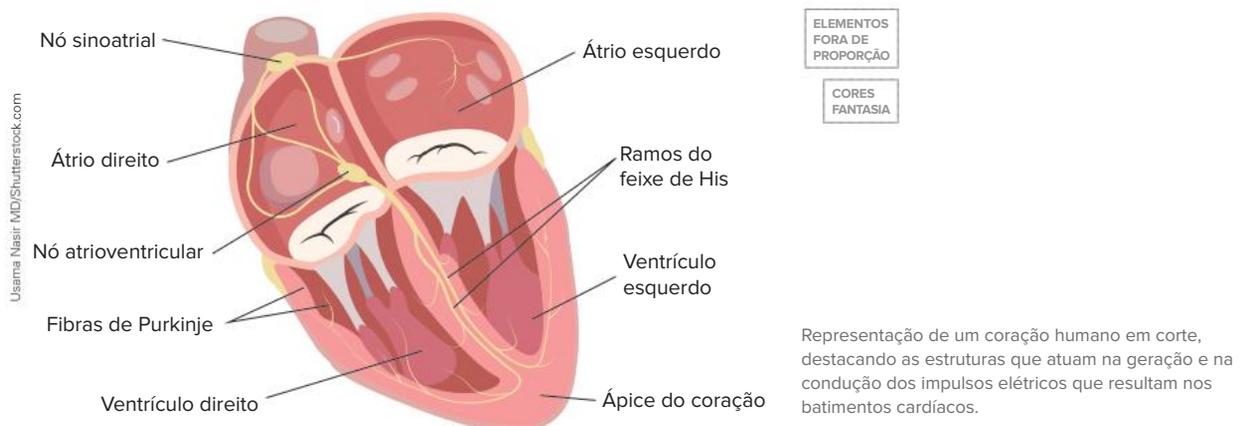
O que significa a pressão arterial 12 por 8?

Quando o ventrículo esquerdo contrai, o sangue é enviado à artéria aorta sob elevada pressão. Em pessoas saudáveis, espera-se que o valor dessa pressão, chamada pressão sistólica, seja de até 120 mmHg. Quando o ventrículo esquerdo entra em diástole, a pressão sobre a parede arterial, agora chamada pressão diastólica, diminui. Em pessoas saudáveis, a pressão diastólica deve ser menor que 80 mmHg. Dessa forma, quando a pressão é aferida e está em 12 por 8, isso significa que a pressão sistólica está em 120 mmHg, e a diastólica, em 80 mmHg. Os valores de pressão arterial obtidos podem ser influenciados por uma série de fatores, muitas vezes dentro de limites aceitáveis. Por exemplo, durante uma atividade física, a pressão arterial deve aumentar, mas, com o término da atividade, a expectativa em pessoas saudáveis é de que a pressão diminua em alguns minutos. Situações nas quais as aferições da pressão arterial em repouso revelam valores elevados, iguais ou acima de 140 mmHg para a pressão sistólica e/ou iguais ou acima 90 mmHg para pressão diastólica, podem caracterizar um quadro de hipertensão arterial, que deve ter acompanhamento médico.

Controle dos batimentos cardíacos

O coração humano, assim como o coração dos demais vertebrados, gera os impulsos que determinam seu batimento. Os batimentos cardíacos acontecem de acordo com o ritmo de impulsos elétricos originados por um conjunto de células musculares cardíacas especializadas localizadas na parede do átrio direito, determinando uma estrutura denominada **nó sinoatrial**, também chamada de marca-passo natural. Os impulsos elétricos gerados pelo nó sinoatrial se propagam rapidamente pelo músculo cardíaco, resultando na contração simultânea dos átrios, e alcançam um conjunto de células, chamado **nó atrioventricular**, localizado na parede entre os átrios.

O nó atrioventricular atua como uma estação de transmissão, a partir da qual os impulsos são direcionados para o ápice do coração por meio de ramificações do **feixe de His**, localizadas no septo interventricular. Dos ramos do feixe partem as **fibras de Purkinje**, que conduzem os impulsos pela musculatura dos ventrículos, determinando sua contração.



O ritmo de geração de impulsos pelo nó sinoatrial pode ser influenciado pela ação do **sistema nervoso autônomo**, dividido nos ramos simpático e parassimpático. O ramo **simpático** é ativado em situações de emergência e sua ação sobre o coração resulta em aumento da frequência cardíaca. Em contrapartida, o ramo **parassimpático** atua em situações de relaxamento, levando à redução do ritmo cardíaco. Mais detalhes sobre o funcionamento do sistema nervoso autônomo serão apresentados mais adiante nesta coleção.

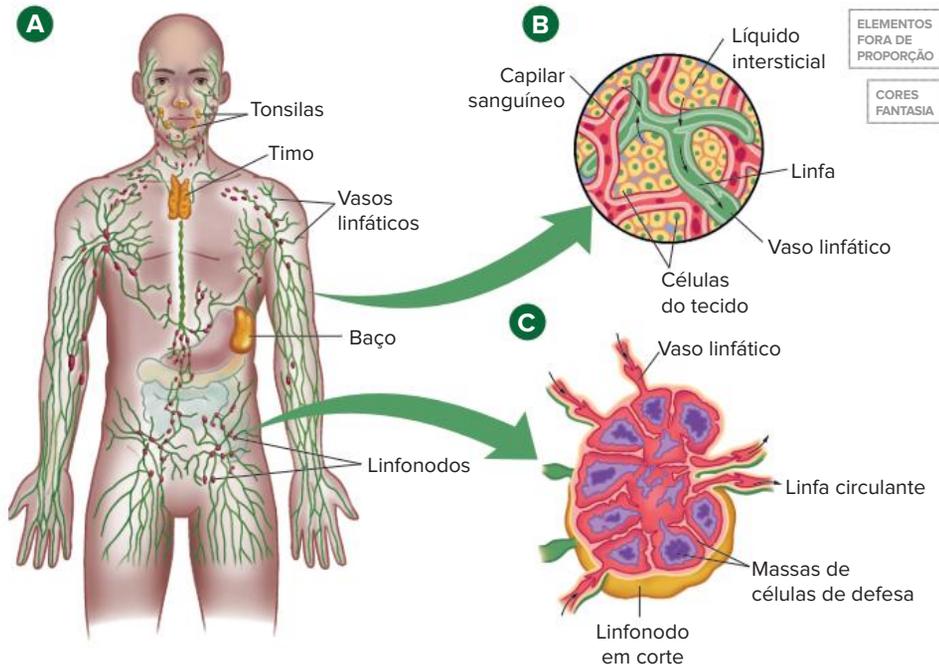
A circulação linfática

Os **capilares linfáticos** atuam no recolhimento do excesso de fluido tecidual (fluido ou líquido intersticial), originando a **linfa**, fluido cuja composição é semelhante à do plasma sanguíneo. Os capilares linfáticos reúnem-se em vasos de maior calibre, que chegam a vasos sanguíneos próximos ao coração, lançando a linfa no sangue.

No percurso da linfa encontram-se os **linfonodos**, órgãos nos quais são encontradas muitas células de defesa, a exemplo de linfócitos e macrófagos. Caso seja detectada a presença de agentes estranhos na linfa, como bactérias, eles são retidos nos linfonodos e uma resposta de defesa é desencadeada. Há casos de infecções nos

quais os linfonodos dilatam, podendo causar dor à pessoa; linfonodos dilatados são popularmente conhecidos como ínguas. As ínguas podem ser detectadas em um exame médico por meio da palpação do pescoço e das axilas, e sua presença pode indicar que uma infecção está em curso no indivíduo.

Além dos vasos linfáticos e dos linfonodos, outros órgãos componentes do sistema linfático são o **timo**, o **baço** e as **tonsilas** (tonsilas palatinas, ou amídalas, e tonsilas faríngeas, ou adenoides), estruturas que também atuam na defesa do corpo. O sistema linfático tem, portanto, a defesa do organismo como uma das suas funções, sendo que seus componentes também fazem parte do sistema imunitário.



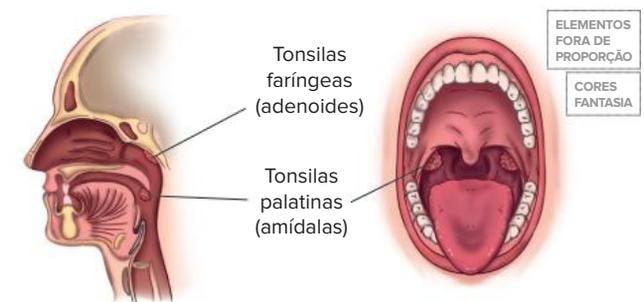
Representação do sistema linfático e seus órgãos (A). Nos detalhes à direita, representação da formação da linfa por meio do recolhimento do excesso de fluido intersticial pelos capilares linfáticos (B) e a estrutura de um linfonodo visto em corte (C).

Sistema imunitário

O sistema imunitário, também chamado de imune ou imunológico, é o responsável pela defesa do organismo contra agentes invasores potencialmente prejudiciais. Os órgãos desse sistema são divididos em dois grupos: órgãos primários e órgãos secundários.

Os **órgãos primários** são a **medula óssea** e o **timo**, estruturas ligadas à produção e à maturação de células de defesa; algumas células de defesa são produzidas e amadurecem na medula óssea, a exemplo dos linfócitos B, enquanto outras, como os linfócitos T, são formadas na medula óssea, mas maturam no timo.

Entre os **órgãos secundários**, destacam-se **vasos linfáticos**, **linfonodos**, **baço**, **apêndice cecal** e **tonsilas**. O baço é um órgão que atua como reservatório de sangue e na destruição de hemácias. Além disso, nele são encontradas células de defesa que podem produzir anticorpos. As **tonsilas** são estruturas de defesa ricas em tecido linfoide localizadas na faringe.



Representação da localização das tonsilas faríngeas e palatinas, respectivamente, na nasofaringe e na orofaringe.

O sistema imunitário humano apresenta dois tipos de imunidade que participam da defesa do organismo: a imunidade inata, que compreende, como o nome diz, os mecanismos com os quais a pessoa já nasce, e a imunidade adquirida.

Imunidade inata

A imunidade inata envolve, primeiramente, **defesas de barreira** que evitam a entrada de agentes invasores,

potencialmente patogênicos, no corpo. Exemplos de defesa de barreira são a **pele** e as **mucosas**, como a bucal e a nasal. Algumas **secreções** também constituem barreiras à entrada de invasores. Por exemplo, o **muco** liberado nas vias respiratórias é capaz de reter microrganismos patogênicos e poeira, evitando a chegada desses elementos até os pulmões; as partículas retidas nas vias aéreas são conduzidas em direção à faringe por meio do batimento dos cílios presentes no revestimento de certas regiões das vias respiratórias. Essas partículas podem, então, ser expelidas do corpo pela tosse ou deglutidas, chegando ao estômago, onde o suco gástrico, por ser muito ácido, atua na destruição de muitos agentes potencialmente causadores de doenças, inclusive aqueles presentes na água e no alimento. A presença de **lisozima** (enzima que decompõe a parede celular de bactérias) em lágrimas, secreções mucosas e saliva também é um exemplo de defesa de barreira.

A imunidade inata é uma resposta rápida que atinge uma ampla diversidade de patógenos e, portanto, apresenta baixa especificidade.

Apesar da existência de uma série de defesas de barreira, muitos agentes podem superá-las e invadir o organismo. Nessa situação, a imunidade inata ainda pode atuar, por exemplo, por meio da ação de células como **macrófagos** e **neutrófilos**; essas células reconhecem os invasores, desencadeando a fagocitose e a eliminação deles.

Resposta inflamatória

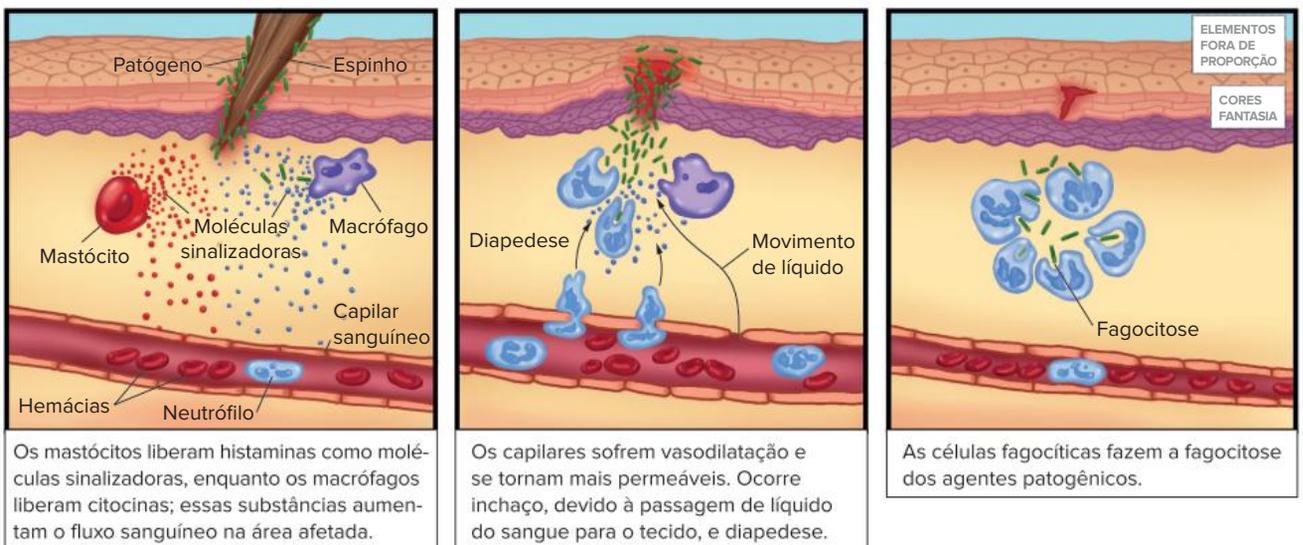
Uma forma de imunidade inata é a resposta inflamatória, desencadeada após choque, atrito ou perfuração de tecidos; por exemplo, quando espetamos o dedo com um espinho. Nessas situações, células denominadas

mastócitos liberam **histamina** na corrente sanguínea, o que causa aumento do fluxo de sangue e vasodilatação, resultando em **vermelhidão** e **aumento local da temperatura** na área da inflamação. A histamina promove também aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos da região afetada e, em consequência, extravasamento de líquidos do sangue para o fluido intersticial, resultando em **inchaço**. Além disso, ocorre liberação de substâncias que desencadeiam sensação de **dor**. O inchaço e a dor são sinais que alertam o organismo para a ocorrência da lesão.

Durante a inflamação, células fagocíticas, como macrófagos e neutrófilos, migram em direção aos tecidos lesionados, fenômeno denominado **diapedese**, e realizam a fagocitose de possíveis agentes invasores, como bactérias. No processo inflamatório, os macrófagos liberam citocinas, substâncias que, assim como a histamina, aumentam o fluxo sanguíneo na área afetada.

Pode ocorrer a formação de **pus**, constituído de células de defesa, bactérias mortas e restos celulares do tecido afetado. O pus fica acumulado em uma bolsa denominada **abcesso**.

As inflamações podem ser localizadas, mas existem situações em que a resposta pode ser sistêmica, ou seja, envolver todo o corpo. Um exemplo disso é a **febre**. Até certo ponto, a febre é benéfica no combate a infecções, pois a temperatura corporal mais alta pode intensificar a fagocitose de agentes invasores e aumentar a velocidade das reações químicas ligadas às respostas de defesa e ao reparo dos tecidos lesionados. Contudo, há situações em que a resposta inflamatória sistêmica é bastante intensa, resultando em febre muito alta e levando, até mesmo, a risco de morte.



Representação dos principais acontecimentos de uma resposta inflamatória desencadeada por uma lesão na pele causada por um espinho.

Saiba mais

Células assassinas naturais

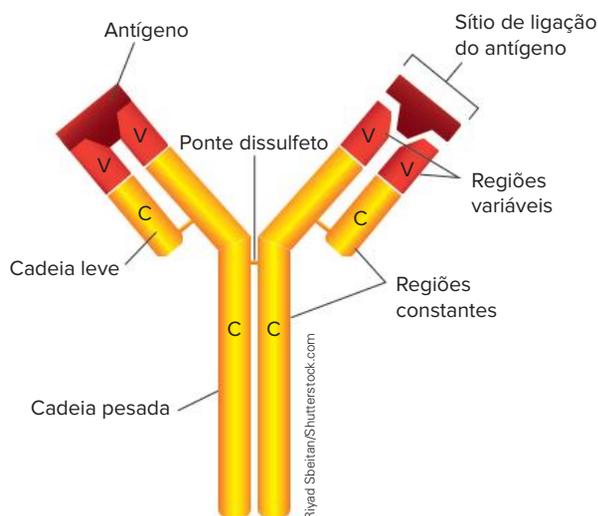
Entre as células que atuam na imunidade inata estão aquelas chamadas de **células assassinas naturais** ou **células NK** (do inglês, *natural killer*). Essas células são linfócitos capazes de detectar proteínas estranhas ao organismo encontradas na superfície de algumas células, como as cancerígenas e aquelas que estão infectadas por vírus. A partir do reconhecimento, as células NK liberam substâncias que matam as células portadoras das proteínas estranhas, evitando a proliferação das células cancerígenas ou a propagação do vírus.

Imunidade adquirida

A imunidade adquirida, também conhecida como imunidade adaptativa, envolve respostas mais lentas do que a imunidade inata, porém altamente específicas, por meio de mecanismos capazes de reconhecer uma característica observada em apenas uma certa molécula em um patógeno específico. Essa molécula, normalmente uma proteína ou um polissacarídeo, que induz resposta imune é denominada **antígeno**, sendo reconhecido como uma substância estranha ao organismo. A região de um antígeno que pode se ligar a um receptor nas células de defesa é chamada de epítipo.

Quando o corpo é exposto pela primeira vez a um patógeno dotado de um determinado antígeno, ocorre seu reconhecimento e sua fagocitose por **células apresentadoras de antígenos**, como os **macrófagos**. Essas células têm a capacidade de expor em sua superfície partes do antígeno que serão reconhecidas pelos **linfócitos T auxiliares**, também chamados de linfócitos T4 ou CD4+.

Substâncias liberadas pelos linfócitos T auxiliares estimulam sua própria proliferação e a de outros tipos de linfócitos, como os linfócitos B e os linfócitos T citotóxicos (T8 ou CD8+). O estímulo sobre os linfócitos B faz com que essas células deem origem a dois tipos celulares, os plasmócitos e as células B de memória. Os **plasmócitos** são as células que secretam anticorpos específicos contra o antígeno que foi apresentado, neutralizando o patógeno ou facilitando a ação de células fagocíticas. Os **anticorpos** são proteínas denominadas **imunoglobulinas (Ig)** e apresentam estrutura semelhante à letra Y, formada por duas cadeias polipeptídicas pesadas e duas leves. Nas extremidades do “Y” encontram-se as regiões variáveis do anticorpo, que conferem alta especificidade ao antígeno que será combatido.

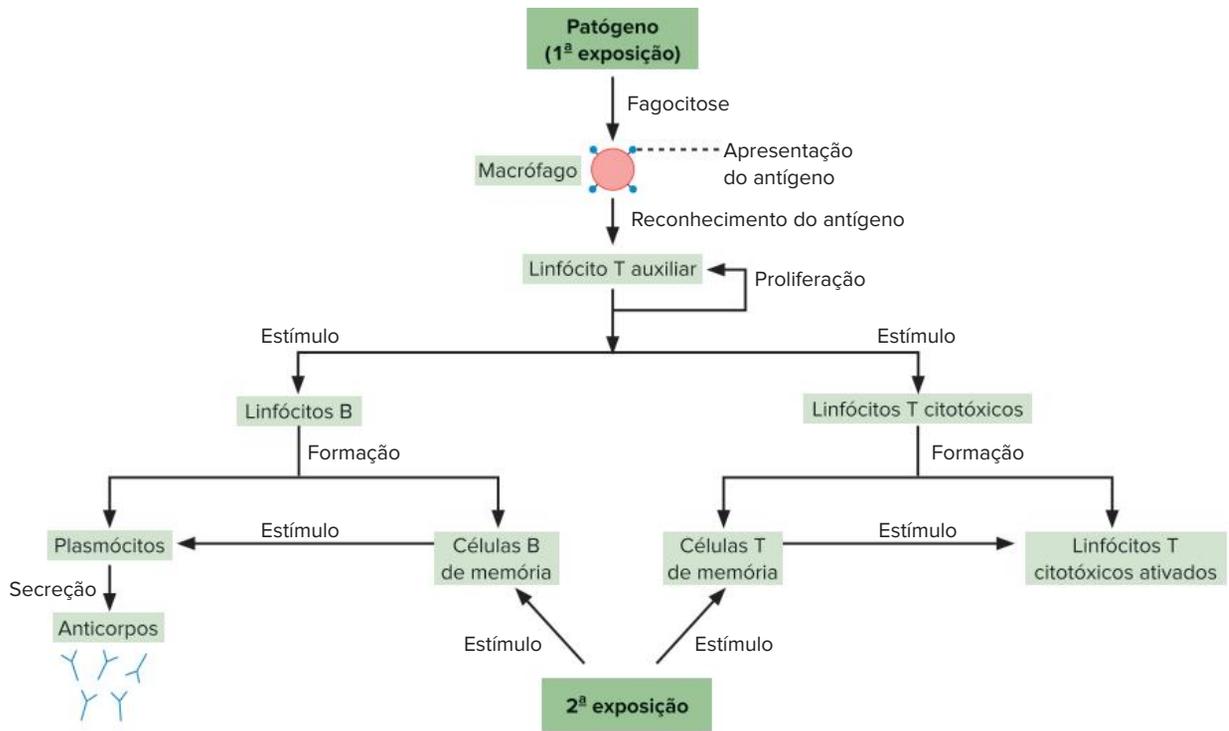


Representação da estrutura de um anticorpo. Pontes dissulfeto mantêm as cadeias leves e as pesadas unidas.

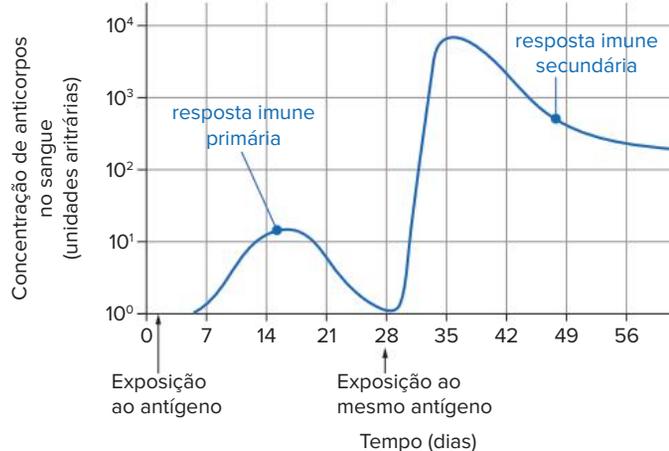
Os linfócitos B podem ser estimulados diretamente pelo antígeno ao qual o organismo foi exposto, mas o mesmo não ocorre com os **linfócitos T citotóxicos**. Estes são estimulados pelas células apresentadoras de antígenos e pelos linfócitos T auxiliares, originando dois grupos de células, os linfócitos T citotóxicos ativados e as células T citotóxicas de memória. Os **linfócitos T citotóxicos ativados** destroem células infectadas por vírus e células de alguns tipos de câncer, por exemplo. A formação de anticorpos em resposta a um antígeno corresponde à **resposta imune humoral**, enquanto a ativação dos linfócitos T citotóxicos representa a **resposta imune celular**.

Memória imunitária

A memória imunitária é a característica do sistema imunitário que promove proteção de longo prazo contra muitas doenças infecciosas. Na primeira vez que há contato do organismo com um antígeno, é desencadeada a **resposta imunitária primária**; nessa resposta, além de ocorrer formação de anticorpos e a ativação de linfócitos T citotóxicos, também acontece a formação de **células de memória**. Estas células são de vida longa e apresentam em sua membrana os receptores que reconhecem especificamente o antígeno que foi apresentado. Caso o organismo entre em contato com o antígeno novamente, é desencadeada a **resposta imunitária secundária**. Na resposta secundária, as células B de memória originam plasmócitos, que produzem anticorpos específicos contra o mesmo antígeno, e as células T de memória originam linfócitos T citotóxicos ativados, resultando em uma resposta muito rápida e que produz grande quantidade de anticorpos. Muitas vezes, a resposta secundária é intensa ao ponto de neutralizar o antígeno de forma tão eficiente que os sintomas da doença sequer têm início.



Principais eventos ligados à resposta imune adquirida.



Variação da concentração de anticorpos no sangue em função do tempo para as respostas imunes primária e secundária.

! Atenção

O sistema imunitário deve distinguir aquilo que é próprio do corpo daquilo que não é próprio, isto é, de invasores potencialmente nocivos ao organismo. Existem situações nas quais essa distinção não é feita adequadamente, e o sistema imune torna-se ativo contra moléculas do próprio corpo, causando as doenças autoimunes. A esclerose múltipla é um exemplo disso: nessa doença, a bainha de mielina, encontrada em muitos neurônios, é destruída por ação do sistema imune. Diabetes melito tipo 1 e lúpus também são exemplos de doenças autoimunes.

Formas de imunização

Chamamos de imunização o desenvolvimento de proteção imunitária. De maneira geral, há duas formas de imunização, a passiva e a ativa.

Imunização passiva

A imunização passiva ocorre quando o sistema imune não é estimulado a produzir anticorpos e células de memória. Nesta situação, os anticorpos são produzidos por outro organismo e, de algum modo, transferidos para um receptor. Devido ao fato de a imunização passiva não ativar o sistema imune do receptor, sua durabilidade é curta, persistindo apenas enquanto ocorrer a transferência de anticorpos e enquanto ainda houver anticorpos na corrente sanguínea. A imunização passiva pode ocorrer de maneira natural ou artificial.

Uma importante via de **imunização passiva natural** é a transferência de anticorpos do sangue de uma mulher grávida para o feto por meio da placenta; assim, ao nascer, a criança possui em sua circulação anticorpos que atuarão na defesa do organismo. O fornecimento de anticorpos ao bebê deve continuar, pois o sistema imune do recém-nascido leva, ao menos, alguns meses para começar a produzir seus próprios anticorpos. Tal fornecimento ocorre por meio do leite materno, conferindo proteção principalmente ao trato digestório do bebê.

A **imunização passiva artificial** corresponde à utilização de **soros** contendo **anticorpos específicos prontos**. O uso dos soros tem como objetivo o **ataque imediato ao antígeno** que invadiu o corpo de uma pessoa, promovendo sua **cura**. Um exemplo disso é o uso dos **soros antiofídicos**, aplicados quando uma pessoa é mordida por uma serpente peçonhenta, como a jararaca. O veneno dessa serpente pode, em pouco tempo, causar sérios danos ao organismo, como necrose, hemorragia e insuficiência renal. Como o sistema imune não é rápido o suficiente para neutralizar o veneno da jararaca a ponto de evitar esses danos, nesse tipo de situação, recomenda-se o uso de um soro contendo anticorpos específicos que neutralizam rapidamente o veneno da jararaca. Por se tratar de uma imunização passiva e, por isso, não envolver a formação de memória imunitária, os soros têm efeito passageiro. Assim, os anticorpos atuarão apenas enquanto estiverem disponíveis no organismo da pessoa que recebeu o soro. Caso essa pessoa seja picada por uma serpente da mesma espécie outras vezes, ela deverá novamente receber o soro, já que o organismo não é capaz de produzir rapidamente os anticorpos para o antígeno presente no veneno.

Além dos soros antiofídicos, existem soros usados contra o veneno de outros animais peçonhentos, como aranhas e escorpiões, e também soros que são usados contra certas doenças, a exemplo do soro antitetânico (utilizado em casos de tétano) e o do soro antirrábico (utilizado em casos de raiva).

Saiba mais

Produção dos soros

A produção dos soros envolve algumas etapas básicas. Levando em consideração a produção do soro antiofídico, primeiramente injetam-se baixas doses do veneno em um animal mamífero; nessa etapa, cavalos são bastante utilizados. O sistema imunitário do animal deve responder à presença do antígeno e produzir anticorpos específicos contra ele. A segunda etapa consiste na obtenção de sangue do cavalo, já rico em anticorpos. Por fim, é feita a purificação do plasma sanguíneo a fim de se obter um concentrado dos anticorpos que constituirão o soro antiofídico. Em seguida, é feita a devolução de componentes sanguíneos ao animal doador, a fim de que nenhum dano grave seja causado.

Imunização ativa

A imunização ativa ocorre por meio da ativação do sistema imunológico mediante o reconhecimento de um antígeno, resultando na produção de anticorpos e de células de memória. Muitas vezes, a memória imunitária gerada é de longa duração. Assim como a imunização passiva, a imunização ativa pode ocorrer de maneira natural ou artificial.

A **imunização ativa natural** ocorre por meio do contato com o antígeno no ambiente. Por exemplo, quando uma pessoa entra em contato com o vírus da catapora pela primeira vez, é desencadeada a resposta imunitária primária; os anticorpos específicos produzidos neutralizam os vírus e as células de memória geradas promovem imunidade de longa duração. Caso haja contato com o vírus da catapora novamente, é desencadeada a resposta imunitária secundária, mais rápida e intensa que do que primária, neutralizando os vírus da catapora antes que os sintomas da doença se desenvolvam.

O uso das **vacinas** corresponde à **imunização ativa artificial**. As vacinas são constituídas por **patógenos mortos, atenuados ou fragmentados, antígenos inativados** ou por **material genético do patógeno**.

O objetivo da aplicação de uma vacina é estimular o sistema imunitário a produzir anticorpos e, principalmente, **memória imunitária**. Assim, caso a pessoa entre em contato naturalmente com o patógeno contra o qual ela foi vacinada, será desencadeada a resposta imunitária secundária, produzindo rapidamente grande quantidade de anticorpos e evitando o desenvolvimento dos sintomas da doença, especialmente os mais graves; portanto, as **vacinas têm efeito preventivo** e duradouro.

Em certos casos, uma vez tomada uma vacina, a pessoa fica imunizada contra aquela doença por toda sua vida, mas existem vacinas que necessitam de doses periódicas, a fim de reforçar a memória imunitária, mantendo o indivíduo protegido.

Há casos em que, ao longo da evolução de um patógeno, ocorrem mutações que resultam em alterações nos antígenos; isso pode fazer com que vacinas aplicadas anteriormente não apresentem a mesma eficácia, uma vez que os anticorpos são altamente específicos para os antígenos que atacam. Nesses casos, é necessária a aplicação de novas vacinas. Por esse motivo, novas vacinas devem ser desenvolvidas anualmente contra a gripe, por exemplo.

Saiba mais

Vacinas de DNA e de RNA

Para que a imunidade seja gerada a partir de uma vacina que contém o material genético do patógeno, a informação contida na molécula de DNA ou RNA inoculada deve ser codificada em proteínas nas células da pessoa que recebeu a vacina. As proteínas formadas a partir das informações genéticas do patógeno são estranhas ao corpo, atuando, portanto, como antígenos. Nesse sentido, devem ser reconhecidas pelo sistema imunitário do indivíduo vacinado, gerando memória imunitária.

Revisando

1. Indique as principais funções desempenhadas pelos elementos figurados do sangue.

2. Diferencie artérias de veias com base no sentido do fluxo sanguíneo em cada um desses vasos.

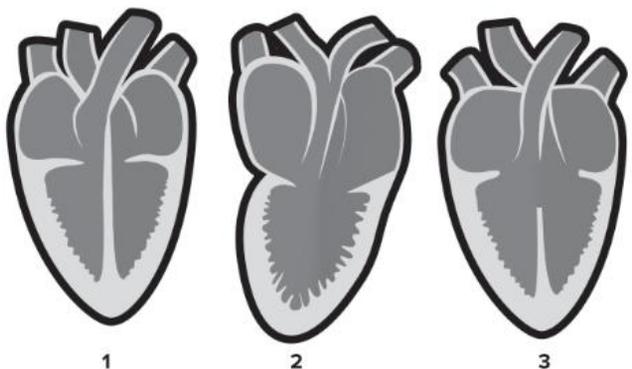
3. Diferencie:

a) sangue arterial de sangue venoso;

b) circulação simples de circulação dupla;

c) circulação incompleta de circulação completa.

4. Os esquemas a seguir representam corações de animais vertebrados em corte longitudinal:



Identifique os grupos de vertebrados cujos corações estão representados pelos números 1, 2 e 3 e aponte o(s) coração(ões) em que ocorre mistura entre sangue venoso e arterial.

5. Indique, entre os vasos que se conectam diretamente ao coração, aqueles que conduzem sangue venoso e aqueles que conduzem sangue arterial.

6. Explique os movimentos cardíacos de sístole e diástole.

7. Cite os órgãos primários e secundários que compõem o sistema imunitário.

8. Diferencie imunidade inata de imunidade adquirida.

9. Compare as respostas imunitárias primária e secundária quanto à velocidade da resposta e à quantidade de anticorpos produzidos.

10. Compare vacina e soro quanto ao tipo de imunização, à composição, à ação e ao efeito.

Exercícios propostos

1. **IFPE 2019** A maioria dos corredores quer correr cada vez melhor e mais rápido. Sentir-se menos cansado, então, é o sonho de todo praticante de atividade física. Para isso, muitos recorrem ao chamado *doping* natural, que promete aumentar o desempenho do corpo legalmente. O treino em altitude é um desses métodos, conhecido, principalmente, por atletas e treinadores. O corpo do praticante de corrida tende a se adaptar à baixa pressão de oxigênio, criando mais hemoglobina. Se a pessoa fez a aclimação e corre uma prova em uma altitude baixa, como ao nível do mar, seu desempenho tende a melhorar. Apesar dos pontos positivos de correr em altitude, há, também, as desvantagens. A diferença de temperatura e possíveis lesões causadas pelo resfriamento do ar não devem ser ignorados. Pode ser prejudicial por conta das condições de treino em altitude serem adversas, e, com isso, pode se perder a qualidade ou o rendimento nos treinos e, consequentemente, na performance geral.

WEBRUN. *Doping natural: esse método realmente funciona?* Disponível em: <<https://www.webrun.com.br/doping-natural-esse-metodo-realmente-funcao/>>. Acesso em: 06 maio 2019 (adaptado).

De acordo com as informações apresentadas no texto acima, é CORRETO afirmar que o *doping* natural pode beneficiar o atleta, pois

- aumentará o número de ATP produzido nos ribossomos dos músculos.
 - haverá maior transporte de gás carbônico para os músculos.
 - o corpo irá transportar mais oxigênio para os músculos.
 - haverá menos glicose disponível nas células musculares.
 - aumentará o número de plaquetas, que fornecem mais energia aos músculos.
2. **Cefet-MG 2018** Pesquisadores da Universidade da Califórnia descobriram que os pulmões desempenham um papel muito mais complexo no corpo de mamíferos do que pensávamos. Experimentos com ratos mostraram que esses órgãos produzem mais de 10 milhões de plaquetas por hora, o que equivale à maioria em circulação nesses animais. De acordo com a pesquisa, um conjunto de células-tronco sanguíneas residem no tecido pulmonar, fabricando esses fragmentos celulares.

(Disponível em: <<http://www.ageracaociencia.com/2017/07/10/foi-descoberta-umanova-funcao-inesperada-dos-pulmoes>>. Acesso em: 01 out de 2017.) (adaptado)

A capacidade de produzir esses elementos figurados do sangue faz com que os pulmões também tenham função na(o)

- síntese de proteínas.
 - defesa do organismo.
 - transporte de oxigênio.
 - coagulação do sangue.
3. **Uece 2018** Considerando as células do sangue, associe corretamente os tipos celulares com suas respectivas características, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

Coluna I

- Hemácias
- Neutrófilos
- Plaquetas
- Linfócitos

Coluna II

- Estruturas anucleadas, com grande quantidade de hemoglobina, que transportam o oxigênio.
- Células com núcleo esférico que participam dos processos de defesa produzindo e regulando a produção de anticorpos.
- Granulócitos que desempenham papel crucial na defesa do organismo fagocitando e digerindo microrganismos.
- Estruturas anucleadas que participam dos processos de coagulação sanguínea.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- 2, 1, 4, 3.
 - 1, 4, 2, 3.
 - 4, 3, 2, 1.
 - 3, 2, 1, 4.
4. **FICSAE-SP 2016** No processo de respiração humana, o ar inspirado chega aos alvéolos pulmonares. O oxigênio presente no ar difunde-se para os capilares sanguíneos, combinando-se com
- a hemoglobina presente nas hemácias, e é transportado para os tecidos, sendo absorvido pelas células e em seguida utilizado na cadeia respiratória, que ocorre no citosol.
 - a hemoglobina presente nas hemácias, e é transportado para os tecidos, sendo absorvido pelas células e em seguida utilizado na cadeia respiratória, que ocorre na mitocôndria.
 - o plasma sanguíneo, e é transportado para os tecidos, sendo absorvido pelas células e em seguida utilizado na glicólise, que ocorre no citosol.
 - o plasma sanguíneo, e é transportado para os tecidos, sendo absorvido pelas células e em seguida utilizado na glicólise, que ocorre na mitocôndria.

5. FCMMG 2017

UMA VEZ, EM BOGOTÁ

Cheguei ao hotel sentindo-me lânguido. Resolvi dar uma volta no quarteirão, para ver as modas. Sobravam ponchos aconchegantes que ajudavam artificialmente a homeostase da temperatura do corpo.

Quando voltei e fui para a cama, notei que quase não respirava! Forcei os pulmões e me senti melhor. Bogotá fica a uma altitude de 2630 metros, de modo que o ar rarefeito trazia-me O_2 escasso, mesmo para minhas necessidades em repouso. Se eu fosse jogar futebol, não faria um gol. É por isso que os atletas chegam a esses lugares semanas antes da competição para que o organismo possa adaptar-se à altitude.

PESSOA, Oswaldo Frota, *BIOLOGIA* vol. 1, ed. Scipione, 2008.

Constitui um dos fatores de adaptabilidade às altitudes:

- a) Produção de um número maior de hemácias.
- b) Aumento da rede capilar dos alvéolos pulmonares.
- c) Elevação do pH sanguíneo para acelerar o ritmo respiratório.
- d) Diminuição da via glicolítica anaeróbia com menor produção de ácido láctico.

6. **Enem Libras 2017** O quadro indica o resultado resumido de um exame de sangue (hemograma) de uma jovem de 23 anos.

Hemograma Valores encontrados		Valores de referência (acima de 12 anos – sexo feminino)
Eritrócitos ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	4,63	3,8 – 4,8
Plaquetas (mil/mm^3)	87	150,0 – 400,0
Leucócitos totais (mil/mm^3)	6,04	4,5 – 11,0

Com base nesses resultados, qual alteração fisiológica a jovem apresenta?

- a) Dificuldade de coagulação sanguínea.
 - b) Diminuição da produção de anticorpos.
 - c) Aumento dos processos infecciosos e alérgicos.
 - d) Diminuição no transporte dos gases respiratórios.
 - e) Aumento da probabilidade de formação de coágulo no sangue.
7. **Enem 2017** Pesquisadores criaram um tipo de plaqueta artificial, feita com um polímero gelatinoso coberto de anticorpos, que promete agilizar o processo de coagulação quando injetada no corpo. Se houver sangramento, esses anticorpos fazem com que a plaqueta mude sua forma e se transforme em uma espécie de rede que gruda nas lesões dos vasos sanguíneos e da pele.

MOUTINHO, S. Coagulação acelerada. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 19 fev. 2013 (adaptado).

Qual a doença cujos pacientes teriam melhora de seu estado de saúde com o uso desse material?

- a) Filariose.
- b) Hemofilia.
- c) Aterosclerose.
- d) Doença de Chagas.
- e) Síndrome da imunodeficiência adquirida.

8. **Enem 2016** A formação de coágulos sanguíneos em veias e artérias é um dos fatores responsáveis pela ocorrência de doenças cardiovasculares, como varizes, infarto e acidentes vasculares cerebrais. A prevenção e o tratamento dessas doenças podem ser feitos com drogas anticoagulantes. A indústria farmacêutica estimula a pesquisa de toxinas animais com essa propriedade. Considerando as adaptações relacionadas aos hábitos alimentares, os animais adequados ao propósito dessas pesquisas são os(as)

- a) moluscos fitófagos.
- b) moscas saprófagas.
- c) pássaros carnívoros.
- d) morcegos frugívoros.
- e) mosquitos hematófagos.

9. **UCS-RS 2018** A coagulação sanguínea é extremamente importante para a contenção de um sangramento no momento de uma lesão na parede de um vaso sanguíneo. Trata-se de um processo complexo que envolve algumas reações químicas catalisadas por diferentes enzimas.

Considerando todo o processo de coagulação sanguínea, assinale a alternativa correta.

- a) Os íons Ca^{++} e a vitamina A são indispensáveis ao processo de contenção de um sangramento, por isso devem estar presentes na alimentação (ou serem fornecidos via complementos).
- b) Os leucócitos liberam a enzima tromboplastina, que catalisa a reação de conversão da protrombina em trombina.
- c) O fibrinogênio é uma proteína presente na circulação sanguínea, o qual, sob o efeito da trombina junto dos íons Ca^{++} , é convertido em fibrina.
- d) A hemofilia é um doença hereditária relacionada ao processo de coagulação, em que o acometido possui uma alta coagulabilidade, levando a sérios riscos de formação de coágulos intravasculares.
- e) O coágulo, depois de ser formado e ter estancado o sangramento, deve ser desfeito pela ação da enzima protrombina, que reestabelece o fluxo normal de sangue no vaso sanguíneo.

10. **UCS-RS 2016** O sangue é um tecido corporal complexo que exerce diversas funções no corpo humano, entre elas, transporte de gases, defesa contra patógenos e coagulação.

Assinale a alternativa correta em relação ao sangue e seus componentes.

- a) As hemácias humanas são células que se dividem continuamente, mantendo um número adequado, para realização do transporte de gases.

- b) As plaquetas são importantes componentes do sangue responsáveis pela captura e destruição de partículas invasoras, como algumas bactérias.
- c) Os megacariócitos são células que se convertem em macrófagos, importantes para os processos de fagocitose de partículas invasoras.
- d) O plasma sanguíneo contém uma série de substâncias destacando-se a água, proteínas, íons, hormônios, nutrientes e gases.
- e) Os linfócitos são tipos especializados de eritrócitos, responsáveis pela produção de anticorpos.

11. **Mackenzie-SP 2019** Leia o texto, a seguir.

Cientistas descobrem função inesperada dos pulmões

Cientistas da Universidade da Califórnia, em São Francisco, descobriram que os pulmões desempenham um papel que vai além da respiração. Em uma série de experimentos feita com ratos, os pesquisadores notaram que os órgãos do animal produziram mais da metade das plaquetas [...]. Durante a realização de três experimentos, eles observaram uma grande quantidade de células produtoras de plaquetas, os chamados megacariócitos, na vasculatura pulmonar do animal [...]. “A contribuição dos pulmões para a biogênese plaquetária é substancial, representando aproximadamente 50% da produção total de plaquetas (do camundongo)”, explicam os autores no estudo.

Disponível em: <https://exame.abril.com.br/ciencia/cientistas-descobrem-funcaoinesperada-dos-pulmoes/> (acesso em 17 de set. 2018)

Tendo como base o texto, três afirmações foram realizadas.

- I. As plaquetas são elementos figurados do sangue, capazes de liberar a enzima tromboplastina, que desencadeia uma série de reações químicas que levam à coagulação sanguínea.
- II. Os megacariócitos também podem ser encontrados na medula óssea vermelha.
- III. Nos mamíferos, em uma única gota de sangue, geralmente há muito mais leucócitos do que plaquetas.

É correto o que se afirma em

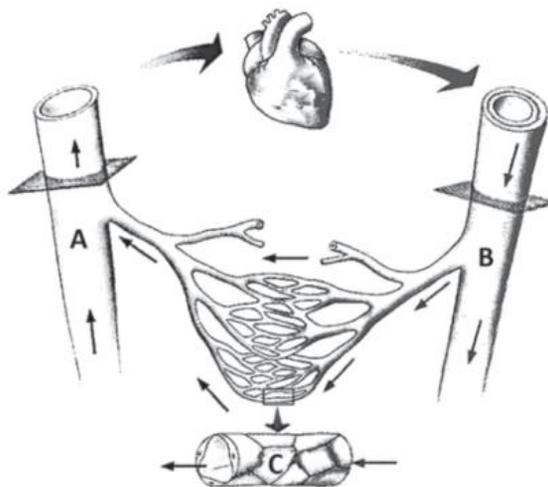
- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I e II, apenas.

12. **IFPE 2017** A hipertensão arterial é um dos problemas que afeta o sistema cardiovascular. Entre as causas mais comuns desta doença é possível destacar alimentação inadequada, estresse e vida sedentária. Algo curioso sobre um dos medicamentos usados para o controle da hipertensão arterial e que a maioria dos hipertensos não sabe é que o captopril é desenvolvido a partir de uma substância encontrada no veneno da jararaca brasileira.

Sobre a hipertensão arterial e o sistema cardiovascular, podemos afirmar que

- a) as veias são vasos que transportam apenas sangue arterial rico em gás oxigênio.
- b) a pressão que o sangue exerce sobre as paredes das veias é denominada pressão arterial.
- c) na grande circulação, o sangue percorre um trajeto entre o coração-pulmão-corção.
- d) é considerada hipertensa a pessoa que apresenta uma pressão arterial de 120/80 mmHg.
- e) a artéria aorta é um vaso que transporta sangue arterial rico em gás oxigênio.

13. **Mackenzie-SP 2017** No esquema as setas indicam o sentido de circulação do sangue.



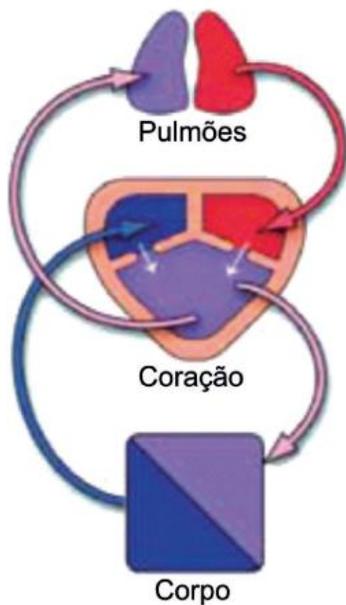
Assinale a alternativa correta.

- a) Todos os vasos A apresentam, na sua parede, uma camada muscular mais reforçada do que os vasos B.
- b) Se os vasos C forem os dos pulmões, o vaso A será uma artéria porque transporta sangue arterial vindo dos pulmões.
- c) A pressão do sangue no vaso A é menor que no vaso B.
- d) O vaso B apresenta inúmeras válvulas para impedir o refluxo do sangue.
- e) No vaso C as substâncias somente passam para o meio externo, não sendo possível a passagem de substâncias para dentro do sangue nessa estrutura.

14. **UCS-RS 2018** Alguns tipos de tumores podem formar estruturas esféricas de milhares de células. À medida que essa estrutura esférica cresce, as células que ficam mais internas começam a receber menos nutrientes. O que se esperaria é que elas fossem morrendo e o tumor parasse de crescer. A maioria dos tumores, porém, tem a capacidade de estimular o processo de formação de novos vasos sanguíneos, o que garante o aporte de nutrientes para suas células e seu crescimento. O processo de formação de novos vasos sanguíneos é chamado de

- a) gametogênese.
- b) angiogênese.
- c) vasoconstrição.
- d) hematopoiese.
- e) angioplastia.

15. **FCMSCSP 2019** A figura mostra como os sistemas circulatório e respiratório se associam no corpo de determinado animal.



(www.nsf.gov. Adaptado.)

Essa forma de associação entre os sistemas ocorre em animais pertencentes ao grupo dos

- a) osteíctes.
 - b) anuros.
 - c) marsupiais.
 - d) gastrópodes.
 - e) condrictes.
16. **CPS-SP 2017** Em 2011, médicos de um hospital em São Paulo usaram um robô, pela primeira vez, para fazer uma cirurgia cardíaca. Nessa cirurgia robótica, os médicos fizeram uma ponte de safena, por meio de um processo menos invasivo do que o habitual. O paciente submetido a essa cirurgia apresentava uma obstrução em uma das artérias coronárias, e o sangue chegava com dificuldade ao coração. Essa obstrução das artérias coronárias é característica do quadro conhecido como
- a) pericardite.
 - b) infarto agudo do miocárdio.
 - c) doença vascular periférica.
 - d) acidente vascular cerebral.
 - e) doença das válvulas cardíacas.
17. **PUC-PR 2017** Leia o texto a seguir.

Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no País

As doenças cardiovasculares são responsáveis por 29,4% de todas as mortes registradas no País em um ano. Isso significa que mais de 308 mil pessoas faleceram principalmente de infarto e acidente vascular cerebral (AVC). As doenças cardiovasculares são aquelas que afetam o coração e as artérias, como os já citados infarto e acidente

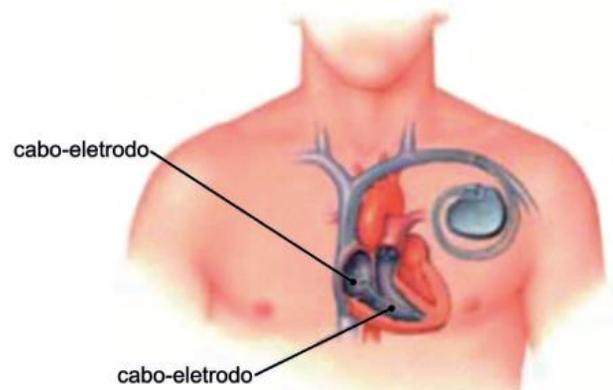
vascular cerebral, e também arritmias cardíacas, isquemias ou anginas. A principal característica das doenças cardiovasculares é a presença da aterosclerose, acúmulo de placas de gorduras nas artérias ao longo dos anos que impede a passagem do sangue.

(Fonte: <http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais> - Acesso: 04 de maio de 2016.)

Dentre as principais causas da aterosclerose, destacam-se fatores genéticos, obesidade, sedentarismo, tabagismo, hipertensão e colesterol alto. Se for considerado isoladamente o fator colesterol, conclui-se que

- a) uma redução de HDL e um aumento de LDL reduzem o risco de infarto.
- b) atividade física e ingestão de gorduras de origem vegetal aumentam a quantidade de LDL reduzindo o risco de infarto.
- c) alimentação equilibrada e atividade física reduzem o HDL e aumentam o risco de infarto.
- d) proporção de HDL e LDL não tem relação direta com a alimentação, pois são moléculas de origem endógena.
- e) uma redução de HDL e um aumento de LDL aumentam o risco de infarto.

18. **UAM-SP 2015** A figura ilustra um dos locais utilizados para a implantação de um marca-passo e de seus cabos-eletrodos conectados ao coração.



(www.clinicacdc.com.br)

A análise da figura permite afirmar corretamente que os cabos-eletrodos estão conectados

- a) às válvulas cardíacas que coordenadamente regulam o fluxo de entrada e saída de sangue dos átrios e ventrículos.
- b) ao átrio direito e ao ventrículo direito, sendo o último o responsável pelo fluxo de sangue rico em CO_2 em direção aos pulmões.
- c) aos ventrículos, câmaras cardíacas responsáveis pelo bombeamento de sangue com alta pressão em direção à artéria aorta.
- d) ao átrio esquerdo e ao ventrículo esquerdo, sendo o último o responsável pelo fluxo de sangue rico em O_2 em direção à artéria aorta.
- e) aos átrios, câmaras cardíacas responsáveis pelo bombeamento de sangue rico em CO_2 em direção aos pulmões.

22. FGV-SP 2020 Uma criança nasceu com um defeito em uma de suas valvas cardíacas. Essa valva não se fecha por completo durante a sístole cardíaca, o que ocasiona retorno de sangue arterial.

O defeito nessa valva cardíaca faz com que o sangue retorne

- a) do átrio direito para o ventrículo direito.
- b) do ventrículo esquerdo para o átrio esquerdo.
- c) do ventrículo esquerdo para a artéria aorta.
- d) do ventrículo direito para o átrio direito.
- e) do átrio direito para as veias cavas.

23. Fuvest-SP 2015 No intestino humano, cada uma das vilosidades da superfície interna do intestino delgado tem uma arteríola, uma vênula e uma rede de capilares sanguíneos. Após uma refeição, as maiores concentrações de oxigênio, glicose e aminoácidos no sangue são encontradas nas

	Oxigênio	Glicose	Aminoácidos
a)	vênulas	vênulas	vênulas
b)	vênulas	vênulas	arteríolas
c)	arteríolas	arteríolas	arteríolas
d)	arteríolas	arteríolas	vênulas
e)	arteríolas	vênulas	vênulas

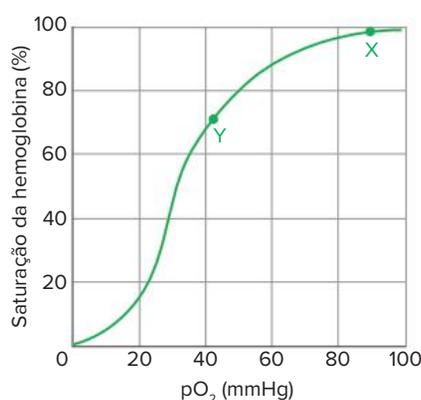
24. Mackenzie-SP 2015 A respeito do coração, assinale a alternativa correta.

- a) Os nódulos atrioventricular e sinoatrial são responsáveis pelo controle do ritmo cardíaco.
- b) As valvas são responsáveis por estimular a contração do miocárdio.
- c) A contração do miocárdio é completamente independente da ação do sistema nervoso.
- d) A oxigenação desse órgão é feita pelo sangue que circula em seu interior.
- e) Todo sangue que sai do coração é arterial.

25. Unicamp-SP 2012 A pressão parcial do gás O_2 (pO_2) e a do gás CO_2 (pCO_2) foram medidas em duas amostras (I e II) de sangue colhidas simultaneamente de um homem normal. A amostra I teve $pO_2 = 104$ mm Hg e $pCO_2 = 40$ mm Hg, enquanto a amostra II teve $pO_2 = 40$ mm Hg e $pCO_2 = 45$ mm Hg. Em relação ao caso em análise, é correto afirmar que:

- a) A amostra I corresponde a sangue arterial, que pode ter sido obtido de artéria pulmonar, que cede O_2 para as células corporais com baixa concentração desse gás.
- b) A amostra II corresponde a sangue venoso, que pode ter sido obtido de veias pulmonares, que levam sangue do pulmão ao coração.
- c) A amostra II pode ter sido obtida de uma artéria pulmonar, que leva sangue do coração ao pulmão, onde a pO_2 do ar é menor que a do sangue que chega a esse órgão.
- d) A amostra I pode ter sido obtida de veias pulmonares, que chegam ao coração trazendo sangue oxigenado, que será usado para irrigar o próprio coração e outros órgãos.

26. FCMSCSP 2020 O gráfico mostra a curva de dissociação do oxigênio, a qual indica a concentração relativa de oxigênio combinado à hemoglobina humana.



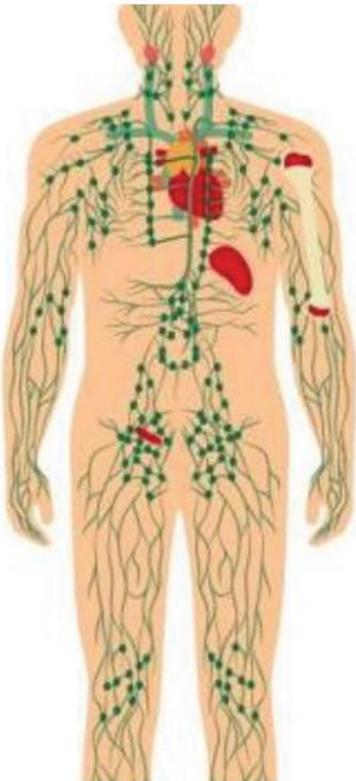
De acordo com o gráfico, os pontos X e Y representam, respectivamente, o sangue contido

- a) no átrio direito e nos músculos.
- b) na veia cava e no átrio esquerdo.
- c) na artéria pulmonar e no ventrículo direito.
- d) no ventrículo esquerdo e no fígado.
- e) na artéria aorta e na veia pulmonar.

27. PUC-Rio 2019 Além do sistema circulatório, o corpo humano apresenta outro sistema de transporte de fluidos: o sistema linfático. Sobre esse sistema, é INCORRETO afirmar que

- o sistema linfático está envolvido no transporte de oxigênio.
- a composição da linfa se assemelha à do plasma sanguíneo.
- uma das funções do sistema linfático é a defesa do organismo.
- órgãos como linfonodos, baço e timo fazem parte do sistema linfático.
- os linfonodos concentram um tipo de leucócito denominado linfócito.

28. PUC-PR 2021 O sistema representado abaixo integra o organismo humano. Entre os seus vários órgãos constituintes, temos o timo, localizado no tórax, acima do coração, e o baço, localizado no quadrante superior esquerdo, próximo ao estômago.

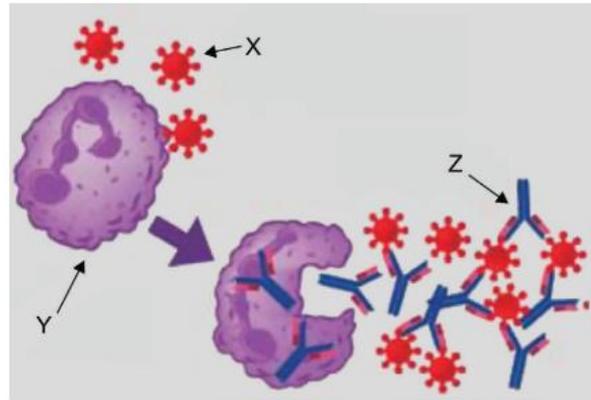


Disponível em: <<https://www.marketingpre.com.br/blog/2013/12/06/sistema-linfatico/>>. Acesso em: 20/02/2020.

Os órgãos timo e baço pertencem

- ao sistema linfático e atuam na resposta imune.
- ao sistema cardiovascular e atuam na produção dos glóbulos vermelhos.
- ao sistema cardiovascular e atuam na produção dos glóbulos brancos.
- ao sistema digestório e atuam na produção dos hormônios que regulam a secreção das enzimas digestivas.
- ao sistema excretório e atuam na remoção das células sanguíneas defeituosas e envelhecidas.

29. FGV-SP 2018 A figura ilustra, parcial e simplificada, o mecanismo imunológico do ser humano.



(<https://www.tuasaude.com>. Adaptado)
(As estruturas ilustradas não estão em escala.)

Com relação às estruturas indicadas por X, Y e Z, é correto afirmar que

- X corresponde às imunoglobulinas, responsáveis pelo reconhecimento dos antígenos representados por Z
- Z corresponde às imunoglobulinas, responsáveis por neutralizar a ação dos antígenos, representados por X
- Y corresponde às imunoglobulinas, responsáveis pelo reconhecimento dos antígenos, representados por Z
- X corresponde aos antígenos, responsáveis pela inativação das imunoglobulinas representadas por Y
- Z corresponde aos antígenos, responsáveis pela inativação das imunoglobulinas representadas por X

30. Uefs-BA 2017 Apesar da enorme quantidade de receptores de antígenos, apenas uma diminuta fração é específica para determinado epítipo.

Uma resposta adaptativa eficaz é possível e pode desenvolver-se por causa

- do número limitado de linfócitos nos linfonodos, tornando a ação altamente específica e direcionada.
- da proliferação de linfócitos T e B, que sofrerão diferenciações, gerando células efetoras específicas.
- da proliferação, ainda na medula, de linfócitos que se diferenciarão em linfócitos B ou linfócitos T, sem distinção.
- da presença de um único tipo de epítipo em uma célula invasora, tornando a ação do sistema imunológico altamente específica.
- da diferenciação, após a interação com o antígeno, de todos os linfócitos T-CD4 em plasmócitos.

31. UFPR 2017

A candidata a uma vacina que poderá proteger os seres humanos da esquistossomose passou na fase inicial dos testes clínicos. Totalmente desenvolvida no Brasil, ela

tem como alvo o verme *Schistosoma mansoni*, que provoca a doença. O imunizante usa uma proteína chamada de Sm14 para que o ataque do parasita no corpo humano seja neutralizado.

(<Fonte: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/05/19/vacina-contra-esquistossomose/>>. Acessado em 08/08/2016.)

Pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Botucatu conseguiram autorização do Ministério da Saúde e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para iniciar testes em humanos do soro antiapilíco (antiveneno de abelhas). O soro, composto por uma imunoglobulina heteróloga, será o primeiro do mundo.

(Fonte: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/soro-antiveneno-de-abelha-comeca-ser-testado-em-humanos-este-mes-19046264>>. Acessado em: 24/04/16.)

A proteína Sm14 e a imunoglobulina heteróloga atuam no organismo, respectivamente, como:

- a) anticorpo e antígeno.
- b) antígeno e antialérgico.
- c) antialérgico e anticorpo.
- d) antígeno e anticorpo.
- e) anticorpo e antialérgico.

32. CPS-SP 2019 Certas substâncias tóxicas, como a peçonha de cobras, têm efeitos fulminantes no organismo, podendo matar a pessoa antes que ela consiga produzir anticorpos suficientes para sua defesa. Nessas situações de urgência, o tratamento é feito pela injeção de soro imune, que tem grande quantidade de anticorpos específicos obtidos a partir do sangue de um animal previamente imunizado.

O soro é preparado injetando-se em animais como, por exemplo, cavalos, doses sucessivas e crescentes do antígeno contra o qual se deseja obter os anticorpos específicos. Em seguida, são feitas sangrias nos cavalos para avaliar a concentração de anticorpos produzidos e presentes no plasma. Quando essa concentração atinge a quantidade desejada, é realizada a sangria final para obtenção do soro.

No final do processo, hemácias, plaquetas e leucócitos retirados são devolvidos novamente aos cavalos, o que visa reduzir os efeitos colaterais provocados pelas sangrias.

A aplicação do soro na vítima de picada de cobra não confere imunidade permanente, pois a memória imunitária não é estimulada, e os anticorpos injetados desaparecem da circulação em poucos dias.

Sobre as várias etapas do processo de imunização descritas no texto é correto afirmar que

- a) a pessoa picada por cobra venenosa deverá tomar soro, pois este contém os antígenos específicos que irão neutralizar o veneno.
- b) a aplicação de soro ou vacina em uma vítima de picada de cobra são processos indiferentes porque ambos possuem anticorpos.
- c) os anticorpos específicos produzidos contra o veneno da cobra, e injetados na vítima, permanecem ativos no sangue durante toda a vida do receptor.

- d) o soro não possui função preventiva, sendo usado apenas como forma de tratamento, pois contém anticorpos prontos para o uso em seres humanos.
- e) a devolução das células sanguíneas aos animais é importante porque, como as hemácias atuam na defesa, isso impede a manifestação de processos infecciosos nos cavalos.

33. UEG-GO 2018

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), acidentes por picadas de animais peçonhentos são um dos maiores problemas de saúde pública em países tropicais como o Brasil. Isso porque as ocorrências estão entre as principais intoxicações do público adulto jovem, entre 20 e 49 anos. No país, o maior número de acidentes registrado é com escorpiões, seguido por serpentes e aranhas.

Em Goiás, a grande incidência desse tipo de agravo pode ser notada no Hospital de Doenças Tropicais Dr. Anuar Auad (HDT/HAA), referência em doenças infecto-contagiosas e dermatológicas. Os acidentes com animais peçonhentos representam o segundo maior número de atendimento no hospital, ficando atrás apenas das assistências a pacientes portadores do vírus HIV. Todavia, a grande maioria da população desconhece os procedimentos de socorro em casos de acidente com picada de animais peçonhentos.

Disponível em: <<http://www.goiasagora.go.gov.br/saude-alerta-para-os-acidentes-com-animais-peconhentos>>. Acesso em: 22 set. 2017.

Sobre a produção e o uso dos soros em acidentes por picadas de animais peçonhentos, verifica-se que

- a) a escolha do soro e a quantidade independem do diagnóstico, visto que o soro anti-peçonhento pode atingir um espectro humano maior para cada tipo de acidente, uma vez que antes de se administrá-lo é preciso avaliar se há manifestações clínicas que indiquem que o indivíduo foi picado por um animal peçonhento.
- b) os soros hiperimunes heterólogos produzidos para combater complicações nesses acidentes são medicamentos que contêm anticorpos produzidos por animais não-imunizados, utilizados para o tratamento de intoxicações causadas por venenos de animais, toxinas ou infecções por vírus e nematódeos.
- c) a validação experimental no processo de produção dos soros hiperimunes de cavalo não inviabiliza sua utilização, haja vista que a eliminação de diversos tipos de vírus, durante o fracionamento do plasma, não requer etapas mais específicas.
- d) o processo de produção do soro inicia-se com a manutenção da imunização de cavalos com antígenos não específicos preparados com a mistura dos venenos de serpentes, aranhas, escorpiões e lagartas para produção dos soros hiperimunes.
- e) o plasma obtido pelas sangrias dos cavalos é submetido a uma sequência de processos físicos e químicos para a purificação das imunoglobulinas, com emprego de testes de qualidade em diversas fases da produção e para a liberação de cada lote produzido.

34. PUC-PR 2018 Considere o texto a seguir.

No final do século XIX, a descoberta dos agentes causadores de doenças infecciosas representou um passo fundamental no avanço da medicina experimental, através do desenvolvimento de métodos de diagnóstico e tratamento de doenças como a difteria, tétano e cólera. Um dos principais aspectos desse avanço foi o desenvolvimento da soroterapia, que consiste na aplicação no paciente de um soro contendo um concentrado de anticorpos. A soroterapia tem a finalidade de combater uma doença específica (no caso de moléstias infecciosas), ou um agente tóxico específico (venenos ou toxinas). O Dr. Vital Brazil Mineiro da Campanha, médico sanitário, residindo em Botucatu, consciente do grande número de acidentes com serpentes peçonhentas no Estado, passou a realizar experimentos com os venenos ofídicos. Baseando-se nos primeiros trabalhos com soroterapia realizados pelo francês Albert Calmette, desenvolveu estudos sobre soros contra o veneno de serpentes, descobrindo a sua especificidade, ou seja, cada tipo de veneno ofídico requer um soro específico, preparado com o veneno do mesmo gênero de serpente que causou o acidente.

Disponível em: http://www.infobibos.com/artigos/2008_2/sorosvacinas/index.htm. Acesso: 17 jun. 2017.

Em caso de acidente por cobras peçonhentas, é feita a utilização

- do soro específico composto por antígenos produzidos geralmente por outros animais, como os cavalos que recebem doses adequadas de veneno liofilizado (anticorpos). Os cavalos passam a produzir antígenos (imunização passiva) e, para o indivíduo que recebe o soro, o processo de imunização é ativo.
- das vacinas específicas, processo de imunização ativo. Através da utilização de carboidratos específicos, cavalos são induzidos a produzir antígenos, que serão extraídos por um processo de sangria. Em seguida, por plasmaferese, o sangue sem antígenos é devolvido ao cavalo.
- das vacinas antiofídicas com ação múltipla, capazes de neutralizar antígenos como antibotrópicos, antielapídicos, anticrotálicos e antilaquéticos. A produção ocorre através da inoculação de anticorpos específicos em cavalos que passam a produzir as múltiplas vacinas por processos ativos.
- das vacinas específicas que são produzidas nos corpos de animais de grande porte como cavalos. Nesse processo, o animal recebe antígenos (veneno) de cobras e passa a produzir anticorpos que serão extraídos e posteriormente utilizados nas vacinas para inativar antígenos como os presentes nos venenos de cobras.
- do soro específico composto por anticorpos produzidos geralmente por outros animais como os cavalos que recebem doses adequadas de veneno liofilizado (antígenos). Os cavalos são estimulados a produzir anticorpos. Para os cavalos, o processo de imunização é ativo, já para a pessoa que utilizará o soro, o processo de imunização é passivo.

35. Cotuca-SP 2020 Leia o texto a seguir.

12 de agosto de 2019 – Surtos de sarampo continuam a se espalhar rapidamente pelo mundo, de acordo com os últimos relatórios preliminares fornecidos à Organização Mundial da Saúde (OMS), com milhões de pessoas em risco de contrair a doença. Os casos de sarampo notificados nos primeiros seis meses de 2019 são os mais elevados desde 2006, com surtos sobrecarregando sistemas de saúde e levando a doenças graves, incapacidades e mortes em muitas partes do mundo. A quantidade é quase três vezes maior do que a registrada no mesmo período do ano passado.

Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6006:dados-preliminares-da-oms-apontam-que-casos-de-sarampo-em-2019-quase-triplicaram-em-relacao-ao-ano-passado&Itemid=820. Acesso em: 15/08/2019.

O aumento nos casos da doença evidenciada no texto reforça a necessidade da realização das campanhas de vacinação como medida de promoção da saúde individual e coletiva. O motivo pelo qual devemos receber diferentes vacinas ao longo de nossa vida é:

- As vacinas possuem agentes virais mortos ou atenuados, ou ainda substâncias virais que têm por finalidade formar a memória imunológica, que é específica para cada agente viral.
- As vacinas possuem anticorpos que irão realizar o combate aos agentes virais. Como os anticorpos são específicos para cada doença, torna-se necessário o recebimento de diferentes tipos de vacina.
- As vacinas possuem antígenos capazes de combater os agentes virais, eliminando, assim, a possibilidade de evolução da doença. Como muitos vírus possuem altas taxas de mutação, torna-se necessário o recebimento de diferentes tipos de vacina.
- As vacinas possuem anticorpos capazes de gerar no paciente uma memória imunológica específica ao vírus causador de cada doença. Devido à diversidade de doenças causadas por agentes virais, torna-se necessária a utilização de diferentes vacinas.
- As vacinas são produzidas a partir da administração de antígenos em cavalos. Os anticorpos são, em seguida, obtidos a partir do sangue do animal e armazenados para futura utilização nas campanhas de vacina.

36. Fuvest-SP 2019 Desde 2013, a cobertura vacinal para doenças como caxumba, sarampo, rubéola e poliomielite vem caindo ano a ano em todo o país, devido, entre outros motivos, _____I_____. Contudo, sabe-se que a vacina é o único meio de prevenir essas doenças e consiste na inoculação de _____II_____. As lacunas I e II podem ser corretamente preenchidas por:

- I. à baixa incidência dessas doenças atualmente, não representando mais riscos à saúde pública.
II. anticorpos que estimulam uma resposta imunológica passiva contra uma doença específica, em pessoas saudáveis.

- b) I. a movimentos antivacinação, que têm se expandido pelo mundo.
II. vírus patogênicos modificados em laboratório, causando a cura pela competição com os vírus não modificados da pessoa doente.
- c) I. a movimentos antivacinação, que têm se expandido pelo mundo.
II. antígenos do agente patogênico, estimulando uma resposta imunológica ativa, em pessoas saudáveis.
- d) I. ao alto custo dessas vacinas, não coberto pelo sistema público, o que as torna inacessíveis a grande parte da população.
II. antígenos do agente patogênico para garantir a cura em um curto espaço de tempo, em pessoas doentes.
- e) I. à baixa incidência dessas doenças atualmente, não representando mais riscos à saúde pública.
II. anticorpos específicos produzidos em outro organismo, que se multiplicam e eliminam o agente patogênico, em pessoas doentes.

37. UFSC 2019

Em agosto, o Brasil iniciou uma campanha de vacinação infantil em massa contra o sarampo e a poliomielite em meio a um quadro que causa apreensão. As taxas de imunização de crianças contra 17 doenças, entre elas o sarampo, atingiram em 2017 os níveis mais baixos em muitos anos. Não se descarta como causa da queda na vacinação a influência de notícias falsas, *fake news*, que circulam nas redes sociais.

Os movimentos antivacina ganharam força depois que o cirurgião Andrew Wakefield publicou, em 1998, na *Lancet*, respeitada revista da área médica, um trabalho insinuando que a tríplice viral (contra sarampo, caxumba e rubéola) estaria associada ao autismo. Estudos posteriores refutaram a conexão e mostraram que Wakefield tinha ações de uma empresa que propunha o uso de outra vacina. Sua licença médica foi cassada, mas o estrago estava feito e ressurgiram surtos de sarampo na Europa.

Revista Pesquisa FAPESP. Disponível em:
<<https://revistapesquisa.fapesp.br/2018/08/17/as-razoes-da-queda-na-vacinacao/>>. [Adaptado]. Acesso em: 30 ago. 2018.

Sobre vacinação, vacinas e sistema imunológico, é correto afirmar que:

- 01 a produção de anticorpos específicos como reação ao processo de vacinação tem início com a ativação das linhagens de células vermelhas.
- 02 o calendário nacional de vacinação prevê a imunização de crianças de até 2 anos, não existindo recomendação de vacinação na faixa etária de 9 a 20 anos.
- 04 anticorpos são células modificadas com a função específica de destruir determinado antígeno.
- 08 antígenos são substâncias capazes de induzir uma resposta imune.
- 16 as células responsáveis pela especificidade da resposta imune são encontradas no sangue, na linfa e nos órgãos linfoides.
- 32 a resposta imune é igual para todas as pessoas, uma vez que os anticorpos não variam em sua especificidade.
- 64 as imunoglobulinas das classes IgM, IgA, IgD, IgE e IgG são proteínas produzidas por células linfocitárias.

Soma:

38. UFRGS 2019

O número de pessoas que se recusam a vacinar seus filhos, influenciadas principalmente por informações não científicas veiculadas nas redes sociais, tem crescido significativamente.

Considere as seguintes afirmações sobre as vacinas.

- I. A volta de doenças que já haviam sido controladas no país está relacionada à resistência às vacinas, desenvolvida pelos organismos patogênicos.
- II. A base do funcionamento das vacinas é a produção de células de memória que facilitarão a proteção contra o patógeno, em contatos futuros.
- III. As vacinas consistem em anticorpos isolados de microrganismos causadores de doenças ou mesmo de microrganismos vivos.

Quais estão corretas?

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

39. Enem Libras 2017

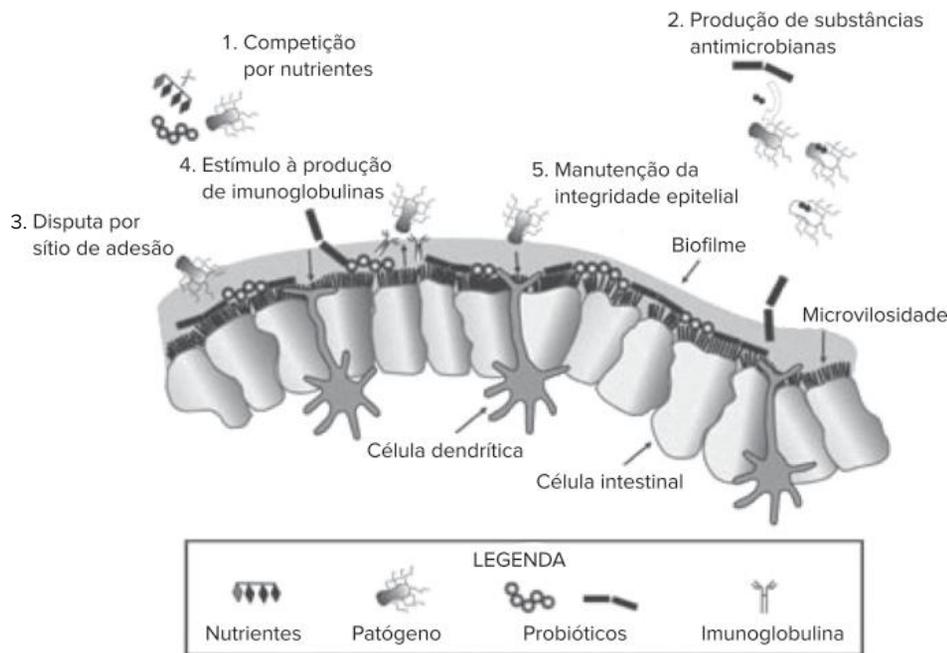
No Brasil, a incidência da esquistossomose vem aumentando bastante nos estados da Região Nordeste e em Minas Gerais. Para tentar diminuir estes números, a Fundação Oswaldo Cruz anunciou a primeira vacina do mundo contra essa doença. A expectativa é que o produto chegue ao mercado em alguns anos.

Disponível em: www.fiocruz.br. Acesso em: 11 nov. 2013.

A tecnologia desenvolvida tem como finalidade

- a) impedir a manifestação da doença.
- b) promover a sobrevida do paciente.
- c) diminuir os sintomas da doença.
- d) atenuar os efeitos colaterais.
- e) curar o paciente positivo.

40. **Enem 2016** Vários métodos são empregados para prevenção de infecções por microrganismos. Dois desses métodos utilizam microrganismos vivos e são eles: as vacinas atenuadas, constituídas por patógenos avirulentos, e os probióticos que contêm bactérias benéficas. Na figura são apresentados cinco diferentes mecanismos de exclusão de patógenos pela ação dos probióticos no intestino de um animal.



McALLISTER, T. A. *et al.* Review: The use of direct fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, jan. 2011 (adaptado).

Qual mecanismo de ação desses probióticos promove um efeito similar ao da vacina?

- a) 5 b) 4 c) 3 d) 2 e) 1
41. **Enem 2015** Tanto a febre amarela quanto a dengue são doenças causadas por vírus do grupo dos arbovírus, pertencentes ao gênero *Flavivirus*, existindo quatro sorotipos para o vírus causador da dengue. A transmissão de ambas acontece por meio da picada de mosquitos, como o *Aedes aegypti*. Entretanto, embora compartilhem essas características, hoje somente existe vacina, no Brasil, para a febre amarela e nenhuma vacina efetiva para a dengue.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. *Dengue: Instruções para pessoal de combate ao vetor*. Manual de Normas Técnicas. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 7 ago. 2012 (adaptado).

Esse fato pode ser atribuído à

- a) maior taxa de mutação do vírus da febre amarela do que do vírus da dengue.
 b) alta variabilidade antigênica do vírus da dengue em relação ao vírus da febre amarela.
 c) menor adaptação do vírus da dengue à população humana do que do vírus da febre amarela.
 d) presença de dois tipos de ácidos nucleicos no vírus da dengue e somente um tipo no vírus da febre amarela.
 e) baixa capacidade de indução da resposta imunológica pelo vírus da dengue em relação ao da febre amarela.
42. **UFU-MG 2020** Analise a charge abaixo.



Disponível em: <<http://blogdoaftm.com.br/charge-movimento-contra-vacinas/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

O movimento apresentado na charge tem implicações no retorno do sarampo no Brasil, pois o uso de vacina intensifica

- a) a imunização passiva, estimulando a produção de antígeno contra o agente causador da doença.
 b) a transferência de anticorpos prontos, suprimindo a produção de células de defesa no organismo.
 c) a resposta imunológica, estimulando a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.
 d) a produção de glóbulos vermelhos, neutralizando a resposta imunológica do agente causador da doença.

Dengue, plaquetopenia e o uso do AAS (ácido acetilsalicílico)

A dengue é uma doença viral transmitida pela picada de fêmeas infectadas da espécie de mosquito *Aedes aegypti*. É bastante comum que indivíduos acometidos pela dengue apresentem plaquetopenia, ou seja, redução do número de plaquetas, aumentando o risco de a pessoa sofrer com hemorragias. Há muitas evidências de que essa redução da quantidade de plaquetas observada em casos de dengue é decorrente da ação autoimune causada por anticorpos produzidos a partir da infecção pelo vírus. Os sintomas iniciais da dengue, como dor de cabeça, dores pelo corpo e cansaço, podem ser confundidos com sintomas de gripe e, muitas vezes, as pessoas infectadas praticam automedicação com medicamentos à base de ácido acetilsalicílico (AAS). Essa prática é bastante perigosa, uma vez que o AAS tem efeito inibidor sobre a agregação plaquetária; em outras palavras, o AAS comporta-se como um anticoagulante. Caso a pessoa com dengue exiba plaquetopenia e consuma AAS, o risco de hemorragia aumenta substancialmente. Por esse motivo, ao lermos a bula de um medicamento à base de AAS encontramos advertências do tipo: “O uso de AAS não é aconselhável quando há suspeita de dengue”. Por ser um eficiente antiagregante plaquetário, o AAS pode ser indicado na prevenção da trombose venosa profunda, embolia pulmonar, acidentes vasculares cerebrais e infarto do miocárdio.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Sistema cardiovascular

Funções

- Transporte de materiais.
- Defesa do organismo.
- Controle da temperatura corporal.

Componentes

Sangue

Tecido conjuntivo constituído pelo plasma e pelos elementos figurados (hemácias, leucócitos e plaquetas), os quais são produzidos na medula óssea vermelha, rica em tecido hematopoietico.

• Hemácias

- Anucleadas e bicôncavas. Formadas a partir dos eritroblastos.
- Ricas em hemoglobina; são células especializadas, sobretudo, no transporte de gás oxigênio.
- Devido à ausência de núcleo, as hemácias perduram de 90 a 120 dias, sendo destruídas no fígado e no baço.
- Quantidade em pessoas saudáveis: 4 a 6 milhões/mm³ de sangue.

• Leucócitos

- Células nucleadas que atuam nas defesas de corpo.
- São classificados em granulócitos e agranulócitos.
- Quantidade em pessoas saudáveis: 5 a 10 mil/mm³ de sangue.

• Plaquetas

- Fragmentos celulares formados a partir dos megacariócitos.
- Atuam na coagulação sanguínea.
- Quantidade em pessoas saudáveis: 150 mil a 500 mil/mm³ de sangue.

Coração

- Responsável pelo bombeamento do sangue.
- Formado pelo miocárdio (músculo cardíaco).
- Movimentos: sístole (contração) e diástole (relaxamento).
- Câmaras (cavidades): átrios e ventrículos.
- Revestimentos: endocárdio e pericárdio.

Vasos sanguíneos

Vias por onde circula o sangue.

• Artérias

- Conduzem sangue dos ventrículos cardíacos para os tecidos do corpo.

- Possuem parede mais espessa e resistente.
- Suportam pressões sanguíneas mais altas.

• Veias

- Carregam sangue dos tecidos do corpo de volta ao coração, chegando nos átrios.
- O retorno do sangue ao coração é chamado retorno venoso e ocorre sob pressão mais baixa.
- A parede das veias tem constituição tecidual semelhante a parede das artérias, porém é mais fina e menos resistente.
- Fatores que contribuem ao retorno venoso:
 - Contração da musculatura lisa presente na parede do vaso.
 - Contração musculatura esquelética adjacente a veia, comprimindo o vaso e deslocando o sangue em seu interior.
 - Presença de válvulas venosas.

• Capilares

- As artérias de maior calibre se ramificam em artérias menores que, por sua vez, ramificam-se em arteríolas. As arteríolas continuam a se ramificar até originarem os capilares.
- Os capilares são vasos muito finos que permitem a ocorrência de trocas de materiais entre sangue e demais tecidos.

Circulação nos vertebrados

Peixes

- Coração bicavitário.
- Circulação simples e completa.

Anfíbios

- Coração tricavitário.
- Circulação dupla e incompleta.
- Nas circulações duplas, o trajeto do sangue pode ser dividido em pequena circulação (circulação pulmonar) e grande circulação (circulação sistêmica).

Répteis

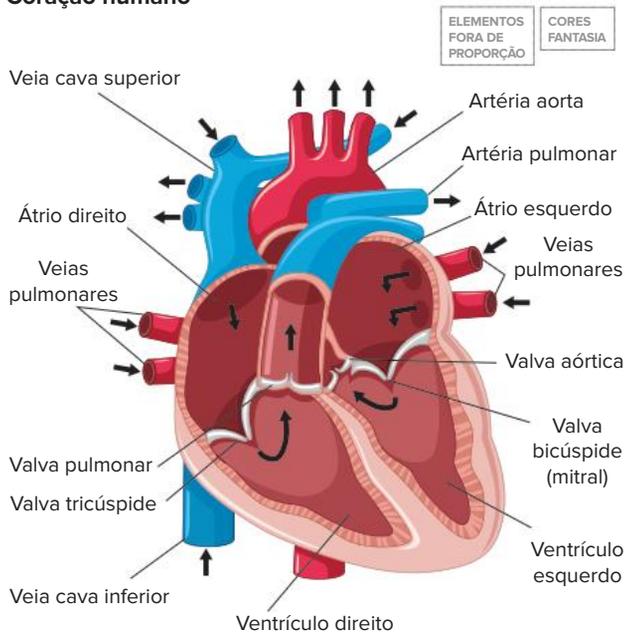
- Nos répteis escamados e nos quelônios, o coração é tricavitário.
- Nos répteis crocodilianos e nas aves, o coração é tetracavitário.
- Escamados, quelônios e crocodilianos apresentam circulação dupla e incompleta.
- Nos crocodilianos, pode ocorrer mistura entre sangue venoso e arterial pelo forame de Panizza e no encontro da aorta direita com a aorta esquerda.

Aves e mamíferos

- Coração tetracavitário.
- Circulação dupla e completa.
- A circulação dupla e completa favorece maiores taxas de nutrição e de oxigenação dos tecidos, característica vantajosa às aves e aos mamíferos, uma vez que são animais endotérmicos e precisam manter altas taxas metabólicas.

Aspectos da circulação humana

Coração humano



Representação do coração humano em corte, mostrando as cavidades, as valvas e os vasos sanguíneos que chegam e partem do órgão. As setas indicam o sentido do fluxo sanguíneo.

Controle dos batimentos cardíacos

- O coração gera os impulsos elétricos que determinam seu batimento.
- A estrutura que origina os impulsos é o nó sinoatrial (marca-passo). Esses impulsos determinam a contração dos átrios e atingem o nó atrioventricular.
- Do nó atrioventricular, os impulsos seguem pelas ramificações do feixe de His e se propagam pelas fibras de Purkinje, resultando na contração dos ventrículos.
- Influência do sistema nervoso autônomo
 - Ramo simpático: ativado em situações de emergência; resulta em aumento da frequência cardíaca.
 - Ramo parassimpático: atua em situações de relaxamento, levando à redução do ritmo cardíaco.

Circulação linfática

- Os capilares linfáticos recolhem o excesso de fluido tecidual, originando a linfa.
- Os linfonodos são órgãos nos quais são encontradas muitas células de defesa.
- Caso seja detectada a presença de agentes estranhos na linfa, eles são retidos nos linfonodos e uma resposta de defesa é desencadeada.
- Timo, baço e tonsilas são estruturas do sistema linfático que também atuam nas defesas do corpo.

Sistema imunitário

- Atua na defesa do organismo contra agentes invasores potencialmente prejudiciais.

Componentes

Órgãos primários

- Medula óssea.
- Timo.

Órgãos secundários

- Vasos linfáticos.
- Linfonodos.
- Baço.
- Apêndice cecal.
- Tonsilas.

Imunidade inata

- Resposta rápida que atinge uma ampla diversidade de patógenos.
- Apresenta baixa especificidade.
- Defesas de barreira: pele, mucosas, muco, suco gástrico, enzima lisozima.
- Resposta inflamatória: desencadeada após choque, atrito ou perfuração de tecidos; por exemplo, quando espetamos o dedo com um espinho.

Imunidade adquirida

- Envolve respostas mais lentas, porém altamente específicas.
- Antígenos: macromoléculas presentes nos patógenos que são reconhecidas como estranhas ao organismo; esse reconhecimento induz resposta imune.
- A primeira exposição a um patógeno dotado de um determinado antígeno resulta na:
 - produção de anticorpos (imunoglobulinas) específicos no combate ao antígeno;
 - ativação de células de defesa que atacam células infectadas;
 - formação de células de memória imunitária.
- Memória imunitária é a característica do sistema imunitário que promove proteção de longo prazo contra muitas infecções.
- **Resposta imunitária primária:**
 - Desencadeada na primeira vez em que há contato com um antígeno.
 - Ocorre produção de anticorpos específicos, ativação de linfócitos T citotóxicos e formação de células de memória.
 - Células de memória são de vida longa e apresentam em sua membrana os receptores que reconhecem especificamente o antígeno que foi apresentado.
- **Resposta imunitária secundária:**
 - Desencadeada em contatos posteriores com o antígeno que induziu a resposta primária.
 - Em comparação à resposta primária, a resposta secundária é muito mais rápida e produz maior quantidade de anticorpos.

Formas de imunização

Imunização passiva

- O sistema imunitário não é estimulado a produzir anticorpos e células de memória

- Os anticorpos são produzidos por outro organismo e, de algum modo, transferidos para um receptor.
- Imunização com efeito passageiro.
- Imunização passiva natural: transferência de anticorpos do sangue de uma mulher grávida para o feto por meio da placenta e fornecimento de anticorpos por meio do leite materno.
- Imunização passiva artificial: soro (ex.: soros antiofídicos usados em casos de mordidas de serpentes peçonhentas).
 - Composição: anticorpos específicos prontos.
 - Ação: ataque imediato ao antígeno.
 - Efeito: curativo e passageiro.

Imunização ativa

- Ocorre ativação do sistema imunitário mediante o reconhecimento de um antígeno, resultando na produção de anticorpos e de células de memória.
- Muitas vezes, a memória imunitária gerada é de longa duração.
- Imunização ativa natural: ocorre quando a pessoa entra em contato com o antígeno no ambiente.
- Imunização ativa artificial: vacinas.
 - Composição: patógenos mortos, atenuados ou fragmentados, toxinas inativadas ou, até mesmo, material genético do patógeno.
 - Ação: formação de memória imunológica.
 - Efeito: preventivo e duradouro.

Quer saber mais?



Sites

<https://jornal.usp.br/podcast/momento-odontologia-11-infecoes-bucais-podem-causar-outras-problemas-de-saude/>
(Acesso em: 13 jan. 2021.)

O artigo aborda como infecções bucais podem causar outros problemas de saúde, inclusive problemas no coração.

<https://www.ufsm.br/midias/arco/vacinas-rna-contracovid-19/>
(Acesso em: 13 jan. 2021.)

O texto explica como funcionam as vacinas de RNA contra a covid-19, desmentindo diversas informações falsas que circularam a respeito da vacina.

Exercícios complementares

- 1. Unesp 2018** O professor de um cursinho pré-vestibular criou a seguinte estrofe para discutir com seus alunos sobre um dos tipos de célula do tecido sanguíneo humano.

Eu sou célula passageira
Que com o sangue se vai
Levando oxigênio
Para o corpo respirar

De acordo com a composição do tecido sanguíneo humano e considerando que o termo “passageira” se refere tanto ao fato de essas células serem levadas pela corrente sanguínea quanto ao fato de terem um tempo de vida limitado, responda:

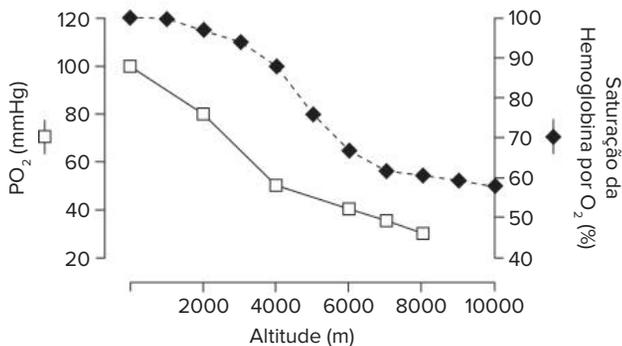
- Que células são essas e em que órgão de um corpo humano adulto e saudável são produzidas?
 - Considerando a organização interna dessas células, que característica as difere das demais células do tecido sanguíneo? Em que essa característica contribui para seu limitado tempo de vida, de cerca de 120 dias?
- 2. Fasm-SP 2017** A substância CERA (ativador constante do receptor de eritropoetina) é a terceira geração de eritropoetina (EPO), hormônio que estimula a produção de eritrócitos, responsável pelo aumento da resistência muscular.

- Qual o principal órgão produtor de EPO no corpo humano adulto? Como esse hormônio atinge o local que produz eritrócitos?
- Explique a vantagem fisiológica que um atleta pode ter com o aumento da produção de eritrócitos.

- 3. Fuvest-SP 2012** O sangue transporta o gás oxigênio (O_2) para os tecidos e remove deles o dióxido de carbono (CO_2), produto residual do metabolismo.

- Cada molécula de hemoglobina nas hemácias pode transportar até quatro moléculas de O_2 . Ordene os vasos sanguíneos – veia pulmonar, artéria pulmonar e capilares da circulação sistêmica – de acordo com a concentração de hemoglobina saturada de O_2 neles encontrada, da maior para a menor concentração. Justifique sua resposta.
- Cerca de 5% do CO_2 produzido nos tecidos é transportado em solução, no plasma sanguíneo. Como o restante do CO_2 é transportado dos tecidos para os pulmões?

- 4. Unicamp-SP** A FIFA, entidade que dirige o futebol mundial, há alguns meses, proibiu inicialmente jogos de futebol em altitudes acima de 2500 m e, posteriormente, acima de 3000 m. Essa medida foi tomada em função de tontura, cansaço, enjoo e dificuldades respiratórias sentidas pelos jogadores provindos de locais de baixas altitudes, o que provoca menor rendimento esportivo dos atletas.



- Observe o gráfico e explique o baixo rendimento dos jogadores de futebol em altitudes elevadas.
- No período de aclimação dos jogadores visitantes às altas altitudes, ocorre aumento da frequência respiratória. Que estímulo, recebido pelo centro respiratório do sistema nervoso central, acarreta tal fenômeno e como ele foi gerado?

5. Fuvest-SP 2018 Uma pessoa que vive numa cidade ao nível do mar pode ter dificuldade para respirar ao viajar para La Paz, na Bolívia (cerca de 3600 m de altitude).

- Ao nível do mar, a pressão barométrica é 760 mmHg e a pressão parcial de oxigênio é 159 mmHg. Qual é a pressão parcial de oxigênio em La Paz, onde a pressão barométrica é cerca de 490 mmHg?
- Qual é o efeito da pressão parcial de oxigênio, em La Paz, sobre a difusão do oxigênio do pulmão para o sangue, em comparação com o que ocorre ao nível do mar? Como o sistema de transporte de oxigênio para os tecidos responde a esse efeito, após uma semana de aclimação do viajante?

6. Unisa-SP 2016 Os eritrócitos ou hemácias são as células que estão em maior quantidade no sangue de um homem saudável. São anucleadas e ricas em hemoglobina.

- Em qual tecido de um homem adulto os eritrócitos são produzidos? Cite um órgão em que os eritrócitos adultos são destruídos.
- Baixa quantidade de eritrócitos no sangue ou deficiências nas moléculas de hemoglobina podem desencadear quadros anêmicos. Explique por que as pessoas anêmicas ficam frequentemente cansadas.

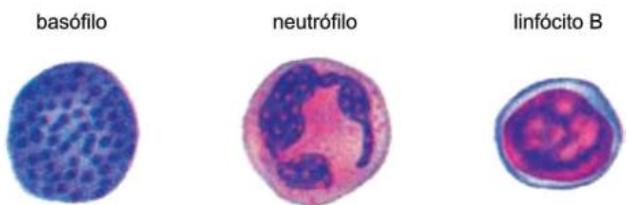
7. Famerp-SP 2021 O oxímetro é um aparelho que, quando colocado na ponta do dedo de um paciente, indica o nível de oxigenação do organismo e os batimentos cardíacos. Esse aparelho funciona como uma lanterna que joga luz sobre uma folha de papel e, em seguida, mede quanto dessa luz chega ao outro lado. A folha de papel, no caso, é o dedo do paciente. Quando as hemoglobinas, proteínas que transportam o oxigênio no sangue, estão com mais oxigênio, elas absorvem mais luz infravermelha; quando estão menos oxigenadas, absorvem mais luz vermelha. A intensidade das luzes que chegam ao receptor do outro lado é traduzida em valores digitais. O nível

normal é de pelo menos 95%. Em portadores de problemas pulmonares, como enfisema, e em obesos, o índice aceito é um pouco menor, em torno de 92%.

(Giulia Vidale. "Na ponta dos dedos". Veja, 20.05.2020. Adaptado.)

- Cite o elemento figurado do sangue onde são encontradas as hemoglobinas. Qual processo metabólico utiliza o gás oxigênio na maioria das células humanas?
- Suponha que uma pessoa adulta saudável, que mora na cidade de Santos, se mude para La Paz, na Bolívia. Nos primeiros dias, o valor registrado no oxímetro provavelmente será igual, maior ou menor que 95%? Justifique sua resposta com base na adaptação do corpo humano ao ambiente de La Paz.

8. Fasm-SP 2017 As imagens representam alguns elementos figurados com funções definidas.



(Gerard J. Tortora e Sandra R. Grabowski. Corpo humano, 2006. Adaptado.)

- Qual dessas células participa do mecanismo específico de defesa do organismo? O que essa célula produz que justifica essa função?
- Uma dessas células produz histamina e heparina, substâncias com diferentes ações no corpo humano. Quais as funções dessas substâncias, respectivamente?

9. Fasm-SP 2016 O sangue humano é formado pelo plasma, que contém água, gases, excretas, proteínas, e pelos elementos figurados, tais como eritrócitos, leucócitos e plaquetas.

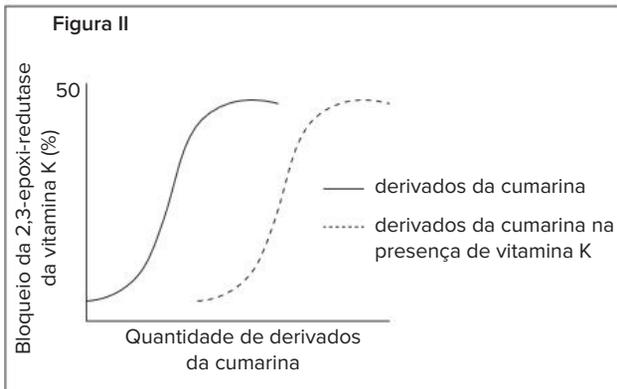
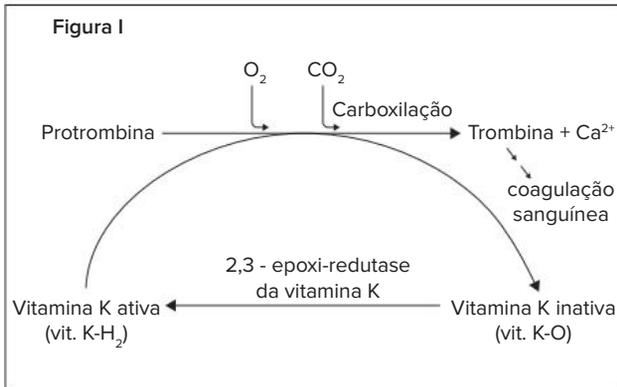
- Além dos componentes citados do plasma, há um monossacarídeo que quando em excesso, pode ser um indicativo de diabetes. Qual é esse monossacarídeo? Qual é a importância desse monossacarídeo para o metabolismo celular?
- Dos elementos figurados, qual deles realiza a diapedese? Explique como esse processo ocorre.

10. FMJ-SP 2018 Pesquisadores estão realizando testes decisivos de uma vacina contra a esquistossomose, doença causada por um verme que coloca em risco a saúde de 200 milhões de pessoas no mundo. Eles identificaram a presença da proteína Sm14 (cuja sigla é originária das letras do nome do verme) na superfície do parasita. Essa proteína garante que o verme obtenha lipídios do ser humano. A vacina contendo essa proteína faz com que o organismo das pessoas vacinadas produza anticorpos que atuam contra a presença do parasita, bem como colabora com a atividade das células especializadas no combate ao invasor.

(Folha de S.Paulo, 27.08.2016. Adaptado.)

- a) Qual é a espécie do agente etiológico da esquistossomose? Qual é a principal forma de contágio dessa doença no meio ambiente?
- b) Existem leucócitos humanos que produzem anticorpos e leucócitos que combatem vermes. Cite os leucócitos que exercem essas funções.

11. UFG-GO 2014 A Figura I corresponde a uma etapa da ação da vitamina K no processo de coagulação sanguínea, enquanto a Figura II mostra o efeito da interação entre derivados da cumarina, classe de medicamentos anticoagulantes orais, e da vitamina K.



Considerando o exposto e a análise das figuras, explique:

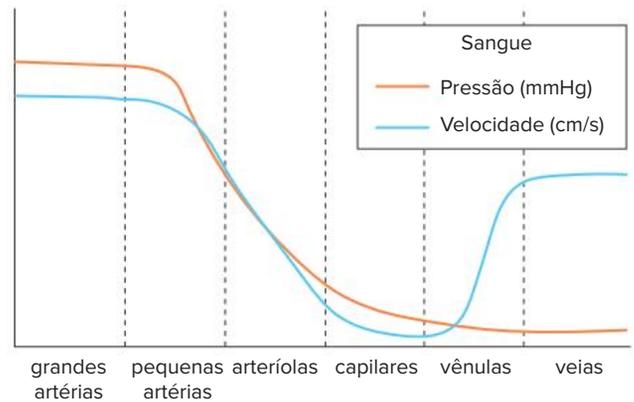
- a) a ação da enzima 2,3-epoxi-redutase da vitamina K e sua importância no processo de coagulação sanguínea;
- b) o porquê da recomendação terapêutica para a diminuição do consumo de alimentos ricos em vitamina K em um indivíduo que está fazendo uso de derivados da cumarina.

12. UFPR 2014 As figuras abaixo apresentam esquemas da estrutura da parede de três tipos de vasos sanguíneos encontrados em mamíferos:



- a) Indique o nome de cada um dos vasos.
- b) Relacione, para cada vaso, características da estrutura de sua parede com a sua função.

13. Uerj 2014 O sistema circulatório humano apresenta características estruturais específicas para suportar a grande pressão do sangue bombeado pelo coração, no caso das artérias, bem como para manter a velocidade do fluxo em direção ao coração, mesmo sob baixa pressão, no caso das veias. Observe no gráfico as principais variações nesse sistema.



Indique duas características da composição da parede das artérias que possibilitam a passagem do sangue sob grande pressão. Indique, também, dois fatores que possibilitam a passagem do sangue pelas veias em velocidade quase tão alta quanto a verificada nas artérias.

14. Unicamp-SP A alimentação rica em gordura, o sedentarismo e o consumo de cigarro são hábitos presentes na sociedade atual, sendo responsáveis, em parte, pela hipertensão arterial, que, por sua vez, favorece o acúmulo de placas de gordura na parede interna das artérias, causando a aterosclerose.

- a) O que ocorre com o fluxo sanguíneo nas artérias em que há acúmulo de placas de gordura? Justifique.
- b) Em situação normal, quando o sangue bombeado pelo coração passa pelas artérias, esses vasos sofrem alterações estruturais, que permitem sua adaptação ao aumento de pressão. Explique como as artérias se alteram para se adaptar a esse aumento da pressão arterial. Que componente da parede da artéria permite essa adaptação?

15. Fuvest-SP As figuras a seguir ilustram um experimento realizado por William Harvey, cientista inglês do século XVII, que desvendou aspectos importantes da circulação sanguínea humana. Harvey colocou um torniquete no braço de uma pessoa, o que fez certos vasos sanguíneos tornarem-se salientes e com pequenas protuberâncias globosas (Fig. 1). Ele pressionou um vaso em um ponto próximo a uma protuberância e deslizou o dedo em direção

à mão (de O para H na Fig. 2) de modo a espremer o sangue. O vaso permaneceu vazio de sangue entre O e H, enquanto a pressão sobre esse último ponto foi mantida.

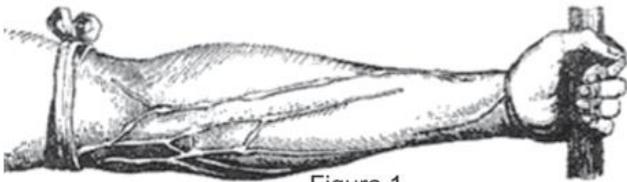


Figura 1

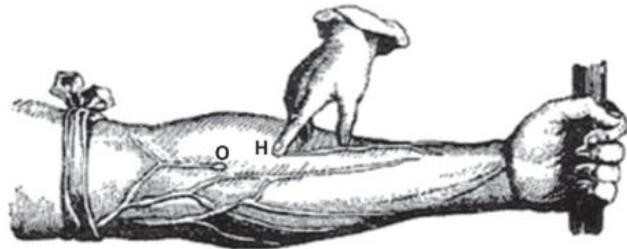


Figura 2

1. Que vasos sanguíneos estão mostrados nos desenhos do experimento de Harvey?
 2. Por que eles se tornaram salientes com a colocação do torniquete?
- b) Por que o vaso permaneceu vazio, entre a protuberância O e o ponto H, enquanto a pressão sobre esse último ponto foi mantida?

16. Fuvest-SP 2018 Os quatro esquemas representam cortes longitudinais de corações de vertebrados.

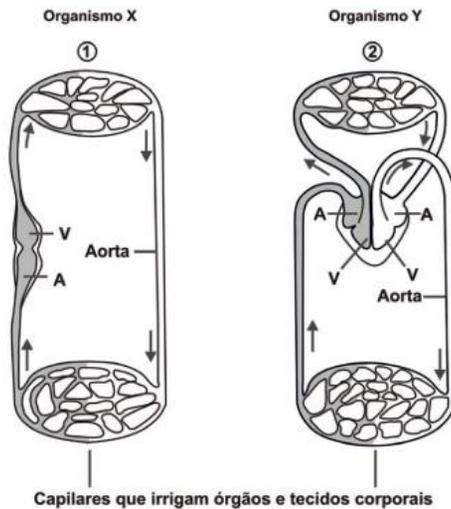


www.cardio-research.com. Adaptado.

- Identifique os grupos de vertebrados cujos corações estão representados pelos esquemas 1, 2, 3 e 4.
- Descreva o sentido do fluxo sanguíneo no interior de cada um desses corações e indique se neles ocorre mistura de sangue arterial e venoso.

17. UEL-PR 2016 Além do transporte de gases, a circulação sanguínea transporta outros solutos, calor e nutrientes. Cada classe de vertebrados tem um tipo muito uniforme de circulação, mas as diferenças entre as classes são substanciais, principalmente quando se comparam os vertebrados aquáticos com os terrestres.

As figuras a seguir representam dois tipos de circulação sanguínea observados em vertebrados. A letra V representa os ventrículos e a letra A representa os átrios. As setas indicam a direção do fluxo sanguíneo.

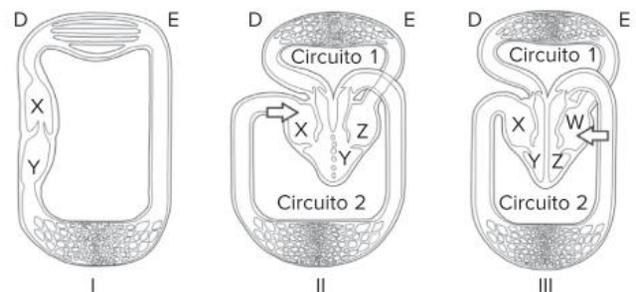


(Adaptado de: <http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Sistemas_de_Transporte_nos_Animais>. Acesso em: 31 jul. 2015.)

Com base na figura e nos conhecimentos sobre circulação sanguínea, responda aos itens a seguir.

- Que órgãos são representados pelos números 1 e 2?
- Cite uma classe animal à qual pode pertencer o organismo X e outra à qual pode pertencer o organismo Y.
- Que vantagens apresenta a circulação dupla completa, no organismo Y, em relação à circulação encontrada no organismo X?

18. Fuvest-SP 2014 As figuras I, II e III esquematizam a circulação sanguínea em diferentes vertebrados.



D = Lado direito L = Lado esquerdo

- Analisar a figura II. A partir da cavidade apontada pela seta, ordene as demais cavidades cardíacas e os circuitos 1 e 2, na sequência correspondente à circulação do sangue.
- Faça o mesmo, em relação à figura III.
- Qual(is) das três figuras mostra(m) o coração em que há mistura de sangue arterial e sangue venoso?
- Dê um exemplo de grupo de vertebrados para o tipo de circulação esquematizado em cada uma das três figuras.

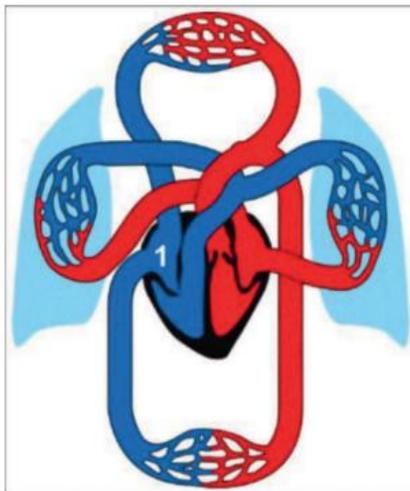
19. Unicamp-SP 2013 Os tubarões e os golfinhos são semelhantes quanto ao formato corpóreo, como pode ser notado nas figuras abaixo. Tal semelhança, no entanto, não reflete proximidade filogenética.



(Fonte: www.cienciahoje.uol.com.br. Acessado em 5/12/2012. Fotos de Terry Goss e Jeff Kraus.)

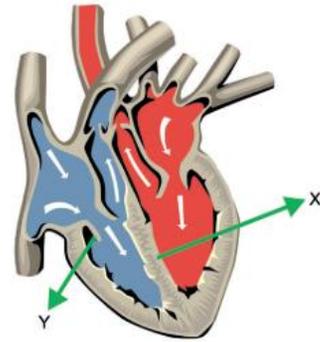
- Dado que a semelhança apontada entre os tubarões e os golfinhos não pode ser explicada por ancestralidade comum, a que ela se deve? Explique o processo que originou tal semelhança.
- Diferencie os tubarões dos golfinhos quanto ao sistema respiratório e quanto à estrutura do coração.

20. Fepar-PR 2017 A imagem a seguir apresenta um esquema ilustrativo da circulação humana. Observe-a atentamente e faça o que se pede.



- Supondo que um eritrócito parta do ponto 1, descreva a trajetória que ele percorreria até chegar ao cólon descendente e retornar ao mesmo ponto 1.
- Levando em consideração que não ocorre perfusão do sangue para as paredes das cavidades cardíacas, explique como ocorre a nutrição e a oxigenação adequada do miocárdio.
- Como o coração impede o refluxo de sangue das cavidades inferiores para as superiores?

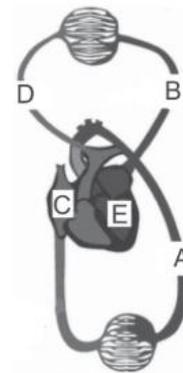
21. Uninove-SP 2016 A figura mostra uma representação do coração humano.



- Qual a importância da estrutura apontada pela seta Y? Qual cavidade cardíaca recebe sangue proveniente dos pulmões, por meio das veias pulmonares?
- Qual o nome da estrutura apontada pela seta X? Explique qual a sua importância para o metabolismo humano.

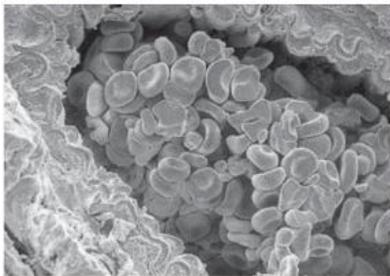
22. Uema 2015 A velocidade de circulação do sangue nos vasos varia dependendo do seu diâmetro. Quanto maior o diâmetro e mais próximo do coração, menor será a velocidade de circulação de sangue por ele, como no caso da aorta. De outra forma, quanto menor o diâmetro e mais longe do coração, maior será a velocidade de circulação do sangue. Com base no texto, justifique a taxa alta de mortalidade em indivíduos com rompimento da aorta.

23. UFPR 2012



- Na figura acima, que representa de forma simplificada o sistema circulatório em humanos, a quais letras correspondem, respectivamente, veia e artéria pulmonar?
- A trombose venosa profunda (TVP) resulta da formação de um trombo (coágulo de sangue) numa veia profunda da perna. Na TVP pode ocorrer obstrução, parcial ou total, da passagem do sangue. Em algumas situações, o coágulo se desprende e é transportado pelo sangue. Nesse caso, em qual das porções do sistema circulatório indicadas na figura ele chegará primeiro?
- Indique, ordenando as letras, o percurso que esse coágulo faria para ir de D até A.

- 24. UFSC 2018** A micrografia abaixo mostra o corte de uma artéria pulmonar em cujo interior podem ser visualizadas várias hemácias.



Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/SGyFqh4KDQ/UxUvh8z7lu/AAAAAAAAADAE/KPE_1HKOr0c/s1600/1239689_287644981390307_541409682_n.png>. Acesso em: 25 mar. 2018.

Sobre as hemácias e sua localização nas artérias, é correto afirmar que:

- 01 são produzidas diretamente pelos tecidos hematopoiéticos situados no baço.
- 02 são consideradas células permanentes, pois possuem um ciclo de vida longo.
- 04 são células binucleadas.
- 08 são ricas em uma proteína que possui em sua estrutura um átomo de ferro.
- 16 a artéria pulmonar que aparece na micrografia transporta sangue venoso.

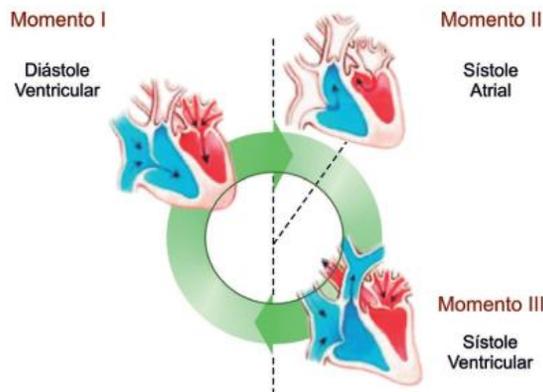
Soma:

- 25. UEPG-PR 2016** Além de transportar alimentos, gases, excreções e hormônios, a circulação sanguínea tem ainda função de defesa contra agentes infecciosos e manutenção da temperatura corporal. Assinale o que for correto sobre os componentes e características do sistema cardiovascular.

- 01 As paredes do coração humano são constituídas por tecido muscular estriado cardíaco (miocárdio). O coração apresenta duas câmaras superiores, denominadas de átrios cardíacos, e duas inferiores, os ventrículos cardíacos.
- 02 O átrio cardíaco esquerdo recebe sangue rico em gás oxigênio proveniente dos pulmões, enquanto o átrio cardíaco direito recebe sangue rico em gás carbônico, proveniente do resto do corpo.
- 04 O sistema cardiovascular humano é fechado, com circulação dupla: (i) circulação pulmonar ou pequena circulação (trajeto: coração → pulmões → coração); e, (ii) circulação sistêmica ou grande circulação (trajeto: coração → sistemas corporais → coração).
- 08 O relaxamento de uma câmara cardíaca é chamado diástole, é quando a câmara se enche de sangue; já na sístole, a câmara se contrai e ocorre o bombeamento de sangue para fora do coração.
- 16 Quando o sangue é bombeado pelos ventrículos, ele penetra nas artérias sob alta pressão, as paredes arteriais então relaxam-se e aumentam de volume, diminuindo a pressão em seu interior. Caso não haja este relaxamento das artérias, a pressão sanguínea pode subir, com risco de ruptura de suas paredes.

Soma:

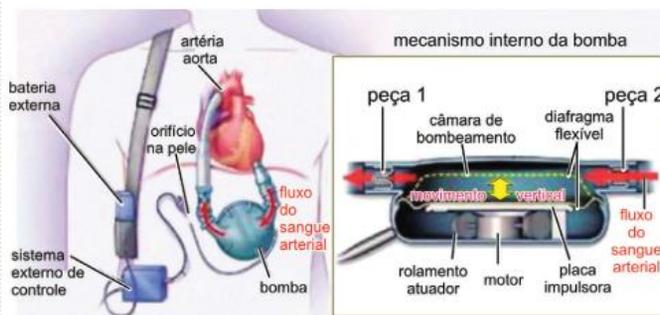
- 26. CUSC-SP 2018** Analise a ilustração de um ciclo cardíaco humano no qual as setas pretas indicam o sentido do fluxo sanguíneo.



(José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho. Biologia dos organismos, 2004. Adaptado.)

- a) O lado direito do coração recebe sangue por qual vaso sanguíneo? Qual o destino do sangue bombeado pelo lado direito do coração?
- b) Em qual dos três momentos ilustrados a pressão hidrostática nos vasos sanguíneos atinge os valores mais altos? Justifique sua resposta.

- 27. FCMSCSP 2018** O dispositivo de suporte circulatório é uma bomba mecânica implantável que ajuda o coração a bombear o sangue em pessoas que têm corações enfraquecidos ou insuficiência cardíaca. A imagem mostra como o dispositivo é acoplado ao coração e o mecanismo interno da bomba que impulsiona o sangue arterial. A placa impulsora move verticalmente o diafragma flexível, que promove a entrada de sangue na bomba ao descer e a saída de sangue ao subir.



(<http://rebelem.com>. Adaptado.)

- a) A bomba substitui o funcionamento de qual câmara cardíaca? Justifique sua resposta.
- b) As peças 1 e 2 indicadas na figura são análogas às valvas (válvulas) do coração humano. Qual dessas peças é análoga à valva que se situa entre duas câmaras cardíacas? Explique a função dessa valva.

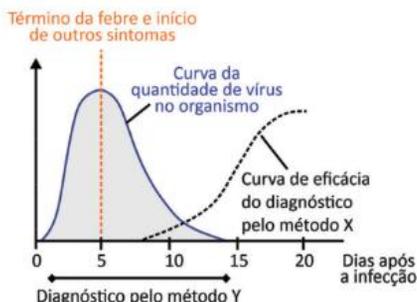
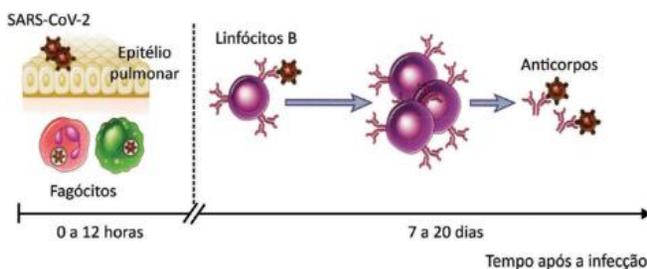
- 28. FMJ-SP 2018 (Adapt.)** O coração humano bombeia sangue para todo o corpo. Em uma pessoa em repouso, a frequência cardíaca média varia de 60 a 100 batimentos por minuto (bpm). As contrações cardíacas são desencadeadas pelo nodo sinoatrial, também conhecido como marca-passo natural.

- a) Qual tecido compõe o nodo sinoatrial? Como se denomina a contração cardíaca?
- b) A frequência cardíaca pode ser aumentada por um dos ramos do sistema nervoso autônomo (SNA). Que ramo é esse?

29. FCMSCSP 2022 Vacinas gênicas são uma nova realidade para a humanidade. Consistem em introduzir no organismo humano partículas de DNA ou de RNA que têm informações bioquímicas do micro-organismo patogênico e que devem estimular a resposta imune. Uma dessas vacinas é a de RNA mensageiro, a qual contém moléculas de RNA, envoltas por uma capa lipídica, as quais conseguem penetrar nas células humanas. Essas moléculas de RNA mensageiro, por sua vez, contêm uma sequência genética para a síntese de um antígeno presente normalmente na superfície do micro-organismo, os quais se quer prevenir.

- a) Quais estruturas celulares são as responsáveis pela tradução da molécula de RNA mensageiro viral que é introduzido no organismo humano pela vacina gênica? A tradução desse RNA mensageiro levará a síntese de que tipo de substância orgânica?
- b) Uma vez administrada a vacina de RNA mensageiro, quais tipos de linfócitos serão estimulados pela presença dos antígenos virais sintetizados no organismo humano? Normalmente a imunidade obtida pelas vacinas de RNA mensageiro dura um longo tempo. Por que isso ocorre?

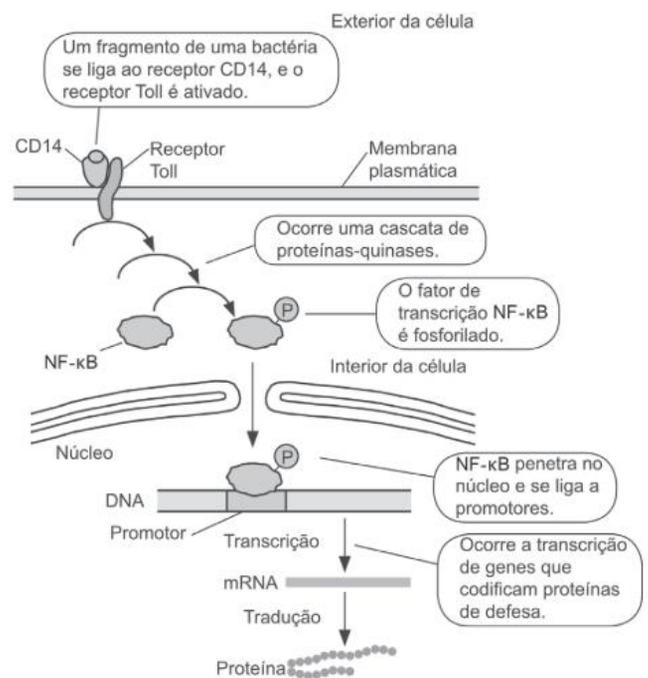
30. Fuvest-SP 2021 Analise a resposta imunológica à infecção do organismo pelo coronavírus do tipo SARS-CoV-2, associado à COVID-19, a variação na quantidade de vírus no organismo, os sintomas (quando presentes) e as possibilidades de diagnóstico da infecção por dois métodos (X e Y) ao longo de 20 dias após a infecção.



Abbas, et al. *Imunologia Celular e Molecular*, 2011, e *J. Bras. Patol. Med. Lab.*, <https://doi.org/10.5935/1676-2444.20200049>. Adaptados.

- a) Cite uma função da febre nos primeiros 5 dias da infecção por SARS-CoV-2.
- b) Dos métodos citados, identifique e justifique aquele mais indicado para o diagnóstico da infecção por SARS-CoV-2 pela presença de anticorpos. Segundo o gráfico apresentado, em qual dia após a infecção o diagnóstico será mais preciso utilizando este método?
- c) A resposta imunológica à infecção por SARS-CoV-2 pode causar inflamação pulmonar. Isso resulta em acúmulo de líquido nos pulmões, o que prejudica a troca gasosa, diminuindo a saturação de oxigênio no sangue. Como o acúmulo de líquidos nos pulmões interfere na troca gasosa? O que acontece com o pH do sangue quando ocorre diminuição da saturação de oxigênio?

31. PUC-RS 2016 Analise o esquema sobre o mecanismo de sinalização celular envolvido nos processos de defesa imune dos seres humanos e as afirmativas que seguem.



Adaptado de: David Sadava, Craig Heller, Gordon Orians, William Purves, and David Hillis. *Vida: A Ciência da Biologia* – Vol. 1. ArtMed, 2009.

- I. A produção de imunoglobulinas por alguns tipos de leucócitos está relacionada à estimulação de receptores específicos em sua membrana plasmática.
- II. A resposta imunológica específica depende da ativação de determinados genes dos linfócitos, que ocorrem depois que fatores de transcrição são fosforilados.
- III. A resposta imunológica inespecífica pode ser prejudicada se os macrófagos tiverem os seus receptores CD 14 e Toll alterados por alguma mutação genética.

Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s)

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

32. Famema-SP 2019 Postos de saúde foram montados em shoppings e escolas em diversos municípios do país para aumentar o percentual de crianças vacinadas contra a poliomielite (ou paralisia infantil) e o sarampo, doenças que podem levar a óbito. A vacinação é a única forma de impedir a propagação do sarampo, que voltou a circular no país, e evitar a reintrodução do agente causador da poliomielite. Mesmo aqueles que já receberam as doses devem ser vacinados.

(<https://g1.globo.com>. 11.08.2018. Adaptado.)

- Os agentes causadores do sarampo e da poliomielite são acelulares, ou seja, são formados por um agregado de moléculas. A qual grupo de micro-organismos pertencem os agentes causadores dessas doenças? Cite uma das principais moléculas orgânicas que compõem minimamente esses micro-organismos.
- Caso uma pessoa vacinada entre em contato com o agente causador da doença, quais células de memória do sistema imunológico humoral serão ativadas? Como essas células realizam uma rápida defesa do organismo?

33. Uerj 2018 Nas doenças autoimunes, ocorre um ataque generalizado das células do sistema imunológico contra os tecidos do próprio corpo. Pesquisas mostraram que, durante uma resposta autoimune, determinadas células do sistema imunológico se agregam em tecidos linfoides secundários para produzir anticorpos. Considerando esse processo, indique se a resposta imune pode ser classificada como humoral ou celular. Justifique sua resposta.

Nomeie, ainda, as células do sistema imunológico responsáveis pela produção de anticorpos.

34. EBMSP-BA 2018 O sistema imunológico humano serve como uma proteção ou uma barreira que preserva o corpo contra seres indesejáveis ou substâncias estranhas, denominados antígenos, que podem invadir o corpo. As respostas imunológicas a esses antígenos constituem mecanismos de defesa essenciais para os organismos. Sobre esse assunto, explique a diferença entre a forma de ação da imunidade humoral em relação à imunidade celular.

35. Unifesp 2012 Todos os anos, o serviço público de saúde do Brasil lança campanhas de vacinação voltadas para a população. A vacinação funciona como uma primeira exposição do nosso organismo ao agente infeccioso.

- Compare como reage nosso organismo, em termos de velocidade de resposta e quantidade de anticorpos produzidos, em uma primeira e em uma segunda exposição ao agente infeccioso.
- Ao contrário de outras vacinas, a vacina contra gripe é periódica, ou seja, mesmo quem já foi vacinado anteriormente deve receber a vacina a cada ano. Por que isso ocorre?

36. Unicamp-SP 2021 (Adapt.) Em 11 de março de 2020 a Organização Mundial de Saúde declarou a pandemia da Covid-19, uma doença causada pela infecção pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). No mundo, até 22/01/2021, mais de 97 milhões de casos foram confirmados em 192 países e regiões, contabilizando mais de 2 milhões de mortes.

(Fonte: WHO director-general's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 mar 2020; COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering at Johns Hopkins University. Acessado em 22/01/2021.)

Vários laboratórios estão envolvidos no desenvolvimento de vacinas para a Covid-19, com a utilização de diferentes estratégias. Explique como ocorre a imunização ativa pela vacinação no indivíduo.

37. UFPR 2020 O uso de vacinas e de soro antiofídico é importante para a Saúde Pública. Ambos se relacionam com o sistema imunológico dos pacientes.

- Caracterize a prevenção da contaminação por agentes infecciosos quanto ao tipo de imunização, à molécula efetora produzida pelo organismo que recebeu a vacina e à substância presente na vacina.
- Em relação à produção de soro antiofídico, caracterize o tipo de imunização, a molécula efetora produzida pelo organismo do cavalo e a substância presente no veneno da cobra.

38. Unifesp 2019

Quem tem alergia ao ovo pode tomar a vacina da gripe?



Se fizerem parte dos grupos de risco, os alérgicos podem (e devem) tomar a vacina

Por anos, os médicos contraindicaram o imunizante para quem está proibido de ingerir esse alimento. Mas as recomendações mudaram no ano passado.

“Nos últimos anos, tivemos avanços na produção da vacina que permitiram reduzir substancialmente os traços de ovo na produção das doses”, esclarece a coordenadora do Departamento Científico de Imunização da Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. Com essa evolução, a probabilidade de um evento adverso alérgico ficou muito pequena, quase nula.

(<https://saude.abril.com.br>, 31.05.2018. Adaptado.)

- Explique por que, no processo de produção da vacina, são utilizados ovos embrionados nos quais os vírus são inoculados.
- Excluídos os casos dos alérgicos ao ovo, muitas pessoas ainda relutam em se vacinar contra a gripe, alegando, erroneamente, que o vírus presente na vacina pode causar a doença no vacinado. Explique por que essa alegação é incorreta e explique por que a vacina protege o vacinado contra a gripe.

- 39. UFPR 2018** A raiva é uma zoonose viral que se caracteriza como uma encefalite progressiva aguda e letal. Todos os mamíferos são suscetíveis ao vírus da raiva e, portanto, podem transmiti-la. É considerada um problema de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento. O uso da vacina e do soro são parte do programa de profilaxia da raiva.
- Produto I: preparado a partir de plasma de equinos hipersensibilizados com vírus rábico.
- Produto II: preparado a partir de vírus da raiva, cultivados sobre células. Após o crescimento em cultura de células, os vírus são concentrados, inativados e purificados.
- Considerando os produtos I e II acima descritos, qual deles é um soro e qual é uma vacina? Justifique sua resposta.

40. Unesp 2017

Autorizados testes em humanos de soro contra picadas de abelhas

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) autorizou o teste em humanos de um soro antiveneno, conhecido como soro antiapilíco, que pode aumentar as chances de uma pessoa sobreviver a um ataque de abelhas. O produto foi desenvolvido por pesquisadores do Centro de Estudos de Venenos e Animais Peçonhentos (Cevap) da Unesp de Botucatu, em parceria com o Instituto Vital Brazil, de Niterói-RJ. O medicamento é recebido por via intravenosa e é capaz de mitigar os problemas causados pelas picadas de abelhas africanizadas, as mais comuns no Brasil. Quando um adulto é picado por mais de 200 insetos, o corpo recebe uma quantidade de veneno suficiente para causar lesões nos rins, fígado e coração, debilitando esses órgãos. A maioria das mortes acontece pela falência dos rins.



www.unesp.br, 15.03.2016. Adaptado.

Cite, em três etapas, os principais procedimentos realizados no processo de produção do soro. Explique por que o soro antiapilíco é mais indicado que uma vacina para o tratamento de uma pessoa que tenha sofrido um ataque de abelhas.

- 41. Unesp 2015** Em uma novela recentemente exibida na TV, um dos personagens é picado por uma cobra e, para curar-se, recorre a remédios caseiros e crenças da cultura popular. O médico da cidade, que não havia sido chamado para tratar do caso, afirmou que a prática adotada não era recomendável, e que “a ‘cura’ só se deu porque provavelmente a cobra não era venenosa.”
- Em se tratando de uma cobra peçonhenta, qual o tratamento mais adequado: soro ou vacina? Seria importante saber a espécie da cobra? Justifique suas respostas.
- 42. Unesp 2013** Em 2012, assim como em anos anteriores, o Ministério da Saúde promoveu a campanha para vacinação contra a gripe. A seguir, o cartaz informativo da campanha.



No cartaz, lemos que devem ser vacinadas “Pessoas com 60 anos ou mais”.

Essa recomendação aplica-se a todos os que têm mais de 60 anos, independentemente de terem sido vacinados antes, ou somente àqueles que têm mais de 60 anos e que não tinham sido vacinados em anos anteriores? Justifique sua resposta, tendo por base as características antigênicas do vírus da gripe, e explicando como a vacina protege o indivíduo contra a doença.

EM13CNT303

1. **OBB 2019** Estamos chegando cada vez mais perto da cura da AIDS. Apenas dois dias depois de cientistas terem anunciado a existência de uma segunda pessoa que pode ter vencido o vírus HIV, foi revelado um terceiro paciente que possivelmente teria sido totalmente curado da doença. O anúncio desse terceiro avanço ocorreu na última terça-feira (5), durante a Conferência Sobre Retrovírus e Infecções Oportunistas, em Seattle, nos Estados Unidos. O chamado “paciente de Düsseldorf”, segundo um time de especialistas dos Países Baixos, foi submetido ao mesmo tipo de transplante de medula óssea pelo qual passaram os outros dois pacientes que também teriam sido curados. O primeiro registro de que um homem teria se livrado do vírus HIV ocorreu em 2007. O caso foi inicialmente apelidado de “paciente de Berlim”; mas o homem acabou sendo identificado como Timothy Ray Brown, de 52 anos, que atualmente vive em Palm Springs, na Califórnia, Estados Unidos. Diagnosticado com leucemia, Brown teria enfrentado dois transplantes de células-tronco após os médicos não verem progresso com a quimioterapia. O doador que possibilitou o transplante tinha uma mutação na proteína CCR5, o sítio primário de ligação do HIV com as células T. Assim, o paciente teve de enfrentar uma dosagem de medicamentos imunossupressores e sofreu uma série de complicações; chegou a ficar em coma induzido e quase morreu.

Fonte: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2019/03/tres-pessoas-ja-teriam-se-curado-de-hiv-no-mundo-anunciam-medicos.html>

O transplante de medula óssea foi responsável pela cura dos pacientes infectados pelo HIV pois a medula com a mutação CCR5 produz:

- linfócitos capazes de produzir anticorpos específicos contra o HIV.
- maior quantidade de hemácias, aumentando o metabolismo energético do paciente.
- macrófagos que atuam de maneira mais eficaz na fagocitose do HIV.
- maior quantidade de plaquetas, reduzindo o risco de hemorragias no paciente.
- linfócitos que não podem ser infectados pelo HIV.

EM13CNT302

2. João, um homem de 31 anos, foi ao Pronto Atendimento de um hospital, pois apresentava, há 2 dias, os seguintes sintomas: febre (ao redor de 39 °C), dores nas articulações e na cabeça, bastante cansaço e manchas avermelhadas espalhadas pelo corpo. Prontamente, o profissional que o atendeu suspeitou de dengue. Diante dessa suspeita, foi feita uma coleta de sangue para avaliar a quantidade de plaquetas, leucócitos e hemácias no sangue de João e o resultado é apresentado a seguir:

	Valores de referência	Resultado do exame
Hemácias	4 – 5,6 milhões/mm ³	4,8 milhões/mm ³
Plaquetas	150 – 500 mil/mm ³	63 mil/mm ³
Leucócitos	5 – 11 mil/mm ³	7 mil/mm ³

Baseando-se no resultado do exame, espera-se que João, em decorrência da dengue, apresente problemas

- no transporte de gás oxigênio.
- na produção de anticorpos.
- na coagulação sanguínea.
- no equilíbrio ácido-base do sangue.
- no transporte de monóxido de carbono.

EM13CNT306

3. Um torcedor estava assistindo a um jogo do seu time de coração no estádio recém-construído do clube. A tensão do jogo e a emoção de estar no novo estádio fez com que a frequência cardíaca do torcedor aumentasse bastante, ficando acima de 100 bpm (batimentos por minuto) e chegando, em alguns momentos, a quase 160 bpm. Como isso acontecia com frequência, o torcedor procurou orientação especializada e o médico que o atendeu receitou a ele um medicamento beta-bloqueador, substância que diminui a ação do sistema nervoso simpático sobre o coração.

Explique por que a administração de beta-bloqueadores pode ser indicada em casos como o apresentado.



Ingerir ao menos dois litros de água por dia está entre os hábitos que ajudam a manter a saúde.

FRENTE 3

CAPÍTULO

9

Excreção e sistema urinário

Ingerir água do mar desidrata?

Os rins são os órgãos responsáveis pela eliminação de algumas substâncias, como o excesso de sais que ingerimos. Contudo, esses órgãos são limitados quanto à capacidade de concentrar a urina. Se consumirmos grande quantidade de sais, como a existente na água do mar, o processo de eliminação do excesso salino acarreta maior perda de água do que a ingerida. Estima-se que para cada litro de água do mar ingerida, o corpo utilizaria 1,3 litro de água na eliminação do excesso de sais, levando ao risco de desidratação.

Introdução

Os mecanismos de excreção são os responsáveis pela eliminação dos resíduos metabólicos, pelo controle das concentrações de solutos e pelo equilíbrio entre ganho e perda de água. Nesse sentido, a excreção configura-se como uma atividade básica que contribui diretamente com a **homeostase**.

Água e sais minerais em excesso, gás carbônico, íons H^+ e excretas nitrogenadas estão entre os resíduos que são eliminados por meio de estruturas excretoras. Nos animais vertebrados, os rins são os principais órgãos que atuam na excreção, mas outras estruturas também participam desse processo: as glândulas sudoríferas (encontradas exclusivamente nos mamíferos), por exemplo, eliminam água, sais minerais e ureia por meio do suor. Os pulmões também participam da excreção, uma vez que são os responsáveis pela eliminação do gás carbônico.

Resíduos nitrogenados

As excretas nitrogenadas, ou resíduos nitrogenados, são geradas por processos do metabolismo celular, a partir da decomposição de substâncias orgânicas que possuem átomos de nitrogênio em sua estrutura, como aminoácidos e bases nitrogenadas. O nitrogênio retirado desses compostos encontra-se sob a forma de **amônia** (NH_3), que, por ser altamente tóxica, é suportada apenas em concentrações relativamente baixas. Existem animais que eliminam a amônia diretamente, enquanto outros convertem essa excreta em resíduos menos tóxicos antes da sua eliminação.

Os animais que eliminam diretamente a amônia são denominados **amoniotélicos**. Além de bastante tóxica, a amônia é muito solúvel em água. Essas características fazem com que a excreção desse resíduo tenha grande exigência hídrica, sendo mais comum em organismos que vivem em ambientes aquáticos. Poríferos, cnidários, equinodermos, larvas de anfíbios e peixes ósseos são exemplos de animais amoniotélicos.

Por exigir grande quantidade de água, a eliminação direta de amônia não é favorável a animais que correm maior risco de desidratação, a exemplo da maioria dos animais terrestres e de certas espécies marinhas. Em alguns desses casos, a amônia é convertida, no **fígado**, em um resíduo nitrogenado menos tóxico – a **ureia**. Sobretudo devido a sua menor toxicidade, a excreção prioritária de ureia resulta em economia de água por parte do organismo e em produção de urina mais concentrada; contudo, sua formação a partir da amônia consome energia. Os animais que eliminam majoritariamente ureia são denominados **ureotélicos**, a exemplo de peixes cartilagosos, anfíbios adultos e mamíferos.

Entre os principais resíduos nitrogenados excretados pelos animais, o menos tóxico e menos solúvel em água é o ácido úrico. Sua eliminação, sob a forma de uma pasta concentrada, resulta em maior economia de água. Para eliminar a mesma quantidade de nitrogênio, a excreção de ácido úrico consome em torno de 2% da quantidade de água necessária à excreção de amônia. Apesar da grande economia hídrica, a excreção de ácido úrico gasta ainda

mais energia do que a excreção de ureia. Os animais que eliminam principalmente ácido úrico são chamados **urico-télicos**, a exemplo dos insetos e da maioria dos répteis (incluindo as aves).

	Amônia	Ureia	Ácido úrico
Toxicidade	Alta	Intermediária	Baixa
Gasto de água	Alto	Intermediário	Baixo
Custo energético	Baixo	Intermediário	Alto
Exemplos de animais que eliminam o resíduo nitrogenado	Poríferos, cnidários, equinodermos, larvas de anfíbios e peixes ósseos.	Peixes cartilagosos, anfíbios adultos e mamíferos.	Insetos e maioria dos répteis (incluindo as aves).

Quadro comparativo das características relacionadas à excreção dos principais resíduos nitrogenados nos animais.

Estabelecendo relações

A quantidade de resíduo nitrogenado, independentemente do tipo, produzido por um animal está ligada a seu metabolismo e sua dieta. Os animais endotérmicos apresentam taxa metabólica mais alta e consomem mais alimento do que os animais ectotérmicos; dessa forma, espera-se que os endotérmicos produzam proporcionalmente mais resíduos nitrogenados do que os ectotérmicos. Em relação à dieta, os animais carnívoros, cuja ingestão de proteínas é elevada, produzem mais excretas nitrogenadas em comparação, por exemplo, aos animais herbívoros, cuja dieta é composta por menos proteínas e maior quantidade de carboidratos.

Sistema urinário humano

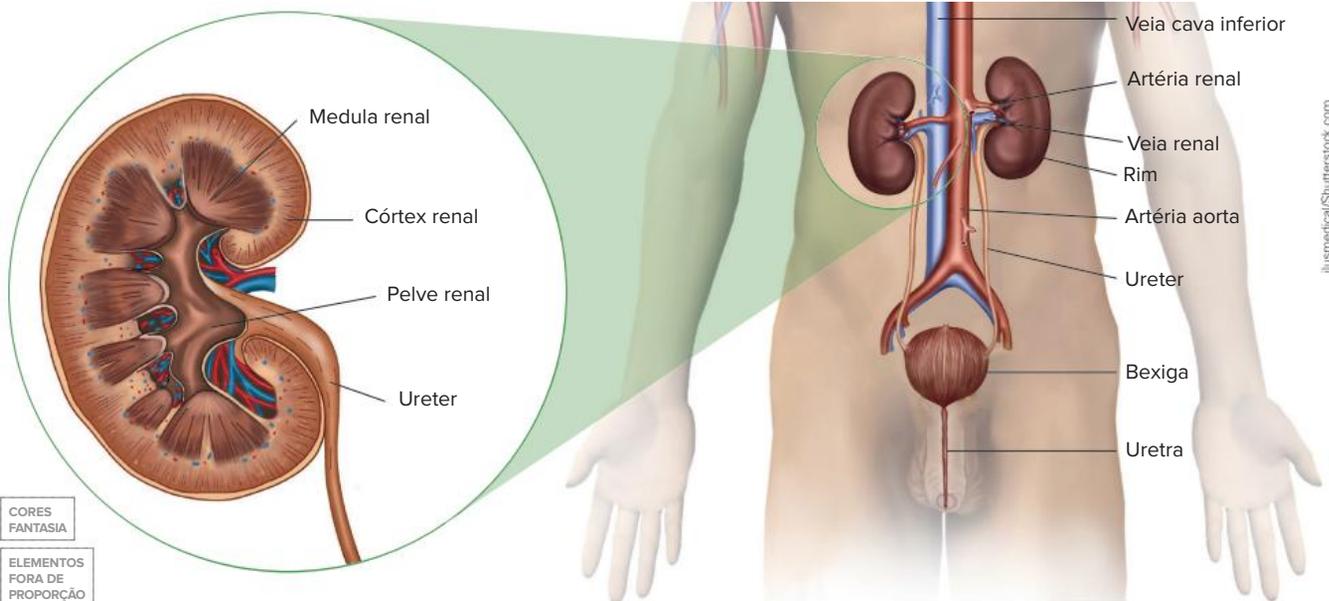
Na espécie humana, assim como nos demais vertebrados, os rins correspondem aos principais órgãos excretores. A seguir, são apresentados detalhes do sistema urinário humano.

Morfologia

O sistema urinário humano possui dois **rins**, cada um com aproximadamente 10 centímetros de comprimento, responsáveis pela produção da urina. De cada rim, parte um duto denominado **ureter**, cuja função é conduzir a urina até a **bexiga urinária**, que a armazena temporariamente. A eliminação da urina ocorre por meio da **uretra**.

A análise morfológica de um rim em corte longitudinal permite a distinção de duas regiões: o **córtex renal**, região externa, e a **medula renal**, região interna. A urina produzida nos rins é recolhida pela **pelve renal**.

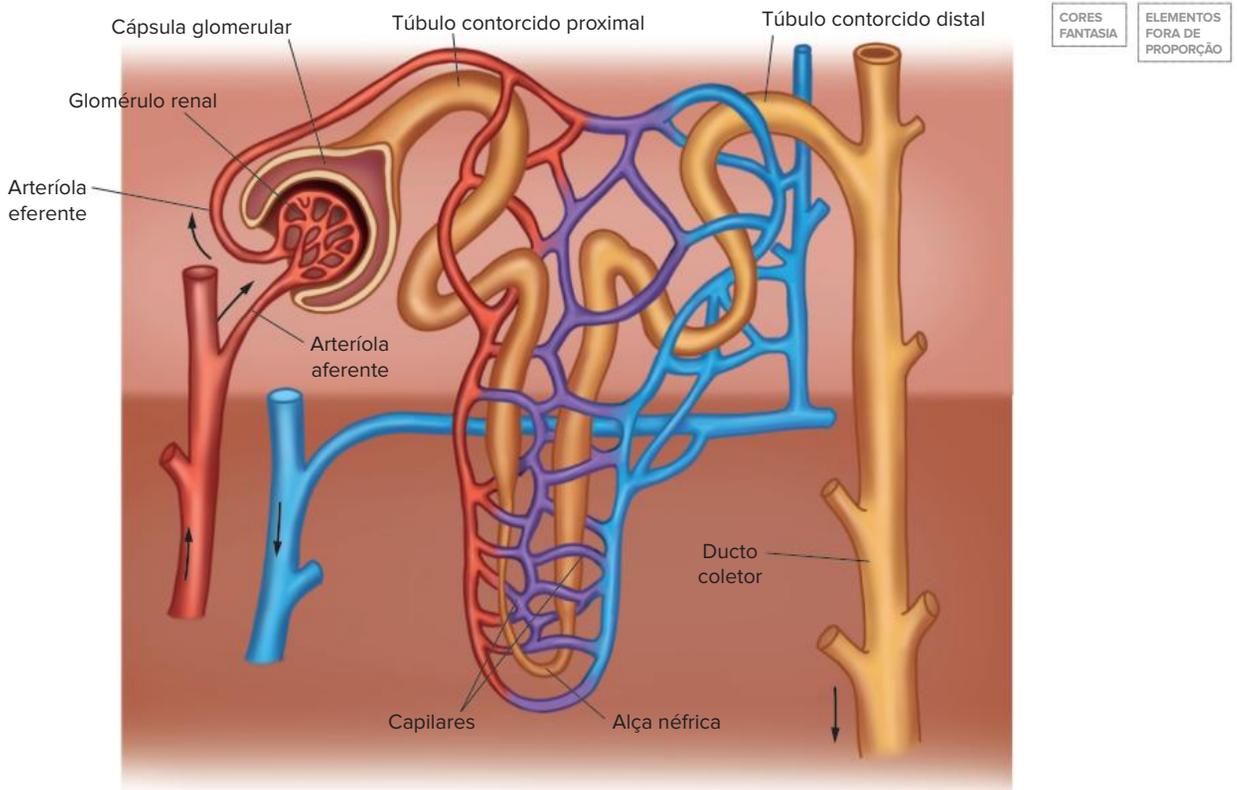
Os componentes do sistema urinário estão associados a vasos sanguíneos, que possuem importância fundamental para o processo de formação da urina. Partindo da artéria aorta, artérias renais ramificam-se em arteríolas, levando sangue oxigenado aos rins. Os capilares formados a partir das arteríolas se organizam em vênulas, que se reúnem nas veias renais. Conduzindo sangue venoso, as veias renais desembocam na veia cava inferior.



Representação do sistema urinário humano e dos vasos sanguíneos que irrigam os rins, incluindo detalhe de um rim em corte longitudinal. No corpo feminino, a uretra se abre para o meio externo por um orifício localizado próximo à vagina. No corpo masculino, a uretra (que conduz urina e sêmen) se abre para o meio externo por um orifício localizado na extremidade do pênis.

Cada rim possui aproximadamente 1 milhão de unidades funcionais denominadas **néfrons**, nas quais ocorre a produção de urina. Um néfron é constituído por um longo tubo com extremidade cega denominada cápsula glomerular (cápsula de Bowman ou cápsula renal). O tubo do néfron é dividido em três regiões principais: o túbulo contorcido proximal, a alça néfrica (alça de Henle) e o túbulo contorcido distal. Há um ducto coletor que recebe o fluido proveniente de muitos néfrons, transportando-o em direção à pelve renal.

Na cápsula glomerular desemboca uma arteríola aferente que origina um emaranhado de capilares denominado glomérulo renal (glomérulo de Malpighi), o qual é abrigado pela cápsula glomerular. Os capilares glomerulares reúnem-se em uma arteríola eferente que, posteriormente, se ramifica em uma rede de capilares que envolve o longo tubo do néfron. Mais adiante, os capilares reúnem-se em vênulas.



Representação de um néfron e dos vasos sanguíneos associados. A cápsula glomerular e os túbulos contorcidos proximal e distal localizam-se no córtex renal, enquanto a alça néfrica e o ducto coletor são encontrados predominantemente na medula renal.

Formação da urina

A urina formada nos néfrons é o resultado da ocorrência de três processos:

- **Filtração glomerular:** o sangue circula nos capilares do glomérulo sob pressão relativamente alta. Em decorrência disso, componentes presentes no sangue passam para o interior da cápsula glomerular. O filtrado resultante (**filtrado glomerular**) contém água, sais, ureia, glicose, aminoácidos, certas vitaminas hidrossolúveis e outras moléculas pequenas, como metabólitos hormonais. Os capilares e as células da cápsula não são permeáveis a moléculas grandes; dessa forma, proteínas plasmáticas não devem ser encontradas no filtrado glomerular.
- **Reabsorção tubular:** a maior parte dos componentes presentes no filtrado é reabsorvida pelo sangue durante seu trajeto pelo néfron. A reabsorção tubular promove a recuperação de compostos que seriam eliminados por meio da urina, mas que ainda podem ser utilizados pelo corpo. Esse processo envolve transporte passivo (sem gasto de energia) e transporte ativo (com gasto de energia). Trata-se de um mecanismo seletivo que permite aos rins controlar a eliminação das substâncias de forma independente, em função das necessidades do organismo.
 - No **túbulo contorcido proximal**, ocorre reabsorção de íons, como sódio (Na^+), cloreto (Cl^-) e potássio (K^+), água e nutrientes, como glicose e aminoácidos.
 - Na **alça néfrica**, constituída pelos ramos descendente e ascendente, a reabsorção depende da permeabilidade das paredes. O ramo descendente é pouco permeável a sais e outros solutos, mas bastante permeável à água, permitindo a continuação da reabsorção dessa substância – como a reabsorção da água ocorre por osmose, é importante que a concentração de solutos do fluido intersticial que banha os túbulos do néfron seja maior do que a concentração do filtrado. Já o ramo ascendente da alça néfrica é impermeável à água, mas reabsorve NaCl , o que contribui para a manutenção da osmolaridade relativamente alta do fluido intersticial em relação ao filtrado.
 - No **túbulo contorcido distal**, são reabsorvidos água e sais.
 - No **ducto coletor** acontece, principalmente, reabsorção de água.

A permeabilidade dos túbulos renais à ureia é limitada. Por isso, muito da ureia filtrada não retorna ao sangue, sendo eliminada na urina.

! Atenção

Osmolaridade corresponde à quantidade de partículas dissolvidas em um determinado volume de solvente.

! Estabelecendo relações

As células dos túbulos renais, na face voltada para o canal por onde passa o filtrado, apresentam microvilosidades. As microvilosidades são especializações da membrana plasmática que aumentam a superfície de contato da célula com o meio, potencializando a reabsorção. Além disso, essas células possuem grande quantidade de mitocôndrias, o que permite a manutenção de altas taxas de respiração celular, processo que libera energia usada na reabsorção por transporte ativo de substâncias.

- **Secreção tubular:** processo por meio do qual amônia, ácido úrico, H^+ , K^+ , drogas, toxinas e outros componentes presentes no sangue que circula pelos capilares são secretados para o interior dos túbulos proximal e distal do néfron. A secreção tubular de H^+ , por exemplo, contribui com o controle do pH sanguíneo.

Volume urinário

Em pessoas saudáveis, cerca de 1.600 L de sangue fluem pelos rins, resultando na formação de aproximadamente 180 L de filtrado por dia. Ao redor de 99% desse total é reabsorvido, restando em torno de 1,5 L de urina, a ser eliminada diariamente. Baseando-se nos três processos básicos de formação da urina, o volume urinário diário pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Volume urinário} = \left(\begin{array}{c} \text{filtração} \\ \text{glomerular} \end{array} - \begin{array}{c} \text{reabsorção} \\ \text{tubular} \end{array} \right) + \begin{array}{c} \text{secreção} \\ \text{tubular} \end{array}$$

! Atenção

Espera-se que toda a glicose presente no filtrado glomerular seja reabsorvida. Portanto, em condições normais, glicose não deve ser eliminada na urina. Situações nas quais essa eliminação ocorre sugerem que a pessoa apresenta algum problema renal relacionado à reabsorção da glicose, ou que está com diabetes melito, doença ligada ao excesso de glicose no sangue. Essa enfermidade será detalhada mais adiante nesta coleção.

Controle hormonal da formação da urina

Considerando os diversos hormônios relacionados à regulação da formação da urina, são detalhadas, a seguir, as ações da vasopressina, ou hormônio antidiurético (ADH), e da aldosterona.

VASOPRESSINA OU HORMÔNIO ANTIDIURÉTICO (ADH)

O ADH é produzido pelo **hipotálamo** (componente do sistema nervoso central) e secretado pela **neuroipófise** (porção posterior da hipófise, uma glândula endócrina). Esse hormônio age sobre os túbulos distais e, principalmente, os ductos coletores, **aumentando a permeabilidade** à água e tornando a reabsorção (em direção ao sangue) bastante intensa. Dessa forma, quando o nível de ADH é alto, ocorre **redução do volume urinário** e a urina se torna concentrada.

Sob risco de desidratação, espera-se que a liberação de ADH seja aumentada, maximizando a reabsorção de água nos rins e preservando a água no corpo.

Existem casos em que a produção de ADH é inibida. Por exemplo: quando o indivíduo ingere grande quantidade de água, o excesso hídrico poderia reduzir a osmolaridade do sangue e prejudicar o organismo. Nesse sentido, a inibição da produção de ADH resulta em redução da reabsorção renal de água, tornando a urina mais volumosa e diluída. O consumo de álcool também inibe a produção de ADH, aumentando a perda de água por meio da urina, o que expõe o indivíduo ao risco de desidratação. Além de fatores externos, há fatores internos que comprometem a produção, a liberação ou a ação do ADH. É o que ocorre, por exemplo, no **diabetes insipidus**, doença na qual o volume urinário produzido em um único dia pode chegar a 18 L.

O ADH também é chamado de vasopressina devido à sua ação sobre os vasos sanguíneos, causando **vasoconstrição periférica**. Isso ocorre, por exemplo, em casos de queda da pressão arterial e redução do volume sanguíneo, decorrentes de hemorragia. Em conjunto com a reabsorção de água pelos rins, essa ação do ADH contribui para o controle da pressão arterial.

ALDOSTERONA

É um hormônio produzido pelo córtex das glândulas endócrinas **suprarrenais** (ou adrenais), localizadas sobre os rins. A aldosterona atua nos néfrons **aumentando a reabsorção de sódio** (Na^+). Com isso, a osmolaridade do sangue sobe e a reabsorção de água por osmose aumenta, o que eleva a pressão arterial.

A aldosterona também contribui para o controle dos níveis sanguíneos de **íons potássio** (K^+): quando a concentração de K^+ está elevada, a aldosterona estimula sua secreção nos túbulos do néfron e, conseqüentemente, sua eliminação pela urina.

Saiba mais

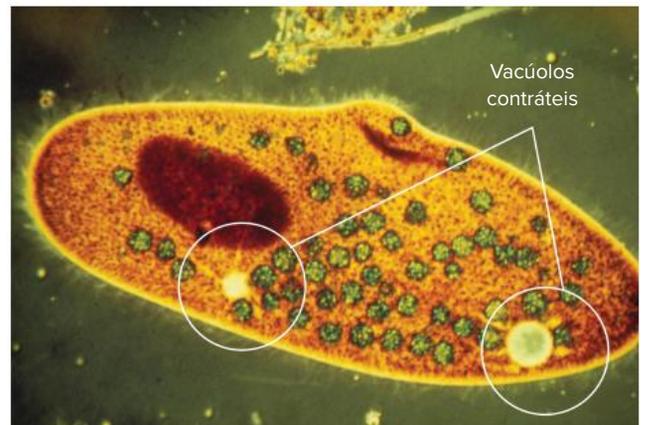
Existem outros hormônios ligados à produção de urina. Um deles é o **paratormônio** (PTH), hormônio produzido pelas glândulas paratireoides. O PTH aumenta a reabsorção de cálcio (Ca^{2+}) em resposta à redução dos níveis desse íon no fluido extracelular, reduzindo, portanto, a eliminação de cálcio pela urina. Outro exemplo é o **fator natriurético atrial** (FNA), hormônio produzido pelos átrios cardíacos em resposta à elevação da pressão arterial. Ele inibe a reabsorção de NaCl , reduz a liberação de aldosterona e aumenta a diurese (eliminação de urina), ações que resultam em redução da pressão sanguínea.

Osmorregulação

Muitos seres vivos precisam **controlar a quantidade de água e a concentração de solutos nos fluidos corporais**. Os mecanismos que atuam nessa regulação e no equilíbrio entre ganho e perda hídrica são denominados osmorreguladores. A seguir, são apresentados alguns exemplos de osmorregulação para facilitar a compreensão e a aplicação desse conceito.

Protozoários de água doce

Como visto no livro 1 (capítulo 2 da frente 3) desta coleção, os protozoários que habitam a água doce possuem um orgânulo osmorregulador denominado **vacúolo contrátil** (ou pulsátil). Em relação ao meio dulcícola, a célula dos protozoários é hipertônica e, por osmose, recebe água do ambiente. Esse ganho contínuo de água expõe o protozoário ao risco de lise (ruptura), mas o vacúolo contrátil promove a eliminação do excesso hídrico que a célula recebe, regulando a concentração de solutos e a quantidade de água no meio intracelular. Assim, diz-se que o vacúolo pulsátil promove a osmorregulação do protozoário.



Protozoários do gênero *Paramecium* (com comprimento que varia entre 50 e 300 μm) possuem vacúolos contráteis.

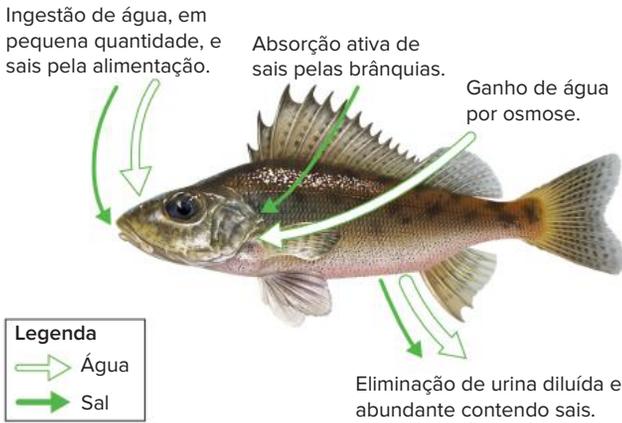
Saiba mais

Na membrana que delimita o vacúolo pulsátil são encontradas bombas de prótons. Por transporte ativo, isto é, com gasto de energia, esses complexos bombeiam prótons do citoplasma do protozoário para o interior do vacúolo; isso faz com que o interior da organela fique hipertônico em relação ao citoplasma. Nessa situação, por osmose, o excesso de água presente no citoplasma passa para o interior do vacúolo, de onde é eliminado da célula pelas contrações da organela.

Animais de água doce

Os fluidos corporais nos animais de água doce são hipertônicos em relação ao meio. Nesse contexto, duas tendências podem ser prejudiciais: ganho de água por osmose e perda de sais por difusão.

Para o estudo da osmorregulação em animais dulcícolas, são analisados, a seguir, aspectos relativos aos peixes ósseos. Nesses animais, o ganho de água por osmose é excessivo, por isso a ingestão de água é bastante reduzida (acontecendo apenas durante a alimentação) e a urina é volumosa e diluída. O grande volume de urina elimina o excesso de água, mas também elimina sais, aumentando a perda desses componentes, que ocorre também por difusão. Nessas condições, os peixes ósseos realizam absorção ativa de sais pelas brânquias, processo que repõe os sais perdidos e controla a concentração de solutos nos fluidos corporais.



Representação da osmorregulação em peixes ósseos de água doce.

Animais marinhos

A maioria dos animais marinhos é **osmoconformadora**, ou seja, é isotônica em relação ao meio externo. Não há um saldo de ganho ou perda de água por osmose, uma vez que a água atravessa a membrana celular em ambos os sentidos em taxas iguais.

Contudo, há espécies osmorreguladoras, ou seja, que possuem mecanismos de ajuste do equilíbrio hídrico e salino. Os animais marinhos osmorreguladores, a exemplo de muitos peixes ósseos, perdem água para o meio por osmose, ficando expostos ao risco de desidratação. A perda de água é compensada pela ingestão de água do mar com alta concentração de sais. A eliminação do excesso de sais ocorre por meio da produção de urina bastante concentrada e de modo ativo (com gasto de energia) pelas brânquias.

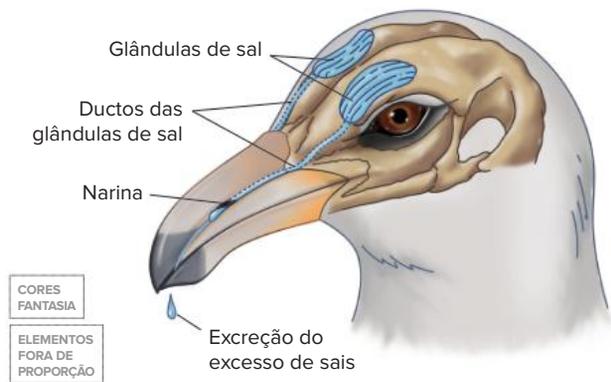


Representação da osmorregulação em peixes ósseos de água salgada.

Os peixes cartilagosos marinhos apresentam um mecanismo osmorregulador particular, que os torna praticamente isotônicos em relação à água do mar: esses animais são capazes de manter alta concentração de ureia em seus

fluidos corporais, característica conhecida como **uremia fisiológica**. Em elevadas concentrações, a ureia pode ser tóxica, mas os peixes cartilagosos produzem o óxido de trimetilamina (OTMA), substância que protege o animal dos possíveis efeitos danosos da ureia e que contribui com a manutenção de uma osmolaridade próxima à da água do mar. Por meio da alimentação, os condríctes obtêm água e sais, substâncias também recebidas por difusão; o excesso de água, sais e ureia é eliminado por meio da urina produzida em pequena quantidade. Também ocorre eliminação ativa de sais pelas brânquias.

Répteis marinhos, como tartarugas e certas aves, ingerem grande quantidade de sais com a alimentação e a água do mar. Nesses animais, existem as **glândulas de sal** – estruturas que, por meio do transporte ativo de íons, produzem secreção com alta concentração salina, eliminando, dessa forma, o excesso de sais. Nas aves, as glândulas de sal estão localizadas na cabeça e a solução salina é expelida pelas narinas; nas tartarugas, a solução salina é eliminada próximo aos olhos.



Representação da localização das glândulas de sal em aves marinhas.



Tartaruga eliminando solução salina próximo aos olhos.

Revisando

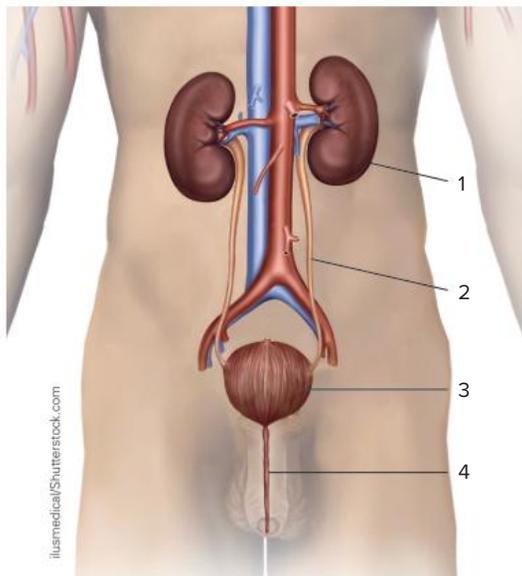
1. Explique a importância da excreção.

2. Explique a origem dos resíduos nitrogenados.

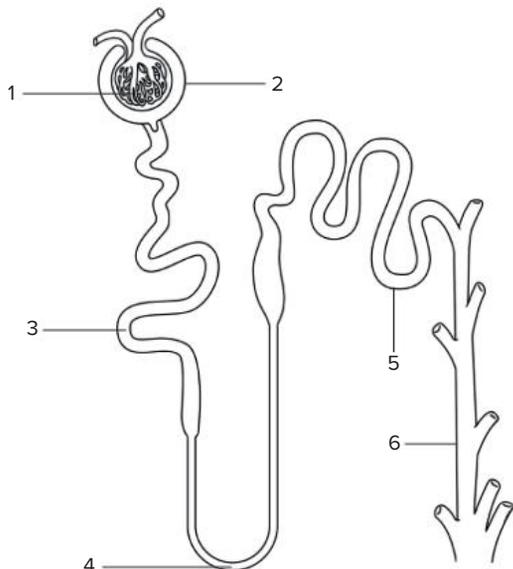
3. Complete corretamente o quadro a seguir com informações relativas aos principais resíduos nitrogenados encontrados nos animais.

	Amônia	Ureia	Ácido úrico
Toxicidade	Alta		
Gasto de água		Intermediário	Baixo
Custo energético	Baixo	Intermediário	
Um exemplo de animal que elimina o resíduo nitrogenado			

4. Na figura a seguir, identifique as estruturas apontadas pelas linhas de 1 a 4.



5. A imagem a seguir é uma ilustração esquemática de um néfron. Identifique as estruturas apontadas pelas linhas de 1 a 6.



6. A formação da urina envolve a ocorrência de alguns processos, a exemplo da filtração glomerular e da reabsorção tubular. Explique em que consiste o processo de filtração glomerular e explique a importância do processo de reabsorção tubular.

7. Além da filtração glomerular e da reabsorção tubular, outro processo ligado à formação da urina é a secreção tubular. Explique em que consiste a secreção tubular.

8. O ADH (hormônio antidiurético) atua nos néfrons e está ligado à produção de urina. Explique a ação do ADH sobre a formação da urina.

9. Explique como um peixe ósseo que habita a água doce realiza sua osmorregulação.

10. Ao ingerir água do meio, um peixe ósseo que habita o ambiente marinho ingere grande quantidade de sais. Explique como esse peixe elimina o excesso de sais ingeridos.

Exercícios propostos

1. **Unicamp-SP 2016** Em relação à forma predominante de excreção dos animais, é correto afirmar que
- peixes são animais amoniotélicos, aves e répteis são ureotélicos e mamíferos são uricotélicos.
 - a ureia é altamente tóxica e insolúvel em água, sendo a principal excreta das aves.
 - peixes, exceto os condrites, são amoniotélicos e aves e répteis adultos são ureotélicos.
 - a amônia é altamente tóxica e necessita de um grande volume de água para ser eliminada.

2. **UPF-RS 2016** Além de manterem o balanço de sais e água, os animais precisam eliminar de seu fluido extracelular os produtos do metabolismo. Proteínas e ácidos nucleicos, por exemplo, contêm nitrogênio e, por isso, sua metabolização gera produtos nitrogenados, além de água e dióxido de carbono. Os animais excretam tais produtos nitrogenados de diferentes formas. Assinale a alternativa que relaciona **corretamente** os grupos de animais ao principal tipo de produto nitrogenado que excretam.

	Animais	Principal produto nitrogenado excretado
a)	Insetos, répteis e aves	Ácido úrico
b)	Mamíferos e anfíbios adultos	Amônia
c)	Invertebrados aquáticos e peixes ósseos	Ureia
d)	Aves, répteis e mamíferos	Ácido úrico
e)	Mamíferos e aves	Ureia

3. **UFU-MG 2016** Os animais podem ser classificados em amoniotélicos, ureotélicos ou uricotélicos, de acordo com o tipo de sua excreta nitrogenada. Em relação à afirmativa, considere a tabela a seguir.

Animal	Tipo de excreta
I	Ureia
II	Amônia
III	Ácido úrico

Os animais I, II e III são, respectivamente,

- pardal, rã e macaco.
 - baiacu, macaco e pardal.
 - macaco, gavião e baiacu.
 - sapo, baiacu e gavião.
4. **PUC-Rio 2017** Com relação à excreção nos animais vertebrados, NÃO é correto afirmar que:
- diversos animais aquáticos, incluindo peixes e larvas de anuros, excretam amônia que, apesar de ser muito tóxica, também é muito solúvel em água.
 - diversos animais terrestres como mamíferos e adultos de anfíbios excretam ureia, que é menos tóxica que a amônia e, portanto, pode ser eliminada de forma mais concentrada.
 - a maioria dos répteis (incluindo as aves) excreta ácido úrico, que é muito solúvel em água.

- não é considerada como excreção a eliminação de restos de comida pelas fezes.
- parte da excreção nos mamíferos se dá através do suor.

5. **PUC-SP 2017** Foi recomendada uma dieta especial a uma pessoa que precisa reduzir os níveis de ácido úrico no sangue. Nesse caso, é recomendável que essa pessoa reduza o consumo de alimentos como
- laranja, limão e outras frutas cítricas.
 - manteiga e frituras em geral.
 - carne, leite e ovos.
 - doces e massas.

6. **UPF-RS 2015** No sistema urinário do corpo humano, são _____ que realizam a filtração do sangue. O processo de eliminação de urina acontece em duas etapas: primeiro, a urina trazida _____ acumula-se _____; depois, ocorre a micção, com a eliminação da urina através _____.

As informações que completam **corretamente** os espaços estão na alternativa:

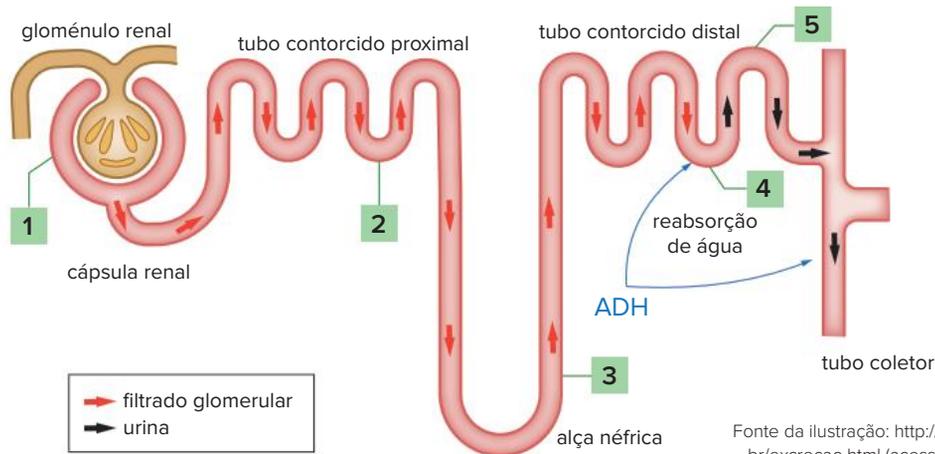
- os rins / pela uretra / na bexiga / dos ureteres.
 - os arteríolos / pelos ureteres / na bexiga / da uretra.
 - os rins / pelas veias / na bexiga / dos ureteres.
 - os ureteres / pela uretra / na bexiga / dos arteríolos.
 - os rins / pelos ureteres / na bexiga / da uretra.
7. **UEL-PR 2019** Os rins, pelo processo de filtração, excretam, além dos fármacos, substâncias provenientes do metabolismo. Com base nos conhecimentos sobre anatomia e fisiologia renal, atribua (V) verdadeiro ou (F) falso às afirmativas a seguir.

- Depois do sangue filtrado pelos rins, cabe aos néfrons a função de reabsorver substâncias importantes para o metabolismo do organismo, como água, ureia, sais, ácido úrico e hormônios.
- A baixa pressão sanguínea nos capilares do glomérulo renal força a saída de fluxo sanguíneo para o ducto coletor, formando um fluido denominado filtrado tubular ou urina.
- A glicose, os aminoácidos, as vitaminas e grande parte dos sais do filtrado glomerular, em condições normais, são reabsorvidos pelas células da parede do túbulo contorcido proximal e devolvidos ao sangue.
- No néfron, ocorre a filtração, em que a pressão do sangue expulsa do glomérulo a água e as pequenas moléculas dissolvidas no plasma, como sais, moléculas orgânicas simples e ureia, para a cápsula.
- Quando ingerimos muita água, a produção do hormônio antidiurético (ADH) é estimulada, aumentando a permeabilidade do túbulo proximal e do ducto coletor.

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

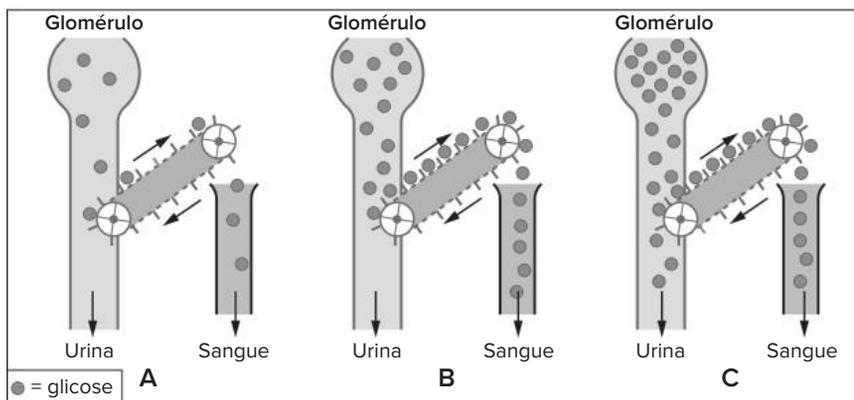
- V, V, F, F, V.
- V, V, V, F, F.
- V, F, V, F, V.
- F, F, V, V, F.
- F, F, F, V, V.

8. **Mackenzie-SP 2019** Dentro de cada rim humano, há cerca de um milhão de néfrons, consideradas as principais estruturas filtradoras de sangue do corpo humano. O esquema abaixo mostra de forma sucinta as principais partes de um único néfron.



É correto afirmar que em

- 1 ocorre o processo de filtração glomerular, em que moléculas de grande peso molecular se deslocam, por difusão, dos capilares sanguíneos para o interior da cápsula renal (ou néfrica).
 - 2 se desloca o filtrado glomerular, cuja concentração é superior à concentração da urina, que se forma no final do processo.
 - 3 se desloca o filtrado glomerular que, à medida que se desloca pelo restante dos túbulos renais, vai adquirindo menores quantidades de ureia e ácido úrico.
 - 4, 5 e no tubo coletor, ocorre ação do hormônio antidiurético (ADH), responsável pelo aumento do processo de reabsorção passiva de água.
 - 5 ocorre reabsorção passiva de glicose, aminoácidos e sais minerais contidos no interior do filtrado glomerular.
9. **Unicamp-SP 2015** O hormônio ADH (antidiurético), produzido no hipotálamo e armazenado na hipófise, é o principal regulador fisiológico do equilíbrio hídrico no corpo humano. Assinale a alternativa correta.
- A redução na ingestão de água aumenta a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e diminuindo a pressão osmótica do sangue.
 - O aumento na ingestão de água aumenta a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e diminuindo a pressão osmótica do sangue.
 - A redução na ingestão de água diminui a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e aumentando a pressão osmótica do sangue.
 - O aumento na ingestão de água diminui a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, diminuindo a reabsorção de água e aumentando a pressão osmótica do sangue.
10. **Fuvest-SP 2014** O mecanismo de reabsorção renal da glicose pode ser comparado com o que acontece numa esteira rolante que se move a uma velocidade constante, como representado na figura abaixo. Quando a concentração de glicose no filtrado glomerular é baixa (A), a “esteira rolante” trabalha com folga e toda a glicose é reabsorvida. Quando a concentração de glicose no filtrado glomerular aumenta e atinge determinado nível (B), a “esteira rolante” trabalha com todos os compartimentos ocupados, ou seja, com sua capacidade máxima de transporte, permitindo a reabsorção da glicose. Se a concentração de glicose no filtrado ultrapassa esse limiar (C), como ocorre em pessoas com diabetes melito, parte da glicose escapa do transporte e aparece na urina.



Hickman et al., *Integrated Principles of Zoology*, Mc Graw Hill, 2011. Adaptado.

Analise as seguintes afirmações sobre o mecanismo de reabsorção renal da glicose, em pessoas saudáveis:

- I. Mantém constante a concentração de glicose no sangue.
- II. Impede que a concentração de glicose no filtrado glomerular diminua.
- III. Evita que haja excreção de glicose, que, assim, pode ser utilizada pelas células do corpo.

Está correto apenas o que se afirma em

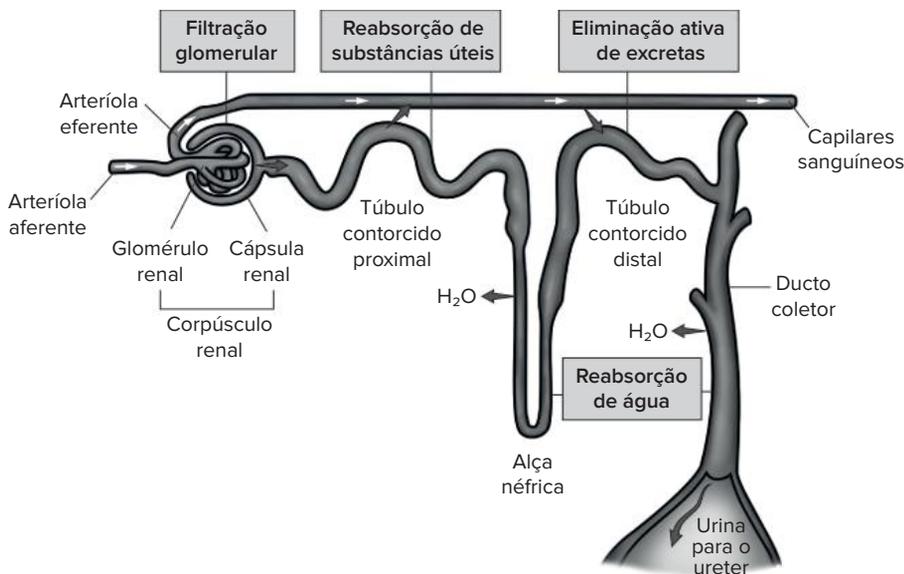
- a) I. b) II. c) III. d) I e II. e) I e III.

11. **Mackenzie-SP 2014** A respeito do funcionamento dos néfrons, é correto afirmar que

- a) o hormônio antidiurético (ADH) diminui a produção de urina porque diminui a pressão do sangue nos capilares dos glomérulos.
- b) a filtração ocorrida nos glomérulos transforma sangue venoso em sangue arterial.
- c) no túbulo contorcido distal ocorre a maior parte da reabsorção de água.
- d) a ausência de proteínas na urina de uma pessoa normal se deve à reabsorção dessa molécula no túbulo contorcido proximal.
- e) tanto no túbulo contorcido proximal quanto no túbulo contorcido distal ocorre transporte ativo.

12. **FGV-SP 2012** No interior dos rins existem milhares de néfrons que, a partir da filtração do sangue, têm como função a formação da urina. Um exame de urina específico pode detectar substâncias ilícitas utilizadas por atletas, usuários de drogas e dependentes químicos.

A figura traz o processo de formação da urina no néfron.



(Amabis e Martho, *Fundamentos da Biologia Moderna*)

A droga A apresenta peso molecular que permite sua passagem pelos capilares sanguíneos, e a droga B é eliminada somente em função de gasto energético. As drogas A e B são encontradas no interior do néfron, respectivamente, a partir

- a) do túbulo proximal e do ducto coletor.
- b) do túbulo proximal e da alça néfrica.
- c) da alça néfrica e do túbulo distal.
- d) da cápsula renal e do túbulo distal.
- e) da cápsula renal e da alça néfrica.

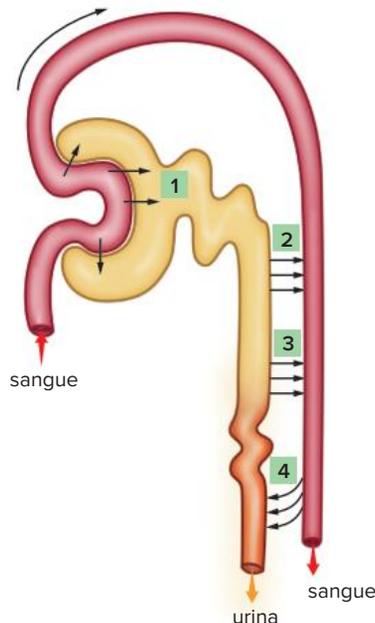
13. **Uerj 2012** Em um experimento em que se mediu a concentração de glicose no sangue, no filtrado glomerular e na urina de um mesmo paciente, os seguintes resultados foram encontrados:

Líquido biológico	Concentração de glicose (mg/dL)
sangue	140
filtrado glomerular	120
urina	0,12

Esses resultados mostram que as células epiteliais dos túbulos renais do paciente estavam reabsorvendo a glicose pelo mecanismo denominado:

- a) difusão passiva
- b) transporte ativo
- c) difusão facilitada
- d) transporte osmótico

14. **UEL-PR** A figura a seguir representa a estrutura renal de um néfron de mamífero. Os números indicam os processos básicos que ocorrem para a formação da urina.



(Adaptado de: SILVA JÚNIOR, C. da; SASSON, S. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 2007, p.350.)

Assinale a alternativa que contém a ordem sequencial dos números correspondentes aos processos indicados.

- a) 1 - reabsorção passiva de água; 2 - secreção ativa de íons H^+ e K^+ ; 3 - reabsorção ativa de sais e glicose; 4 - filtração.
- b) 1 - filtração; 2 - reabsorção ativa de sais e glicose; 3 - reabsorção passiva de água; 4 - secreção ativa de íons H^+ e K^+ .
- c) 1 - filtração; 2 - reabsorção passiva de água; 3 - secreção ativa de íons H^+ e K^+ ; 4 - reabsorção ativa de sais e glicose.
- d) 1 - reabsorção passiva de água; 2 - reabsorção ativa de sais e glicose; 3 - filtração; 4 - secreção ativa de íons H^+ e K^+ .
- e) 1 - reabsorção ativa de sais e glicose; 2 - filtração; 3 - reabsorção ativa de água; 4 - secreção ativa de íons H^+ e K^+ .
15. **PUC-PR 2021** Uma substância que se ligue de modo reversível ao H^+ é denominada substância tampão. O valor de pH encontrado no líquido extracelular é aproximadamente 7,4. O principal tampão extracelular existente no organismo humano é o CO_2/HCO_3^- . Por exemplo, quando em um organismo saudável ocorrer um aumento de H^+ derivado dos ácidos voláteis, os rins podem excretar mais H^+ na urina tendo por objetivo
- a) restaurar o equilíbrio.
- b) provocar alcalose metabólica.
- c) provocar acidose metabólica.
- d) acentuar o desequilíbrio ácido base.
- e) restaurar o pH ácido do meio extracelular.

16. **PUC-RS 2016** A água é o componente mais abundante do corpo humano, sendo responsável por aproximadamente 70% do peso total do corpo. Durante o exercício físico, o calor gerado pelo metabolismo aumenta a temperatura do corpo. O sistema nervoso detecta esse aumento de temperatura e desencadeia a liberação de suor, constituído principalmente de água. A água presente no suor carrega eletrólitos dissolvidos e esfria o corpo ao evaporar, por isso deve ser reposta para a manutenção da homeostase do organismo e para o funcionamento normal dos órgãos, dos tecidos e das células.

Sobre o metabolismo da água no corpo humano, considere as afirmativas:

- I. O corpo, durante o exercício físico, perde água proveniente de fluidos extra e intracelulares.
- II. A hiper-hidratação pode ser danosa para o corpo, já que pode ocorrer uma diluição excessiva dos eletrólitos se o rim não excretar o excesso de fluidos.
- III. A ingestão de bebidas isotônicas tem como finalidade reduzir a queima de substâncias energéticas no organismo, provocando a diminuição da temperatura corporal.

Está/Estão correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- a) I.
- b) III.
- c) I e II.
- d) I e III.
- e) II e III.
17. **Unesp 2021** Leia os versos da canção “Tenho sede”, composta por Anastácia e Dominginhos.

Traga-me um copo d'água, tenho sede
E essa sede pode me matar
Minha garganta pede um pouco d'água
E os meus olhos pedem o teu olhar

A planta pede chuva quando quer brotar
O céu logo escurece quando vai chover
Meu coração só pede o teu amor
Se não me deres, posso até morrer

A canção menciona a escassez de água, que pode afetar tanto os animais quanto as plantas. Um hormônio humano e um hormônio vegetal que atuam para a economia de água nesses organismos e uma figura de linguagem que aparece nesses versos são, respectivamente,

- a) vasopressina, ácido abscísico e pleonasma.
- b) vasopressina, ácido abscísico e hipérbole.
- c) tiroxina, giberelina e hipérbole.
- d) tiroxina, giberelina e pleonasma.
- e) vasopressina, giberelina e pleonasma.



Texto para responder à questão 18.

A salinidade da água é um fator fundamental para a sobrevivência dos peixes. A maioria deles vive em condições restritas de salinidade, embora existam espécies como o salmão, que consegue viver em ambientes que vão da água doce à água do mar. Há peixes que

sobrevivem em concentrações salinas adversas, desde que estas não se afastem muito das originais. Considere um rio que tenha passado por um processo de salinização. Observe na tabela suas faixas de concentração de cloreto de sódio.

Trecho do rio	Concentração de NaCl ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
W	< 0,01
X	0,1 – 0,2
Y	0,4 – 0,5
Z	$\geq 0,6^*$

*isotônica à água do mar

18. **Uerj 2015** Considere um peixe em estresse osmótico que consegue sobreviver eliminando mais urina e reabsorvendo mais sais do que em seu *habitat* original. Esse peixe é encontrado no trecho do rio identificado pela seguinte letra:
- W
 - X
 - Y
 - Z



Leia o texto para responder à questão 19.

De onde vem o mundo? De onde vem o universo? Tudo o que existe tem que ter um começo. Portanto, em algum momento, o universo também tinha de ter surgido a partir de uma outra coisa. Mas, se o universo de repente tivesse surgido de alguma outra coisa, então essa outra coisa também devia ter surgido de alguma outra coisa algum dia. Sofia entendeu que só tinha transferido o problema de lugar. Afinal de contas, algum dia, alguma coisa tinha de ter surgido do nada. Existe uma substância básica a partir da qual tudo é feito? A grande questão para os primeiros filósofos não era saber como tudo surgiu do nada. O que os instigava era saber como a água podia se transformar em peixes vivos, ou como a terra sem vida podia se transformar em árvores frondosas ou flores multicoloridas.

Adaptado de: GAARDER, J. *O Mundo de Sofia*. Trad. de João Azenha Jr. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. p.43-44.

19. **UEL-PR 2015** Ambientes dulcícolas e marinhos possuem condições físico-químicas distintas que influenciaram a seleção natural para dar origem, respectivamente, aos peixes de água doce e aos peixes de água salgada, os quais possuem adaptações fisiológicas para sobreviverem no ambiente em que surgiram. Considerando a regulação da concentração hidrossalina para a manutenção do metabolismo desses peixes, pode-se afirmar que os peixes de água doce eliminam _____ quantidade de urina _____ em comparação com os peixes marinhos, que eliminam _____ quantidade de urina _____.

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

- grande, diluída, pequena, concentrada.
- grande, concentrada, grande, diluída.
- grande, concentrada, pequena, diluída.
- pequena, concentrada, grande, diluída.
- pequena, diluída, grande, concentrada.

20. **Udesc 2012** Analise as proposições em relação ao problema osmótico nos peixes.

- Os peixes ósseos marinhos possuem o sangue com pressão osmótica superior à da água do mar. Sendo assim, os peixes ganham água e perdem sais minerais por osmose.
- Os peixes de água doce perdem sais minerais por difusão nas brânquias, pelo fato de a pressão osmótica ser menor na água doce do que a pressão do sangue dos peixes. Sendo assim, a água entra, por osmose, no sangue dos peixes.
- Para que as hemácias do sangue dos peixes de água doce não sofram hemólise, eles eliminam muita urina diluída.
- Os peixes ósseos marinhos não bebem muita água, pelo fato de a pressão osmótica do sangue ser superior à da água do mar.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

21. **FICSAE-SP 2017** Os peixes cartilagosos são animais ureotélicos, uma vez que produzem ureia como excreta nitrogenada. Entretanto, os rins desses peixes reabsorvem a ureia em vez de eliminá-la na urina, como fazem os mamíferos. Dessa forma, a concentração de ureia no sangue de tubarões e raias chega a ser 100 vezes maior que a observada no sangue de mamíferos. Isso explica o fato de os fluidos corporais desses peixes serem ligeiramente mais concentrados que a própria água do mar.

Assim, é correto afirmar que os peixes cartilagosos

- reutilizam a ureia retida no corpo para fabricar novos aminoácidos e, por isso, requerem menos alimentos proteicos que os mamíferos.
- convertem a ureia retida no corpo em ácido úrico, um tipo de excreta mais facilmente eliminado em ambientes aquáticos.
- por osmose, ganham água do meio e, para evitar o excesso de água em seus fluidos corporais, os rins a eliminam pela urina.
- por osmose, perdem água para o meio, e têm que dispor de mecanismos fisiológicos que evitem a desidratação no ambiente marinho.

Hemodiálise

O que é hemodiálise?

Hemodiálise é um procedimento através do qual uma máquina [...] filtra o sangue, ou seja, faz parte do trabalho que o rim doente não pode fazer. O procedimento libera o corpo dos resíduos prejudiciais à saúde, como o excesso de sal e de líquidos. Também controla a pressão arterial e ajuda o corpo a manter o equilíbrio de substâncias como sódio, potássio, ureia e creatinina. As sessões de hemodiálise são realizadas geralmente em clínicas especializadas ou hospitais.

Quem necessita fazer esse tratamento?

A hemodiálise está indicada para pacientes com insuficiência renal aguda ou crônica graves. A indicação de iniciar esse tratamento é feita pelo seu médico especialista em doenças dos rins (o nefrologista), que avalia o seu organismo através de:

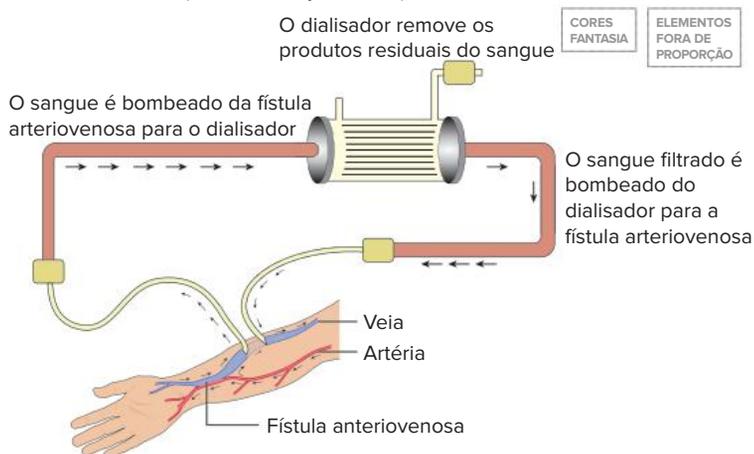
- consulta médica, investigando os sintomas e examinando o corpo;
- dosagem de ureia e creatinina no sangue;
- dosagem de potássio no sangue;
- dosagem de ácidos no sangue;
- quantidade de urina produzida durante um dia e uma noite (urina de 24 horas);
- cálculo da porcentagem de funcionamento dos rins (clearance de creatinina e ureia);
- avaliação de anemia (hemograma, dosagem de ferro, saturação de ferro e ferritina);
- presença de doença óssea.

Através da consulta é possível começar o tratamento com remédios que podem controlar os sintomas e estabilizar a doença. Em casos em que os remédios não são suficientes e a doença progride, pode ser necessário iniciar a hemodiálise. Esta decisão é tomada em conjunto com o paciente e o médico nefrologista.

Como funciona a hemodiálise?

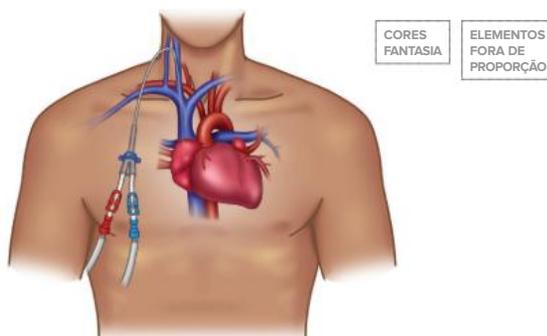
Basicamente, na hemodiálise a máquina recebe o sangue do paciente por um acesso vascular, que pode ser um cateter (tubo) ou uma fístula arteriovenosa, e depois é impulsionado por uma bomba até o filtro de diálise (dialisador). No dialisador o sangue é exposto à solução de diálise (dialisato) através de uma membrana semipermeável que retira o líquido e as toxinas em excesso e devolve o sangue [...] para o paciente pelo acesso vascular.

Uma fístula arteriovenosa (FAV) [...] pode ser feita com as próprias veias do indivíduo ou com materiais sintéticos [...], preparada por uma pequena cirurgia no braço ou perna. É realizada uma ligação entre uma pequena artéria e uma pequena veia, com a intenção de tornar a veia mais grossa e resistente, para que as punções com as agulhas de hemodiálise possam ocorrer sem complicações. A cirurgia é feita por um cirurgião vascular e com anestesia local. O ideal é que a fístula seja feita de preferência dois a três meses antes de se começar a fazer hemodiálise.



Draw Mart/Shutterstock.com

O cateter de hemodiálise é um tubo colocado em uma veia no pescoço, tórax ou virilha, com anestesia local. O cateter é uma opção geralmente temporária para os pacientes que não têm uma fístula e precisam fazer diálise. Os principais problemas relacionados ao uso do cateter são a obstrução e a infecção, o que muitas vezes obriga a retirada do cateter e o implante de um novo cateter para continuar as sessões de hemodiálise.



Quanto tempo o paciente necessita ficar na máquina para fazer a hemodiálise?

O tempo varia de acordo com o estado clínico do paciente e, em geral, é de quatro horas, três ou quatro vezes por semana. Dependendo da situação clínica do paciente esse tempo varia de três a cinco horas por sessão e pode ser feita duas, três, quatro vezes por semana ou até mesmo diariamente. O médico nefrologista avaliará o paciente para que seja escolhida a melhor forma de tratamento para o mesmo. Para assegurar que a diálise esteja adequada, o médico nefrologista faz revisões mensais inclusive com o emprego de exames laboratoriais. Se a diálise não estiver adequada, ajustes serão feitos na forma como a sua hemodiálise está sendo feita, atingindo então o desempenho esperado. O paciente em tratamento através da hemodiálise não deve faltar às sessões. Em caso de não poder comparecer a uma sessão, deve avisar assim que possível a sua clínica de hemodiálise.

Fazer hemodiálise dói? Quais são os desconfortos que o paciente pode sentir?

A maioria dos pacientes faz hemodiálise através da fístula, como dito acima. Essa é a melhor forma de acesso ao sangue do paciente; entretanto, para iniciar a hemodiálise é necessária realizar a punção da mesma com as agulhas e esse procedimento causa dor leve. Na maioria das sessões de hemodiálise o paciente não sentirá nada, mas, algumas vezes, pode ocorrer uma queda da pressão arterial, câimbras ou dor de cabeça. Por estes motivos, a sessão de hemodiálise é sempre realizada na presença de um médico e uma equipe de enfermagem. Geralmente esses sintomas acontecem quando o paciente tem muito líquido para remover do seu corpo naquela sessão de hemodiálise. Dessa forma, é importante seguir as recomendações da equipe médica para evitar o ganho excessivo de peso entre os dias das sessões de hemodiálise, e assim, ter uma sessão confortável.

Quais são as vantagens de se fazer hemodiálise para tratar a doença renal avançada?

Ao iniciar o tratamento o paciente perceberá uma melhora significativa nos sintomas que apresentava, como: falta de apetite, indisposição, cansaço, náuseas, dentre outros. Adicionalmente, serão reduzidas as restrições dietéticas que o paciente fazia antes de começar a fazer hemodiálise e o paciente perceberá, em geral, uma melhora na sua qualidade de vida.

Quem faz hemodiálise pode comer e beber à vontade?

A hemodiálise substitui a função dos rins de quem tem doença renal crônica avançada, porém a hemodiálise não substitui as funções renais por completo, pois os rins não são apenas meros filtros de sangue. Eles exercem várias outras funções no organismo, como: controle de água corporal, controle no nível de sais minerais, controle dos ácidos (pH) no organismo, controle da pressão arterial, síntese de hormônios que estimulam a produção do sangue e controle da saúde dos ossos através da produção de vitamina D. Então, seguir as recomendações de alimentação que a equipe elaborou é fundamental para o sucesso do tratamento. A quantidade de líquidos ou de alimentos que pode ser ingerida varia de pessoa para pessoa e depende do estado nutricional do paciente, da quantidade de urina que o paciente ainda produz e de outros fatores, como a presença de doenças associadas (exemplo, o diabetes). As clínicas de diálise têm nutricionistas, enfermeiros e médicos para consultas e para tirar dúvidas.

O paciente que faz hemodiálise pode trabalhar?

Vários pacientes em hemodiálise trabalham, mas isso depende das condições clínicas de cada um e do horário das sessões. O governo, através de lei Federal, auxilia financeiramente pacientes portadores de doença renal crônica em diálise. As clínicas de diálise dispõem de assistentes sociais que podem orientar os pacientes para conseguir esse benefício.

O paciente que faz hemodiálise pode viajar?

Pode, sim. As clínicas de diálise não só no Brasil, mas também em outros países, compartilham um sistema chamado hemodiálise em trânsito. Ou seja, se o paciente deseja viajar, a clínica do paciente entra em contato com as clínicas do local de destino, as informações são passadas e durante a estadia naquela cidade o paciente continua seu tratamento. Uma vez formalizado o processo entre as duas clínicas, o paciente poderá viajar; é recomendável que o paciente ou seu familiar, antes da viagem, entre em contato com a clínica que vai lhe receber, para informar exatamente quando chegará, quais medicações precisará levar com ele, entre outras coisas.

O QUE é hemodiálise?. Sociedade Brasileira de Nefrologia.

Disponível em: <https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/hemodialise/>. Acesso em: 21 jan. 2022.

Resumindo

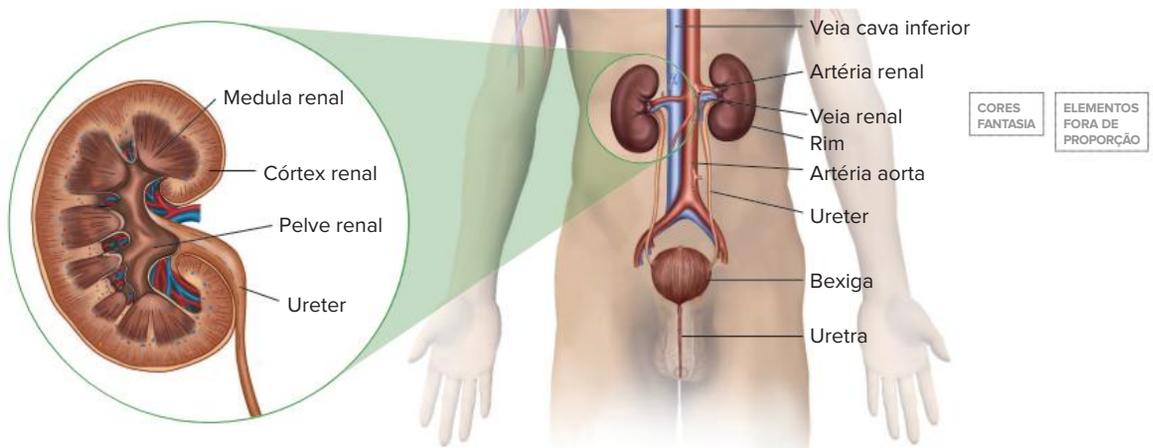
- Função da excreção: eliminar resíduos metabólicos (como excretas nitrogenadas e CO₂) e substâncias em excesso (como água, sais minerais e íons H⁺), controlar as concentrações de solutos e equilibrar o ganho e a perda de água.

Resíduos nitrogenados

- Originados pela decomposição de substâncias orgânicas que possuem átomos de nitrogênio em sua estrutura, como aminoácidos e bases nitrogenadas, resultando na formação de amônia (NH₃), substância altamente tóxica.
- Classificação dos animais quanto ao tipo de excreta nitrogenada:
 - **Amoniotélicos**: excretam amônia.
 - **Ureotélicos**: excretam principalmente ureia.
 - **Uricotélicos**: excretam principalmente ácido úrico.
- Comparação e exemplos:

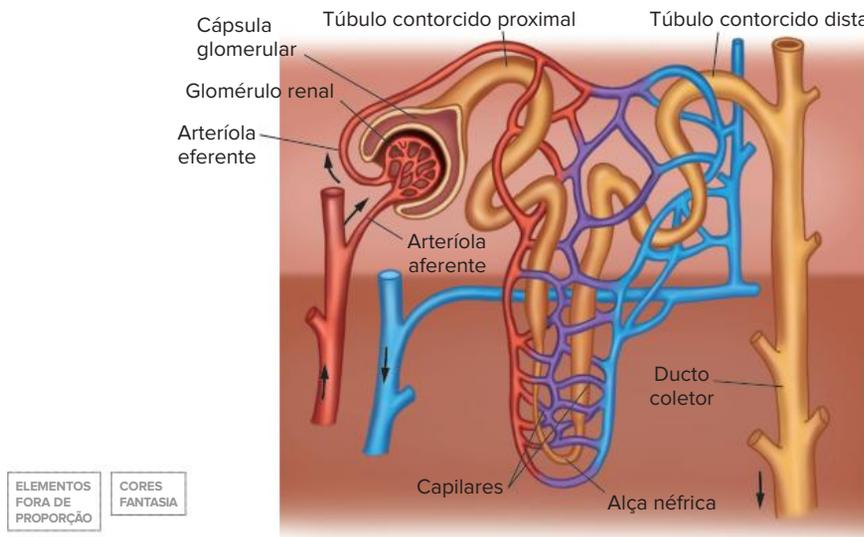
	Amônia	Ureia	Ácido úrico
Toxicidade	Alta	Intermediária	Baixa
Gasto de água	Alto	Intermediário	Baixo
Custo energético	Baixo	Intermediário	Alto
Exemplos	Poríferos, cnidários, equinodermos, larvas de anfíbios e peixes ósseos.	Peixes cartilaginosos, anfíbios adultos e mamíferos.	Insetos e maioria dos répteis (incluindo as aves).

Sistema urinário humano – morfologia



Representação das estruturas que compõem o sistema urinário humano e dos vasos sanguíneos que irrigam os rins.

- Cada rim possui aproximadamente 1 milhão de unidades funcionais, denominadas **néfrons**, nos quais ocorre a produção de urina.



Representação do néfron.

Sistema urinário humano – formação da urina

Três **processos** estão diretamente envolvidos na formação da urina:

- **filtração glomerular:** componentes presentes no sangue passam para o interior da cápsula glomerular, resultando no filtrado glomerular, que contém água, sais, ureia, glicose, aminoácidos, certas vitaminas hidrossolúveis e outras moléculas pequenas.
- **reabsorção tubular:** a maior parte dos componentes presentes no filtrado é reabsorvida de volta ao sangue durante o trajeto pelo néfron.
- **secreção tubular:** amônia, ácido úrico, H^+ , K^+ , drogas, toxinas e outros componentes presentes no sangue que circula dentro dos capilares são secretados para o interior dos túbulos proximal e distal do néfron.

O **volume urinário** diário pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Volume urinário} = (\text{filtração glomerular} - \text{reabsorção tubular}) + \text{secreção tubular} = \pm 1,5 \text{ L por dia}$$

O **controle hormonal** do volume de urina envolve hormônios, como:

- **vasopressina ou hormônio antidiurético (ADH):** age sobre os túbulos distais e, principalmente, os ductos coletores – aumenta a reabsorção de água – reduz o volume urinário – aumenta a concentração da urina.
 - A produção de ADH é inibida pelo consumo excessivo de água e pela ingestão de álcool, resultando em aumento da eliminação de água pela urina.
 - Em situações nas quais o organismo está sob risco de desidratação, espera-se que a liberação de ADH seja aumentada a fim de maximizar a reabsorção de água nos rins, preservando água no corpo.

- O diabetes insipidus é uma condição na qual a produção, a liberação ou a ação do ADH é reduzida, resultando em aumento do volume urinário e sede intensa.
- **aldosterona:** age nos néfrons, aumentando a reabsorção de Na^+ . Provoca elevação da pressão arterial.

Osmorregulação

- Corresponde ao controle da quantidade de água e da concentração de solutos nos fluidos corporais. Os mecanismos osmorreguladores variam de acordo com os grupos de seres vivos. Alguns exemplos:
- **Protozoários de água doce**
 - Possuem vacúolo contrátil (ou pulsátil) como estrutura osmorreguladora, que atua na eliminação do excesso de água recebido do meio por osmose.
- **Animais de água doce**
 - Tendem a ganhar água por osmose e a perder sais por difusão.

- Produzem urina volumosa e diluída, eliminando e excesso de água, mas aumentando a perda de sais.
- A reposição de sais é feita por absorção ativa pelas brânquias.

• Animais marinhos

- Tendem a perder água para o meio por osmose, ficando expostos ao risco de desidratação.
- A perda de água é compensada pela ingestão de água do mar com alta concentração de sais.
- O excesso de sais é excretado pela urina concentrada e pela eliminação ativa através das brânquias.
- Peixes cartilagenosos, principalmente por conta da manutenção da alta concentração de ureia em seus fluidos corporais (uremia fisiológica), são praticamente isotônicos em relação à água do mar.
- Répteis marinhos, como tartarugas e certas aves, eliminam o excesso de sais por meio das glândulas de sal.

Quer saber mais?



Site

<https://pebmed.com.br/primeiro-transplante-de-rim-de-porco-geneticamente-alterado-para-humano-e-testado-com-sucesso-nos-estados-unidos/>
(Acesso em: 21 jan. 2022)

Conheça o caso de transplante de rim de porco geneticamente alterado para humano.

Exercícios complementares

- Unifesp 2015** Ao longo da evolução dos metazoários, verifica-se desde a ausência de um sistema excretor específico até a presença de sistemas excretores complexos, caso dos rins dos mamíferos. As substâncias nitrogenadas excretadas variam segundo o ambiente em que os animais vivem: vários grupos excretam a amônia, que é altamente tóxica para o organismo, enquanto outros eliminam excretas menos tóxicas, como a ureia e o ácido úrico.
 - Correlacione cada tipo de excreta predominante (amônia, ureia ou ácido úrico) com um exemplo de vertebrado que excrete tal substância e o ambiente em que ocorre, se terrestre ou aquático.
 - Cite um grupo animal que não apresenta um sistema excretor específico e explique como se dá a excreção de produtos nitrogenados nessa situação.
- Fuvest-SP 2014** Em mamíferos saudáveis, a concentração de excreta nitrogenada difere na urina de herbívoros comedores de grama e de carnívoros estritos.
 - Que excreta nitrogenada está presente na urina dos animais de cada um desses grupos?
 - Em qual desses grupos de animais a concentração de excreta nitrogenada é maior? Justifique sua resposta.
- Unicamp-SP** Na tabela a seguir são apresentados os resultados das análises realizadas para identificar as substâncias excretadas por girinos, sapos e pombos.

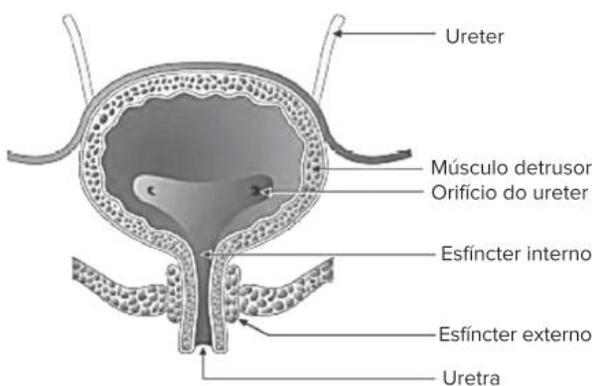
Amostras	Substâncias Excretadas	Quantidade de água	Amônia	Ureia	Ácido úrico
1		grande	+	-	-
2		pequena	-	-	+
3		grande	-	+	-

- Identifique, na tabela, qual amostra corresponde às substâncias excretadas por pombos. Explique a vantagem desse tipo de excreção para as aves.
 - Identifique, na tabela, qual amostra corresponde às substâncias excretadas por girinos e qual corresponde às dos sapos. Explique a relação entre o tipo de substância excretada por esses animais e o ambiente em que vivem.
- Fuvest-SP 2020** O catabolismo de proteínas e ácidos nucleicos gera grupos aminos que, quando acumulados no organismo, são tóxicos e precisam ser excretados na forma de ácido úrico, amônia ou ureia.
 - Ordene ácido úrico, amônia e ureia do mais para o menos tóxico, considerando os animais em geral.
 - Dentre os três compostos, qual é o mais abundante na excreção de um peixe ósseo de água doce e qual é o mais abundante na urina do ser humano?
 - Há uma relação entre a osmolaridade sanguínea (i), a secreção do hormônio antidiurético (ADH) (ii), o volume reabsorvido de água (iii) e o volume de urina (iv). O que ocorre com os itens (i) a (iv)

quando uma pessoa bebe água excessivamente? Responda diretamente na tabela abaixo se cada item “aumenta” (↑), “diminui” (↓), ou “permanece inalterado” (=).

Item	↑, ↓, =
(i) osmolaridade sanguínea	
(ii) secreção do hormônio antidiurético (ADH)	
(iii) volume reabsorvido de água	
(iv) volume de urina	

- 5. FMP-RJ 2019 (Adapt.)** A camada muscular da bexiga é denominada músculo detrusor. Suas fibras musculares estendem-se em todas as direções e, quando contraídas, podem aumentar a pressão nesse órgão, sendo, por conseguinte, uma etapa importante para o esvaziamento da bexiga. Saindo da bexiga, a uretra atravessa uma camada de músculo denominado esfíncter externo da bexiga. Esse músculo está sob o controle voluntário do sistema nervoso, e pode ser utilizado conscientemente para impedir a micção, mesmo quando controles involuntários procuram esvaziar a bexiga.

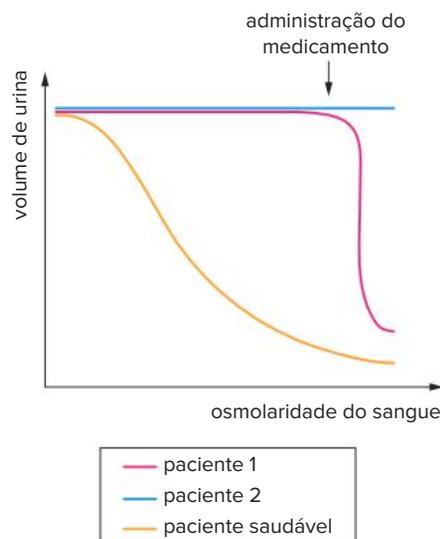


- a) Os rins participam do controle hídrico ao eliminar uma urina diluída ou uma urina concentrada. Explique qual é o efeito do hormônio ADH, também chamado de vasopressina, sobre a permeabilidade à água nos epitélios do ducto coletor e do túbulo distal do néfron e sobre o volume de urina excretado.
- b) A ureia é o principal produto nitrogenado excretado pelo ser humano. Cite a principal excreta nitrogenada eliminada pelos animais ovíparos terrestres e compare a sua toxicidade em relação à ureia.
- 6. UEPG-PR 2017** O sistema urinário humano é constituído por dois rins, além das vias uriníferas. A respeito da fisiologia e características deste sistema, assinale o que for correto.
- 01** O álcool estimula a secreção dos hormônios aldosterona e ADH (antidiurético), aumentando assim a eliminação de urina e reabsorção de água pelos ductos coletores.
- 02** Nos túbulos néfricos, acontece o processo de reabsorção de algumas substâncias, tais como glicose, aminoácidos e sais, além de grande parte da água.

- 04** Havendo necessidade de reter água no corpo, a urina fica mais concentrada em função da maior reabsorção de água. Quando há água em excesso no corpo, a urina fica menos concentrada em função da menor reabsorção de água.
- 08** Quando a concentração do plasma é baixa, a produção do hormônio ADH (antidiurético) é inibida e, conseqüentemente, ocorre menor reabsorção de água nos ductos coletores, possibilitando a eliminação do excesso de água. Assim, a urina fica mais diluída.
- 16** O sangue chega ao glomérulo sob alta pressão, propiciando a passagem de elementos do plasma para a cápsula renal, processo denominado de filtração. O filtrado glomerular contém principalmente água, ureia, sais, aminoácidos, glicose, além de outras substâncias.

Soma:

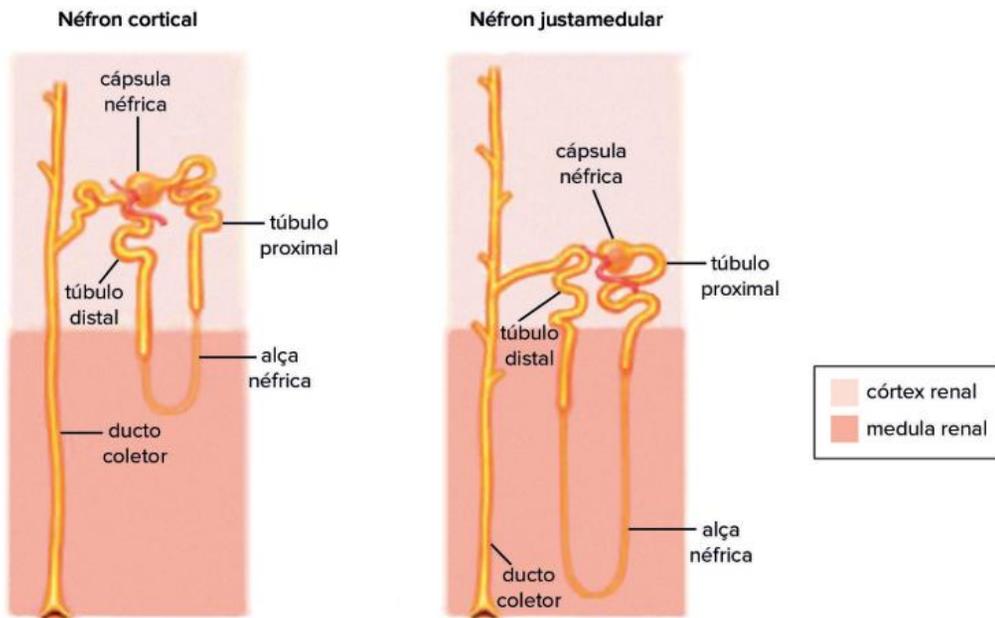
- 7. Uerj 2017** O diabetes insipidus (DI), que provoca sede excessiva, aumento da diurese e diluição da urina, pode se apresentar de duas formas:
- DI central, causado pela deficiência no eixo hipotálamo-neuroipófise;
 - DI nefrogênico, decorrente de problemas nos néfrons.
- Para a realização de um exame, três indivíduos, um saudável e dois pacientes com DI, foram submetidos à privação de água por algumas horas. Em certo momento, com a osmolaridade do sangue elevada, os pacientes com DI receberam injeção de um medicamento análogo ao hormônio antidiurético (ADH). Analisou-se o volume de urina em função do aumento da osmolaridade do sangue nos indivíduos, antes e depois da adição do medicamento. Observe os resultados no gráfico:



Adaptado de slideshare.net.

Explique a redução do volume de urina em função da osmolaridade sanguínea no indivíduo saudável. Em seguida, identifique o paciente que apresenta DI central, justificando sua resposta.

8. **Uerj 2016** Observe nas ilustrações dois tipos de néfrons: o néfron cortical, com alça néfrica ou alça de Henle, curta; o néfron justamedular, com alça néfrica longa.



Adaptado de studyblue.com.

Suponha três vertebrados adultos hipotéticos, X, Y e Z, caracterizados pelos seguintes tipos de néfrons: X, apenas néfrons corticais; Y, apenas néfrons justamedulares; Z, apenas néfrons de outro tipo, sem alça néfrica.

Com base apenas nessa característica, aponte o vertebrado mais adaptado para a vida em um ambiente terrestre com pouca água. Justifique sua resposta a partir da função desempenhada pela alça néfrica.

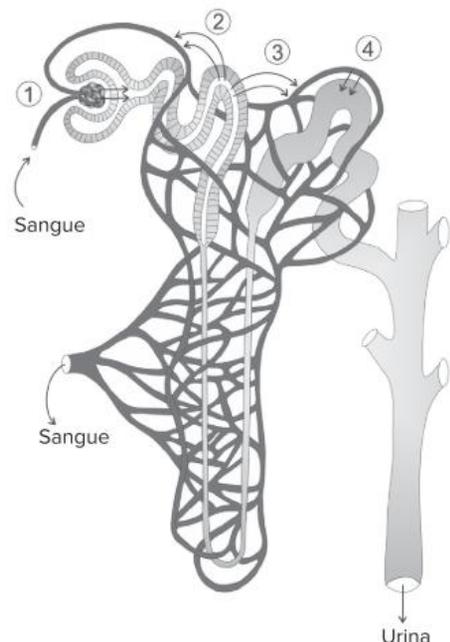
Considerando os três principais tipos de excretas nitrogenados, nomeie aquele mais adequado a ambientes muito secos. Cite, ainda, uma das propriedades desse excreta que justifique sua escolha.

9. **UEM-PR 2015** Sobre a estrutura e o funcionamento do sistema excretor humano, é **correto** afirmar que
- 01 a unidade funcional do rim é o néfron, que se apresenta envolvido por uma extensa rede de capilares sanguíneos.
 - 02 em condições normais, a urina é composta por água, amônia, glicose e sais.
 - 04 na medida em que o filtrado glomerular percorre o túbulo proximal, ocorre a reabsorção de algumas substâncias, como glicose, aminoácidos e vitaminas, que voltam para a corrente sanguínea.
 - 08 elimina excretas nitrogenadas e mantém o equilíbrio hidrossalino do organismo.
 - 16 uma pessoa, com dieta balanceada, passará a excretar maior quantidade de ureia se aumentar em sua dieta a quantidade de proteínas.

Soma:

10. **Fuvest-SP 2013** Logo após a realização de provas esportivas, parte da rotina dos atletas inclui a ingestão de água e de bebidas isotônicas; também é feita a coleta de urina para exames *antidoping*, em que são detectados medicamentos e drogas, eventualmente ingeridos, que o corpo descarta. As bebidas isotônicas contêm água, glicose e sais minerais, apresentando concentração iônica semelhante à encontrada no sangue humano.

No esquema ao lado, os números de 1 a 4 indicam processos, que ocorrem em um néfron do rim humano.



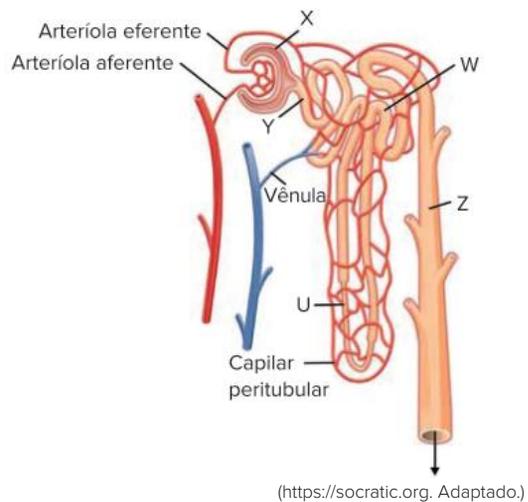
- ① Filtração
- ② Reabsorção ativa
- ③ Reabsorção passiva
- ④ Secreção tubular de íons H^+ e K^+

- a) Qual(is) número(s) indica(m) processo(s) pelo(s) qual(is) passa a água?
- b) Qual(is) número(s) indica(m) processo(s) pelo(s) qual(is) passam as substâncias dissolvidas, detectáveis no exame *antidoping*?
- c) Após uma corrida, um atleta, em boas condições de saúde, eliminou muito suor e muita urina e, depois, ingeriu bebida isotônica. Entre os componentes da bebida isotônica, qual(is) **não** será(ão) utilizado(s) para repor perdas de substâncias eliminadas pela urina e pelo suor? Justifique sua resposta.

11. Famerp-SP Na figura, as letras U, W, X, Y e Z indicam algumas das principais regiões que integram o néfron humano.

Considerando a fisiologia do néfron de uma pessoa saudável, na região

- a) Z ocorre a reabsorção de grande quantidade de água para o sangue, facilitada pela ação de um hormônio produzido no hipotálamo.
- b) Y existem as mesmas substâncias que são encontradas no plasma sanguíneo, como proteínas, glicose, água e sais.
- c) X ocorre a filtração glomerular, que depende da diferença de pressão osmótica entre as artérias e a cápsula.
- d) U ocorre a reabsorção de sais minerais, glicose, aminoácidos, ureia e água por transporte ativo.
- e) W existem substâncias como os íons e os elementos figurados do sangue, que são reabsorvidos por osmose.



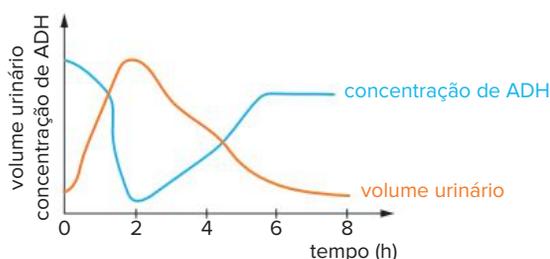
12. Fuvest-SP Os néfrons são as unidades funcionais dos rins, responsáveis pela filtração do sangue e pela formação da urina.

- a) Complete a tabela a seguir, comparando as concentrações de aminoácidos, glicose e ureia, no sangue que chega ao néfron, com as concentrações dessas substâncias na urina e no sangue que deixa o néfron, em uma pessoa saudável. Marque com "X" os espaços da Tabela correspondentes às alternativas corretas.

Substância	Concentração no sangue que chega ao néfron relativa à concentração na urina			Concentração no sangue que chega ao néfron relativa à concentração no sangue que deixa o néfron		
	Maior	Menor	Equivalente	Maior	Menor	Equivalente
Aminoácidos						
Glicose						
Ureia						

- b) Cerca de 30% da água presente no sangue que chega ao néfron passa para a cápsula renal, onde se inicia a filtração. Entretanto, a quantidade de água no sangue que sai do néfron é praticamente igual à quantidade de água do sangue que chega a ele. Explique como ocorre a recomposição da quantidade de água no sangue.

13. UAM-SP 2017 O gráfico ilustra o comportamento do mecanismo hormonal humano para o controle do volume urinário, ao longo de oito horas de um experimento laboratorial.



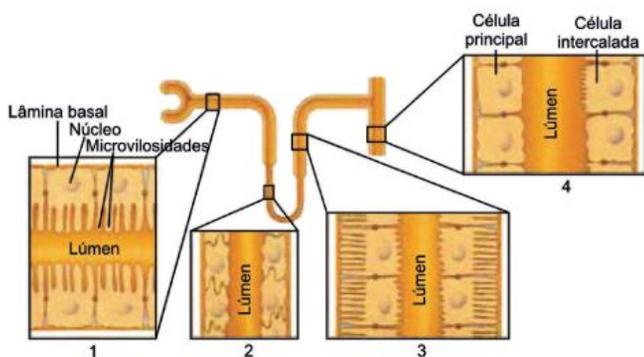
(<http://nocaminhodaenfermagem.blogspot.com.br>. Adaptado)

Considerando a ação fisiológica do hormônio estudado nas estruturas renais e as informações fornecidas pelo gráfico, é correto afirmar que:

- a) em oito horas de experimento, ocorre a diminuição da permeabilidade dos capilares do glomérulo e da cápsula néfrica.

- b) em duas horas de experimento, ocorre o aumento da permeabilidade dos tubos proximais, da alça néfrica e dos tubos coletores.
- c) em duas horas de experimento, ocorre a diminuição da permeabilidade dos capilares do glomérulo e dos tubos proximais.
- d) em duas horas de experimento, ocorre a diminuição da permeabilidade da alça néfrica, dos tubos distais e dos tubos coletores.
- e) nos minutos iniciais do experimento, ocorre o aumento da permeabilidade dos capilares do glomérulo e da cápsula néfrica.

14. FICSAE-SP 2019 A figura ilustra células, com diferentes morfologias, localizadas em certas regiões de um néfron e no ducto coletor existente no rim humano. Essas regiões estão indicadas de 1 a 4 na figura.



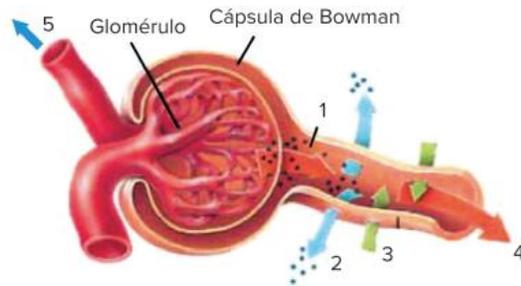
(Christopher D. Moyes et al. *Princípios de fisiologia animal*, 2010. Adaptado)

- a) Indique a região que realiza a maior parte da reabsorção dos solutos e da água contidos no filtrado glomerular. Justifique a sua indicação, baseando-se na morfologia das células.
- b) O hormônio antidiurético (ADH) e o paratormônio atuam nos rins. Qual o principal efeito fisiológico de cada um desses hormônios nos rins?

15. FMJ-SP 2019 Na urina humana é possível encontrar ureia, creatinina, água, sais e íons, entre outras substâncias eliminadas pelos milhares de néfrons existentes no órgão urinário.

- a) Grande parte da amônia produzida pelo corpo humano é convertida em ureia, que é o principal resíduo nitrogenado excretado na urina. Qual órgão é responsável pela produção da ureia? Por que excretar amônia seria uma dificuldade adaptativa para o ser humano?
- b) Pessoas saudáveis produzem cerca de 180 L de filtrado glomerular no interior dos néfrons e somente 1,5 L de urina é formada. Qual é a explicação para essa diferença de volume? Cite um hormônio secretado pelas glândulas suprarrenais que controla a função renal.

16. FGV-SP 2019 A figura ilustra o início da formação da urina em um néfron humano. Os algarismos indicam os processos fisiológicos responsáveis pela diurese.

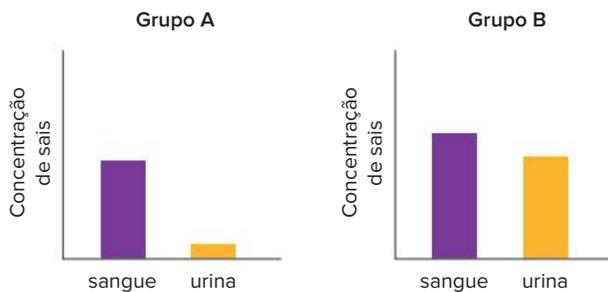


(www.biomedicinapadrao.com.br. Adaptado)

Com base na fisiologia renal, o processo indicado pelo algarismo

- a) 1 corresponde à filtração glomerular e depende da pressão hidrostática na arteríola aferente.
- b) 2 corresponde à secreção no tubo proximal e depende do transporte passivo de substâncias.
- c) 3 corresponde à reabsorção no tubo distal e depende do transporte ativo de substâncias.
- d) 4 corresponde ao fluxo do sangue livre de produtos nitrogenados filtrados nos processos 1, 2 e 3.
- e) 5 corresponde ao fluxo da urina formada após os processos 1, 2, 3 e 4.

17. Uerj 2019 A osmorregulação é um mecanismo de controle das taxas de água e de sais, visando à manutenção da homeostase. Em organismos unicelulares de água doce, a osmorregulação é realizada por uma organela específica; já em organismos vertebrados, essa função é desempenhada, principalmente, pelos rins. Nos peixes ósseos, por exemplo, esse órgão atua de forma diferente em ambientes marinhos e de água doce. Observe nos gráficos a concentração de sais, em mg/L no sangue e na urina de dois grupos de peixes ósseos, A e B, que vivem em ambientes distintos:



Adaptado de bioscience.org.

Indique a organela específica responsável pela osmorregulação em organismos unicelulares de água doce. A partir dos gráficos, identifique o grupo de peixes que vive no ambiente marinho, justificando sua resposta com base na concentração de sais presente na urina desses animais.

18. Unicid-SP 2017 As glândulas lacrimais de alguns animais marinhos, como a tartaruga, são adaptadas a esse ambiente e auxiliam no importante processo fisiológico osmorregulador. Em contrapartida, a presença de narinas indica que o sistema respiratório é adaptado ao ambiente terrestre.



(<http://ultimosegundo.ig.com.br>)

- a) O que é osmorregulação? Cite o principal órgão responsável por esse processo.
- b) Considerando o sistema respiratório das tartarugas marinhas, em que local ocorre a hematose nesse animal? Como é transportada a maior porção do gás oxigênio absorvido?

19. UFG-GO 2014 Leia a frase a seguir.

“A riqueza influencia-nos como a água do mar. Quanto mais se toma, maior é a sede”.

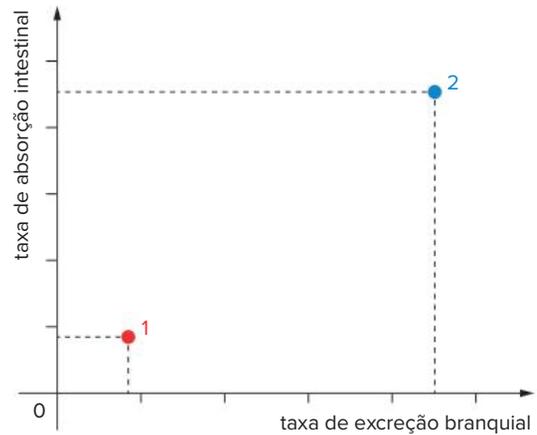
SCHOPENHAUER, Arthur. Disponível em: <www.citador.pt/textos/controlar-o-desejo-de-posses-arthur-schopenhauer>. Acesso em: 13 maio 2014.

Considerando a análise fisiológica, explique por que em:

- a) humanos a relação proporcional, explicitada no texto, está correta.
- b) *Chondrichthyes* marinhos essa relação não é válida.

20. Uerj 2006 Foram utilizados, em um experimento, dois salmões, X e Y, de mesmo sexo, peso e idade. O salmão X foi aclimatado em um aquário contendo água do mar, e o salmão Y, em um aquário similar com água doce. As demais condições ambientais nos dois aquários foram mantidas iguais e constantes.

Observe, no gráfico a seguir, os resultados das medidas, nesses peixes, de dois parâmetros em relação ao íon Na^+ : taxa de absorção intestinal e taxa de excreção pelo tecido branquial.



Considerando o exposto, explique:

- a) as diferenças encontradas entre os peixes nos valores dos parâmetros medidos e identifique o tipo de aclimação que corresponde aos pontos 1 e 2 do gráfico;
- b) a atuação do rim no processo de controle hídrico de salmões adaptados em água do mar e em água doce.

21. Famema-SP 2021 Paramécios de água doce frequentemente recebem água do meio por osmose e poderiam sofrer lise e morrer se não fossem as organelas osmorreguladoras. Estas removem a água excedente de dentro da célula e a expulsam para o meio ambiente. O funcionamento destas organelas envolve a participação de bombas de prótons, que lançam esses íons para o interior dessas estruturas osmorreguladoras.

- a) Cite a organela osmorreguladora presente nos paramécios. Qual a tonicidade do hialoplasma dos paramécios, em relação à tonicidade da água do meio ambiente, que os fazem deixar a organela ativa?
- b) Em que local da organela osmorreguladora estão localizadas as bombas de prótons? Explique sucintamente como atuam essas bombas de prótons.

BNCC em foco

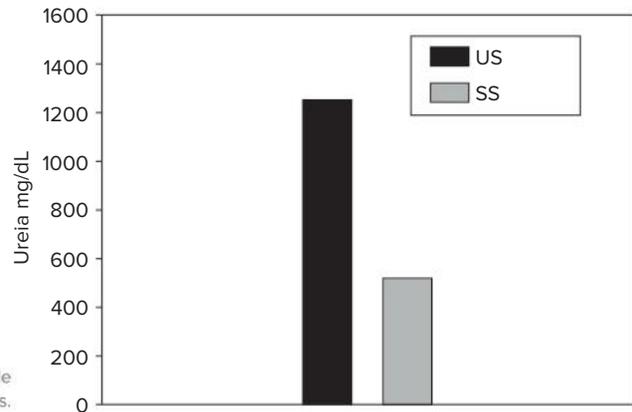
EM13CNT302

1. É comum praticantes de musculação aliarem exercícios realizados nas academias a suplementação alimentar, a exemplo da suplementação proteica, a fim de que o desenvolvimento muscular seja acelerado. Contudo, estratégias inadequadas de nutrição podem comprometer a saúde e, inclusive, o desempenho. Um estudo realizado por Liliana M. Baumgartner, Isabel Fernandes e Cássia R. B. Nascimento (2020) avaliou a concentração urinária de ureia em homens praticantes de musculação e que fazem uso de suplementos proteicos. Os participantes foram submetidos ao exame de urina em dois momentos, com intervalo de uma semana entre eles. O primeiro teste (US) foi coletado

na situação usual de atividade física e ingestão de suplemento proteico; o segundo teste (SS) foi coletado após os participantes ficarem uma semana sem ingerir o suplemento proteico, realizando a atividade física de costume (com a mesma frequência e intervalos de exercícios do primeiro teste). O resultado dos testes é mostrado no gráfico ao lado.

Aponte em qual situação (com ou sem o uso de suplemento proteico) a concentração urinária de ureia foi maior. Justifique seu apontamento.

Alteração da concentração de ureia na urina de praticantes de musculação, com e sem ingestão de suplementos proteicos.



EM13CNT205

2. **UFPR 2017** Em mamíferos, o controle osmorregulatório envolve diversos mecanismos neurais e endócrinos. Quando ocorre diminuição da ingestão de sódio, há redução do volume sanguíneo, com conseqüente redução da pressão arterial. A redução da pressão arterial leva a um aumento da produção de angiotensina II, que, por sua vez, atuará em diversos órgãos, conforme quadro abaixo:



Com base no exposto, assinale a alternativa que apresenta o efeito da angiotensina II nas adrenais, na hipófise e nas arteríolas.

	Secreção de aldosterona pelas adrenais	Secreção de vasopressina (ADH) pela hipófise	Diâmetro das arteríolas
a)	aumento	aumento	vasodilatação
b)	diminuição	diminuição	vasodilatação
c)	diminuição	aumento	vasodilatação
d)	diminuição	diminuição	vasoconstrição
e)	aumento	aumento	vasoconstrição

EM13CNT303

3. O camundongo da espécie *Pseudomys hermannsburgensis* é encontrado no deserto australiano e consegue sobreviver sem ingerir água, alimentando-se de sementes. Para analisar as adaptações desta espécie ao ambiente seco, um experimento laboratorial foi realizado. Camundongos foram alimentados com dieta padronizada: sementes contendo 10% de seu peso composto de água. Em seguida, os animais foram submetidos a duas situações. Na **situação A**, tiveram acesso ilimitado à água. Na **situação B**, foram expostos a condições semelhantes às de seu hábitat, ficando 35 dias sem consumo direto de água. Ao término de cada situação, os pesquisadores mediram a osmolaridade do sangue e da urina, bem como as concentrações sanguínea e urinária de ureia de cada camundongo. Os dados obtidos estão apresentados na tabela a seguir.

Acesso à água	Osmolaridade média (mOsm/L)		Concentração média de ureia (mM)	
	Urina	Sangue	Urina	Sangue
Ilimitado (situação A)	490	350	330	7,6
Nenhum (situação B)	4700	320	2700	11

Fonte: MACMILLEN, R. E. et al. Water economy and energy metabolism of the sandy inland mouse, *Leggadinna hermannsburgensis*. *Journal of Mammalogy*, [s. l.], v. 53, n. 3, p. 529-539, 27 set. 1972.

A partir da interpretação desses dados, apresente uma possível justificativa para:

- a) a grande variação na osmolaridade e na concentração média de ureia na urina entre as situações A e B.
- b) a menor variação da osmolaridade do sangue em relação à osmolaridade da urina entre as situações analisadas.



Mat.Lpphotography/Shutterstock.com

Representação de uma rede formada por neurônios, as principais células do sistema nervoso.

FRENTE 3

CAPÍTULO

10

Sistemas de controle I

Uma enfermidade degenerativa do sistema nervoso conhecida como doença de Parkinson está ligada à falta de uma substância no cérebro, afetando a comunicação entre os neurônios. A substância em questão é a dopamina, um exemplo de neurotransmissor – outros exemplos são a noradrenalina, a serotonina e a acetilcolina. Transtornos como depressão e ansiedade muitas vezes estão ligados à disponibilidade dessas substâncias, essenciais ao funcionamento do sistema nervoso. É comum o tratamento desses transtornos envolver o uso de medicamentos que atuam justamente sobre neurotransmissores nas sinapses nervosas.

Sistema nervoso

Todas as atividades básicas realizadas pelo organismo – nutrição, excreção, circulação e digestão – visam à manutenção da homeostase e devem ocorrer de forma coordenada e integrada. Os sistemas responsáveis pelo controle dessas atividades são o **sistema nervoso** e o **sistema endócrino**, que exercem, inclusive, controle recíproco um sobre o outro. Neste capítulo, trataremos de detalhes a respeito do funcionamento do sistema nervoso. A análise específica do sistema endócrino será feita mais adiante nesta coleção.

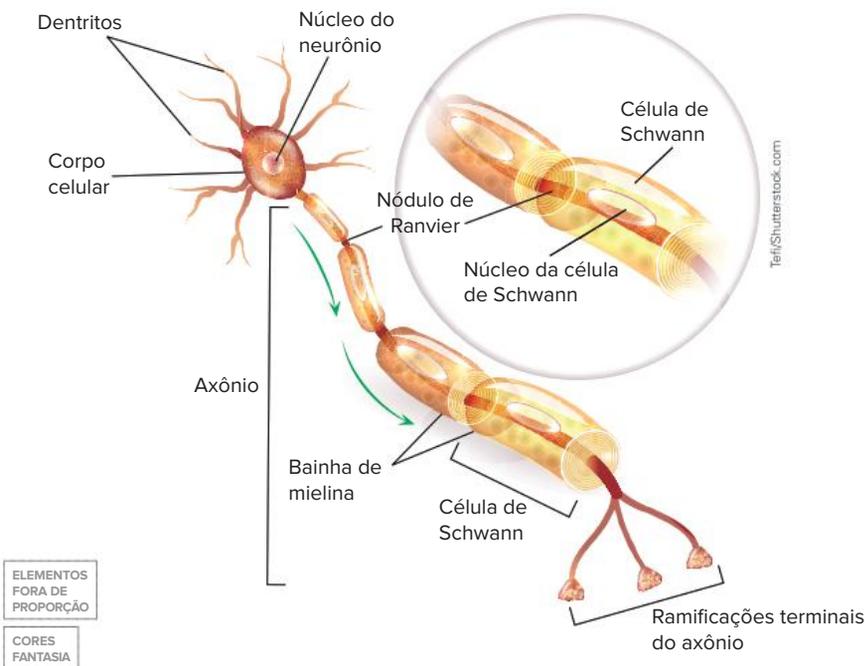
O sistema nervoso recebe informações dos meios externo e interno, as interpreta e emite as respostas adequadas de acordo com os estímulos recebidos. A compreensão do funcionamento do sistema nervoso depende do entendimento das células que constituem o tecido nervoso – neurônios e gliócitos.

Neurônios

Os neurônios são células capazes de receber e transmitir informações, por vezes em longas distâncias no organismo, sob a forma de sinais elétricos denominados **impulsos nervosos**. A transferência de informações de uma célula para outra depende, muitas vezes, de sinais químicos, e ocorre sob a atuação de substâncias denominadas **neurotransmissores**.

A estrutura celular diferenciada dos neurônios auxilia no desempenho de suas funções. O núcleo e a maior parte das organelas estão localizados em uma região denominada **corpo celular**. Associados ao corpo celular, dois tipos de prolongamentos podem ser observados, os dendritos e um axônio. Os **dendritos** são extensões intensamente ramificadas que recebem informações de outros neurônios, enquanto o **axônio** é o prolongamento que conduz os impulsos nervosos em direção a outras células e cuja extremidade possui ramificações terminais que constituem o telodendro. Essa descrição nos permite apontar que a condução dos impulsos nervosos em um neurônio acontece no sentido **dendrito → corpo celular → axônio**.

Existem neurônios cujo axônio encontra-se envolvido por gliócitos (células da glia), a exemplo das **células de Schwann**. Essas células produzem o **estrato miélinico**, ou **bainha de mielina**, constituído principalmente por lipídios, que atua como um isolante elétrico. Entre as células de Schwann, existem pequenos espaços chamados **nódulos de Ranvier**. Em neurônios mielinizados, ou seja, dotados de bainha de mielina, a condução do impulso nervoso é mais rápida, enquanto nos neurônios amielinizados, a condução é mais lenta.

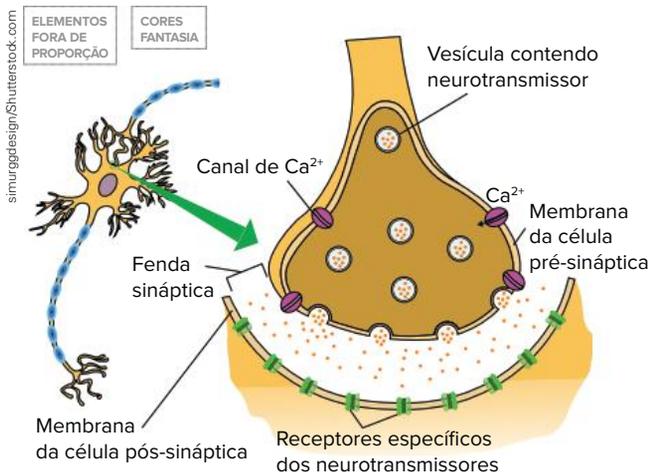


Representação de um neurônio típico dotado de bainha de mielina. As setas indicam o sentido da transmissão do impulso nervoso pelo neurônio.

Sinapse nervosa

Quando um impulso nervoso chega às terminações axônicas, ocorre a entrada de íons cálcio (Ca^{2+}) na célula. O aumento da concentração de Ca^{2+} faz com que vesículas contendo **neurotransmissores** fundam-se à membrana plasmática do neurônio, resultando na liberação desses neurotransmissores na **fenda sináptica** (estreita região localizada entre o neurônio e outra célula). O neurônio que libera os neurotransmissores na fenda sináptica é denominado célula pré-sináptica.

Após serem lançados na fenda sináptica, os neurotransmissores difundem-se em direção à célula seguinte, chamada pós-sináptica, e se ligam a um receptor localizado na membrana plasmática, resultando em ativação dessa célula. Por envolver a participação de neurotransmissores, a sinapse nervosa que descrevemos é chamada de sinapse química.



Representação de uma sinapse nervosa, mostrando a liberação de neurotransmissores na fenda sináptica.

Há uma variedade de substâncias que atuam como neurotransmissores. Acetilcolina, por exemplo, é importante para o estímulo da contração dos músculos, para a memória e o aprendizado. Adrenalina (epinefrina), noradrenalina (norepinefrina), serotonina, dopamina, endorfinas e GABA (ácido gama-aminobutírico) também são exemplos de compostos que atuam na neurotransmissão. Serotonina e dopamina são neurotransmissores ligados ao sono, ao humor e à atenção; as endorfinas atuam como analgésicos naturais; o GABA é um inibidor do sistema nervoso – o álcool presente em bebidas alcoólicas, inicialmente, potencializa o efeito do GABA, aumentando o efeito inibitório no cérebro e resultando em sensação de relaxamento. Detalhes sobre o efeito da adrenalina e noradrenalina serão apresentados mais adiante neste capítulo.

Geração e condução do impulso nervoso

A geração e a condução dos impulsos nervosos ao longo dos neurônios envolvem alterações na permeabilidade da membrana plasmática da célula a certos íons, especialmente sódio (Na^+) e potássio (K^+).

Assim como em qualquer célula, os íons estão distribuídos de maneira desigual entre o meio intracelular e o meio extracelular. Em um neurônio que não está

conduzindo qualquer impulso, ou seja, um **neurônio em repouso**, a concentração de Na^+ é maior fora da célula, enquanto a concentração de K^+ é maior no interior da célula. A diferença de concentração de Na^+ e K^+ entre os meios intra e extracelular resulta no movimento desses íons pelos canais iônicos (há canais específicos para cada íon). O neurônio em repouso tem muitos canais de potássio abertos, enquanto os canais de sódio, em geral, permanecem fechados. Nesse contexto, há uma tendência de saída de potássio, resultando em um meio intracelular com carga negativa. Esses fenômenos geram uma ddp (diferença de potencial), chamada potencial de membrana, cuja manutenção envolve a ação da bomba de sódio e potássio, uma via de transporte ativo. No neurônio em repouso, a ddp é, em média, de -70 mV (milivolts), sendo denominada **potencial de repouso**.

As modificações na permeabilidade da membrana plasmática aos íons Na^+ e K^+ alteram o potencial de repouso. Estímulos levam à abertura dos canais de sódio, resultando em difusão maciça desses íons para o interior da célula; o resultado desse fenômeno é denominado **despolarização**, que se trata de uma inversão da polaridade da membrana, fazendo com que a ddp atinja cerca de $+35$ mV. Após a despolarização, o potencial de membrana é denominado **potencial de ação**, determinando a geração de um **impulso nervoso**.

Pouco tempo após a abertura, os canais de sódio são inativados, e a entrada de Na^+ na célula cessa. Em contrapartida, a maioria dos canais de potássio abre, resultando em rápida saída de K^+ e iniciando a **repolarização** da região despolarizada. A saída de K^+ leva à **hiperpolarização** (ddp de até -90 mV), mas, com o fechamento dos canais de potássio e com a ação da bomba de sódio e potássio, o potencial de repouso é restabelecido e mantido até que outro estímulo desencadeie uma nova despolarização.

Quando um potencial de ação é gerado em uma determinada região da membrana, a entrada de Na^+ despolariza a região adjacente, resultando na geração de um potencial de ação nessa região. Esse processo ocorre em cadeia ao longo do comprimento da célula, resultando na condução do impulso nervoso em direção às terminações axônicas.

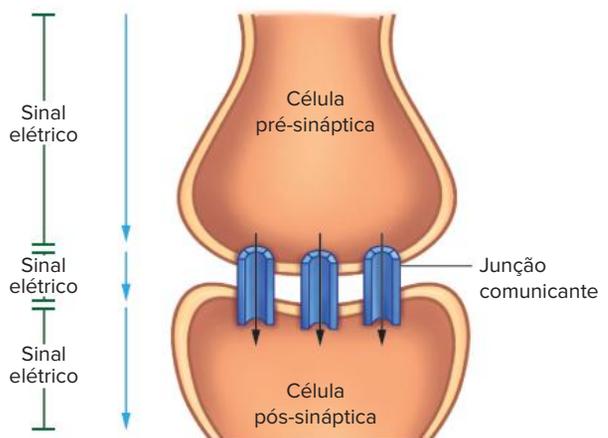
Saiba mais

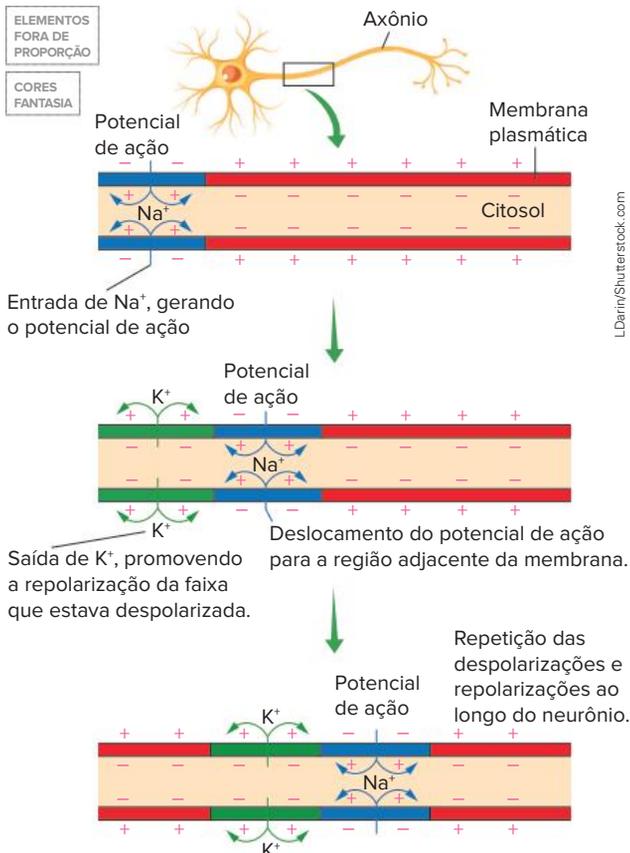
Sinapse elétrica

Neste tipo de sinapse, são encontradas junções *gap*, ou junções comunicantes, que permitem ao impulso nervoso passar diretamente de uma célula para outra, sem a intermediação de neurotransmissores. As junções *gap* são canais formados por proteínas de membrana que envolvem um poro pelo qual ocorre fluxo de substâncias entre as células vizinhas. Sinapses elétricas ocorrem, por exemplo, entre células do músculo cardíaco.

CORES FANTASIA
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

Representação esquemática de uma sinapse elétrica.





LDarin/Shutterstock.com

Representação esquemática da condução do impulso nervoso em um neurônio, enfatizando o fluxo dos íons na despolarização e na repolarização.

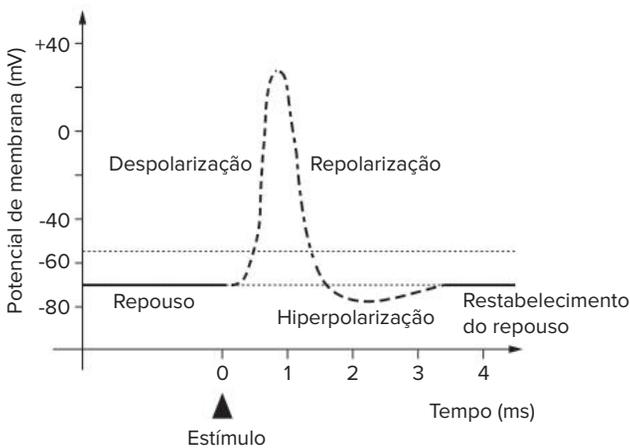


Gráfico da variação da diferença de potencial (ddp) na membrana de um neurônio durante o impulso nervoso.

Durante a repolarização e no início do restabelecimento do potencial de repouso, os canais de sódio permanecem inativos. Dessa forma, caso outro estímulo ocorra nesse intervalo de tempo, um novo impulso nervoso não é gerado. Esse intervalo no qual novos impulsos não podem ser gerados é denominado **período refratário**.

Para desencadear o potencial de ação na membrana de um neurônio, o estímulo deve ter uma intensidade mínima; a menor intensidade de um estímulo capaz de desencadear um impulso nervoso é chamada **estímulo limiar** ou **limiar de excitação**. Estímulos cuja intensidade não atingem o limiar, ou seja, que não resultam na geração do impulso nervoso, são denominados estímulos sublimiares.

A resposta ao estímulo nos neurônios obedece à **lei do tudo ou nada**, isto é, estímulos iguais ou maiores que o limiar de excitação desencadeiam potenciais de ação iguais, de mesma velocidade e cuja ddp na membrana da célula tem a mesma variação. Em outras palavras, os impulsos ocorrem completamente ou não ocorrem.

Atenção

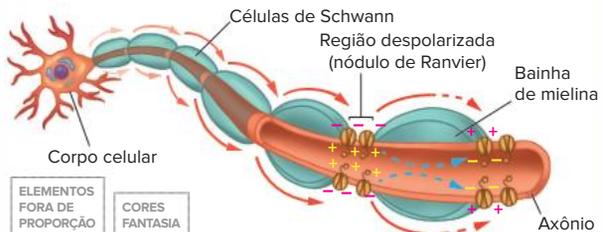
Como a intensidade das sensações varia se a geração dos impulsos nervosos obedece à lei do tudo ou nada? Uma dor, por exemplo, pode ser mais ou menos intensa, dependendo de quantos neurônios são excitados por um estímulo e da quantidade de impulsos nervosos gerados. Dessa forma, quanto mais neurônios são estimulados e quanto maior é a quantidade de estímulos gerados, mais intensa deve ser a sensação percebida pelo indivíduo.

Saiba mais

Tipos de condução do impulso nervoso

A condução do impulso nervoso nos neurônios pode ser de dois tipos: contínua ou saltatória. A **condução contínua** é aquela que ocorre em neurônios desprovidos de bainha de mielina (neurônios amielinizados). Nesse caso, os potenciais de ação devem percorrer toda a extensão da membrana do neurônio; por isso, a propagação do impulso na condução contínua é relativamente lenta, ocorrendo em velocidade de aproximadamente 2 m/s.

A **condução saltatória** ocorre em neurônios com bainha de mielina (neurônios mielinizados). Nesses neurônios, o contato da membrana com o meio extracelular ocorre apenas nos nódulos de Ranvier, região onde estão os canais de sódio; dessa forma, a despolarização ocorre em um nódulo de Ranvier e segue pelo interior do neurônio até o próximo nódulo (setas azuis do esquema a seguir), e assim por diante. Essa condução é denominada saltatória porque o potencial de ação "salta" entre os nódulos de Ranvier ao longo do neurônio; nessa condução, a velocidade de propagação do impulso nervoso é mais alta, podendo ultrapassar os 100 m/s.



Representação da condução saltatória do impulso nervoso em um neurônio mielinizado.

Tipos de neurônios

Os neurônios podem ser classificados em diferentes tipos, de acordo com critérios distintos. Nesta seção, faremos uma classificação funcional dos neurônios, diferenciando-os em três tipos: sensoriais, motores e associativos.

Os **neurônios sensoriais** são aqueles que conduzem as informações captadas por receptores sensoriais, como aqueles presentes nos órgãos dos sentidos, em direção aos centros de interpretação, localizados nas estruturas do sistema nervoso central, a exemplo do cérebro.

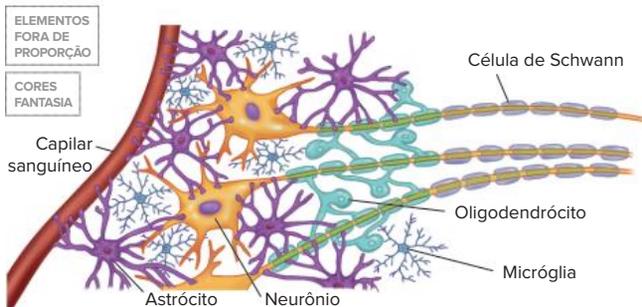
Neurônios motores conduzem impulsos nervosos do sistema nervoso central em direção aos órgãos efetores, como os músculos e as glândulas. Os neurônios sensoriais constituem a **via aferente** de condução da informação, enquanto os neurônios motores correspondem à **via eferente**.

Os **neurônios associativos** são encontrados em estruturas do sistema nervoso central (encéfalo e medula espinal). Esses neurônios transmitem o impulso conduzido pelos neurônios sensoriais para os neurônios motores, sendo importantes na coordenação das respostas dadas de acordo com os estímulos recebidos. Mais adiante neste capítulo, a atuação desses tipos de neurônios será detalhada na descrição dos reflexos.

Gliócitos

Os gliócitos, também denominados células da glia ou neuroglia, são células do tecido nervoso importantes para a nutrição, defesa e sustentação dos neurônios. A quantidade de gliócitos excede em várias vezes a quantidade de neurônios observada no sistema nervoso humano.

Um exemplo de gliócito já foi mencionado, a **célula de Schwann**. Outro exemplo são os **oligodendrócitos**, gliócitos com muitos prolongamentos associados aos axônios de diferentes neurônios, e que formam bainha de mielina em neurônios presentes no sistema nervoso central. Micróglia e astrócitos também são importantes gliócitos: a **micróglia** é uma célula de defesa do tecido nervoso, e os **astrócitos** estabelecem a ligação entre os neurônios e os vasos sanguíneos, contribuindo para a oxigenação e a nutrição dos neurônios.



Representação dos principais gliócitos encontrados no sistema nervoso.

Estabelecendo relações

Esclerose múltipla e bainha de mielina

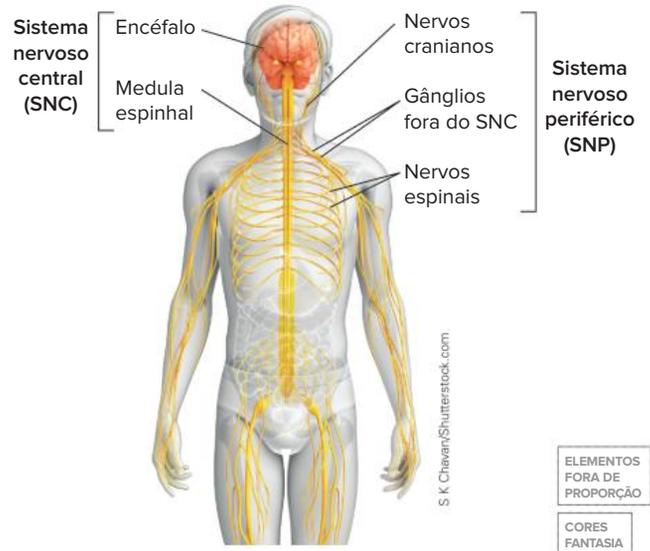
A esclerose múltipla (EM) é uma condição crônica caracterizada pela perda progressiva da bainha de mielina, processo denominado desmielinização, que prejudica a condução dos impulsos nervosos nos neurônios mielinizados. Na EM, é observado um intenso processo inflamatório que resulta em certas incapacidades, pois, nos locais de inflamação, surgem cicatrizes que não desempenham o mesmo papel do tecido nervoso original. Entre os sintomas mais comuns da EM estão fadiga, alterações na fala, distúrbios visuais, problemas de equilíbrio e coordenação e transtornos cognitivos, emocionais e sexuais.

Organização do sistema nervoso

O sistema nervoso dos vertebrados está dividido em **sistema nervoso central (SNC)** e **sistema nervoso periférico (SNP)**. O SNC é constituído pelo encéfalo e pela medula

espinal. Essas estruturas atuam no processamento e na interpretação dos estímulos recebidos dos meios interno e externo ao corpo e elaboram respostas adequadas. O SNP é composto de todas as estruturas nervosas fora da porção central, como nervos (cranianos e espinais), gânglios nervosos e receptores sensoriais. Os componentes do SNP ligam todas as partes do corpo ao SNC.

A seguir, enfatizaremos o sistema nervoso humano.



Representação da organização do sistema nervoso humano, dividido em SNC e SNP.

! Atenção

Nervos são fibras compostas por feixes de prolongamentos de neurônios, axônios e/ou dendritos, enquanto gânglios nervosos são conjuntos de corpos celulares de neurônios fora do SNC.

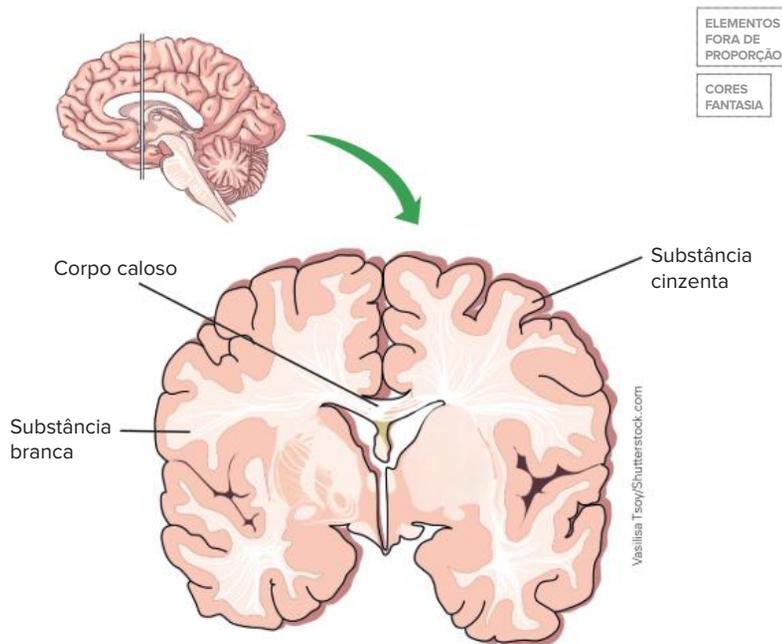
Sistema nervoso central

ENCÉFALO

As principais partes do encéfalo são o cérebro, o diencéfalo, o tronco encefálico e o cerebelo. As estruturas encefálicas encontram-se protegidas pelos ossos da caixa craniana.

O **cérebro** corresponde à maior porção do encéfalo. A região mais externa do cérebro, denominada **córtex cerebral**, atua no controle voluntário da contração muscular e corresponde ao centro da aprendizagem, linguagem, memória, raciocínio, processamento de informações sensoriais, consciência etc. O cérebro é dividido em dois hemisférios – direito e esquerdo – que se comunicam por meio do **corpo caloso**. O hemisfério direito controla as atividades do lado esquerdo do corpo, enquanto o hemisfério esquerdo controla o lado direito. O córtex cerebral apresenta dobras, chamadas sulcos e giros (circunvoluções) cerebrais, que aumentam sua área superficial, e é constituído pela **substância cinzenta**, onde há, principalmente, corpos celulares de neurônios.

Abaixo do córtex, na região mais interna do cérebro, é observada a **substância branca**, formada de prolongamentos neuronais e responsável por conduzir e receber informações do córtex.



Representação de um cérebro em corte frontal mostrando a distribuição das substâncias cinzenta e branca.

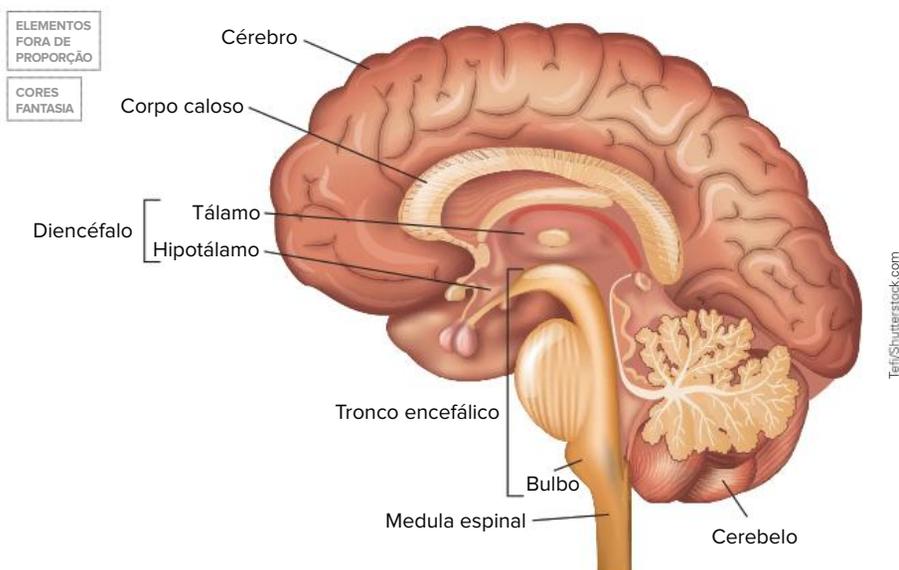
Estabelecendo relações

O cérebro corresponde a, aproximadamente, 2% da massa corporal. Contudo, é um órgão que exibe alta atividade metabólica, exigindo grande quantidade de gás oxigênio e nutrientes, fornecidos por um intenso fluxo sanguíneo (cerca de 800 mL/min). O consumo de gás oxigênio pelo cérebro corresponde a cerca de 20% do total consumido por todo o organismo.

No **diencéfalo** são encontrados o tálamo e o hipotálamo. O **tálamo** é a principal via de entrada de informações sensoriais em direção ao cérebro, atuando na classificação dessas informações, que são mandadas a regiões cerebrais específicas, onde serão processadas. O **hipotálamo**, região localizada sob o tálamo, atua no controle da temperatura corporal, da fome, da sede, dos impulsos sexuais e das emoções.

Uma importante região do tronco encefálico é o **bulbo**, ou **medula oblonga**, porção ligada à medula espinal. O bulbo participa da regulação dos movimentos respiratórios e dos batimentos cardíacos e atua no controle dos reflexos cranianos, a exemplo da tosse e do vômito.

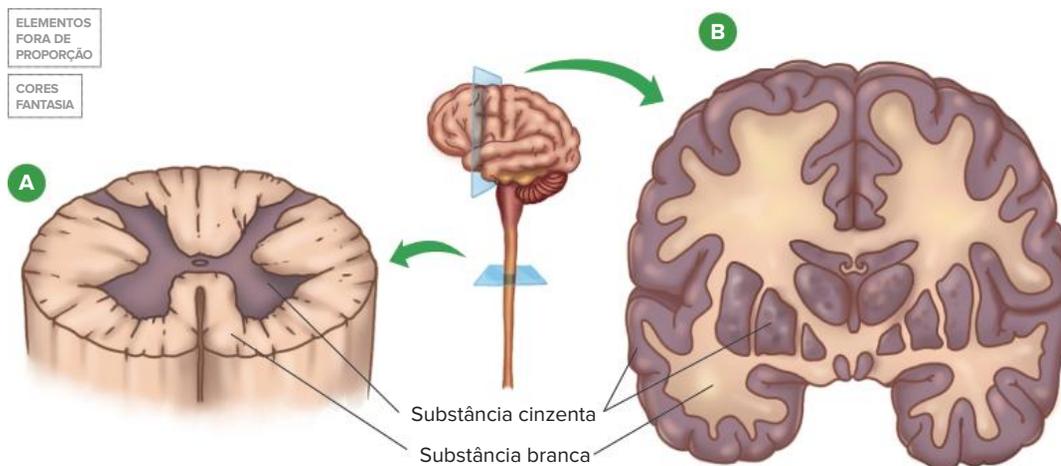
O **cerebelo** corresponde à estrutura encefálica que coordena os movimentos, o equilíbrio e a postura, bem como participa da aprendizagem e da memória referente a habilidades motoras, coordenando e integrando os comandos motores enviados pelo cérebro. O cerebelo está localizado na porção posterior do encéfalo.



Representação de um encéfalo em corte mediano, indicando suas principais partes e sua ligação com a medula espinal, promovida pelo bulbo.

MEDULA ESPINAL

Encontra-se protegida pelas vértebras, que formam a coluna vertebral. Na medula espinal, a substância branca está localizada mais externamente, enquanto a substância cinzenta é mais interna, ou seja, trata-se de uma distribuição contrária àquela observada no cérebro. Esta distribuição é condizente com a função da medula espinal: conectar o SNC aos neurônios sensoriais e motores do SNP.



Representação da diferença na distribuição das substâncias branca e cinzenta na medula espinal (A) e no cérebro (B).

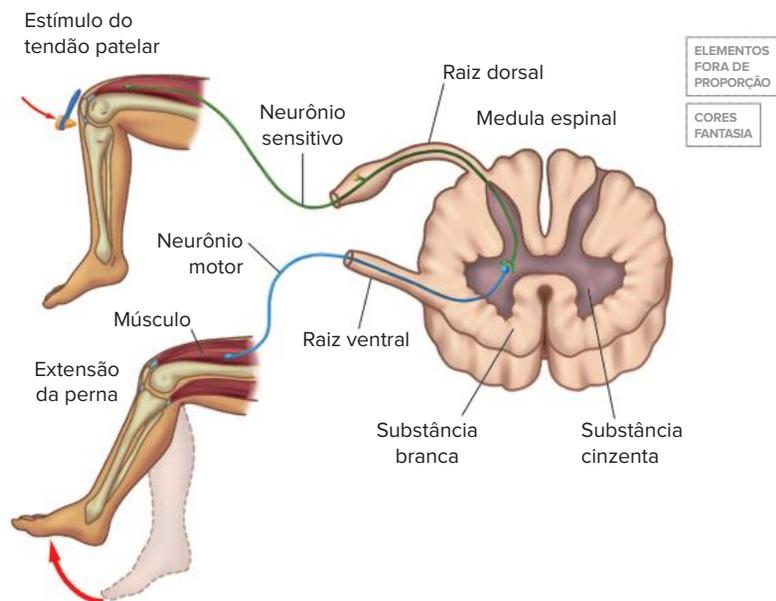
Além de conduzir informações para o encéfalo e dele para outras regiões, a medula espinal pode atuar de forma independente do encéfalo, controlando alguns reflexos.

Atos reflexos, ou simplesmente reflexos, são respostas simples, rápidas e involuntárias desencadeadas por estímulos específicos. Os reflexos são importantes para a proteção do corpo em situações de perigo.

Existem reflexos que são inatos, como o de afastar a mão de uma superfície quente, antes mesmo da percepção de que está quente, e reflexos que são adquiridos ou aprendidos, a exemplo daqueles que envolvem o ato de dirigir ou de praticar algum esporte regularmente.

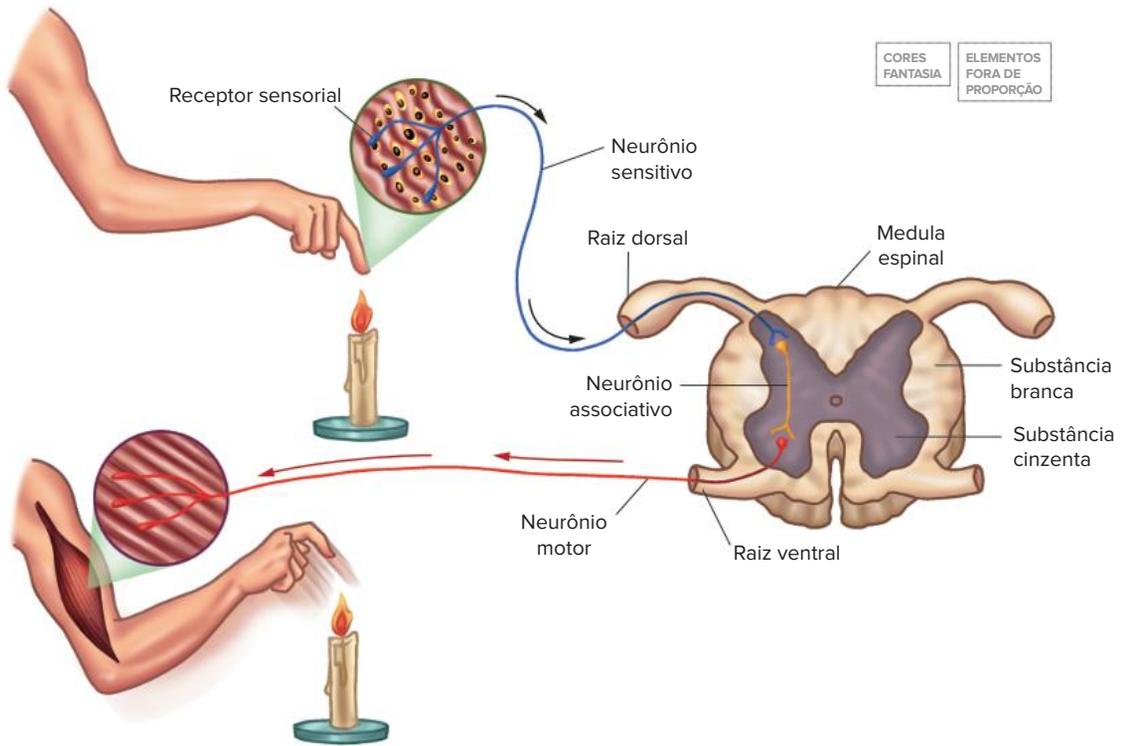
Denominamos **reflexo espinal (medular)** aquele cuja resposta é desencadeada na substância cinzenta da medula espinal. O conjunto de estruturas envolvidas com a sua execução é chamado **arco reflexo**. O reflexo de afastar a mão rapidamente de uma superfície aquecida e o reflexo patelar são exemplos de reflexo espinal.

O reflexo patelar ocorre quando há um estímulo no tendão patelar, na região da patela, na altura do joelho. O estímulo gera impulsos nervosos que são conduzidos por um **neurônio sensitivo** até a medula espinal, chegando nessa estrutura por meio da **raiz dorsal (sensitiva)**. Em seguida, o impulso é transmitido para um **neurônio motor**, deixando a medula pela **raiz ventral (motora)**, que conduz os impulsos da medula espinal até a musculatura responsável por movimentar a perna.



Representação das principais estruturas envolvidas com a execução do reflexo patelar.

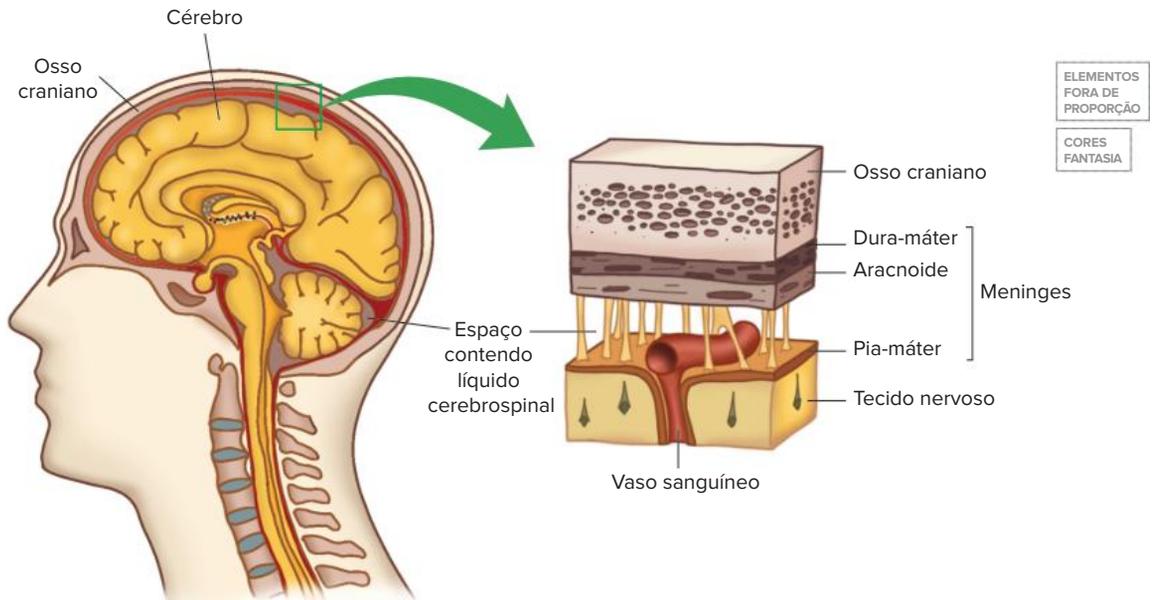
Existem reflexos dos quais participam um ou mais **interneurônios**, ou **neurônios de associação**. Um neurônio de associação recebe impulsos conduzidos pelo neurônio sensitivo e os encaminha ao neurônio motor, que estimula a contração do músculo efetuator do movimento. Este tipo de arco reflexo é aquele que ocorre quando tocamos uma superfície aquecida e afastamos a mão, ou quando pisamos em um objeto pontiagudo e retiramos a perna.



Representação de um arco reflexo espinal em que há participação de neurônio de associação.

MENINGES

Além da proteção óssea promovida pela caixa craniana e pelas vértebras, as estruturas do SNC estão protegidas por membranas denominadas **meninges**. A meninge mais externa, denominada **dura-máter**, é a mais resistente; a **aracnoide**, localizada abaixo da dura-máter, é a meninge intermediária; e, em contato direto com o tecido nervoso, está a meninge denominada **pia-máter**, na qual são encontrados muitos vasos sanguíneos que fornecem gás oxigênio e nutrientes às estruturas do SNC. Entre a aracnoide e a pia-máter há um espaço preenchido por um líquido denominado **líquido cerebrospinal**, também chamado de **líquido cefalorraquidiano** ou **líquor**. Esse líquido contribui para a proteção mecânica do SNC, uma que vez funciona como um amortecedor. Além disso, atua no transporte de substâncias, como nutrientes e neurotransmissores.



Representação da disposição das meninges e da localização do líquido cerebrospinal.

Sistema nervoso periférico

O SNP é o responsável por transmitir informações captadas nos receptores sensoriais espalhados pelo corpo para o SNC. As informações sensoriais chegam ao SNC por meio dos neurônios que constituem as vias aferentes. Após o processamento e a interpretação das informações, as respostas seguem para os órgãos efetores de resposta por meio dos neurônios que constituem as vias eferentes.

COMPONENTES DO SNP

Os componentes do SNP são os nervos, os gânglios nervosos e os receptores sensoriais. Os nervos podem ser classificados de acordo com os neurônios que os constituem e em função das estruturas do SNC com as quais estão ligados. Os **nervos sensitivos**, ou **aferentes**, que levam informações ao SNC, são aqueles formados somente por neurônios sensoriais; **nervos motores** ou **eferentes**, que levam estímulos aos órgãos efetores, possuem apenas neurônios motores; e os **nervos mistos** são formados pelos dois tipos de neurônios. Os nervos ligados ao encéfalo são denominados **nervos cranianos** – nos humanos, existem 12 pares de nervos cranianos que podem ser sensitivos, motores ou mistos –, enquanto os nervos ligados à medula espinal são os **nervos espinais** ou **raquidianos** – no organismo humano, são encontrados 31 pares de nervos espinais, todos eles mistos.

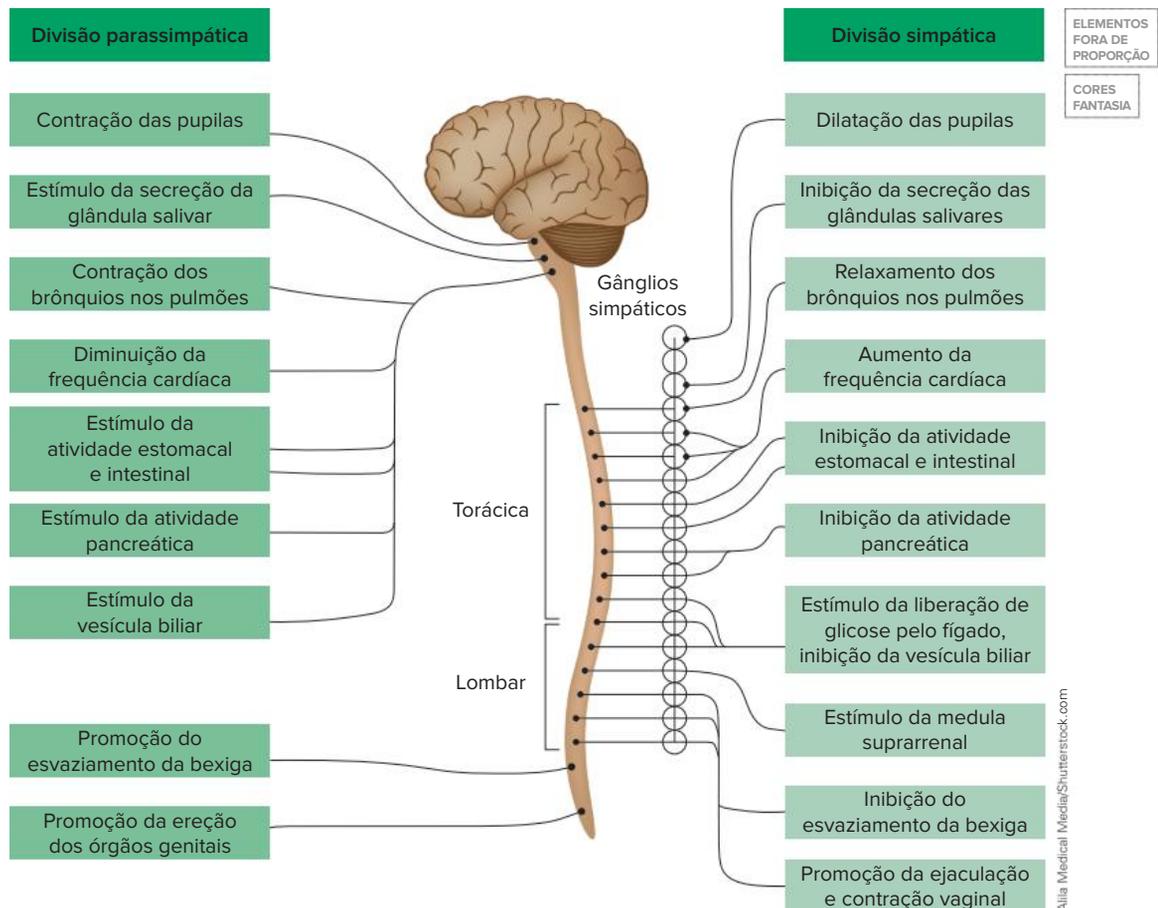
ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL DO SNP

Quanto ao funcionamento, o SNP é dividido em dois: SNP somático e SNP autônomo.

O **SNP somático** atua, sobretudo, no controle de atividades voluntárias, como levar uma caneta até o papel para fazer uma anotação, abrir uma torneira, caminhar, sentar etc. Os neurônios do SNP somático conduzem os impulsos nervosos diretamente à musculatura esquelética, que, na maioria das situações, funciona de forma voluntária. É importante salientar que, em certos reflexos, a exemplo do reflexo patelar coordenado pela medula espinal, o movimento é involuntário.

O **SNP autônomo**, também denominado visceral, controla atividades involuntárias e está organizado em duas partes – simpática e parassimpática – que atuam de forma antagônica na regulação do funcionamento das mesmas estruturas. O antagonismo dessas partes é justificado pelos neurotransmissores que atuam em cada uma delas. A atividade da parte simpática envolve a ação da adrenalina e da noradrenalina, enquanto a atividade da parte parassimpática envolve a ação da acetilcolina.

A ativação da parte simpática está ligada à preparação do corpo para enfrentar situações emergência, como uma luta ou uma fuga, enquanto a parte parassimpática é ativada em situações de calma e relaxamento.



Representação esquemática das partes parassimpática e simpática do sistema nervoso autônomo, com exemplos de ações antagônicas promovidas por elas. Esse esquema também aponta as regiões do SNC das quais essas divisões provêm. As vias simpáticas têm origem nas regiões torácica e lombar da medula espinal, enquanto as vias parassimpáticas originam-se do tronco encefálico e da porção sacral da medula espinal.

Órgãos dos sentidos

Os órgãos dos sentidos são componentes do sistema nervoso dotados de estruturas receptoras de estímulos. Os receptores encontrados nesses órgãos captam informações que são convertidas em impulsos nervosos. Por meio de nervos sensitivos, esses impulsos são conduzidos ao SNC, onde as informações são processadas, resultando na elaboração de uma resposta adequada de acordo com o estímulo recebido.

Os **receptores sensoriais** podem captar estímulos de naturezas diferentes. Por exemplo, os **quimiorreceptores** são sensíveis a substâncias químicas. Há também os **mecanorreceptores**, que detectam movimentos e variações de pressão, e os **fotorreceptores**, sensíveis a variações de luz. Existem, ainda, os **termorreceptores** e os **eletrorreceptores**, estruturas sensíveis, respectivamente, a variações de temperatura e à presença de campos elétricos.

Nesta seção, usando o organismo humano como referência, trataremos dos órgãos dos seguintes sentidos: tato, gustação, olfato, audição e visão.

Tato

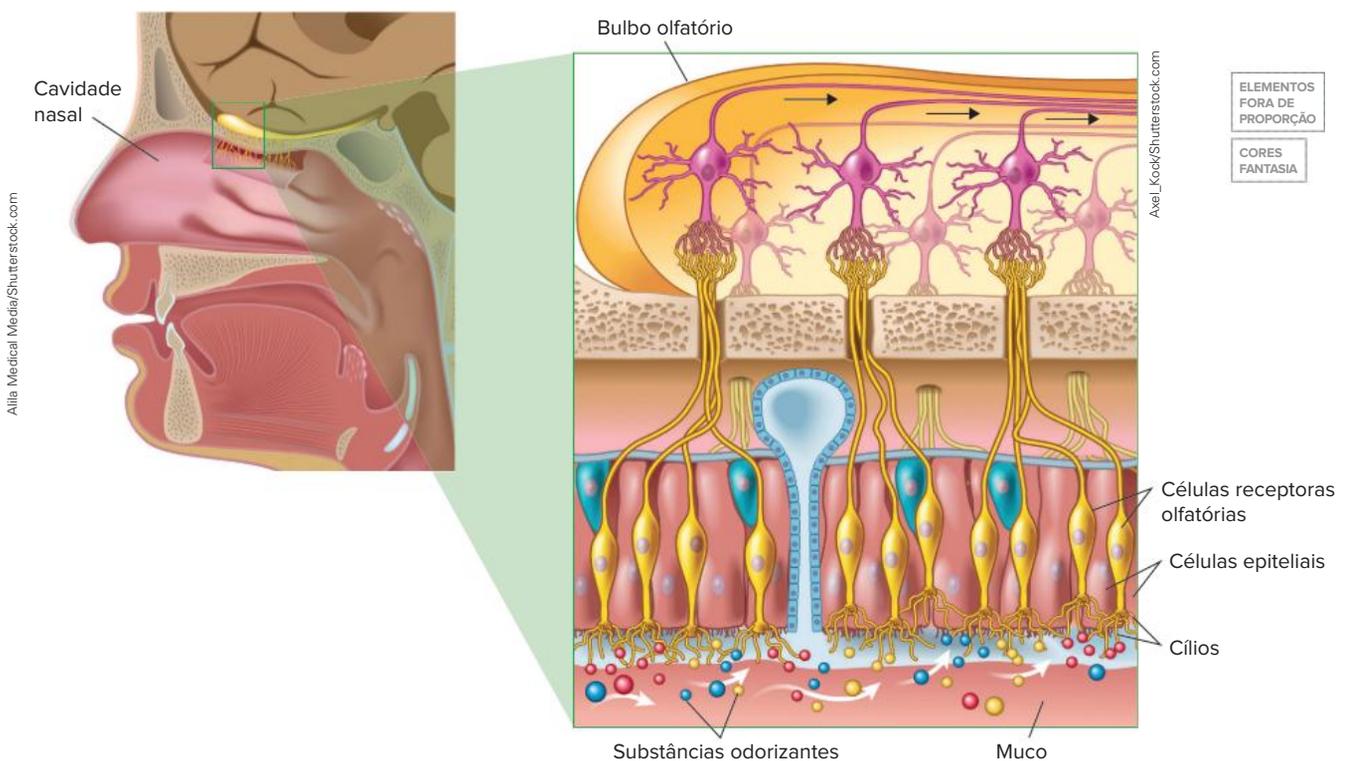
Os receptores ligados ao tato encontram-se distribuídos por **toda a superfície corporal**. Esses receptores são sensíveis a diferentes tipos de estímulo, como vibração, temperatura e pressão. Apesar de estarem distribuídos pela superfície de todo o corpo, há maior concentração de receptores táteis em certos locais, como nas mãos, sobretudo na ponta dos dedos, e na região dos lábios.

Gustação (paladar)

Os receptores que detectam o gosto são encontrados nas **papilas gustatórias** (linguais ou gustativas), estruturas dispostas, principalmente, na língua. Esses receptores são estimulados por substâncias químicas que se dissolvem sobre a língua, detectando, tradicionalmente, quatro gostos básicos: doce, salgado, ácido e amargo. Atualmente, considera-se a existência de um quinto gosto básico, o *umami*, palavra que deriva do japonês e significa “saboroso; gosto delicioso”. O *umami* é encontrado, por exemplo, em tomates, cogumelos, queijos, especialmente os mais maturados, e carnes. Temperos industrializados muitas vezes usam substâncias que potencializam o *umami*, como o glutamato monossódico, aumentando a palatabilidade dos alimentos.

Olfato

Os receptores do olfato, denominados **células receptoras olfatórias**, estão localizadas no epitélio que reveste a porção superior da **cavidade nasal**. Essas células são estimuladas por substâncias químicas que adentram a cavidade nasal quando inalamos o ar e se dissolvem sobre o epitélio, gerando impulsos nervosos que são conduzidos pelo **nervo olfatório**. Os impulsos chegam ao cérebro por meio do **bulbo olfatório** e as informações odoríferas são interpretadas no **córtex olfatório**.



Representação das estruturas ligadas ao sentido do olfato em humanos.

Audição e equilíbrio

A orelha humana é um conjunto de estruturas ligadas à percepção dos sons (audição) e ao equilíbrio. A estrutura da orelha é dividida em três regiões: orelha externa, orelha média e orelha interna.

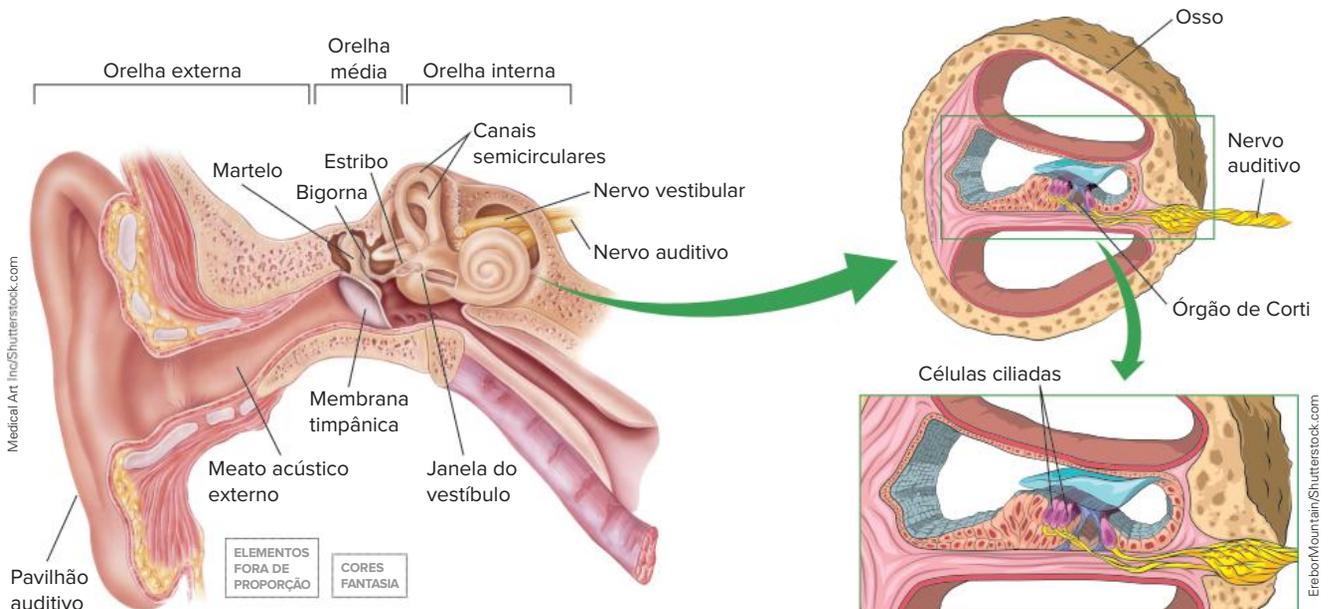
A **orelha externa** é constituída pelo **pavilhão auditivo**, que atua na captação das ondas sonoras, e pelo **meato acústico (auditivo) externo**, responsável por direcionar o som para o **tímpano**, também denominado membrana timpânica, resultando em sua vibração.

O tímpano é um componente da **orelha média**, região na qual são encontrados três ossículos – na sequência, **martelo**, **bigorna** e **estribo** –, que transmitem e amplificam as vibrações em direção à orelha interna. A orelha média se abre na **tuba auditiva**, canal que a liga com a faringe e que iguala a pressão entre a orelha média e a atmosfera. A manutenção de pressões iguais em ambos os lados do tímpano é fundamental para que a captação das ondas sonoras seja eficiente.

A **orelha interna** consiste em uma rede de canais e câmaras denominada **labirinto** e preenchida por um líquido. O labirinto apresenta duas regiões: o aparelho vestibular, que atua no equilíbrio, e a cóclea, estrutura determinante da audição.

O **aparelho vestibular** é constituído pelos canais semicirculares e por câmaras denominadas utrículo e sáculo. No epitélio que reveste internamente essas estruturas, existem células sensoriais ciliadas que detectam a movimentação do líquido em seu interior; esse estímulo resulta na geração de impulsos nervosos que são encaminhados ao cérebro por meio do nervo vestibular, informando-o sobre a posição do corpo no espaço.

A **cóclea** é uma estrutura espiralada, semelhante à concha de um caracol, preenchida por um líquido. Os ossículos presentes na orelha média transmitem as vibrações até a janela do vestíbulo (janela oval), membrana localizada na superfície da cóclea. Quando o estribo vibra contra a janela do vestíbulo, são criadas ondas de pressão no líquido localizado dentro da cóclea, que levam à estimulação das **células ciliadas mecanorreceptoras** que compõem o **órgão de Corti**, ou órgão espiral, resultando na geração de impulsos nervosos que são encaminhados ao cérebro por meio do **nervo auditivo**. No córtex cerebral, ocorre a interpretação dos estímulos e a determinação dos sons.



Representação das estruturas da orelha humana ligadas à determinação da audição e ao equilíbrio.

Visão

Os órgãos fotossensíveis responsáveis pela visão são os **olhos**. Tratam-se de estruturas complexas alojadas e protegidas pelas **órbitas oculares** localizadas no crânio. O olho humano é constituído de três camadas teciduais: esclera ou esclerótica (camada mais externa), coróide (camada intermediária) e retina (camada mais interna).

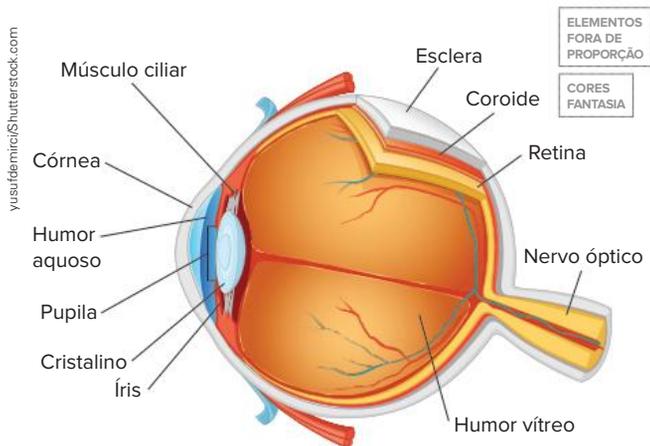
A **esclera**, popularmente chamada de o “branco do olho”, é rígida e possui em sua porção frontal uma região transparente denominada córnea, que permite a passagem da luz. A esclera encontra-se ligada a músculos que possibilitam a movimentação voluntária do globo ocular, aumentando o campo de visão.

Abaixo da esclera, encontra-se a **coróide**, tecido rico em vasos sanguíneos. Na parte frontal da coróide está a íris, região com pigmentos (a “cor dos olhos”) e dotada de uma abertura chamada **pupila**. Alterações no tamanho da íris permitem a regulação da quantidade de luz que passa pela pupila em direção ao interior do olho.

Na sequência, é observada a **retina**, camada mais interna do globo ocular, onde são encontradas as células fotorreceptoras – cones e bastonetes. Os **bastonetes** são células sensíveis à luz, permitindo a percepção de variações na intensidade luminosa; já os **cones** são os fotorreceptores que proporcionam a identificação das cores. A informação visual captada pelos fotorreceptores é transmitida ao nervo óptico e conduzida ao cérebro, onde é processada e interpretada.

No olho são encontrados líquidos que atuam preenchendo as câmaras oculares, fornecendo suporte às estruturas do olho. Um deles é o **humor aquoso**, localizado na câmara existente entre a córnea e a íris; o outro é chamado de **humor vítreo**, que preenche a cavidade posterior ao cristalino.

O cristalino (ou lente do olho) corresponde a uma lente biconvexa localizada atrás da pupila. Juntamente com a córnea, o cristalino converge os raios luminosos para a retina, onde a imagem deve ser formada.



Representação dos principais componentes do olho humano.

Músculos ciliares mantêm o cristalino em uma posição estável e podem alterar a sua forma, ajustando o foco da lente em função da distância dos objetos em relação ao olho. Quando o objeto está distante, os músculos ciliares esticam o cristalino, diminuindo sua espessura. Conforme o objeto se aproxima do olho, os músculos ciliares reduzem a tensão sobre o cristalino, resultando em aumento da sua espessura e permitindo a focalização do objeto.

ALGUNS PROBLEMAS DE VISÃO

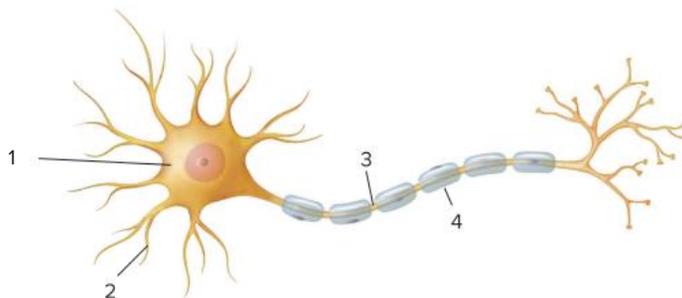
Existem problemas visuais que afetam a formação da imagem na retina. Na **miopia**, por exemplo, a imagem é formada antes da retina, resultando em dificuldade para enxergar objetos distantes. Já na **hipermetropia**, a imagem é formada depois da retina, causando problemas para focalizar objetos próximos. No **astigmatismo**, irregularidades na córnea ou no cristalino fazem com que a luz seja focalizada em diferentes pontos da retina, resultando na formação de imagens distorcidas.

A perda da elasticidade do cristalino leva à **presbiopia**, popularmente chamada de vista cansada. Nessa situação, a capacidade de acomodação do cristalino é afetada, prejudicando a visão de objetos próximos.

Há ainda problemas ligados à passagem da luz pelas estruturas oculares, a exemplo da **catarata**, caracterizada pela diminuição da transparência do cristalino.

Revisando

- No esquema de um neurônio típico a seguir, identifique as estruturas indicadas de 1 a 4.



Altona Griskeviciene/Shutterstock.com

- Existem neurônios, denominados amielinizados, que são desprovidos de bainha de mielina. Indique, em relação aos neurônios com bainha de mielina, se a condução do impulso nervoso nos neurônios amielinizados é mais rápida ou mais lenta. Justifique sua resposta.

3. Explique como os neurotransmissores atuam na transmissão de impulsos nervosos entre neurônios.

4. Explique a diferença entre potencial de repouso e potencial de ação na membrana dos neurônios.

5. Mencione os principais componentes do sistema nervoso central (SNC) e do sistema nervoso periférico (SNP).

6. Indique as principais funções do hipotálamo, do bulbo e do cerebelo.

7. Descreva o caminho que o estímulo percorre no reflexo patelar, desde seu recebimento até a efetuação da resposta.

8. O sistema nervoso periférico autônomo é dividido em duas partes. Indique que partes são essas e mencione em que tipo de situação cada uma delas deve ser ativada.

9. Dentre os componentes da orelha humana, mencione aquele que determina a audição e aquele que está relacionado ao equilíbrio.

10. Cones e bastonetes são células fotorreceptoras encontradas na retina. Explique em que essas células diferem quanto à sua atividade fotorreceptora.

Exercícios propostos

1. **Uece 2019** O prolongamento geralmente curto e bastante ramificado que recebe a maioria dos impulsos nervosos que chegam aos neurônios é denominado de
- a) corpo celular.
 - b) axônio.
 - c) extrato mielínico.
 - d) dendrito.

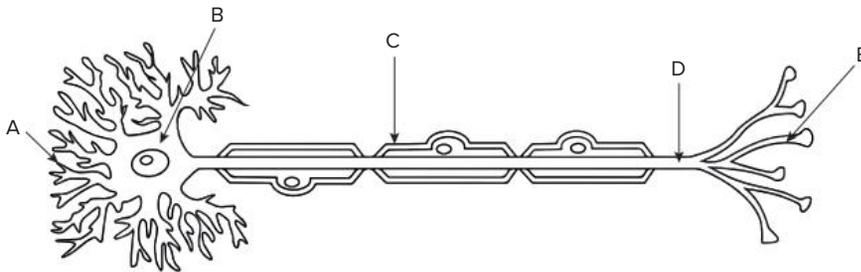
2. **Cefet-MG 2019** O filme “O óleo de Lorenzo” conta a história real de um menino de oito anos que possui uma doença rara chamada Adrenoleucodistrofia. Essa doença, ligada ao cromossomo X, resulta de alterações em uma proteína transportadora de membrana dos peroxissomos, organelas responsáveis pela degradação dos ácidos graxos. Uma vez alterada, a proteína não consegue mais realizar sua função e os ácidos graxos de cadeia longa, que deveriam entrar nos peroxissomos para serem degradados, acumulam-se nos tecidos cerebrais, destruindo a bainha de mielina que envolve o axônio dos neurônios.

Disponível em: <<https://www.biologiatotal.com.br/blog/entenda-o-filme-o-oleo-de-lorenzo>>. Acesso em: 01 de out. 2018.

Dessa forma, essa doença resulta em problemas relacionados à

- a) formação do axônio.
- b) proliferação dos neurônios.
- c) condução do impulso nervoso.
- d) degradação dos ácidos graxos de cadeia longa.

3. **Mackenzie-SP 2014**



Assinale a alternativa correta a respeito da célula representada acima.

- a) A seta A indica os dendritos, responsáveis por emitir impulsos nervosos para outra célula.
 - b) A bainha de mielina está apontada pela seta C e tem como função acelerar a condução dos impulsos nervosos.
 - c) A estrutura D é mais abundante na substância cinza do sistema nervoso.
 - d) A seta B é o principal componente dos nervos.
 - e) Em E ocorre a produção dos neurotransmissores.
4. **FMABC-SP 2021** A bainha de mielina é produzida pelas células de Schwann. Trata-se de estrutura proteica presente nos neurônios dos animais vertebrados relacionada à propagação do impulso nervoso. Não é uma estrutura contínua, pois existem pequenos espaços em que essa bainha não ocorre ao longo do neurônio. A relação entre a bainha de mielina e a propagação de impulso pode ser caracterizada pelo fato de a bainha
- a) estar presente na sinapse, na passagem do impulso nervoso entre os neurônios.
 - b) ser a principal estrutura produtora de neurotransmissores do impulso nervoso.
 - c) ser responsável por acelerar a velocidade de propagação do impulso nervoso.
 - d) ser a responsável por gerar o potencial de ação do impulso nervoso nos neurônios.
 - e) determinar o sentido de propagação do impulso nervoso, a partir do corpo celular.
5. **PUC-Rio 2020** Considere as afirmativas abaixo acerca do impulso nervoso.
- I. O impulso se inicia quando os neurotransmissores atingem os dendritos.
 - II. Após se propagar pelos dendritos, o impulso se propaga pelo axônio até chegar ao corpo celular.
 - III. A etapa final do impulso nervoso envolve a liberação de neurotransmissores pelas extremidades do axônio.
- Está correto o que se afirma em
- a) II, apenas
 - b) I e II, apenas
 - c) I e III, apenas
 - d) II e III, apenas
 - e) I, II e III

6. PUC-Campinas 2021

As plantas têm nome científico e nome popular. O uso somente do nome popular pode provocar confusão, pois há mais de uma planta com o mesmo nome popular, com diferenças na composição química e no uso terapêutico.

A erva-cidreira, a erva-doce e o anis são alguns exemplos. Com o nome de erva-doce há duas espécies: *Foeniculum vulgare* Mill. e *Pimpinella anisum* L. Elas têm frutos morfologicamente similares (aquênios) e ambas contêm anetol no óleo essencial, o que explica a similaridade no aroma. Mas há componentes específicos a cada uma que conferem outros efeitos terapêuticos. As duas espécies diferem no aspecto morfológico, especialmente no porte, cor das flores e forma das folhas.

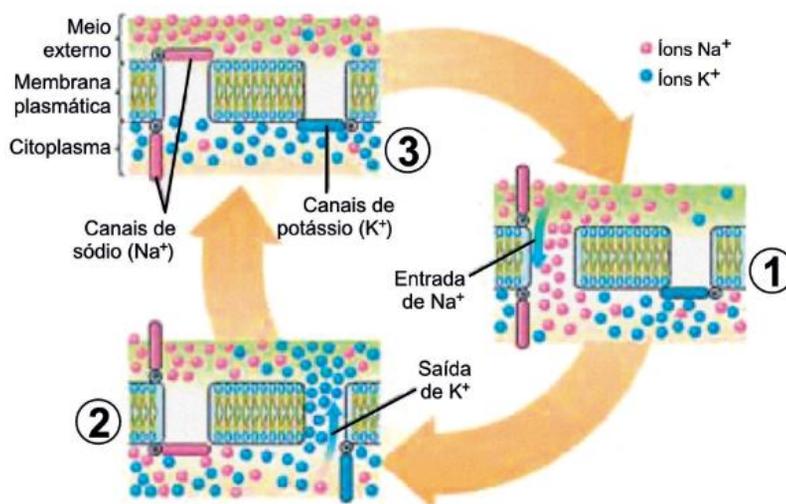
(Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br>. Adaptado)

O anetol possui semelhança estrutural com neurotransmissores como a dopamina, compostos importantes para a transmissão do impulso nervoso. Os neurotransmissores são armazenados em vesículas localizadas

- a) nas fendas sinápticas.
- b) nas células da glia.
- c) nos dendritos.
- d) nos axônios.
- e) nas células de Schwann.

7. FGV-SP 2020

A figura mostra a distribuição dos íons Na^+ e K^+ na membrana plasmática de um neurônio, mediante estímulo externo, em três diferentes momentos que se sucedem.



(José M. Amabis e Gilberto R. Martho. *Biologia das células*, 3ª edição. Adaptado.)

Os momentos 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a

- a) repolarização, polarização e despolarização.
- b) despolarização, polarização e repolarização.
- c) repolarização, despolarização e polarização.
- d) polarização, despolarização e repolarização.
- e) despolarização, repolarização e polarização.

8. Uece 2017

Pesquisa realizada na Universidade de Cambridge com participação de pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos, cujo resultado foi publicado na revista *Nature Neuroscience*, revelou que o trajeto neural também é mediado por sinais mecânicos, relacionados com o grau de rigidez do tecido.

Fonte: <http://jornal.usp.br/ciencias/cienciasbiologicas/experimento-com-embrioes-de-sapo-ajuda-a-entender-crescimento-dos-neuronios/>

Em relação ao sistema nervoso humano, é correto afirmar que

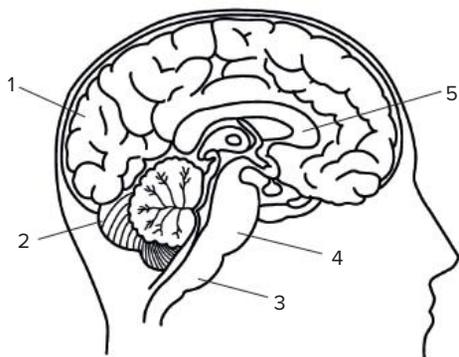
- a) o encéfalo plenamente diferenciado apresenta cérebro (telencéfalo e diencefalo), cerebelo e tronco encefálico.
- b) é organizado em central (nervos e gânglios nervosos) e periférico (encéfalo e medula espinhal).
- c) segundo os tipos de neurônios que apresentam, os nervos podem ser sensitivos ou eferentes, motores ou aferentes e mistos.
- d) o sistema nervoso periférico autônomo é dividido em simpático (nervos cranianos e raquidianos) e parassimpático (nervos raquidianos).

9. Mackenzie-SP 2017

No sistema nervoso humano

- a) as meninges revestem o encéfalo enquanto que a medula espinhal é revestida somente pelas vértebras.
- b) os nervos que saem do encéfalo controlam somente funções voluntárias.
- c) a substância cinza abriga todos os corpos celulares dos neurônios.
- d) o líquido é encontrado no interior das meninges, da medula espinhal e do cérebro.
- e) os neurônios exercem seu controle somente através da geração de impulsos nervosos.

10. Mackenzie-SP 2016



A respeito da figura acima, assinale a alternativa correta.

- a) A estrutura 4 é responsável pelo controle das frequências cardíaca e respiratória.
- b) A estrutura 5 é rica em corpos celulares de neurônios.
- c) A estrutura 2 é responsável pelo equilíbrio do corpo, juntamente com os canais semicirculares.
- d) A estrutura 3 é o bulbo, responsável pela sensação de olfato.
- e) Todos os neurônios da estrutura 1 são encontrados na região cortical.

11. UFRGS 2013 A coluna da esquerda, abaixo, lista cinco estruturas que fazem parte do sistema nervoso; a da direita, características de três dessas estruturas. Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.

- | | |
|--------------------|---|
| 1. bulbo | ■ É responsável pelo controle das funções motoras do corpo. |
| 2. cerebelo | ■ Possui grupos de neurônios envolvidos no controle de respiração e circulação. |
| 3. hipófise | ■ Possui o centro do controle para manutenção da temperatura corporal. |
| 4. hipotálamo | |
| 5. medula espinhal | |

A sequência correta de preenchimento, de cima para baixo, é

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

12. PUC-PR 2019 Todos os animais possuem a capacidade de detectar e responder a mudanças no seu hábitat. Mesmo organismos unicelulares, como o *Paramecium*, têm a capacidade de realizar tarefas básicas da vida: achar comida, evitar tornar-se comida e encontrar um parceiro. No entanto, esses organismos unicelulares não possuem um encéfalo ou um centro de integração evidente. Eles utilizam o potencial de membrana em repouso existente em células vivas e muitos dos mesmos canais iônicos de animais mais complexos para coordenar as suas atividades diárias.

SILVERTHORN, DEE UNGLAUB. *Fisiologia Humana: uma abordagem integrada*/ p. 275, 7ª ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

Sobre a estrutura, funcionamento e evolução do sistema nervoso nos animais, marque a alternativa CORRETA.

- a) Os primeiros animais a desenvolverem um sistema nervoso centralizado foram os vermes nematoides.
- b) Os vermes segmentados, como as minhocas, apresentam aglomerados de corpos celulares, os gânglios nervosos, restritos à região da cabeça.
- c) A evolução de uma região nervosa central portadora de áreas especializadas para a visão, para a olfação e a gustação ocorreu a partir do filo cordata.
- d) Uma estrutura encefálica importante nos animais vertebrados é o cerebelo, responsável pela coordenação dos movimentos e pelo equilíbrio.
- e) Nos poríferos, está presente uma rede difusa de neurônios, sem haver, contudo, um centro de controle identificável.

13. Uefs-BA 2018 Uma pessoa esbarrou em um fio elétrico desencapado, reagiu abruptamente e, de maneira inconsciente, afastou o braço do fio. A sequência de acionamento dos neurônios que participaram dessa ação reflexa no corpo é

- a) neurônios associativos – neurônios sensoriais – neurônios motores.
- b) neurônios motores – neurônios sensoriais – neurônios associativos.
- c) neurônios motores – neurônios associativos – neurônios sensoriais.
- d) neurônios sensoriais – neurônios motores – neurônios associativos.
- e) neurônios sensoriais – neurônios associativos – neurônios motores.

14. UEL-PR 2015 Analise a figura a seguir.



(A Criação do Homem. Capela Sistina. Michelângelo Buonarroti – Vaticano 1508-1512.)

Os fisiologistas Barreto e Oliveira (2004) identificam, na obra *Criação* de Michelangelo, o contorno do formato do cérebro humano. O cérebro e a medula espinhal são centros nervosos.

BARRETO, G.; OLIVEIRA, M. G. *A Arte Secreta de Michelangelo*. São Paulo: ARX, 2004.

Considerando a origem do impulso nervoso no arco-reflexo, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o percurso da condução nos neurônios sensorial e motor.

- a) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do axônio para o corpo celular e deste para o dendrito, do mesmo modo que no neurônio motor.
- b) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do axônio para o corpo celular e deste para o dendrito, sendo o inverso no neurônio motor.
- c) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o axônio e deste para o corpo celular, sendo o inverso no neurônio motor.
- d) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o corpo celular e deste para o axônio, sendo o inverso no neurônio motor.
- e) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o corpo celular e deste para o axônio, do mesmo modo que no neurônio motor.

- 15. Fuvest-SP 2014** Na telefonia celular, a voz é transformada em sinais elétricos que caminham como ondas de rádio. Como a onda viaja pelo ar, o fio não é necessário. O celular recebe esse nome porque as regiões atendidas pelo serviço foram divididas em áreas chamadas células. Cada célula capta a mensagem e a transfere diretamente para uma central de controle.

www.fisica.cdcc.usp.br. Acessado em 22/07/2013. Adaptado.

No que se refere à transmissão da informação no sistema nervoso, uma analogia entre a telefonia celular e o que ocorre no corpo humano

- a) é completamente válida, pois, no corpo humano, as informações do meio são captadas e transformadas em sinais elétricos transmitidos por uma célula, sem intermediários, a uma central de controle.
- b) é válida apenas em parte, pois, no corpo humano, as informações do meio são captadas e transformadas em sinais elétricos que resultam em resposta imediata, sem atingir uma central de controle.
- c) é válida apenas em parte, pois, no corpo humano, as informações do meio são captadas e transformadas em sinais elétricos transferidos, célula a célula, até uma central de controle.
- d) não é válida, pois, no corpo humano, as informações do meio são captadas e transformadas em estímulos hormonais, transmitidos rapidamente a uma central de controle.
- e) não é válida, pois, no corpo humano, as informações do meio são captadas e transformadas em sinais químicos e elétricos, transferidos a vários pontos periféricos de controle.

- 16. UPE 2014** Observe a charge a seguir:



(Disponível em: http://cartuminas.blogspot.com.br/2011_01_01_archive.html.)

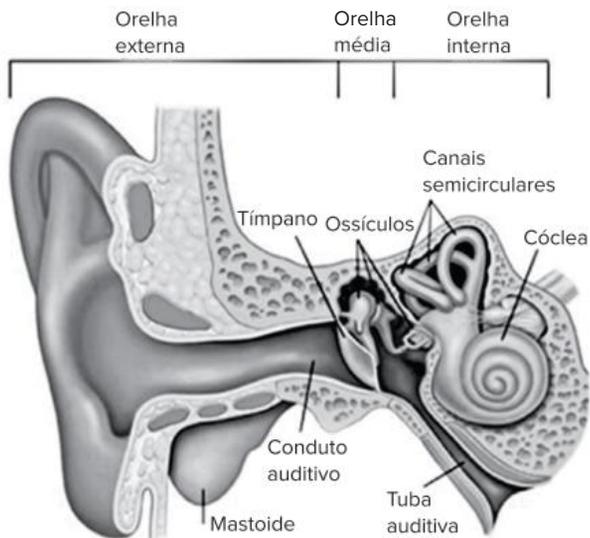
De acordo com as reações apresentadas pelo corpo do indivíduo, essas podem ser justificadas

- a) pela dilatação da pupila que está associada aos efeitos do sistema nervoso autônomo parassimpático por causa da ação da noradrenalina e do cortisol.
 - b) pelo tremor que expressa uma reação de luta e fuga, tanto do sistema nervoso autônomo simpático quanto do parassimpático, mediada pela ação do cortisol.
 - c) pelo suor frio que está associado à reação de estresse, sendo sua produção e liberação controladas pelo sistema nervoso autônomo simpático via acetilcolina, adrenalina e noradrenalina.
 - d) pelo aumento dos batimentos cardíacos que revela a ativação do sistema nervoso autônomo simpático, provocado pela ação da noradrenalina e da adrenalina circulante.
 - e) por todas as reações, como dilatação da pupila, tremores, sudorese e taquicardia, que são ativadas tanto pelo sistema nervoso autônomo simpático quanto pelo parassimpático, mediadas pela acetilcolina.
- 17. UEL-PR 2021** Considerando o sistema nervoso dos seres humanos, percebe-se que essa estrutura ora apresenta fronteiras bem delimitadas entre os seus constituintes, ora se apresenta difundida pelos demais sistemas corpóreos. Esse arcabouço tem por função o controle da relação entre o organismo e o meio em que vive na tentativa de estabelecer uma condição de homeostase interna. Com base nos conhecimentos sobre o sistema nervoso, assinale a alternativa correta.
- a) O Sistema Nervoso Parassimpático estimula o cerebelo a produzir neurotransmissores que preparam um animal, por exemplo, para enfrentar um perigo, deixando-o pronto para lutar ou fugir.
 - b) O coração é estimulado pelo Sistema Nervoso Autônomo Simpático e inibido pelo Sistema Nervoso Autônomo Parassimpático, enquanto que, na musculatura do tubo digestório, ocorre o inverso.
 - c) O Sistema Nervoso Central Somático, formado pelo encéfalo e por glândulas, tem por funções receber, integrar e relacionar os impulsos elétricos provenientes do ambiente externo.

- d) O hipotálamo é uma região da medula que tem por função ajustar os impulsos elétricos produzidos pelo cérebro, de forma a coordenar os movimentos, a postura, o equilíbrio e o tônus muscular do corpo.
- e) Os nervos que conduzem os impulsos elétricos produzidos pelo Sistema Nervoso Central, têm por funções controlar as contrações dos músculos liso e cardíaco e também a liberação de hormônios, como a melatonina.

18. CPS-SP 2014

O órgão dos sentidos responsável pela audição é a nossa orelha, também chamada comumente de ouvido.



(centroortorrinodf.com.br/anatomia/ouvido.php Acesso em: 13.09.2013)

Os problemas de ouvido são muito comuns em viajantes que enfrentam variações de altitude, pois as alterações de pressão, durante essas viagens, fazem com que os indivíduos fiquem com a sensação de ter os ouvidos tapados, o que provoca dificuldade auditiva e dor.

Assim, por exemplo, quando alguém desce a serra em direção ao litoral, e a pressão atmosférica aumenta, ficando maior do que a pressão interna da sua orelha média, o tímpano é empurrado para dentro dificultando a audição.

Essa situação, no entanto, é temporária porque na orelha média há um canal flexível chamado de tuba auditiva que se comunica com a faringe (garganta), por isso ao bocejar ou engolir saliva, ocorre a abertura das tubas nas orelhas, o que equilibra as pressões dos dois lados (anterior e posterior) de cada membrana timpânica e faz com que a dor e a sensação de surdez cessem.

Baseando-se no texto, é correto afirmar que

- a) a função da tuba auditiva é conduzir as ondas sonoras até a faringe.
- b) o ar que entra pela orelha externa sai pela garganta, quando o viajante desce a serra.
- c) o tímpano se deforma e é empurrado para dentro, sempre que o viajante sobe a serra.
- d) a orelha externa se comunica com a garganta, a fim de melhorar a sensação do paladar.
- e) a tuba auditiva ajuda a igualar a pressão em ambos os lados da membrana timpânica.

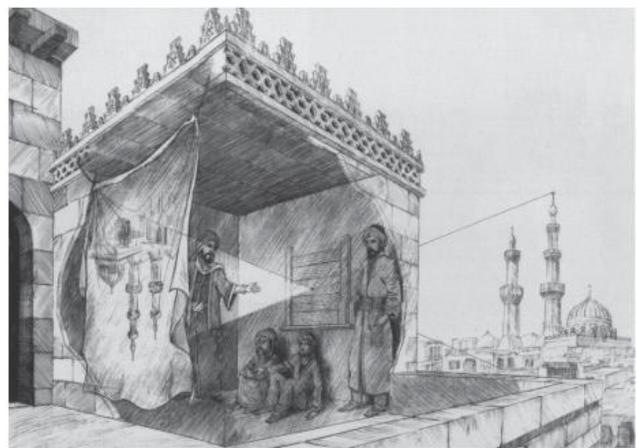
- 19. Enem 2017** A retina é um tecido sensível à luz, localizado na parte posterior do olho, onde ocorre o processo de formação de imagem. Nesse tecido, encontram-se vários tipos celulares específicos. Um desses tipos celulares são os cones, os quais convertem os diferentes comprimentos de onda da luz visível em sinais elétricos, que são transmitidos pelo nervo óptico até o cérebro.

Disponível em: www.portaldaretina.com.br. Acesso em: 13 jun. 2012 (adaptado).

Em relação à visão, a degeneração desse tipo celular irá

- a) comprometer a capacidade de visão em cores.
- b) impedir a projeção dos raios luminosos na retina.
- c) provocar a formação de imagens invertidas na retina.
- d) causar dificuldade de visualização de objetos próximos.
- e) acarretar a perda da capacidade de alterar o diâmetro da pupila.

- 20. Enem 2015** Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham: 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o *Livro da Óptica*, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em tecido utilizado como anteparo.



Zewail, A. H. Micrographia of twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010 (adaptado)

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

- a) íris
- b) retina
- c) pupila
- d) córnea
- e) cristalino

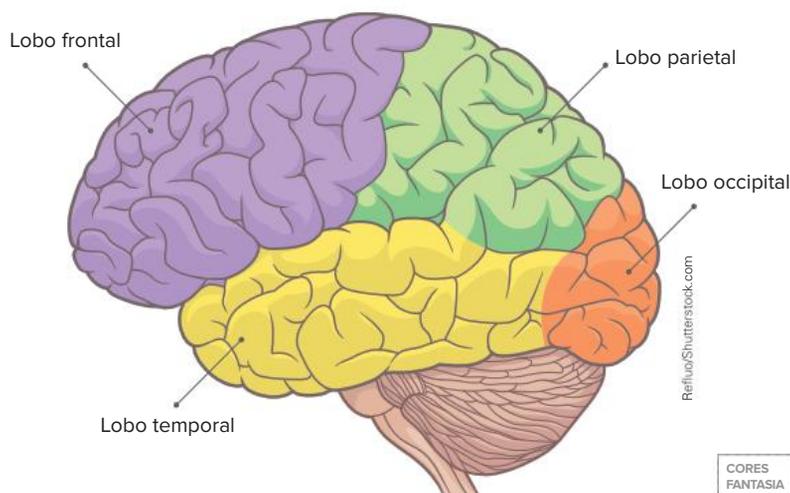
- 21. Fuvest-SP 2012** Num ambiente iluminado, ao focalizar um objeto distante, o olho humano se ajusta a essa situação. Se a pessoa passa, em seguida, para um ambiente de penumbra, ao focalizar um objeto próximo, a íris

- a) aumenta, diminuindo a abertura da pupila, e os músculos ciliares se contraem, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- b) diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se contraem, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- c) diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- d) aumenta, diminuindo a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, diminuindo o poder refrativo do cristalino.
- e) diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, diminuindo o poder refrativo do cristalino.

Textos complementares

Lobos cerebrais

Como vimos, o córtex cerebral está ligado ao desempenho de uma série de atividades, como o controle voluntário da contração muscular, a aprendizagem, a linguagem, a memória, o raciocínio, o processamento de informações sensoriais, a consciência etc. O córtex cerebral é organizado em quatro regiões, denominadas lobos, que definem áreas responsáveis por funções específicas. São eles: frontal, temporal, occipital e parietal.



Os **lobos frontais** coordenam a atividade da musculatura esquelética, linguagem, resolução de problemas, tomada de decisões, comportamentos, pensamentos, entre outras funções. Os **lobos temporais**, localizados nas regiões laterais do cérebro, contemplam as regiões de interpretação de estímulos auditivos e de compreensão da linguagem. Na parte superior do córtex, encontram-se os **lobos parietais**, onde é feita a integração de informações sensoriais e onde é interpretada a sensação do toque. Por fim, os **lobos occipitais**, localizados na porção posterior do cérebro, abrangem as áreas de associação visual.

Texto elaborado para fins didáticos.

Plasticidade neuronal

A organização geral do sistema nervoso central é determinada durante o desenvolvimento embrionário. Contudo, as conexões entre os neurônios podem ser modificadas ao longo da vida, estrutural e funcionalmente, quando o indivíduo é exposto a novas experiências e situações. Essa característica do sistema nervoso é denominada **plasticidade neuronal** e ocorre, sobretudo, nas sinapses existentes entre os neurônios.

Nesse sentido, sinapses que participam de circuitos que interligam informações de maneiras úteis e eficientes tendem a ser mantidas, enquanto aquelas que transmitem informações descontextualizadas devem ser perdidas. A plasticidade neuronal é tomada como um mecanismo essencial que permite aprendizagem ao longo de toda a vida e que possibilita avanços importantes em casos de lesões cerebrais.

Um exemplo da plasticidade neuronal é de como a música pode estimular o desenvolvimento cerebral, ser usada no tratamento de doenças como a depressão e o Alzheimer, intensificar as capacidades linguísticas e potencializar as interações sociais. O artigo a seguir trata da relação entre musicalidade e plasticidade neuronal.

Música pode estimular do desenvolvimento do cérebro à saúde emocional

Estudo apresenta contribuição da neurologia na educação musical e o uso da música para tratar doenças como depressão

Diferentes tipos de música despertam diferentes emoções e evocam lembranças, provocando uma série de respostas no corpo humano. Assim, escutar música não é apenas lazer: a música pode ter efeitos terapêuticos e ser parte das estratégias de estímulo de áreas do cérebro que despertam os potenciais de aprendizagem. Em artigo da revista *Literartes* Mauro Muszkat traz as contribuições da neurologia para o desenvolvimento na educação musical e aborda a relação entre música e desenvolvimento neurológico. Ele mostra que a música atua, inclusive, como fator de melhora em doenças como depressão ou Alzheimer. Deste modo, o autor convoca arte-educadores, músicos e educadores para observar a criança e/ou participar com ela do “processo de construção de linguagem, de maneira a encontrar respostas para as dificuldades e para a inclusão dessa criança, seja pedagógica ou social”.

De um lado está a neurociência, que trata da objetividade dos dados e dos sinais que mapeiam o funcionamento cerebral. De outro, está a música, “que não pode ser entendida sem levarmos em conta a subjetividade, o envolvimento lúdico e a transitividade que caracterizam a arte”, explica Muszkat. Quando escutamos música, nosso batimento cardíaco, nossa frequência respiratória e nossos ritmos elétricos cerebrais mudam conforme o ritmo e a melodia, em outras palavras, “dançam conforme a música”. Ela não apenas é processada no cérebro, mas afeta seu funcionamento. E os benefícios em potencial da mais emocional das artes não param aí: a música intensifica também as capacidades linguísticas.

O pesquisador da Unifesp explica que as crianças normalmente se expressam melhor pelo som e pela música do que pelas palavras, verificando-se que aquela pode ser uma ferramenta única para crianças com déficit de atenção, dislexia, autismo, depressão, esquizofrenia e outras disfunções cerebrais. Mas transtornos como a demência, por exemplo, não afetam os talentos musicais, e até contribuem para suavizar o problema. A música pode, também, “facilitar a intimidade e a aproximação física dos indivíduos com seus cuidadores, com maior engajamento em tarefas e melhor modulação positiva do humor”, comenta o neurologista. A proposta do autor é sugerir, para os cuidadores, um trabalho que apresente “sentimentos compartilhados e convergentes a partir de uma experiência emocional, estética e artística”.

Segundo Muszkat, os tratamentos realizados tendo como instrumento principal a música são conhecidos e utilizados já há séculos. O estímulo ao cérebro musical aumenta a flexibilidade mental e a coesão social, e, para isso, são utilizados recursos como a dança e jogos musicais, potencializando-se as técnicas de restabelecimento físico e cognitivo. A inteligência musical é um traço compartilhado e mutável que pode estar presente em grau até acentuado, mesmo em crianças com deficiência intelectual.

Não são só as crianças que se beneficiam com a música; os adolescentes também, atuando, essa arte, como fator de auxílio ao jovem na difícil fase de transição, em que ele se depara “com mudanças não apenas hormonais, mas neurobiológicas e mudanças na impulsividade, agilidade motora e períodos de humor oscilante e de tédio”. A música é ainda mais fundamental na era atual, em que os adolescentes tendem a se relacionar boa parte das vezes virtualmente, sem estabelecer contatos reais e relações que propiciem experiências de compartilhamento, de vivências com o outro para dividir questões que melhor se resolvem quando há vínculo afetivo.

Por fim, o pesquisador propõe um trabalho multidisciplinar em que músicos, neurologistas e professores possam levar em conta a importância da música no desenvolvimento cerebral e mental, trazendo para os alunos e pacientes atividades e possibilidades sensíveis, criativas e terapêuticas que a música nos oferece, buscando-se, nas palavras do autor, “uma poética musical inclusiva”.

ARTUR, M. Música pode estimular do desenvolvimento do cérebro à saúde emocional. *Jornal da USP*, 12 fev. 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-biologicas/musica-pode-estimular-do-desenvolvimento-do-cerebro-a-saude-emocional/>. Acesso em: 28 jan. 2022.

Resumindo

Sistema nervoso

- Os sistemas responsáveis pelo controle das atividades básicas realizadas pelo corpo humano são o sistema nervoso e o sistema endócrino.
- O sistema nervoso recebe informações captadas dos meios externo e interno, as interpreta e emite as respostas adequadas de acordo com os estímulos recebidos.

Neurônios

- Os neurônios são células capazes de receber e transmitir informações sob a forma de sinais elétricos denominados impulsos nervosos.
- A condução dos impulsos nervosos em um neurônio acontece no sentido dendrito → corpo celular → axônio.
- A transferência de informações entre neurônios depende de substâncias denominadas neurotransmissores.
- Em neurônios mielinizados, ou seja, com bainha de mielina, a condução do impulso nervoso é mais rápida, enquanto nos neurônios amielinizados, a condução é mais lenta.

Sinapse nervosa

- Quando um impulso nervoso chega às terminações axônicas, ocorre liberação dos neurotransmissores na fenda sináptica.
- Os neurotransmissores se ligam a receptores específicos na membrana da célula pós-sináptica.

Geração e condução do impulso nervoso

- Neurônio em repouso: não está conduzindo impulso. Apresenta potencial de repouso de cerca de -70 mV.
- Estímulos levam à abertura dos canais de sódio, resultando na entrada desses íons na célula, causando a despolarização da membrana e fazendo com que a ddp atinja cerca

de $+35$ mV. Esse potencial de membrana é denominado potencial de ação, determinando a geração de um impulso nervoso.

- Repolarização: causada pela rápida saída de K^+ , levando à hiperpolarização (ddp de até -90 mV). Com o fechamento dos canais de potássio e a ação da bomba de sódio e potássio, o potencial de repouso é restabelecido e mantido até que outro estímulo desencadeie uma nova despolarização.
- A entrada de Na^+ em uma região leva à despolarização da região adjacente da membrana do neurônio, resultando na geração de um potencial de ação nessa região.

Tipos de neurônios

- Neurônios sensoriais (via aferente): conduzem as informações captadas por receptores sensoriais em direção aos centros de interpretação localizados nas estruturas do sistema nervoso central.
- Neurônios motores (via eferente): conduzem impulsos nervosos do sistema nervoso central em direção aos órgãos efetores.
- Neurônios associativos; são encontrados em estruturas do sistema nervoso central (encéfalo e medula espinal). Esses neurônios transmitem o impulso conduzido pelos neurônios sensoriais para os neurônios motores.

Glíocitos

- Os glíocitos são células do tecido nervoso importantes para a nutrição, a defesa e a sustentação dos neurônios.
- Um exemplo de glíocito é a célula de Schwann, que produz as bainhas de mielina.

Organização do sistema nervoso

- O sistema nervoso dos vertebrados está dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP).

Sistema nervoso central

Encéfalo

Estrutura encefálica	Funções
Cérebro: dividido em dois hemisférios – direito e esquerdo – que se conectam por meio do corpo caloso. O hemisfério direito controla as atividades do lado esquerdo do corpo, enquanto o hemisfério esquerdo controla as do lado direito.	Controle voluntário da contração muscular. Corresponde ao centro de aprendizagem, memória, raciocínio, processamento de informações sensoriais, consciência etc.
Diencefalo	Tálamo: via de entrada de informações sensoriais em direção ao cérebro.
	Hipotálamo: controle da temperatura corporal, da fome, da sede, dos impulsos sexuais e das emoções.
Bulbo	Regulação dos movimentos respiratórios e dos batimentos cardíacos e controle de certos reflexos.
Cerebelo	Coordenação dos movimentos, equilíbrio e postura.

- No cérebro, o córtex cerebral (porção mais externa) é constituído de substância cinzenta (corpos celulares de neurônios), enquanto a porção interior é constituída de substância branca (prolongamentos neuronais).

Medula espinal

- Protegida pela coluna vertebral.
- Na medula espinal, a substância branca localiza-se mais externamente, enquanto a substância cinzenta é mais interna.
- A medula espinal conecta o SNC aos neurônios sensoriais e motores do SNP e, atuando de forma independente, exerce controle sobre certos tipos de reflexos.

Reflexos

- Atos reflexos, ou simplesmente reflexos, são respostas simples, rápidas e involuntárias desencadeadas por estímulos específicos.
- Arco reflexo é o conjunto de estruturas envolvidas com a execução de um ato reflexo.
- O reflexo de afastar a mão rapidamente de uma superfície aquecida e o reflexo patelar são exemplos de reflexos espinais.

Meninges

- As meninges são membranas protetoras do SNC. São elas: dura-máter, aracnoide e pia-máter.
- O líquido cefalorraquidiano, localizado entre a aracnoide e a pia-máter, atua na proteção mecânica do SNC e no transporte de substâncias, como nutrientes e neurotransmissores.

Sistema nervoso periférico

- Constituído de nervos, gânglios nervosos e receptores sensoriais.
- O SNP é o responsável por transmitir ao SNC as informações captadas nos receptores sensoriais espalhados pelo corpo e por conduzir impulsos gerados no SNC aos órgãos efetores, como músculos e glândulas.
- SNP somático: atua no controle de atividades voluntárias.

- SNP autônomo: controla atividades involuntárias.
 - Formado pelas **partes simpática e parassimpática**.
 - Essas partes atuam de forma antagônica na regulação do funcionamento das mesmas estruturas.
 - A atividade da parte simpática envolve a ação da adrenalina e da noradrenalina, enquanto a ação da parte parassimpática envolve a ação da acetilcolina.
 - A parte simpática é ativada em situações de emergência, enquanto a parte parassimpática é ativada em situações de calma e relaxamento.

Órgãos dos sentidos

Tato

- Os receptores táteis encontram-se distribuídos por toda a superfície corporal.
- Receptores sensíveis a diferentes tipos de estímulo, como vibração, temperatura e pressão.
- Há maior concentração de receptores táteis em certos locais, como na ponta dos dedos e na região dos lábios.

Gustação

- Os receptores que detectam o gosto são encontrados nas papilas gustativas, estruturas dispostas principalmente na língua.
- Os receptores gustativos são estimulados por substâncias químicas que se dissolvem sobre a língua.

Olfato

- As células receptoras olfatórias estão localizadas no epitélio que reveste a cavidade nasal.
- As células receptoras olfatórias são estimuladas por substâncias químicas que se dissolvem sobre o epitélio nasal, gerando impulsos nervosos que são conduzidos pelo nervo olfatório.
- Os impulsos chegam ao cérebro por meio do bulbo olfatório, e as informações odoríferas são interpretadas no córtex olfatório.

Audição e equilíbrio

- A orelha humana é um conjunto de estruturas ligadas à percepção dos sons (audição) e do equilíbrio. A estrutura da orelha é dividida em três regiões: orelha externa, orelha média e orelha interna.
- Orelha externa
 - Pavilhão auditivo: capta as ondas sonoras.
 - Meato acústico (auditivo) externo: direciona o som para o tímpano.
- Orelha média
 - Tímpano.
 - Ossículos – martelo, bigorna e estribo: transmitem e amplificam as vibrações em direção à orelha interna.
 - Tuba auditiva: liga a orelha média à faringe.
- Orelha interna (rede de canais e câmaras preenchida por líquido, denominada labirinto).
 - Aparelho vestibular: responsável por informar o cérebro sobre a posição do corpo no espaço.
 - Cóclea: estrutura que determina a audição.

Visão

- O olho humano é constituído por três camadas teciduais: esclera ou esclerótica (camada mais externa), coróide (camada média) e retina (camada mais interna).

- Esclera: camada rígida e dotada, em sua porção frontal, de região transparente denominada córnea, a qual permite a passagem da luz.
- Coroide: rica em vasos sanguíneos, possui, na parte frontal, a íris, região pigmentada, e uma abertura chamada pupila. Alterações no tamanho da íris regulam a quantidade de luz que passa pela pupila em direção ao interior do olho.

- Retina: com células fotorreceptoras – cones e bastonetes. Os bastonetes são sensíveis a variações na intensidade luminosa, enquanto os cones permitem a identificação das cores.
- Cristalino: lente biconvexa localizada atrás da pupila; converge os raios luminosos sobre a retina, onde a imagem deve ser formada.

Quer saber mais?



Site

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-08/estudo-da-unicamp-apresenta-novo-alvo-para-tratar-esquizofrenia>

(Acesso em: 28 jan. 2022.)

Estudo da Unicamp apresenta novo alvo para o tratamento da esquizofrenia, mostrando relação entre a doença e um distúrbio de célula cerebral.



Vídeo

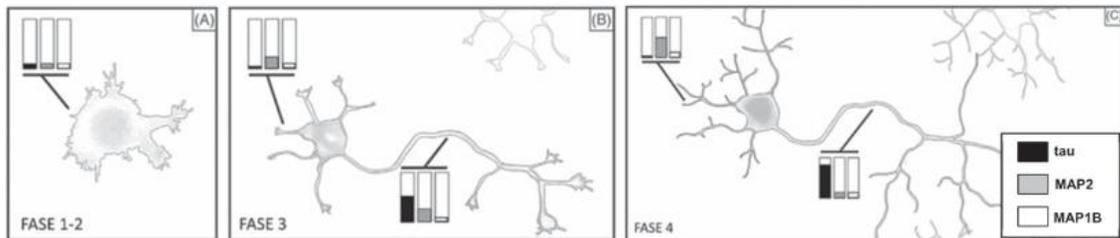
<https://www.youtube.com/watch?v=ArFbR6-wKSI>
(Acesso em: 28 jan. 2022.)

O dr. Drauzio Varella explica os sintomas e as principais causas da doença de Alzheimer.

Exercícios complementares

- Unicamp-SP 2019** Os microtúbulos, parte do citoesqueleto, estão envolvidos em diversas etapas da diferenciação de neurônios, incluindo a origem e a função de seus prolongamentos celulares – dendritos e axônios. As proteínas associadas aos microtúbulos (MAPs) têm funções essenciais nas células neuronais, podendo ser divididas em três famílias – MAP1, MAP2 e tau.

- Cite pelo menos dois papéis dos microtúbulos em uma célula eucariótica, diferentes daqueles mencionados acima. As distribuições subcelulares de tau, MAP2 e um tipo de MAP1 (MAP1B) durante a diferenciação neuronal são representadas na figura abaixo. Na fase 4, qual MAP é encontrada em maior quantidade nos dendritos?



Legenda: Fase 1-2: célula precursora neural, com prolongamentos do tipo lamelípódio e futuros neuritos; Fase 3: neurônio com polaridade, com axônios e neuritos; Fase 4: neurônio maduro, com dendritos formados a partir dos neuritos e axônio ramificado. Os gráficos de barra representam a quantidade de MAPs, conforme legenda no painel C.

(Fonte: L. Penazzi e outro, Chapter Three – Microtubule Dynamics in Neuronal Development, Pluricity, and Neurodegeneration. *International Review of Cell and Molecular Biology*, Kidlington, v. 321, p. 89-169, 2016.)

- Qual é a principal função dos axônios?
Plasticidade neuronal é a capacidade do sistema nervoso de se modificar estrutural e funcionalmente ao longo de seu desenvolvimento, ou quando sujeito a novas experiências. De que forma os dendritos e os axônios participam ativamente desse processo?
- Famema-SP 2018** O tecido nervoso é formado por neurônios, que transmitem as informações dos órgãos dos sentidos ao encéfalo, onde são interpretadas. Um neurônio apresenta três regiões básicas: axônio, dendritos e corpo celular.
 - Ordene as três regiões básicas do neurônio na sequência de propagação do impulso nervoso, desde o momento em que o neurônio é estimulado até chegar à sinapse. Cite a estrutura óssea que protege o encéfalo humano.
 - A comunicação entre dois neurônios ocorre quimicamente por meio da sinapse. Que características das regiões pré-sinápticas e pós-sinápticas garantem que a transmissão do impulso nervoso seja unidirecional?
 - Uema 2015** A maior parte do axônio é envolvida por uma camada de natureza lipídica chamada de bainha mielínica que funciona como isolante elétrico, aumentando a velocidade de condução do impulso nervoso. Algumas doenças, como, por exemplo, a síndrome de Guillain-Barré, têm origem na destruição da bainha de mielina com perda gradual da atividade motora.

Fonte: LINHARES, Sergio; GEWANDJNAJDER, Fernando. *Biologia hoje*. São Paulo: Ática, 2011.

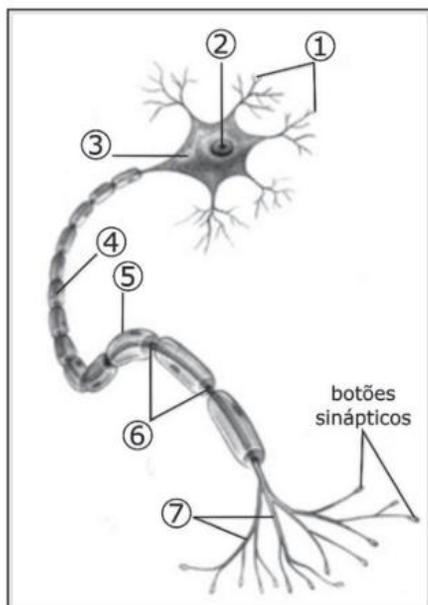
Explique como a destruição da bainha de mielina afeta a atividade muscular.

4. UEPG-PR 2018 Quando um neurônio é estimulado, ocorre uma onda de alterações elétricas que percorre a membrana do neurônio, dos dendritos em direção ao axônio. Assinale o que for correto a respeito da propagação do impulso nervoso.

- 01** A alteração elétrica é chamada de despolarização, a qual consiste em uma inversão brusca de cargas em uma pequena área da membrana plasmática. Nesse local, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais positiva que a externa.
- 02** As alterações elétricas na membrana plasmática do neurônio, durante o impulso nervoso, ocorrem devido às mudanças temporárias em sua permeabilidade aos íons sódio e aos íons potássio.
- 04** A alteração (inversão) da carga elétrica da membrana plasmática durante a despolarização é chamada de potencial de ação. Enquanto uma área despolarizada da membrana está se repolarizando, outra imediatamente à sua frente está se despolarizando.
- 08** Durante o processo de despolarização da membrana plasmática, a superfície interna da membrana torna-se momentaneamente mais negativa que a externa. Na fase de repolarização ocorre o inverso, ou seja, a superfície interna torna-se bem mais positiva que a externa.
- 16** Ao atingir a extremidade de um axônio, o impulso nervoso deve ser transmitido a outro neurônio. A região de proximidade entre o axônio e a célula vizinha, por onde se dá a transmissão do impulso nervoso, é chamada de fenda sináptica.

Soma:

5. UEPG-PR 2017 Abaixo está uma representação esquemática do neurônio. Assinale o que for correto sobre estas células e sobre o tecido do qual fazem parte.

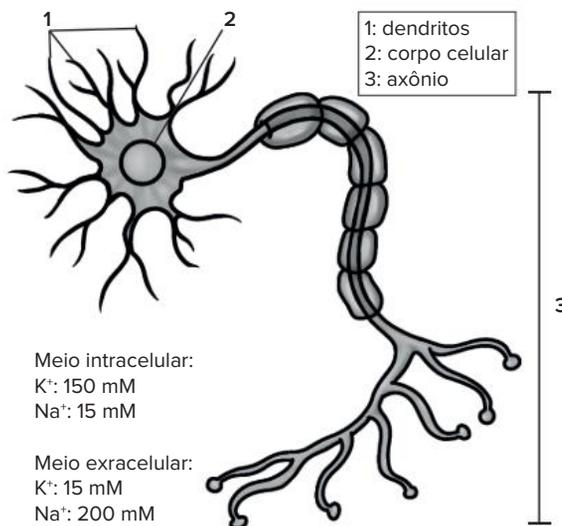


Adaptado de: Linhares, S.; Gewandsznajder, F. *Biologia hoje*. 15ª ed. Volume 1. Editora Ática. São Paulo, 2010.

- 01** Em 3 podemos observar o corpo celular, onde estão localizados o citoplasma e o núcleo (2), e por onde emergem ramificações denominadas dendritos (1). Em 4, podemos identificar o axônio, o qual termina em ramificações, os telodendros (7).
- 02** A velocidade de condução do impulso nervoso é maior nos axônios (4) com células de Schwann e bainha de mielina (5). A troca de cargas elétricas não ocorre em regiões de mielina e sim nos nódulos de Ranvier (6), razão pela qual a condução é dita saltatória.
- 04** O impulso nervoso ao longo do neurônio segue o seguinte caminho: entra pelo dendrito (7), passa pelo corpo celular (4) e sai pelo axônio (3).
- 08** Ao atingir as ramificações finais do axônio, o impulso nervoso provoca a excitação de partículas sinápticas, com a liberação de neurotransmissores.
- 16** Nos axônios (3), podemos distinguir bem a célula de Schwann (2), responsável por sintetizar bainha de mielina, que preenche toda essa região. Os telodendros (1), recebem mensagens dos órgãos do sentido ou de outros neurônios.

Soma:

6. UFSC 2013 O neurônio é uma célula altamente especializada, didaticamente dividida em três regiões: dendritos, corpo celular e axônio, conforme a figura abaixo.



Compilado de: GUYTON & HALL. *Tratado de fisiologia médica*, 11. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2006.

Considere o esquema de uma célula neural e assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01** Um neurônio em repouso apresenta concentrações dos íons de sódio e potássio semelhantes às encontradas no meio extracelular.
- 02** Se colocado em meio hipotônico, o neurônio acima terá uma entrada passiva de água por osmose, sendo a homeostase celular facilmente restabelecida por bombas de água que ocorrem em toda membrana plasmática.

- 04 Quando o impulso nervoso ocorre, há abertura dos canais de sódio e ocorre grande influxo deste íon para o interior da célula através de transporte ativo.
- 08 O impulso nervoso ocorre sempre no sentido $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.
- 16 Se colocado em meio hipertônico, o neurônio acima terá saída de água por osmose, um tipo de transporte de membrana que utiliza ATP.
- 32 Em um neurônio em repouso, a superfície interna da membrana plasmática é eletricamente negativa em relação à superfície externa.

Soma:

7. **Uerj 2012** Em um experimento no qual se mediu a velocidade de condução do impulso nervoso, foram observados diferentes resultados para as fibras nervosas mielinizadas e para as não mielinizadas. Cite o tipo de fibra nervosa na qual a velocidade de condução do impulso é maior. Em seguida, identifique o fator que explica a diferença de transmissão do impulso nervoso nos dois tipos de fibras.
8. **Unesp 2013** A lei tornou-se mais rigorosa com aqueles que dirigem embriagados: entrou em vigor no dia 21 de dezembro de 2012 a Lei 12.760/12, conhecida como a Nova Lei Seca.

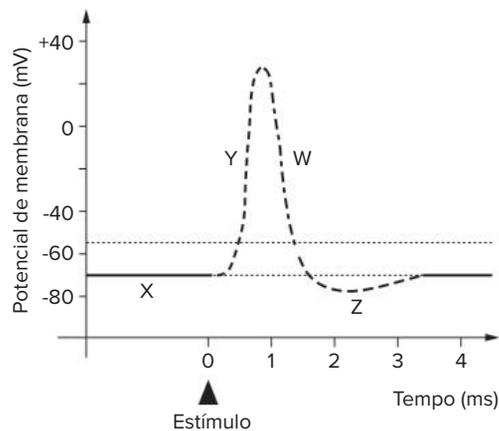


(www.brasil.gov.br)

Pela nova lei, a verificação da ingestão de álcool pelo motorista pode se dar pelo teste de alcoolemia, cujo resultado é fornecido pelo etilômetro, um aparelho conhecido popularmente como “bafômetro”, e também pela constatação da alteração da capacidade psicomotora do motorista.

Considerando a fisiologia humana, explique, em linhas gerais, como o álcool ingerido pelo motorista pode chegar ao etilômetro, no qual é detectado. Considerando a ação do álcool sobre o sistema nervoso central, explique o porquê dos movimentos lentos e da alteração da fala, característicos daqueles que o ingerem.

9. **Fuvest-SP 2018** O gráfico representa modificações elétricas da membrana de um neurônio (potencial de membrana), mostrando o potencial de ação gerado por um estímulo, num dado momento.



- a) Identifique, nesse gráfico, as fases indicadas pelas letras X, Y, W e Z.
- b) A esclerose múltipla é uma doença autoimune, em que ocorre dano à bainha de mielina. Que efeito tem essa desmielinização sobre a condução do impulso nervoso?
10. **UFSC 2014** A maioria das pessoas aceita sem embaraços os resultados da pesquisa científica experimental quando ela se aplica às outras partes do corpo: não nos sentimos incomodados, por exemplo, com o conhecimento de que o coração não é a sede das emoções... No entanto, a ideia de que a mente e a espiritualidade humanas se originam num órgão físico, o cérebro, parece nova e desconcertante para algumas pessoas. Elas acham difícil acreditar que o cérebro é um órgão computacional de processamento de informações cujo extraordinário poder resulta, não do seu mistério, mas de sua complexidade – da enorme quantidade, variedade e interatividade de suas células nervosas.

KANDEL, Eric R. Em busca da mente: o nascimento de uma nova ciência da mente. São Paulo: Cia. das Letras, 2009. p. 23.

Analise as proposições abaixo e indique a soma da(s) **CORRETA(S)**.

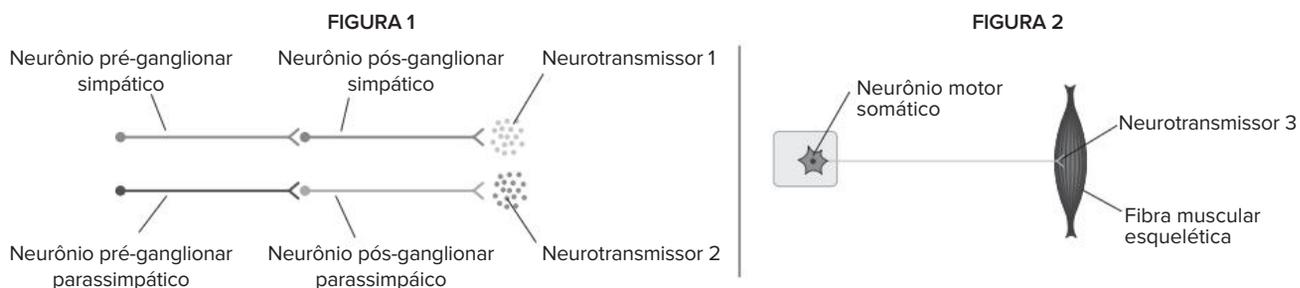
- 01 O cérebro de um indivíduo adulto tem sua origem embrionária a partir da região posterior do tubo neural.
- 02 O cérebro possui áreas responsáveis por sensações, movimentos, enquanto que associações como, por exemplo, as lembranças são processadas no cerebelo.
- 04 Os gliócitos ou células gliais fazem parte do cérebro e são células responsáveis por dar sustentação e nutrir os neurônios.
- 08 A comunicação entre neurônios normalmente é feita através das sinapses químicas, as quais se caracterizam pela ausência de contato físico entre os neurônios envolvidos.
- 16 Nas sinapses químicas, ocorre a liberação de moléculas neurotransmissoras como, por exemplo, a adrenalina, a serotonina e a dopamina.
- 32 Substâncias químicas como os opiáceos e a nicotina, entre outros, não interferem nas sinapses químicas estabelecidas entre os neurônios.

Soma:

- 11. UEM-PR 2015** Nos vertebrados, o sistema nervoso central é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal. Nesse grupo de animais o encéfalo é muito desenvolvido, formando o grande centro de comando do corpo. Sobre as funções relacionadas às diferentes regiões do encéfalo, é **correto** afirmar que
- 01** o hipotálamo é o centro das expressões emocionais. Atua, também, no controle da temperatura corporal, do balanço hídrico, do apetite, e interfere nas atividades dos órgãos viscerais.
 - 02** o bulbo atua no controle das funções automáticas vitais, como a respiração, a digestão e os batimentos cardíacos.
 - 04** o tálamo atua na coordenação dos movimentos do corpo, no equilíbrio e no tônus muscular.
 - 08** o mesencéfalo atua na homeostase, no controle hormonal e nas emoções.
 - 16** o cerebelo atua na regulação do estado de consciência, de alerta e de atenção.
- Soma:

- 12. UPF-RS 2018** Um indivíduo bateu a cabeça durante um acidente e teve uma lesão no lobo encefálico frontal. Devido a essa lesão, é de se esperar que esse indivíduo apresente
- a) dificuldade em reconhecer sons.
 - b) alterações no tato e na capacidade de sentir dor.
 - c) alterações na visão.
 - d) alterações no equilíbrio.
 - e) dificuldades para articular a fala.

- 13. UFPR 2014** A figura 1 apresenta um esquema da organização do sistema nervoso autônomo e a figura 2 um esquema da sinapse entre o axônio de um neurônio motor e uma fibra muscular estriada esquelética (junção neuromuscular).



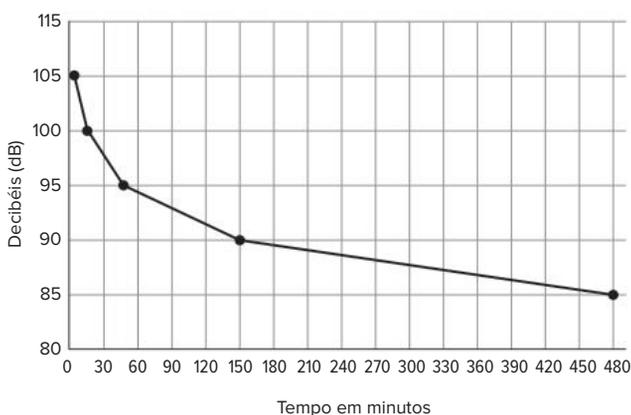
- a) Nomeie os neurotransmissores 1, 2 e 3.
 - b) Qual é o efeito do neurotransmissor 3 sobre fibras musculares estriadas cardíacas?
 - c) Qual é o efeito do neurotransmissor 1 sobre fibras musculares estriadas cardíacas?
- 14. Unifesp** A tabela mostra os efeitos da ação de dois importantes componentes do sistema nervoso humano.

X	Y
Contração da pupila	Dilatação da pupila
Estímulo da salivação	Inibição da salivação
Estímulo do estômago e dos intestinos	Inibição do estômago e intestino
Contração da bexiga urinária	Relaxamento da bexiga urinária
Estímulo à ereção do pênis	Promoção da ejaculação

- a) A que correspondem X e Y?
 - b) Em uma situação de emergência, como a fuga de um assalto, por exemplo, qual deles será ativado de maneira mais imediata? Forneça um outro exemplo, diferente dos da tabela, da ação desse componente do sistema nervoso.
- 15. UEM-PR 2015** Com base nos conhecimentos sobre o sistema nervoso humano, assinale o que for **correto**.
- 01** O lobo frontal coordena movimentos como andar de bicicleta, mantendo o restante do corpo em equilíbrio, e também recebe informações visuais.
 - 02** A medula espinhal elabora respostas simples a determinados estímulos, tais como retirar a mão após um choque elétrico.
 - 04** Ao ingerir algum alimento, o sistema nervoso somático entra em ação estimulando o estômago a produzir o suco digestivo.
 - 08** Situações de estresse, como em um estado de perigo, são associadas ao sistema nervoso central e à adrenalina.
 - 16** O sistema nervoso periférico autônomo simpático é diretamente responsável pela palidez facial e pelas mãos geladas, características nos episódios de sustos.
- Soma:

- 16. UFU-MG 2017** A orelha humana capta informações sobre duas variáveis importantes: o volume do som e o tom que estão relacionados às ondas sonoras.
- A percepção humana do volume (altura do som) de uma onda sonora é sua amplitude ou altura. Qual a relação dessa amplitude com os potenciais de ação nos neurônios?
 - A detecção das frequências das ondas ocorre em qual parte da orelha interna?

- 17. UFSC 2017** Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 1,1 bilhão de jovens em todo o mundo corre o risco de sofrer perda auditiva devido à exposição a níveis sonoros prejudiciais causada por seus hábitos diários, como o uso de fones de ouvido. Os adolescentes e os jovens adultos, com idade entre 12 e 35 anos, estão expostos a riscos pelo uso excessivo de dispositivos de áudio. O volume desses dispositivos pode variar entre 75 e 136 decibéis no nível máximo. O gráfico abaixo demonstra a relação entre o volume máximo e o tempo de exposição ao som que a OMS considera segura à saúde auditiva.



Disponível em: <<https://cultura.estadao.com.br/blogs/direto-da-fonte/adolescentes-poderao-ter-surdez-precoce-diz-pesquisa/>> e <http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_English_lowres_for_web.pdf?ua=1>. Acesso em: 2 ago. 2016.

Sobre os assuntos relacionados ao texto e aos dados apresentados, é correto afirmar que:

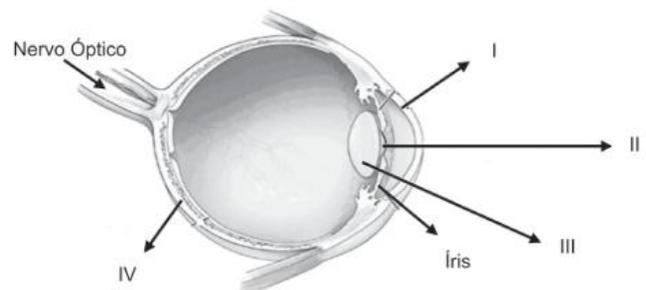
- o risco à saúde auditiva provocado pela intensidade do som em relação ao tempo de exposição é o mesmo de alguém que ouve quinze minutos de música a 100 dB e de um operário que trabalha duas horas e trinta minutos a 85 dB.
- sons de alta intensidade ou infecções podem causar perda auditiva.
- a tuba auditiva é um canal que equilibra a diferença entre a pressão atmosférica e a pressão no interior da orelha média.
- a surdez é um fenótipo resultante das interações com o meio ambiente, não havendo casos de origem hereditária.
- a orelha interna é constituída pela cóclea e por canais semicirculares, estruturas responsáveis pela percepção das ondas mecânicas do som.

- a percepção dos sons ocorre na orelha interna, sem a participação do nervo auditivo, pois a sua localização próxima ao cérebro facilita a transmissão dos impulsos nervosos ao centro de audição do córtex cerebral.

Soma:

- 18. Unicamp-SP** Na Olimpíada de Pequim ocorreram competições de tiro ao alvo e de arco e flecha. O desempenho dos atletas nessas modalidades esportivas requer extrema acuidade visual, além de outros mecanismos fisiológicos.
- A constituição do olho humano permite ao atleta focar de maneira precisa o objeto alvo. Como a imagem é formada? Quais componentes do olho participam dessa formação?
 - Os defeitos mais comuns na acomodação visual são miopia e hipermetropia. Por que as imagens não são nítidas no olho de uma pessoa míope e de uma pessoa hipermetrope? Como os óculos podem corrigir esses dois problemas?

- 19. UFSC 2012** A figura abaixo representa um corte longitudinal do olho humano.



Sobre as estruturas assinaladas acima e sua função, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- A imagem de um objeto se forma por completo na estrutura **III**.
- Em **III** temos a camada pigmentada do olho.
- A estrutura **I** corresponde a uma lente chamada cristalino.
- A abertura indicada em **II** é a córnea e pode ser transplantada entre seres humanos.
- A estrutura **IV** é composta por células fotossensíveis, os cones e os bastonetes.
- A miopia e a hipermetropia decorrem da formação incorreta da imagem na estrutura **I**.
- A íris atua regulando a quantidade de luz que penetra no interior do globo ocular.

Soma:

- 20. Cefet-MG 2019** Usar a tecnologia para melhorar a vida de pessoas com deficiência tem sido um dos objetivos de trabalhos apresentados pelo CEFET-MG em eventos científicos locais. Estudantes do Curso Técnico em Equipamentos Biomédicos desenvolveram o projeto "Vision DC – Diferenciador de cédulas de dinheiro para

deficientes visuais”, orientados pelo professor Renato Zanetti. O aparelho informa a cor das cédulas através de um alto falante ou fone de ouvido, identificando, assim, o valor das notas.

27ª Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações do CEFET-MG. Disponível em: <<http://cefetmg.br/noticias/arquivos/2017/10/noticia048.html>> Acesso em: 22 Set 2018.

O aparelho que diferencia as cédulas, desenvolvido pelos estudantes do CEFET-MG, substitui a função

- a) da íris.
- b) da cóclea.
- c) dos cones.
- d) dos canais semicirculares.

21. **Feevale-RS 2016** Nossos olhos são capazes de captar uma enorme quantidade de informações do meio ambiente, que são enviadas ao encéfalo, para serem processadas e colocadas em uso. Considere

verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmações sobre o olho humano.

- Todo o olho é coberto por uma camada protetora de tecido conjuntivo fibroso, chamada córnea, visível e conhecida como a parte branca do olho.
- A íris é uma parte colorida do olho que apresenta, em seu centro, um orifício chamado pupila, por onde entra a luz.
- O olho possui uma camada que reveste internamente a câmara ocular, chamada retina, formada, principalmente, por bastonetes e cones.

Marque a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

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

BNCC em foco

EM13CNT104

1. **PUC-PR 2015** Leia o fragmento de texto abaixo, publicado em 08/06/2014 na Folha de São Paulo.

Bem-vindo ao trans-humanismo

Como definir um ser humano? É o corpo? O jeito de ser? A capacidade autorreflexão, de compaixão? A mente? Talvez todas essas coisas e outras mais? O que parece óbvio para maioria das pessoas vai ficar cada vez menos, com o avanço da nossa relação cada vez mais simbiótica com aparelhos e instrumentos. Trans-humanismo é definido como a possibilidade de a raça humana evoluir além de suas limitações mentais e físicas, especialmente através da intervenção da ciência e da tecnologia. Pode parecer coisa de ficção científica: pessoas com asas violetas, ou capazes de levantar um carro com uma mão, ou com uma memória prodigiosa. Se sua definição do que é ser humano é purista, ou seja, sem intervenção de fontes externas, é bom abrir os olhos: quase ninguém mais é. Tomemos, por exemplo, os remédios. Se tomamos um remédio que muda nossa química, por exemplo, se temos depressão ou pressão alta, já não somos os mesmos. Somos produto de quem éramos mais o remédio. O trans-humanismo não aparece apenas no cinema, serve também para aliviar o sofrimento humano. Para muitos, essa é sua maior motivação. A apropriação pelo corpo da química farmacêutica muda nossa natureza. Mesmo vitaminas, fazem a mesma coisa, mudando nossos corpos para termos um sistema imunológico mais resistente, ou mais energia etc.

Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/marcelogleiser/2014/06/1466640-bem-vindo-ao-trans-humanismo.shtml>>. Acesso em: 19.03.2015

De acordo com o autor, um remédio tomado para depressão, por exemplo, alteraria nossa química e seria um bom exemplo do trans-humanismo. Sobre os

efeitos desse tipo de medicamento no sistema nervoso central, assinale a alternativa CORRETA.

- a) Esses medicamentos podem agir impedindo a recaptação de neurotransmissores em uma fenda sináptica.
- b) Esses medicamentos aumentam a quantidade de neurotransmissores na junção neuromuscular.
- c) Esses medicamentos não alteram a quantidade de substâncias químicas, mas apenas o tipo de neurotransmissor liberado.
- d) Esses medicamentos atuam através da liberação de hormônios, estando mais relacionados ao sistema endócrino que ao nervoso.
- e) A efetividade do tratamento não depende da concentração do medicamento usado, mas sim de sua farmacodinâmica e farmacocinética.

EM13CNT104

2. **OBB 2017** O número de indivíduos que sofrem com patologias associadas ao consumo abusivo de etanol tem aumentado significativamente no último século. Como consequência desse fato, os custos associados ao tratamento do alcoolismo, bem como das doenças associadas a ele também têm aumentado, onerando o sistema de saúde e se tornando um problema de saúde pública de grande relevância atualmente. Os mecanismos moleculares que desencadeiam muitas dessas doenças não estão completamente esclarecidos. O tecido hepático é o mais afetado pelo etanol e as mitocôndrias têm sido apontadas como alvos cruciais na toxicidade hepática induzida pelo álcool...”

Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000911628&fd=y> Acesso em: 21 nov 2015.

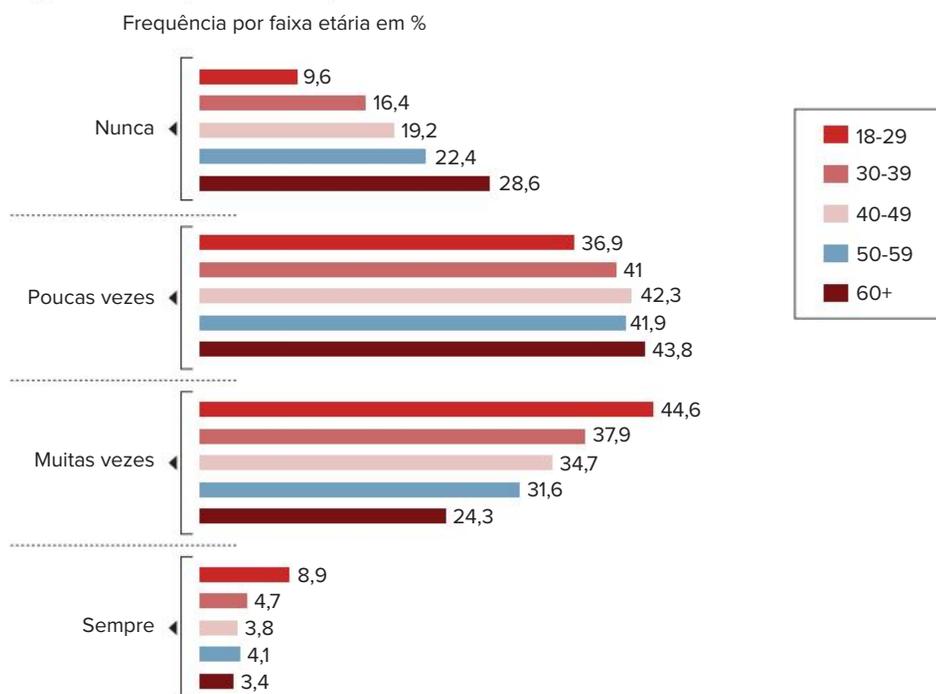
Sobre o álcool etílico (etanol), seus efeitos e organelas citoplasmáticas envolvidas é correto afirmar:

- O álcool etílico apresenta, conforme o texto acima, efeito citotóxico ao fígado, comprometendo a ação das mitocôndrias, organelas formadas por dupla membrana, com DNA, RNA e ribossomos próprios presentes nas cristas mitocondriais.
- O etanol é degradado no fígado pelas vesículas do retículo endoplasmático granuloso e pelos peroxissomos. Durante esse processo atuam diversas enzimas, como a peroxidase e a catalase.
- O etanol é um subproduto do processo de fermentação anaeróbia de certos microrganismos, como as leveduras, processo em que a molécula de glicose, monossacarídeo produzido na respiração, é degradada produzindo CO_2 .
- O etanol, droga lícita e psicotrópica, tem ação depressora do sistema nervoso central. Provoca diminuição nos reflexos dos motoristas de automóveis, estando o seu consumo associado a vários acidentes.
- O álcool etílico provoca inibição na liberação do ADH ou vasopressina, hormônio de secreção neurohipofisária e de produção hipotalâmica. Dessa forma ocorre um aumento na eliminação de água pela urina, por estimular a reabsorção tubular.

EM13CNT302

- Enquanto doença, a depressão é considerada um distúrbio afetivo, por vezes suficientemente intenso a ponto de afetar negativamente o desempenho de funções e de reduzir o interesse e o prazer do indivíduo por atividades em geral. O transtorno depressivo pode ser desencadeado ou agravado por situações estressantes, como as vividas durante a pandemia de covid-19. A imagem a seguir mostra dados relativos à depressão no Brasil levantados entre abril e maio de 2020, ou seja, durante a pandemia de covid-19.

Depressão na pandemia por idade



Fonte: FIOCRUZ; UFMG; UNICAMP. In: DANTAS, C. Pesquisa indica renda afetada, alta da depressão e mais consumo de álcool e tabaco no Brasil pós-pandemia. *G1*, 29 maio 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/viva-voce/noticia/2020/05/29/pesquisa-indica-renda-afetada-alta-da-depressao-e-mais-consumo-de-alcool-e-tabaco-no-brasil-pos-pandemia.ghtml>. Acesso em: 28 jan. 2022.

Quando o transtorno depressivo é diagnosticado, um tratamento adequado deve ser iniciado, muitas vezes, por meio do uso de medicamentos. Um exemplo de medicamento que pode ser indicado nesses casos é o cloridrato de clomipramina, que é usado para tratar, além da depressão, distúrbios do humor. O cloridrato de clomipramina aumenta a disponibilidade natural de certas substâncias no cérebro, como a noradrenalina e a serotonina, ou faz seus efeitos durarem mais tempo.

Acerca das informações apresentadas, julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- A faixa etária menos afetada pela depressão no período analisado foi a de pessoas entre 18 e 29 anos.
- As pessoas com mais de 60 anos representam o maior percentual de indivíduos que se sentiram sempre deprimidos no período analisado.
- Noradrenalina e serotonina são exemplos de neurotransmissores que atuam nas sinapses nervosas existentes entre os neurônios presentes no cérebro.
- O aumento da disponibilidade de noradrenalina pode resultar em redução acentuada do ritmo cardíaco e respiratório.

Frente 1

Capítulo 12 – O transporte através da membrana

Revisando

- Exocitose é a eliminação de resíduos provenientes da digestão celular ou de secreções produzidas pela célula e que serão utilizados em um local diferente do local de produção. O processo se dá quando vesículas contendo esse material se fundem à membrana plasmática.
- F; V; F; F
- Transporte passivo e transporte ativo. O primeiro não envolve gasto de energia pela célula e compreende difusão e osmose. Já o segundo ocorre com gasto de energia, como é o caso da bomba de sódio e potássio.
- Osmose é o transporte de um solvente através de uma membrana semipermeável, partindo de uma solução hipotônica em direção a uma solução hipertônica. Tal processo não gasta energia e tende a manter a igualdade das concentrações das soluções separadas pela membrana semipermeável.
- É a força que seria necessária para impedir que o solvente se desloque por osmose da solução menos concentrada para a mais concentrada.
- Em solução hipertônica, uma hemácia perderá água para o meio, terá seu volume diminuído e ficará com a sua superfície enrugada. Já em solução hipotônica, a hemácia ganhará água do meio, terá seu volume aumentado e poderá sofrer hemólise.
- Em uma solução hipertônica, uma célula vegetal perderá água para o meio, terá seu volume diminuído e a membrana plasmática pode descolar-se parcialmente da parede celular, caracterizando a plasmólise. Já em solução hipotônica, a célula vegetal ganhará água do meio e terá seu volume aumentado (fica túrgida), mas não se rompe, devido à presença da parede celular.
- O transporte ativo é caracterizado pelo transporte de partículas através da membrana plasmática contra o gradiente de concentração, com participação de proteínas transportadoras. Envolve gasto energético e mantém a desigualdade de concentrações.

Exercícios propostos

- E 2. C 3. E
- Soma: 02 + 04 + 08 = 14
- B
- a) Transporte ativo e transporte passivo, respectivamente. O transporte de A

ocorre contra um gradiente de concentração, como mostra a relação C_{intra} / C_{extra} maior que 1 (mantém a concentração intracelular maior que a extracelular). O transporte de B não ocorre contra um gradiente de concentração, atingindo o equilíbrio com C_{intra} / C_{extra} igual a 1.

- O transporte da substância A deve ser inibido pelo cianeto, pois o transporte ativo depende de fonte energética (ATP). O transporte passivo de B não deve ser alterado pelo cianeto, já que independe de energia.

7. A 8. A 9. D 10. D

11. Soma: 01 + 02 + 04 = 07

12. D

Exercícios complementares

- Soma: 04 + 08 = 12
- B
- a) A estrutura celular envolvida diretamente no processo é a membrana plasmática por onde a água atravessará, vinda do meio hipotônico para o hipertônico (interior das hemácias), causando a hemólise.
b) As concentrações dos íons de sódio e de potássio nos meios intracelular e extracelular são mantidas pelas bombas de sódio e potássio: por transporte ativo, ou seja, mediante o gasto de ATP, ocorre o bombeamento de sódio para fora da célula e de potássio para o seu interior.
- C 5. C
- a) Transporte passivo de água por osmose.
b) Soluções de diferentes concentrações separadas por membrana semipermeável.
c) A diferença de comportamento deve-se à presença da parede celular nas células vegetais e à ausência dessa estrutura nas células animais (hemácias). Em água destilada, células vegetais ficam túrgidas e hemácias estouram. Já em solução salina, células vegetais ficam plasmolisadas e hemácias ficam murchas.
- E 9. B 11. D
- E 10. A 12. D

BNCC em foco

- Trata-se do fenômeno de difusão simples, por meio do qual os solutos se movimentam a favor do gradiente de concentração. No caso do O_2 , o processo ocorre no sentido da água para as brônquias; no caso do CO_2 , no sentido contrário.
- Graças a esse mecanismo, a água sempre tem mais O_2 do que o

sangue, melhorando, portanto, a eficiência respiratória.

- Uma vez que a concentração do ambiente externo (água do mar) é maior do que a concentração interna (fluidos corporais do peixe), e que esses ambientes estão separados por uma membrana semipermeável (membrana das células epiteliais do peixe), a água tende a sair das células do peixe, sem gasto energético.
- O bombeamento de íons contra o gradiente de concentração é uma forma de transporte ativo, isto é, com gasto de energia, o que justifica a grande concentração de mitocôndrias no citoplasma da célula, uma vez que essas organelas são responsáveis pela produção de ATP.
- a) Em A está representado o processo de difusão simples, que ocorre a favor do gradiente de concentração.
b) Na membrana plasmática existem proteínas transportadoras específicas (permeases) que facilitam a entrada da glicose. Do lado externo da célula, a molécula do açúcar liga-se à proteína transportadora, que sofre uma modificação em sua conformação, abrindo-se do lado interno da célula e permitindo a passagem da glicose. Em seguida, a proteína volta à conformação inicial.

Capítulo 13 – Introdução à Genética clássica

Revisando

- Probabilidade pode ser definida como a relação entre o número de eventos favoráveis e o número de eventos igualmente possíveis.

$$\text{Probabilidade} = \frac{\text{número de eventos favoráveis}}{\text{número de eventos igualmente possíveis}}$$

- $n = n^0$ de eventos favoráveis = 1 rei de ouros
 $m = n^0$ de eventos possíveis = 52 cartas
 $P(\text{rei de ouros}) = \frac{n}{m} = \frac{1}{52}$
- Genética é o ramo da Biologia que estuda os mecanismos das transmissões das características hereditárias.
- a) Denominam-se autossômicos.
b) Sim. Os genes localizados nesses 44 cromossomos são responsáveis pela chamada herança autossômica.
- É a manifestação de uma característica. É determinado pelo genótipo, podendo ser influenciado pelo ambiente.
- Um exemplo de fenótipo influenciado pelo meio pode ser uma pele originalmente clara bronzeada pelo sol.

7. Os alelos se segregam independentemente na formação dos gametas, então uma pessoa heterozigota pode formar 50% de gametas com o alelo A e 50% de gametas com o alelo a.
8. A geração parental é formada de indivíduos homozigotos puros para dois alelos diferentes (por exemplo, AA e aa). A geração F1 é constituída apenas de indivíduos heterozigotos, com fenótipo dominante (Aa). A geração F2, resultante da autofecundação da geração F1, apresenta indivíduos de fenótipos dominantes e recessivos, na proporção 3 : 1, e com genótipos AA, Aa e aa, na proporção 1 : 2 : 1.
9. Devem ser realizados cruzamentos entre linhagens puras dominantes e recessivas e observado o fenótipo obtido na geração seguinte: serão gerados apenas indivíduos com o fenótipo dominante.
10. Heredogramas são diagramas nos quais estão representadas características hereditárias de famílias.
11. $Aa \times Aa \rightarrow AA : Aa : Aa : aa$
 $\frac{3}{4}$ ou 75% olhos castanhos

Exercícios propostos

1. B 4. A 7. B 10. D
 2. A 5. D 8. B 11. B
 3. E 6. C 9. C 12. D
13. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
14. E 15. B

Exercícios complementares

1. B 2. E 3. A 4. B
5. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 + 64 = 95$
6. a) A molécula fundamental ao metabolismo celular é o ATP, ou adenosina trifosfato. Com a redução das mitocôndrias, a energia produzida diminui, prejudicando a contração muscular e a condução do impulso nervoso.
- b) Como a síndrome de depleção do DNA é recessiva autosômica, só se manifesta em um duplo recessivo. Por isso, conclui-se que a mãe de Charlie é heterozigota (Aa) e, após o cruzamento com o pai, também heterozigoto, gerou o bebê com a doença. A probabilidade de um casal heterozigoto (Aa \times Aa) gerar um bebê com a síndrome (aa) é de $\frac{1}{4}$.
7. B
8. Como a mulher não tem fibrose cística, mas seu irmão teve, os pais são necessariamente heterozigotos (Aa), e ela pode ser AA ou Aa. Pelo cruzamento de seus pais (heterozigotos), espera-se que a proporção genotípica dos descendentes seja 1 AA : 2 Aa : 1 aa. Como a mulher não tem a doença, excetua-se a possibilidade de ela ser homozigota recessiva; logo, a probabilidade de ela ser heterozigota é igual a $\frac{2}{3}$.
- A probabilidade de um casal heterozigoto ter um filho homozigoto recessivo é igual a $\frac{1}{4}$.
- Conclui-se, portanto, que a probabilidade de o casal ter um filho com a doença é: $\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$
9. a) As colorações seriam: BB – preta; Bb – preta; Bb – branca.
- b) A probabilidade de o casal gerar um filhote branco é $\frac{1}{4}$ e a de gerar um filhote preto é $\frac{3}{4}$. Logo, a probabilidade de gerar dois filhotes brancos e um preto é: $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{64}$. Como os nascimentos podem ocorrer em qualquer ordem, é necessário somar as probabilidades: $\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4}\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4}\right) + \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4}\right) = \frac{9}{64}$.
- c) A probabilidade de o casal gerar 3 filhotes com pelagens branca, preta e branca, nessa ordem, é: $\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{64}$.

10. D 12. A 14. B
 11. C 13. D

BNCC em foco

1. a) Nove pessoas dessa família, incluindo a paciente, tiveram câncer de mama. Observe que a mãe da paciente morreu de câncer e que a doença se manifestou em pelo menos três homens da família (o avô materno da mulher, um primo desse avô e um tio da mulher por parte de mãe). A mutação foi identificada em três tias da mulher e em uma prima de segundo grau (prima da mãe dela).
- b) Sim, as duas filhas têm grande probabilidade de apresentar a mutação nos genes. Quanto a ter a doença, se a pessoa é do sexo feminino e tem um parente de primeiro grau (mãe, por exemplo) que teve câncer de mama, é grande a probabilidade de essa pessoa vir a ter a doença também. A probabilidade é maior quanto mais baixa for a idade em que esse parente teve câncer (nesse caso, a mulher tinha 27 anos quando recebeu o diagnóstico). Para as demais questões do item a resposta é pessoal.
2. C
3. O ajudante pode fazer um teste de cruzamento, também chamado de cruzamento-teste ou retrocruzamento. Ele deve polinizar as flores roxas das plantas de ervilha com o pólen de uma ervilha de flores brancas, característica sabidamente recessiva (portanto, a planta com flores brancas é homozigota, pp). Em seguida, ele deve observar a descendência. Se forem geradas apenas ervilhas de flores roxas, conclui-se que a planta parental de flores roxas é pura, ou homozigota (PP) – como ela não tem o alelo recessivo em seu genótipo, não pode gerar nenhuma planta de flores brancas (genótipo pp). Se a descendência for composta por algumas plantas de flores brancas, significa que a planta parental é heterozigota (Pp), pois um de seus gametas tem o alelo p (que, na fecundação, pode se juntar ao alelo p do gameta da planta de flor branca).

Capítulo 14 – As variações da primeira lei de Mendel

Revisando

1. A primeira lei de Mendel aborda o estudo de um par de alelos situado em cromossomos homólogos.
2. Alelos letais são alelos que podem provocar transtornos metabólicos e, por consequência, causar a morte do indivíduo.
3. Pleiotropia é a capacidade de um alelo determinar mais de uma característica de um indivíduo.
4. Gêmeos bivitelinos são aqueles que apresentam cargas genéticas distintas, ou seja, são geneticamente diferentes um do outro.
5. Gêmeos univitelinos são aqueles que apresentam a mesma carga genética e o mesmo sexo.
6. Um gene tem expressividade variável quando há variação fenotípica entre indivíduos com o mesmo genótipo.
7. A penetrância incompleta de um alelo é caracterizada quando um fenótipo não se manifesta em todos os indivíduos portadores de um determinado genótipo.

Exercícios propostos

1. B 3. E 5. B
 2. B 4. D
 6. Soma: $01 + 16 = 17$
 7. E 8. A 9. D
10. a) Os resultados obtidos indicam que o gene B (fenótipo Manx) é letal embrionário em dose dupla.
- b) Alelos:
 B – Manx (cauda curta)
 b – cauda normal
 País: macho Bb e fêmea Bb
 F1: BB – morte, 66% Manx, 33% normais
11. E 12. D

Exercícios complementares

1. A
2. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
3. C 5. A 7. C 9. A
4. C 6. B 8. B 10. D

BNCC em foco

1. a) Nesse exemplo está caracterizada a herança por dominância incompleta, pois não existe um alelo completamente dominante e os indivíduos heterozigotos (também chamados de híbridos) apresentam um fenótipo intermediário entre os fenótipos dos homozigotos.

b) **Geração Parental:** Flores vermelhas (RR) × flores brancas (rr). Gametas: R e r.

Geração F1: 100% de plantas com flores rosadas; Flores rosadas (Rr) × Flores rosadas (Rr). Gametas: R e r; R e r.

Geração F2

♀ \ ♂	R	r
R	RR	Rr
r	Rr	rr

Ou seja, 25% de plantas com flores vermelhas; 50% de plantas com flores rosadas; e 25% de plantas com flores brancas, na proporção 1 : 2 : 1.

c) Trata-se de uma variação da primeira lei de Mendel porque não segue o padrão esperado na primeira lei, segundo a qual o cruzamento de plantas puras (homozigotas) com flores vermelhas com plantas puras (homozigotas) com flores brancas teria como resultado, em F1, 100% de plantas com flores na cor condicionada pelo alelo dominante (vermelho ou branco), mas o que se obtém na planta heterozigota é uma coloração intermediária (flores rosadas). E, quando se realiza a autopolinização de F1, obtêm-se em F2, novamente, flores vermelhas e flores brancas (além de flores rosadas), indicando que os alelos continuam a ser passados aos descendentes, mas que não existe dominância completa entre eles.

2. a) Se os dois integrantes do casal são heterozigotos, ambos têm o genótipo AS e produzem os gametas A e S. Eles têm, portanto, 25% de chance de ter uma criança com anemia falciforme (genótipo SS). A probabilidade de nascer um menino com anemia falciforme é igual a 12,5% (50% de probabilidade de nascer menino × 25% de probabilidade de nascer com a condição).

b) Em Genética, fala-se em codominância quando um indivíduo heterozigoto apresenta uma mistura dos fenótipos condicionados por cada um dos alelos presentes em seu genótipo. Nesse caso, o indivíduo homozigoto para o alelo S produz apenas a hemoglobina

alterada e tem anemia falciforme, mas o indivíduo heterozigoto produz os dois tipos de hemoglobina e não tem anemia falciforme.

3. a) Se a doença é recessiva, a condição só se manifesta quando a pessoa tem duas cópias do alelo que determina a condição. Então, a menina afetada tem o genótipo ff. Os pais não manifestam a doença, então cada um apresenta um alelo dominante (F). Como a filha tem dois alelos recessivos, necessariamente recebeu um do pai e um da mãe, o que nos permite concluir que os pais são heterozigotos (Ff).

b) Não, apenas parcialmente, pois eles não são afetados pela doença, mas, como seus pais são heterozigotos, eles tanto podem ter herdado dois genes dominantes, um do pai e outro da mãe (então, seriam homozigotos, FF), como podem ter recebido um gene dominante de um dos pais e um gene recessivo do outro (então seriam heterozigotos, Ff).

tipo A e I^B condiciona tipo B. O alelo i determina tipo O. Já um indivíduo heterozigoto $I^A I^B$ pertence ao grupo sanguíneo AB.

7. Nos humanos, a presença do antígeno Rh confere o tipo sanguíneo Rh positivo (Rh^+), e sua ausência, o tipo sanguíneo Rh negativo (Rh^-).

8. A tipagem sanguínea do sistema Rh é realizada com a utilização de um soro com anticorpos anti-Rh, que é misturado a uma amostra de sangue da pessoa. No caso de o sangue aglutinar, trata-se do tipo Rh^+ ; caso não aglutine, trata-se de sangue tipo Rh^- .

9. O sistema Rh apresenta dois alelos principais, R (dominante) e r (recessivo), que conferem aos indivíduos dois tipos de fenótipo (tipos sanguíneos Rh^+ e Rh^-) e 3 genótipos (RR, Rr e rr).

10. Eritroblastose fetal é a doença hemolítica do recém-nascido (DHRN). É uma doença que decorre da incompatibilidade entre o sangue da mãe e o sangue do filho; desenvolve-se em fetos que sejam Rh^+ e tenham mães com sangue Rh^- que tenham tido contato com sangue Rh^+ anteriormente. O contato anterior da mãe com o sangue tipo Rh positivo sensibilizou-a e isso resulta na atuação do organismo da mãe contra o do feto, por meio da ação dos anticorpos anti-Rh.

11. A prevenção da doença deve ser feita constatando-se a probabilidade de o casal gerar filhos com DHRN (homem Rh^+ e mulher Rh^-). Após o nascimento do primeiro filho Rh^+ , deve-se inocular na mulher o soro anti-Rh, promovendo a destruição de hemácias Rh^+ que ela recebeu do feto e evitando que o seu sistema imune seja sensibilizado.

12. O tratamento do bebê que desenvolve eritroblastose fetal se dá por meio da transfusão sanguínea com sangue Rh negativo logo ao nascer, o que evita que as suas hemácias sejam atacadas pelos anticorpos anti-Rh da mãe presentes em seu organismo. Após certo período, os anticorpos maternos serão destruídos e deixarão de atuar, e a criança produzirá novas hemácias do tipo Rh positivo, de acordo com o seu genótipo.

13. Outro sistema sanguíneo existente na população humana é o sistema MN. Ele possui dois alelos, M e N, tratando-se de um caso de codominância. Esse sistema não apresenta interferência nas transfusões sanguíneas.

Capítulo 15 – Alelos múltiplos

Revisando

1. Os alelos múltiplos proporcionam variabilidade genética e fenotípica maiores para cada característica considerada. Por exemplo, os pelos dos coelhos podem ser: aguti, chinchila, himalaia ou albino.

2. Prevenir acidentes em transfusões sanguíneas. Antigamente, era comum um paciente receber transfusão de sangue e morrer por causa da obstrução de vasos, provocada por aglutinação do sangue recebido.

3. A determinação do tipo sanguíneo de um indivíduo é feita misturando gotas de seu sangue com gotas de soro próprio para teste de tipagem sanguínea.

Duas gotas de sangue são colocadas em uma lâmina de microscopia. Sobre uma gota, é depositado soro anti-A; e, na outra gota, soro anti-B. Verifica-se, então, com o auxílio do microscópio, se ocorreu aglutinação do sangue. O sangue do tipo A aglutina em presença de anti-A, mas não se altera em contato com soro anti-B, e o sangue do tipo B aglutina em presença do soro anti-B, mas mantém-se inalterado no contato com o soro anti-A. Esse procedimento determina os demais tipos sanguíneos.

4. Joaquim apresenta tipo sanguíneo AB.

5. Pela tipagem de sangue AB, Sílvia é uma receptora universal, ou seja, pode receber sangue de todos os grupos (A, B, AB e O).

6. a) Três alelos.

b) I^A , I^B e i.

c) Os alelos I^A e I^B são codominantes, enquanto i é recessivo. I^A condiciona

Exercícios propostos

1. V; F; V; V; F

2. A característica determinada pelos alelos A permite um número maior de genótipos na população:
A1A1; A1A2; A1A3; A1A4
A2A2; A2A3; A2A4
A3A3; A3A4
A4A4

3. a) Analisando a tabela, Bruna é a receptora universal para o sistema ABO, sendo AB⁻. Essa classificação foi feita com a aplicação de soros anti-A e anti-B (anticorpos) sobre amostras do sangue da Bruna, que apresentaram aglutinação em suas hemácias confirmando a presença de aglutinogênios AB. No caso do fator Rh, não ocorreu aglutinação, o que indica a ausência de aglutinogênios.

b) O procedimento imunológico a ser adotado no caso deste casal é Mariana receber uma injeção com o soro anti-Rh, que vai evitar que seu organismo produza anticorpos anti-Rh. Assim, o organismo de seu filho não será atacado por esses anticorpos e a eritroblastose não ocorrerá.

4. A 5. D

6. Soma: 01 + 08 = 09

7. Soma: 02 + 04 + 08 = 14

8. Soma: 16

9. B 10. C

11. V; V; F; F; F

12. A

13. a) O cruzamento entre fêmea C^{ch}C^h e um macho CC^a vai gerar filhos com fenótipos e genótipos 50% aguti (CC^{ch} e CC^h), 25% chinchila (C^{ch}C^a) e 25% himalaia (C^hC^a).

b) CC^{ch} × C^hC^a

	C	C ^h
C ^h	CC ^h	C ^{ch} C ^h
C ^a	CC ^a	C ^{ch} C ^a

P (C^{ch}C^a) = ¼ ou 25%

14. A 16. B

15. E 17. E

18. Soma: 01 + 02 + 08 + 16 + 64 = 91

19. C 24. C

20. D 25. A

21. C 26. D

22. E 27. D

23. D 28. C

29. Soma: 01 + 16 = 17

30. A 31. A

Exercícios complementares

1. E 4. D

2. D 5. D

3. B

6. Soma: 02 + 08 = 10

7. A 11. C

8. A 12. A

9. C 13. D

10. B

14. Soma: 32 + 64 = 96

15. D 16. C 17. D

BNCC em foco

1. a) Os antígenos que causam reações em transfusões sanguíneas estão na membrana das hemácias. Assim, em transfusões de plasma ou plaquetas, não há risco de reações.

b) O teste pode ser feito misturando-se gotas do sangue com soros contendo anticorpos (anti-A e anti-B). São colocadas duas amostras de sangue do indivíduo em uma lâmina de microscopia. Sobre uma das gotas pinga-se uma gota do soro anti-A e, sobre a outra, uma gota do soro anti-B. Se o sangue for do tipo O, não deve ocorrer aglutinação em nenhuma das duas gotas, porque nas hemácias do sangue do tipo O não existem aglutinogênios. Se ocorrer aglutinação nas duas gotas, o sangue é do tipo AB; se ocorrer aglutinação apenas na gota com soro anti-A, o sangue é do tipo A; e se ocorrer aglutinação apenas na gota com soro anti-B, o sangue é do tipo B.

2. a) A causa da eritroblastose fetal é uma incompatibilidade entre as hemácias do sangue do feto e os anticorpos presentes no sangue materno (que atingem a criança por meio da circulação sanguínea na placenta). O problema acontece quando a criança é Rh⁺ e a mãe é Rh⁻, sendo que a mãe já foi sensibilizada pelo sangue Rh⁺ anteriormente. É importante que o casal faça exames de sangue para saber com antecedência os respectivos tipos sanguíneos e prevenir a eritroblastose fetal em uma possível segunda gravidez.

b) Não necessariamente, já que, ainda que o primeiro filho seja Rh⁺, a mãe pode ainda não ter sido sensibilizada pela presença dos antígenos do sangue positivo para o fator Rh. Nesse caso, a eritroblastose fetal não ocorre.

c) Logo após o nascimento do filho Rh⁺, a mulher deve receber soro anti-Rh, que destrói as hemácias Rh⁺ que recebeu de seu filho (pela circulação placentária); assim, evita-se que ela seja sensibilizada.

3. a) É o tipo O⁻. São chamados de doadores universais porque podem doar sangue para todas as outras pessoas, tanto no que se refere ao sistema ABO, pois suas hemácias não têm nenhum aglutinogênio, quanto no sistema Rh, pois suas hemácias não têm antígeno Rh.

b) Em uma lâmina de microscopia, coloca-se uma gota do sangue a ser testado e pinga-se uma gota do soro com anti-Rh sobre ela. Se ocorrer aglutinação, é sinal de que os anticorpos

reagiram aos antígenos das células do sangue, ou seja, o sangue amostrado é Rh⁺. Quando não acontece aglutinação, o sangue é Rh⁻.

Frete 2

Capítulo 13 – Angiospermas

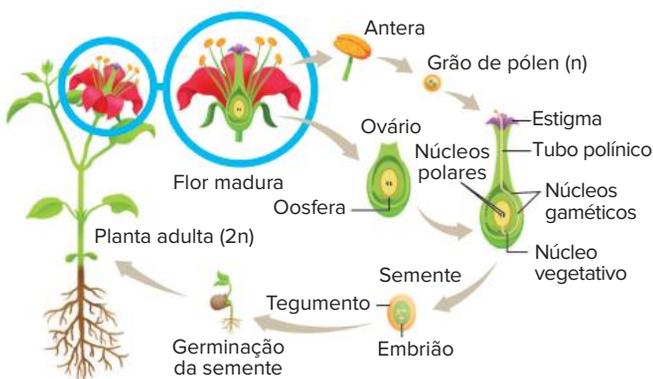
Revisando

1. Raiz, caule, folha, flor, fruto e semente.
2. O fruto e a semente.
3. Significa urna com semente.
4. Flor e fruto.
5. Antófitas ou magnoliófitas.
6. Cálice (com sépalas), corola (com pétalas), androceu (com estames) e gineceu (com pistilos, ou carpelos).
7. O estame tem filete e antera. O pistilo possui estigma, estilete e ovário.
8. É do tipo sifonogâmica e envolve o crescimento do tubo polínico.
9. É o óvulo fecundado e desenvolvido.
10. É o ovário desenvolvido.
11. Flores monóclinas têm pistilos e estames, ou seja, são flores hermafroditas, apresentam os dois sexos no mesmo órgão. Flores díclinas têm pistilos ou estames, ou seja, são flores que apresentam apenas um dos sexos, flores femininas (caso apresentem pistilos) ou masculinas (caso apresentem estames).
12. A fase esporofítica é a fase desenvolvida e a fase gametofítica é a fase reduzida.
13. Micrósporos são gerados em microspórângios, ou sacos polínicos, no interior da antera. Megásporos são produzidos no interior do óvulo, que contém o megasporângio.
14. Grão de pólen.
15. Tegumentos (2n) e um saco embrionário (n) contendo: 3 antípodas; 2 núcleos polares; 1 oosfera e 2 sinérgides.
16. Oosfera.
17. Núcleos polares.
18. São os núcleos gaméticos, ou espermatócitos.
19. A semente de angiosperma tem tegumento (2n), um embrião (2n) e o endosperma (3n).
20. Origina-se da união de um núcleo gamético com dois núcleos polares, formando uma célula triploide, a qual gera o endosperma (3n) por mitose.
21. Gimnospermas têm fecundação simples e angiospermas têm dupla fecundação.
22. Cotilédone é uma folha modificada que pode disponibilizar nutrientes para o embrião.
23. Angiospermas podem ter um cotilédone (plantas denominadas monocotiledôneas) ou dois cotilédones (denominadas eudicotiledôneas).

- b) O endosperma, tecido responsável pelo armazenamento de nutrientes para o embrião, também pode ser encontrado nas gimnospermas. No entanto, o endosperma das angiospermas é triploide (3n), o que garante maior acúmulo de substâncias de reserva e melhor nutrição do embrião no interior da semente.
15. O fruto corresponde ao ovário da flor desenvolvido. Fruta é um termo popular, não utilizado na botânica, aplicado a alimentos doces e comestíveis obtidos a partir de angiospermas, mas que não necessariamente se formaram a partir do ovário da flor. Os frutos são importantes na proteção e dispersão das sementes, possibilitando a conquista de novos ambientes pela planta.
16. a) A araucária é uma gimnosperma, e nos seus estróbilos são encontrados os óvulos e os grãos de pólen. Após a fecundação, essas plantas geram sementes “nuas”, isto é, não protegidas por um fruto. Por outro lado, no arroz, uma angiosperma, os óvulos são encontrados no interior dos ovários e os grãos de pólen são produzidos nas anteras. Após a fecundação nas angiospermas, forma-se o fruto, que protege a semente.
- b) Podem ser citados: produção de muitas flores por indivíduo; flores pouco chamativas e que não oferecem recursos para polinizadores, como o néctar; grãos de pólen pequenos, leves e numerosos.
- c) O pinhão é uma estrutura típica das gimnospermas e corresponde à semente dessas plantas. Nas angiospermas o tecido de reserva (endosperma triploide) é resultado de um processo de dupla fecundação.

BNCC em foco

1. a) Flores, que até então estavam ausentes da vegetação, pois gimnospermas não produzem essa estrutura.
- b) Uma das vantagens da flor como órgão reprodutivo está na ampliação da diversidade de recursos que promovem a polinização. Além disso, de modo geral, o ovário da flor fecundada desenvolve-se em fruto, estrutura que abriga a semente e que possibilita sua propagação, ampliando as possibilidades de alcance da espécie.
2. a) O ciclo deve ser desenhado com uma flor monóclina, isto é, com estames e pistilo.



- b) Quando o tubo polínico penetra no óvulo, ele libera seus dois núcleos gaméticos e ocorre uma dupla fecundação: na primeira, um núcleo gamético une-se à oosfera e forma-se um zigoto (2n), que gera um embrião (2n); na segunda, o outro núcleo gamético une-se aos dois núcleos polares, formando uma célula triploide (3n), que sofre mitose e gera o endosperma (3n), o tecido de reserva da semente.
3. a) O abacaxi é uma infrutescência sem sementes, já que não houve fecundação do óvulo; dessa forma, ele é classificado como fruto múltiplo e partenocárpico. Já o caju é um pseudo-fruto, pois não resulta do desenvolvimento do ovário, e sim do pedúnculo floral. A castanha do caju corresponde ao verdadeiro fruto.
- b) Os frutos abrigam e protegem a semente (onde está o embrião que se desenvolverá na futura planta) e permitem sua

ampla disseminação. Frutos maduros costumam ser nutritivos e agradáveis ao paladar, atraindo muitos animais – estes, ao se alimentarem e se deslocarem, defecam as sementes longe da planta-mãe, auxiliando na dispersão da espécie vegetal.

Capítulo 14 – Morfologia externa das plantas

Revisando

- Subterrâneas: fasciculada (gramíneas), axial (manacá-da-serra), tuberosa (mandioca).
Aéreas: escora (milho), tabular (figueira), sugadora (erva-de-passarinho), grampiforme (imbé), respiratória (manguezais), velame (orquídea), estrangulante (mata-pau).
Aquáticas: ninfeia e cabomba.
- A raiz fasciculada (em cabeleira) não possui um eixo principal, enquanto a raiz axial possui um eixo principal de onde partem ramificações.
- Monocotiledôneas apresentam raízes fasciculadas, enquanto eudicotiledôneas possuem raízes axiais.
- a) Cenoura, beterraba, mandioca.
b) Batata-inglesa, cebola, alho.
- Tronco: caule aéreo de estrutura lenhosa; apresenta ramificações. Ex.: árvores.
Estipe: cilíndrico, não ramificado. Ex.: palmeira.
Colmo: caule dividido em nó e entrenó; pode ser maciço ou oco. Ex.: cana.
Tubérculo: caule subterrâneo que produz ramos espessos que acumulam reservas nutritivas. Ex.: batata-inglesa.
- a) Laranjeira, limoeiro.
b) Maracujá, uva.
c) Cactos.
d) Plantas de mangue (*Avicennia* sp.).
- As folhas de eudicotiledôneas são reticulínervas (possuem nervuras com disposição em rede) e têm o limbo ligado ao caule por meio de um pecíolo.
As folhas de monocotiledôneas são paralelinérvas (possuem nervuras paralelas) e, em geral, têm limbo ligado ao caule por meio de uma bainha.
- Gavinhas possibilitam a fixação da planta a um suporte; espinhos conferem defesa à planta e, no caso de espinhos formados por folhas modificadas, reduzem a perda de água por transpiração.

Exercícios propostos

- B
- A
- C
- Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- C
- A
- D
- A
- A
- A
- E
- C
- D
- D
- E
- E
- A
17. a) A folha indicada pela figura B indica uma planta que vive em campo aberto, pois tem menor superfície, o que evita a transpiração excessiva. A figura A indica uma folha de uma planta que ocorre em uma floresta, já que apresenta maior superfície, uma adaptação ao melhor aproveitamento de luz.
b) A folha A possui maior quantidade de clorofila. Em ambientes menos iluminados, a produção dos pigmentos fotossintetizantes tende a ser maior, o que intensifica a captação de luz.
- E
19. A
20.
 - Órgão 1: Trata-se da raiz do vegetal, responsável pela sustentação da planta no meio terrestre e pela absorção de água e sais minerais do solo.

- b) Neste órgão vegetal, observa-se a presença de tecido de revestimento externo especializado na absorção. Suas células formam os pelos absorventes.
2. a) Órgão 2: Trata-se do caule, responsável pela sustentação das partes aéreas da planta e pela condução das seivas mineral (bruta) e orgânica (elaborada).
- b) Possui tecido de revestimento externo para proteção (súber), tecidos condutores de seivas (xilema e floema) e tecidos de crescimento (gemas e câmbio).

21. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$

22. E

23. a) As raízes fixam a planta ao solo (ou a outro substrato qualquer), absorvem e conduzem água e sais minerais e atuam, por vezes, no armazenamento de reservas nutritivas. O caule provê suporte a folhas, flores e frutos e realiza a condução da seiva inorgânica para as regiões fotossintetizadoras e da seiva orgânica para todas as demais partes da planta; pode, ainda, acumular reserva nutritiva e água e atuar na propagação vegetativa (reprodução assexuada) das plantas.

- b) As raízes são geralmente aclorofiladas, não segmentadas, desprovidas de folhas, gemas e subterrâneas (geotropismo positivo). Têm uma organização bastante simples, podendo-se distinguir uma coifa, capa de células estratificadas que protege o ápice meristemático, tecido que se divide e se diferencia formando as zonas de distensão, pilífera e suberosa (ou de ramificação). Caules apresentam, em geral, geotropismo negativo (sendo, portanto, aéreos) e fototropismo positivo, podendo ser fotossintetizantes ou não. Sua estrutura externa é composta de nós, entrenós, gemas terminais e laterais.

- c) São exemplos de raízes aéreas:
- Suporte/escoras (raízes adventícias, que oferecem equilíbrio ou sustentação à planta).
 - Tabulares (raízes em forma de tábuas, comuns em árvores de florestas tropicais, como figueiras e bombacáceas).
 - Estranguladoras (raízes que envolvem o tronco hospedeiro, por vezes impedindo seu desenvolvimento e ocasionando a morte da planta, comum em figueiras mata-pau).
 - Grampiformes (raízes adventícias formadas nos nós caulinares que desenvolvem forte ação preênsil).
 - Pneumatóforos (raízes respiratórias, com geotropismo negativo, que ocorrem em espécies típicas de ambientes pantanosos, como os manguezais. Ex.: *Avicennia*).

São exemplos de caules subterrâneos:

- Rizoma (apresenta crescimento horizontal, formando diretamente folhas ou ramos verticais com folhas. Ex.: espada-de-são-jorge, bananeira).
- Tubérculo (porção terminal intumescida de ramos caulinares longos e finos. Ex.: batata-inglesa).
- Colmo (sistema caulinar espessado e comprimido verticalmente).
- Bulbo (caule comprimido, reduzido a um disco basal do qual partem cafilos armazenadores. Ex.: cebola).
- Cladódio (clorofilado, com água armazenada. Ex.: cacto).

24. B

25. B

Exercícios complementares

1. a) Captação de água disponível no lençol freático subterrâneo, não alcançado pelas raízes das gramíneas.
- b) O revestimento espesso dos caules protege a planta dos incêndios que ocorrem no Cerrado. As folhas revestidas de ceras ou de pelos proporcionam maior proteção contra a perda de água para o ambiente.
2. a) As estruturas responsáveis pela absorção de água e de minerais, presentes na raiz íntegra da azaleia, são os pelos absorventes, extensões tubulares das células que recobrem essa região da raiz.
- b) A planta não foi capaz de absorver a água com a qual o jovem molhou o solo, pois a água era salgada, e tornou o meio hipertônico em relação às raízes, fazendo a planta perder água para o solo, ao invés de absorvê-la. A esse processo dá-se o nome de seca fisiológica.
3. a) A região/zona pilífera. Os resultados mostram que a planta mutante tem menos fosfato na matéria seca do que a planta normal. A planta mutante, portanto, absorveu menos fosfato pelas raízes, pois a região da raiz responsável pela absorção de sais minerais e água está afetada pela mutação.
- b) Foram perdidas a coifa, a região/zona de multiplicação celular (meristemática) e a região/zona de alongamento ou distensão celular (zona lisa). Sem essas partes, a raiz não crescerá em extensão, pois perdeu as regiões que têm a capacidade de formar novas células (para diferenciação) e de crescer por alongamento celular. Entretanto, a raiz poderia continuar o processo de absorção de água e elementos minerais, que ocorre, principalmente, na região/zona pilífera.

4. C

5. E

6. A

7. B

8. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$

9. A filotaxia oposta reduz o auto-sombreamento das folhas, permitindo maior captação da luz solar, necessária aos processos fotossintéticos.

10. C

11. D

12. E

13. A

14. a) Porque uma área foliar menor significa menos transpiração, portanto economia de água.

- b) Porque, ao longo da evolução, houve redução da superfície foliar e o caule passou a desempenhar função fotossintetizante, condicionada à presença de clorofila (pigmento verde).

15. D

BNCC em foco

1. O texto se refere às raízes respiratórias, também denominadas pneumatóforos, estruturas adaptadas ao ambiente do mangue (onde o solo é lodoso e há pouca disponibilidade de oxigênio). Os pneumatóforos têm a capacidade absorver gás oxigênio diretamente da atmosfera.
2. a) O corte foi feito na zona pilífera, pois é possível identificar dois pelos (projeções tubulares das células da epiderme) na ilustração.
- b) Espécies vegetais de ambientes com escassez de água, como ocorre na Caatinga, podem ter caules do tipo cladódio, que armazenam água, e folhas modificadas em espinho, característica que minimiza a perda de água por transpiração.
3. a) Milho e cana-de-açúcar: caule do tipo colmo. Beterraba: raiz tuberosa.
- b) A liberação de CO_2 na queima da biomassa da cana-de-açúcar pode ser compensada pela absorção desse gás durante o crescimento das plantas, que ocorre devido à fotossíntese empregada pelo vegetal para a produção de glicose, substância fundamental para o metabolismo. Para a maioria das espécies, a fotossíntese ocorre, majoritariamente, nas folhas, órgão repleto de clorofila (pigmento capaz de absorver energia luminosa).

Capítulo 15 – Tecidos vegetais

Revisando

1. Histologia.
2. a) Tecidos meristemáticos, ou meristemas, são formados por células indiferenciadas, com grande capacidade mitótica.
- b) São responsáveis pelo crescimento da planta e pela formação dos tecidos permanentes por meio do processo de diferenciação celular.
3. Os tecidos permanentes são classificados, de acordo com as funções que exercem, em quatro modalidades: revestimento, condução, sustentação e parênquimas.
4. O xilema, ou lenho, é o vaso condutor (tecido de condução) responsável pelo transporte de seiva inorgânica da raiz

Exercícios propostos

1. D 3. E 5. C
2. D 4. B 6. C
7. A planta A. Com menos nutrientes disponíveis, a planta utilizou a maior parte de seus recursos no desenvolvimento de suas raízes, aumentando o volume ocupado por elas e maximizando a absorção de nutrientes.
8. a) 2 (xilema ou lenho).
b) 1 (floema ou líber).
c) 2 (xilema ou lenho).
d) 5 (epiderme da raiz).
9. Soma: $02 + 04 + 08 + 32 = 46$

Exercícios complementares

1. D
2. Soma: $01 + 32 = 33$
3. a) Hidroponia é a técnica de plantio de hortaliças sem utilização de solo. As plantas ficam com suas raízes em contato permanente com uma solução de nutrientes inorgânicos. A solução circula e promove a oxigenação das raízes.
- b) As plantas citadas pertencem ao grupo das angiospermas, que apresentam como características exclusivas flores e frutos.
4. A 5. A 6. D
7. a) O cipó-chumbo é aclorofilado, portanto não é capaz de realizar fotossíntese. Assim, retira a seiva elaborada ou orgânica da planta hospedeira.
- b) As estruturas invadidas são, respectivamente, os vasos liberianos (floema ou líber) e os vasos lenhosos (xilema ou lenho). Suas raízes são denominadas haustórios (ou sugadoras), que retiram das plantas hospedeiras os nutrientes necessários à sua sobrevivência.
8. C 10. C 12. C
9. D 11. C 13. A

BNCC em foco

1. a) A = epiderme superior da folha; B = parênquima paliçádico; C = parênquima lacunoso. 1 = feixe de vasos condutores de seiva inorgânica (xilema); 2 = feixe de vasos condutores de seiva elaborada (floema); 3 = estômato.
- b) Epiderme (A): camada mais externa da folha, corresponde ao tecido de revestimento, formado por células que não contêm cloroplastos; nela estão localizados os estômatos (3), estruturas por onde ocorrem a entrada e a saída dos gases carbônico e oxigênio (na fotossíntese e na respiração) e a saída do vapor de água (na transpiração). Parênquimas paliçádico e lacunoso (B e C): formados de células que contêm cloroplastos (onde está a clorofila, por isso também

são chamados de clorofilianos); são responsáveis pela fotossíntese, que produz matéria orgânica para a planta. Xilema (1): formado por vasos condutores de seiva inorgânica (água e sais minerais). Floema (2): formado por vasos condutores de seiva elaborada, contendo açúcares produzidos na fotossíntese.

2. a) A resina é produzida por tecidos de secreção da planta (células parenquimáticas), que a liberam no interior dos canais resiníferos. Para a árvore, a resina representa proteção contra o ataque de insetos e contra a ação de fungos (agentes decompositores); por isso, sua produção é estimulada por ferimentos ou injúrias do tronco, quando então escorre para o ambiente externo, contribuindo para a cicatrização do ferimento.
- b) Os cortes feitos para a extração da resina têm profundidade suficiente para destruir o floema da árvore. Se fossem feitos em toda a volta do tronco, isso interromperia o fluxo de seiva orgânica para as regiões da árvore abaixo dos cortes, o que prejudicaria seriamente a árvore e poderia matá-la.
3. a) Esse tipo de plantação não pode ser considerado reflorestamento. Uma floresta se caracteriza pela grande biodiversidade, justamente o contrário do que ocorre em uma plantação dominada por uma única espécie de planta (monocultura), principalmente por ser essa espécie exótica.
- b) Resposta pessoal.

Capítulo 17 – Revestimentos e trocas gasosas

Revisando

1. Uma planta pode ser beneficiada pelo revestimento com a proteção contra animais, controle térmico, absorção de água pelas raízes, trocas gasosas e secreção de substâncias.
2. O acúmulo de pigmentos diferentes em uma planta, principalmente nas flores, pode servir de atrativo para animais polinizadores.
3. A epiderme de uma planta é um tecido fino, constituído por células vivas. São aclorofiladas e dispostas em uma única camada, podendo também apresentar mais camadas, de acordo com a espécie. As células são muito coesas entre si, garantindo a integridade do vegetal.
4. a) Gás carbônico.
b) Gás oxigênio.
5. Eliminação de água no estado de vapor e realização de trocas gasosas nos vegetais.
6. O gás oxigênio pode chegar aos tecidos da planta pelos estômatos, lenticelas e,

em menor quantidade, epiderme. A entrada do gás oxigênio nas células se dá por difusão.

7. A epiderme é constituída por células aclorofiladas, portanto não realiza fotossíntese. No entanto, células estomáticas são clorofiladas e realizam fotossíntese.
8. A epiderme possui uma película fina chamada cutícula (constituída de cutina ou cera), que é impermeável. Em partes do vegetal sujeitas à desidratação, como em caules e folhas, a cutícula diminui a perda de água na forma de vapor e reduz as trocas gasosas através da epiderme.
9. A epiderme pode ter como estruturas anexas: tricomas de diversos tipos (como absorventes ou urticantes), que podem, inclusive, contribuir para a retenção de vapor de água na superfície do vegetal; acúleos, com função protetora contra animais; e estômatos, constituídos por células especializadas que atuam nas trocas gasosas entre a planta e o meio externo e na transpiração.
10. O súber é um tecido de revestimento formado pela atividade de um meristema secundário chamado felogênio. É constituído por células mortas impermeáveis, devido à presença de suberina, e é mais espesso do que a epiderme. O súber inicia seu desenvolvimento em caules e raízes que apresentam crescimento em espessura (circunferência).
11. A periderme é um conjunto de tecidos presentes em plantas que apresentam crescimento secundário. Constituem a periderme: o súber (mais externo), o felogênio (tecido meristemático mais interno) e a feloderme (mais interna ao felogênio).
12. As trocas gasosas de uma planta incluem a perda de vapor de água e a entrada e a saída dos gases carbônico e oxigênio.
13. As trocas gasosas efetuadas entre a planta e o ar podem ocorrer através da epiderme, mas são realizadas em grande parte pelos estômatos.
14. Os estômatos são constituídos por células-guarda e células anexas. A fenda formada entre as células-guarda é chamada de ostíolo, sendo através dela que se processam as trocas gasosas. Os estômatos funcionam como uma válvula, que se abre e se fecha, controlando a passagem de gases. São controlados pelos mecanismos hidroativo e fotoativo.
15. O mecanismo fotoativo determina a abertura e o fechamento dos estômatos, condicionado pela presença ou ausência de luz. Na presença de luz, ocorre o transporte ativo de íons potássio das células subsidiárias para as células estomáticas. Com a elevação de concentração de íons potássio nas células estomáticas, ocorre entrada de água por osmose, tornando-as túrgidas, o que determina a abertura do estômato. No escuro, há o transporte de íons potássio para fora das células-guarda e, como consequência, a saída de água, ocorrendo o fechamento dos estômatos.

16. A transpiração das plantas consiste na perda de vapor de água, proveniente da evaporação, para o ar do meio (por difusão), que ocorre através dos estômatos (transpiração estomática) e da cutícula (transpiração cuticular) de uma planta. Para haver transpiração, o ar externo deve estar mais seco que o do interior da folha.
17. A transpiração pode ser vantajosa pelo fato de contribuir para a regulação térmica da planta e por colaborar com a movimentação de seiva bruta no interior do xilema.

Exercícios propostos

1. D 2. B 3. E 4. B
5. Proteção contra perda de água; isolamento térmico; proteção das partes internas e delicadas dos caules e raízes; realização de trocas gasosas.
6. C
7. a) Os estômatos são estruturas que regulam a entrada e a saída de gás oxigênio, gás carbônico e vapor de água na planta. Os estômatos apresentam os ostíolos, aberturas por onde ocorre o contato entre o interior da folha e o meio externo. É por meio dessas aberturas da epiderme que as bactérias conseguem invadir a planta com mais facilidade.
- b) O fechamento dos estômatos, como mecanismo de defesa das plantas contra as bactérias, prejudica a absorção de gás carbônico, substância fundamental para o processo de fotossíntese. Dessa forma, a síntese de matéria orgânica é afetada, culminando com a diminuição da produtividade primária bruta.
8. C 9. E
10. a) A abertura estomática é influenciada por fatores como o grau de turgescência das células-guarda, a luminosidade ambiental, a concentração de CO_2 e de potássio no interior das células estomáticas, entre outros. Em células-guarda bem iluminadas, ocorre a entrada de íons potássio, tornando-as hipertônicas, o que gera um gradiente osmótico para a entrada de água. Quando túrgidas, elas se afastam, determinando a abertura da fenda estomática (ostíolo).
- b) Respiração celular. Consiste na oxidação de substâncias orgânicas, liberando energia que será armazenada no ATP. A hidrólise do ATP fornece energia para o trabalho celular.
11. D
12. a) As três estruturas estão relacionadas com as trocas gasosas entre o vegetal e o meio.
- b) Estômatos são observados na epiderme das folhas e em outras partes verdes do vegetal. Lenticelas estão presentes no caule e pneumatódios, em raízes respiratórias de plantas de mangue.

13. E
14. a) A abertura e o fechamento dos estômatos dependem diretamente do grau de turgescência das células-guarda que formam essas estruturas. Quanto maior o turgor, maior o grau de abertura dos estômatos; quanto menor o turgor, menor será o grau de abertura.
- b) Estômatos abertos durante o dia favorecem dois fenômenos fundamentais: as trocas gasosas necessárias para a realização do processo de fotossíntese e a transpiração necessária para o sistema de condução de seiva bruta pelos vasos lenhosos do vegetal. Fechadas durante a noite, as fendas estomáticas impedem a perda excessiva de água pela transpiração. Na ausência de luz, torna-se desnecessária a absorção de gás carbônico.
15. C
16. B
17. A
18. Soma: $01 + 04 = 05$
19. A 21. E
20. A 22. E
23. Soma: $02 + 04 = 06$
24. Soma: $01 + 02 + 32 = 35$

Exercícios complementares

1. a) Durante a noite, os ostíolos dos estômatos nas folhas da árvore se apresentavam fechados. Em consequência do fechamento dos ostíolos, a troca gasosa é interrompida, e não ocorre o fluxo de dióxido de carbono da atmosfera para o mesófilo.
- b) A medição do fluxo de água foi realizada no xilema, tecido responsável pela condução da seiva bruta. Somente a hidratação não justifica a sobrevivência do toco, uma vez que é necessário também haver a produção de matéria orgânica pela fotossíntese realizada pelas folhas.
2. E 3. C 4. C
5. a) A planta 2 apresenta características que tornam suas folhas mais adaptadas a um ambiente xérico. A cutícula espessa protege da exposição direta aos raios solares e diminui a perda excessiva de água. O parênquima aquífero armazena água em suas células, condição necessária em ambientes com baixa disponibilidade de água. Os estômatos numerosos permitem que a folha realize mais trocas gasosas e mantenha altas as taxas de fotossíntese. Os estômatos localizados na face abaxial da folha diminuem a perda de água para o ambiente devido à menor incidência solar e a temperaturas mais baixas nessa face das folhas.
- b) Em raízes subterrâneas, a cutícula é fina em função de serem órgãos

especializados na absorção de água e nutrientes. As raízes de cenoura, beterraba e batata-doce armazenam reservas na forma de amido. Por esse motivo, a presença de parênquima amilífero é vantajosa. Nas raízes subterrâneas, não são encontrados estômatos, uma vez que não há trocas gasosas com o solo.

6. C
7. A espécie mantida em ambiente quente e úmido é a "B". Isso ocorre porque, em razão da maior disponibilidade de água, os estômatos permanecem abertos durante todo o dia. Às 12 horas, a concentração de íons K^+ na espécie A será menor que na espécie B. As células-guarda da espécie A perdem íons potássio e água, diminuindo a abertura dos estômatos e reduzindo a perda de água.
8. D 9. C 10. A
11. a) A planta B, que teve suas folhas cobertas por vaselina, transpirou muito menos do que a planta A. Consequentemente, a raiz da planta B absorveu menos água, e o nível final (Nf) do tubo correspondente ficou maior.
- b) Estômatos.
- c) Estômatos são estruturas epidérmicas responsáveis pela captação de CO_2 , matéria-prima necessária para a fotossíntese.
12. a) O gráfico da umidade relativa do ar mostra que a floresta A transpira mais que a floresta B no período chuvoso, resultando em maior umidade do ar durante esse período do ano. Assim, as maiores taxas de transpiração acarretam maior dependência dos recursos hídricos por parte da floresta A. Analisando o gráfico da concentração de gás carbônico, é possível concluir que o nível de CO_2 na floresta A é menor que na floresta B na maior parte do ano. Isso ocorre porque há maior captação de CO_2 atmosférico pela fotossíntese do que a liberação na respiração celular. Desse modo, a floresta A possui maior produção anual de biomassa.
- b) A redução no regime de chuvas resultaria no fechamento estomático e, conseqüentemente, provocaria diminuição nas taxas de transpiração na concentração de vapor de água no ar. Além disso, com os estômatos fechados, haveria redução na fotossíntese e na captação de CO_2 pela planta, fazendo com que a concentração desse gás na atmosfera aumentasse.
13. B
14. a) Espera-se que a maior quantidade de estômatos abertos ocorra por volta das 14 horas, já que esse é o horário aproximado de absorção máxima de água pelas raízes, processo dependente diretamente da taxa de transpiração da planta.

- b) O gráfico III representa a planta em estresse hídrico, pois apresenta a menor quantidade de estômatos abertos. O gráfico que apresenta a maior quantidade de estômatos abertos e, conseqüentemente, maior taxa fotossintética, é o gráfico II.
- c) A planta A cresce melhor na sombra, pois corresponde à planta com menor ponto de compensação fótico (intensidade luminosa em que a fotossíntese e a respiração são iguais). A intensidade mínima de luz para a planta consumir mais CO₂ do que produz é por volta de 3.

BNCC em foco

1. a) Em A, o meio (solução de sacarose concentrada) estava hipertônico em relação às células, portanto, as células do tecido vegetal, de modo geral, perderam água. Assim, as células-guarda não podem absorver água das células anexas e, portanto, não apresentam a turgescência necessária para a abertura do estômato. Em B, o meio onde está o tecido vegetal é água e, portanto, as células anexas conseguem absorver esse soluto do meio. A água passa por osmose para as células-guarda, já que íons potássio são transferidos ativamente das células anexas para as células-guarda, aumentando a concentração destas. A entrada de água nas células-guarda aumenta sua turgidez, provocando a mudança de forma dessas células, com a abertura do estômato.
- b) A abertura e o fechamento dos estômatos estão relacionados, principalmente, com as variações no teor de água das células-guarda (o que determina sua maior ou menor turgescência). Se houver muita água disponível no solo, as células-guarda podem receber água das células anexas, tornando-se túrgidas, o que leva à abertura do estômato. Quando, ao contrário, há pouca água no ambiente, as células anexas têm pouca água disponível e as células-guarda ficam pouco túrgidas, com a aproximação de suas paredes, fechando o estômato. A consequência é a economia de água que saíria pelo estômato (como vapor) na transpiração. Ou seja, o mecanismo hidroativo de abertura e fechamento dos estômatos é uma importante adaptação fisiológica das plantas, que permite a economia de água quando se faz necessário.
2. Sim. As folhas do alecrim apresentam algumas adaptações contra a perda de água pela transpiração: localização dos estômatos apenas na epiderme inferior da folha, o que evita a exposição direta dessas estruturas à luz e reduz a perda de água por transpiração; enrolamento

da folha em ambiente seco, formando concavidades no lado inferior, que retêm a umidade e auxiliam na diminuição da perda de água por transpiração; presença de tricomas ramificados que retêm umidade, especialmente quando as folhas se enrolam e formam as concavidades. Além das características relacionadas à economia de água, a folha do alecrim também conta com tricomas glandulares, que produzem óleos essenciais, os quais atuam na proteção da epiderme contra a ação de fungos e outros microrganismos.

3. a) Cutícula: revestimento. Epiderme: revestimento. Esclerênquima: sustentação. Estômatos: absorção e eliminação de gases e transpiração (vapor de água). Células do mesofilo: clorofiladas, realizam fotossíntese. Vasos condutores: transporte de seivas inorgânica (xilema) e orgânica (floema). Canais resiníferos: produção de resina, que protege contra o ataque de insetos e a ação de fungos.
- b) No hemisfério norte, especialmente nas latitudes onde se distribuem os pinheiros, os invernos costumam ser rigorosos, com nevascas, e a água pode congelar no solo. Ou seja, trata-se de ambiente árido, pois praticamente não há umidade atmosférica e a água no solo está indisponível para as plantas. Enquanto outras árvores desse ambiente perdem as folhas ao longo do outono e passam todo o inverno sem folhas, os pinheiros mantêm suas folhas, que permanecem verdes e ativas, pois contam com diversas adaptações contra a perda de água, como: forma de agulha (menor superfície para perda de água); cutícula espessa (minimiza a transpiração cuticular); epiderme e hipoderme formadas por células com paredes espessadas; estômatos dispostos em cavidades; células do parênquima (mesofilo) dispostas compactamente, sem espaços entre elas.

Frente 3

Capítulo 8 – Circulação e imunidade

Revisando

1. Os elementos figurados do sangue são as hemácias, responsáveis pelo transporte de gás oxigênio; os leucócitos, células do sistema imune, responsáveis pela defesa do organismo; e as plaquetas, fragmentos celulares cuja função é a coagulação sanguínea.
2. As artérias recebem o sangue, que é bombeado pelo coração sob alta pressão, enquanto as veias levam o sangue de volta ao coração, vindo de outras partes do corpo, sob uma pressão menor.

3. a) O sangue arterial é rico em O₂ e pobre em CO₂, e é proveniente das estruturas onde ocorrem as trocas gasosas, como pulmões e brânquias. O sangue venoso é rico em CO₂ e pobre em O₂, e é oriundo dos tecidos do corpo.
- b) Nos animais de circulação simples, como os peixes, o sangue passa pelo coração apenas uma vez a cada volta completa que dá pelo corpo. Já nos animais de circulação dupla, como anfíbios, répteis, aves e mamíferos, o sangue passa pelo coração duas vezes: uma quando vem do corpo e outra quando vem dos pulmões, para ser bombeado para o corpo todo.
- c) A circulação incompleta ocorre quando há mistura de sangue venoso com arterial no coração, e a completa ocorre quando não ocorre essa mistura.
4. O coração 1 pode pertencer a aves ou mamíferos; o coração 2 pertence a anfíbios e o coração 3 pertence a répteis não crocodilianos. A mistura de sangue venoso com arterial ocorre nos corações 2 e 3.
5. Os vasos que conduzem sangue venoso são as veias cava superior e inferior e as artérias pulmonares. Já as veias pulmonares e a artéria aorta transportam sangue arterial.
6. A sístole é o movimento de contração da musculatura das câmaras cardíacas, responsável por bombear o sangue. A diástole é o relaxamento da musculatura das câmaras, momento no qual elas se enchem de sangue.
7. Os órgãos primários são a medula óssea e o timo; e os secundários são os linfonodos, os vasos linfáticos, o baço e as tonsilas.
8. A imunidade inata é a primeira barreira de defesa do corpo e está presente em todos os animais; trata-se de uma resposta rápida e não específica, que abrange grande diversidade de patógenos. Já a imunidade adquirida é mais lenta, mas altamente específica, sendo observada apenas nos vertebrados.
9. A resposta imunitária primária, que ocorre quando há a primeira exposição ao antígeno, é mais lenta e produz pequena quantidade de anticorpos. A resposta secundária ocorre quando há nova exposição ao mesmo antígeno, e é mais rápida, com maior produção de anticorpos.
10. A vacina promove a imunização ativa, pois gera uma resposta do sistema imunitário, por meio da inoculação de antígenos no organismo. Ocorre a produção de anticorpos e a formação de células de memória, garantindo a memória imunitária contra esse antígeno. O soro promove a imunização passiva, pois é composto de anticorpos prontos,

então não gera resposta imunitária no organismo nem memória imunitária. É administrado quando já houve infecção pelo antígeno.

Exercícios propostos

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 1. C | 10. D | 19. B | 28. A |
| 2. D | 11. E | 20. C | 29. B |
| 3. B | 12. E | 21. C | 30. B |
| 4. B | 13. C | 22. B | 31. D |
| 5. A | 14. B | 23. E | 32. D |
| 6. A | 15. B | 24. A | 33. E |
| 7. B | 16. B | 25. D | 34. E |
| 8. E | 17. E | 26. D | 35. A |
| 9. C | 18. B | 27. A | 36. C |
37. Soma: $08 + 16 + 64 = 88$
38. B 40. B 42. C
39. A 41. B

Exercícios complementares

- a) As células descritas são as hemácias, produzidas na medula óssea, presente no interior de ossos longos.
b) As hemácias são células anucleadas, o que torna seu tempo de vida limitado, pois a ausência do núcleo com o DNA impede que ela faça síntese proteica. Assim, ela só sobrevive enquanto tiver proteínas para serem consumidas.
- a) A EPO é produzida principalmente pelos rins, e é levada até a medula óssea, onde serão produzidas as hemácias, pela corrente sanguínea.
b) Com o aumento da produção de hemácias, há mais células disponíveis para transportar oxigênio até os músculos do atleta, o que permite maior produção de ATP pela respiração celular e, conseqüentemente, melhora no desempenho físico.
- a) A ordem dos vasos é veia pulmonar, capilares da circulação sistêmica, artéria pulmonar. O sangue oxigenado vai dos pulmões até o coração por meio da veia pulmonar, onde a concentração de hemoglobina saturada de O_2 vai ser maior. Após ser bombeado para o corpo, vai para os capilares, responsáveis pela oxigenação dos tecidos. O sangue venoso, com baixa concentração de hemoglobina saturada de O_2 retorna ao coração e, por meio da artéria pulmonar, será levado aos pulmões para ser oxigenado.
b) Uma pequena fração do CO_2 é transportada ligada à hemoglobina, formando a carboemoglobina, e a maior parte é transportada pelo plasma, na forma de íon bicarbonato (HCO_3^-). Dentro das hemácias, o CO_2 reage com a água e forma H_2CO_3 , que se dissocia, formando H^+ e HCO_3^- , que é transportado pelo plasma até os pulmões.

- a) De acordo com o gráfico, conforme aumenta a altitude, a pressão de oxigênio (PO_2) e a saturação da hemoglobina por O_2 diminuem, devido à baixa disponibilidade de oxigênio no ar rarefeito. Isso dificulta a oxigenação dos músculos e reduz a produção de energia pela respiração celular, resultando no baixo rendimento dos atletas.
b) A diminuição da oxigenação do sangue causa aumento na concentração de CO_2 e diminuição do pH sanguíneo, que é identificado pelo bulbo. O aumento da acidez do sangue é causado pela formação do ácido carbônico, devido à reação do CO_2 com a água. O ácido carbônico se dissocia e libera íons H^+ , que diminuem o pH sanguíneo.
- a) Levando-se em conta que a porcentagem do gás oxigênio é a mesma em La Paz ou a nível do mar, temos:
A nível do mar: pressão barométrica = 760 mmHg — pressão parcial de $O_2 = 159$ mmHg.
Em La Paz: pressão barométrica = 490 mmHg — pressão parcial de $O_2 = X$
 $X = 490 \times 159 / 760 = 102,5$ mmHg.
A pressão parcial de oxigênio em La Paz é de 102,5 mmHg.
b) A menor pressão parcial de oxigênio de La Paz dificulta a difusão desse gás do pulmão para o sangue, pois sua concentração nos alvéolos é menor do que ao nível do mar. Após uma semana de aclimação, há um aumento na produção de hemácias, então o maior número de células sanguíneas torna mais eficiente o transporte do O_2 disponível. Além disso, há aumento da ventilação pulmonar e maior produção de hemoglobina.
- a) Os eritrócitos são produzidos na medula óssea vermelha, presente no interior de alguns ossos, e são destruídos no fígado ou no baço.
b) A baixa quantidade de hemácias prejudica o transporte de O_2 e a oxigenação dos tecidos, reduzindo a respiração celular, então a produção de energia pelo corpo é menor, deixando as pessoas anêmicas cansadas.
- a) As hemoglobinas são encontradas nas hemácias, ou eritrócitos. O gás oxigênio é utilizado na respiração celular aeróbica.
b) Nos primeiros dias, o valor do oxímetro será menor que 95%, pois, em grandes altitudes, como em La Paz, o ar é rarefeito e a disponibilidade de O_2 é menor, o que dificulta a ligação desse gás com a hemoglobina e a oxigenação dos tecidos. Após o período de aclimação, o corpo aumenta a produção de hemácias, elevando as taxas de transporte de oxigênio em grandes altitudes.

- a) O linfócito B participa do mecanismo específico de defesa, pois é responsável pelo reconhecimento dos diferentes antígenos e pela produção dos anticorpos, que são proteínas específicas para cada tipo de antígeno.
b) A histamina estimula a dilatação dos vasos sanguíneos em uma resposta inflamatória, e a heparina é uma substância anticoagulante, ou seja, que evita a coagulação do sangue.
- a) O monossacarídeo é a glicose, utilizada na respiração celular para a produção de ATP. A glicose armazena grande quantidade de energia em suas ligações químicas.
b) A diapedese é realizada pelos leucócitos, as células de defesa. Esse processo consiste na passagem dos leucócitos, presentes no sangue, através da parede dos vasos sanguíneos, em direção aos tecidos onde está ocorrendo uma inflamação.
- a) O agente etiológico da esquistossomose é um verme platelminto, da espécie *Schistosoma mansoni*. O contágio ocorre através da penetração da larva cercária através da pele, em uma pessoa que entrou numa "lagoa de coceira", que estava contaminada com as larvas desse verme.
b) Os leucócitos que produzem os anticorpos são os plasmócitos, e os que combatem os vermes são os eosinófilos.
- a) A enzima 2,3-epoxi-redutase é responsável pela redução da vitamina K inativa, originando a forma ativa, para que ela possa participar do processo de coagulação sanguínea, mediante a conversão da protrombina em trombina, enzima responsável pela formação da fibrina, para formação da rede de fibras do coágulo.
b) Um indivíduo que esteja usando derivados da cumarina precisa evitar alimentos que promovam a coagulação sanguínea, já que essa substância tem ação anticoagulante. Na presença da vitamina K, o bloqueio da 2,3-epoxi-redutase é reduzido, como mostra o gráfico da figura 11, e o funcionamento dessa enzima permite a ocorrência da coagulação do sangue.
- a) O vaso i corresponde a uma artéria; o vaso ii corresponde a um capilar; e o vaso iii corresponde a uma veia.
b) As artérias (i) transportam o sangue que é bombeado do coração sob alta pressão; a parede mais espessa ajuda a suportar essa pressão. Os capilares (ii) são responsáveis por levar sangue com nutrientes e gases até as células; as suas paredes finas, formadas por uma única camada de células, permitem a ocorrência de trocas de substâncias. As veias (iii)

levam o sangue venoso do corpo de volta ao coração, e, como a pressão já está baixa, suas paredes podem ser menos espessas.

13. As paredes das artérias são bastante espessas, formadas por tecido muscular liso rico em fibras elásticas, o que ajuda esses vasos a aguentar a alta pressão do sangue, que é bombeado diretamente do coração. Nas veias, existem válvulas que impedem o refluxo do sangue, e há a ajuda da musculatura esquelética na condução do sangue por esses vasos sanguíneos.
14. a) Nas artérias com acúmulo de placas de gordura há redução e até mesmo interrupção do fluxo sanguíneo, já que a gordura vai obstruindo o vaso, diminuindo seu diâmetro e dificultando a passagem do sangue.
- b) Ao receber o sangue bombeado, as artérias se dilatam e aumentam o diâmetro interno, graças ao tecido muscular liso e às fibras elásticas que compõem esses vasos.
15. a) 1. Nos experimentos de Harvey são mostradas as veias, que podem ser identificadas pelas saliências com protuberâncias globosas, que são as válvulas venosas.
2. Eles se tornaram salientes devido ao acúmulo do sangue, causado pela interrupção do fluxo sanguíneo em decorrência da colocação do torniquete.
- b) Com o deslizamento do dedo de O para H, o sangue foi deslocado para outro trecho da veia, e, devido à presença de uma válvula (identificada pela protuberância), não retornou para o trecho OH.
16. a) 1: aves ou mamíferos; 2: anfíbios; 3: peixes; 4: répteis não crocodilianos.
- b) 1 – O sangue venoso chega pelo átrio direito, passa para o ventrículo direito e vai para os pulmões por meio das artérias pulmonares. O sangue arterial volta pelo átrio esquerdo, passa para o ventrículo esquerdo e vai para o corpo por meio da artéria aorta. Não há mistura de sangue.
- 2 – O sangue venoso chega no átrio direito e passa para o ventrículo, de onde é bombeado para ser oxigenado. O sangue oxigenado volta pelo átrio esquerdo e vai novamente para o ventrículo, de onde será bombeado para o corpo. O sangue venoso e o arterial se misturam no ventrículo, sendo que uma parte vai ser oxigenada e outra vai para o corpo.
- 3 – O sangue venoso chega pelo átrio, passa pelo ventrículo e é bombeado para ser oxigenado nas brânquias. Não há mistura de sangue.
- 4 – O sangue venoso chega no átrio direito e passa para o ventrículo, de onde é bombeado para os pulmões. O sangue oxigenado volta pelo átrio esquerdo e vai para ventrículo, de onde será bombeado para o corpo. O sangue venoso e o arterial se misturam no ventrículo, já que ele é apenas parcialmente dividido.
17. a) O número 1 indica as brânquias e o 2 indica os pulmões.
- b) O organismo X pode pertencer à classe dos peixes e o organismo Y pode pertencer à classe das aves ou dos mamíferos.
- c) Com a circulação dupla completa, há maior aporte de oxigênio para as células, já que não há mistura de sangue venoso com arterial. A maior oxigenação das células permite um aumento da produção de energia, e, com isso, a produção de calor permite que a temperatura interna permaneça constante.
18. a) O sangue chega por X (átrio direito) e vai para o ventrículo (Y), que bombeia o sangue tanto para o circuito 1 (pequena circulação) quanto para o 2 (grande circulação). O sangue volta por X do circuito 2 e por Z do circuito 1.
- b) O sangue chega a W (átrio esquerdo), passa para Z (ventrículo esquerdo) e vai para o circuito 2 (grande circulação). Ele volta para o coração por X (átrio direito), passa por Y (ventrículo esquerdo) e vai para o circuito 1 (pequena circulação), voltando oxigenado para W.
- c) A figura II.
- d) A figura I representa a circulação em peixes; a figura II representa a circulação em répteis; e a figura III pode representar a circulação em aves ou mamíferos.
19. a) A semelhança entre eles ocorre devido à convergência adaptativa. Tanto os tubarões quanto os golfinhos são animais aquáticos, expostos a pressões seletivas semelhantes; portanto, tiveram características semelhantes selecionadas, mas de maneira independente. O formato do corpo, que facilita a locomoção na água, e a presença de nadadeiras são exemplos dessas características.
- b) Os tubarões são peixes, então o sistema respiratório é branquial e o coração tem apenas duas câmaras, um átrio e um ventrículo, pelas quais o sangue venoso passa e é bombeado para as brânquias. Já os golfinhos são mamíferos, que apresentam respiração pulmonar e coração com quatro câmaras, dois átrios e dois ventrículos.
20. a) O eritrócito sairia do átrio direito (ponto 1) e iria para o ventrículo direito, que o bombearia para a artéria pulmonar, que o levaria até os pulmões. Ele retornaria pelas veias pulmonares, entraria no átrio esquerdo, passaria para o ventrículo esquerdo e sairia pela artéria aorta. Chegaria à artéria intestinal, passaria para a veia intestinal e para a veia cava, que o levaria de volta ao átrio direito.
- b) A nutrição e a oxigenação do miocárdio ocorrem por meio das artérias coronárias, ramificações da artéria aorta.
- c) O refluxo é impedido pela presença das valvas cardíacas. A valva tricúspide impede o refluxo do sangue do ventrículo direito para o átrio direito, e a valva bicúspide impede o refluxo do sangue do ventrículo esquerdo para o átrio esquerdo.
21. a) A estrutura apontada por Y é a valva tricúspide, responsável por impedir o refluxo de sangue do ventrículo direito para o átrio direito. O sangue vindo dos pulmões pelas veias pulmonares chega ao átrio esquerdo.
- b) A seta X indica o septo interventricular. Essa estrutura separa os ventrículos, impedindo que ocorra mistura do sangue venoso, presente no lado direito, com o arterial, presente no lado esquerdo, tornando a oxigenação dos tecidos mais eficiente.
22. Apesar de o sangue circular na artéria aorta com velocidade baixa, a pressão sanguínea nesse vaso é muito alta, já que ele recebe o sangue oxigenado com alta pressão, bombeado diretamente do coração. O rompimento desse vaso causa uma grave hemorragia e impede a oxigenação dos tecidos.
23. a) A veia pulmonar está indicada por B e a artéria pulmonar por D.
- b) Ao se soltar de uma veia profunda da perna, o coágulo chegará primeiro no átrio direito, indicado por C, por meio das veias cavas.
- c) O percurso seria $D \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow A$. O coágulo sairia do ventrículo direito e iria para os pulmões, por meio da artéria pulmonar (D), depois voltaria ao coração pela veia pulmonar (B), chegaria ao átrio esquerdo e passaria ao ventrículo esquerdo (E), sendo bombeado para a artéria aorta (A).
24. Soma: $08 + 16 = 24$
25. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$
26. a) O lado direito do coração recebe sangue das veias cavas, e o bombeia para os pulmões, pela artéria pulmonar.
- b) A pressão hidrostática nos vasos sanguíneos é maior no momento III, pois é quando ocorre a contração dos ventrículos, empurrando o sangue para dentro das artérias com muita força, gerando alta pressão sanguínea.
27. a) A bomba substitui o funcionamento do ventrículo esquerdo, pois ele é o responsável por bombear o sangue arterial para a artéria aorta, que vai distribuí-lo por todo o corpo.
- b) A peça 2, que é análoga à valva bicúspide, encontrada entre o átrio e o ventrículo esquerdos. A função dessa valva é evitar o refluxo do sangue arterial.

3.

	Amônia	Ureia	Ácido úrico
Toxicidade	Alta	Baixa	Baixa
Gasto de água	Alto	Intermediário	Baixo
Custo energético	Baixo	Intermediário	Alto
Um exemplo de animal que elimina o resíduo nitrogenado	Peixes ósseos (outro exemplo seriam os girinos)	Mamíferos (outros exemplos seriam anfíbios adultos e os condrictes)	Répteis, incluindo as aves (outro exemplo seria os insetos)

4. 1 = rim; 2 = ureter; 3 = bexiga urinária; 4 = uretra.
5. 1 = glomérulo renal; 2 = cápsula glomerular; 3 = túbulo contorcido proximal; 4 = alça néfrica (ou alça de Henle); 5 = túbulo contorcido distal; 6 = ducto coletor.
6. A filtração ocorre quando a pressão sanguínea empurra componentes do sangue através do glomérulo, até chegar na cápsula glomerular. Esse processo forma o filtrado glomerular, que contém água, sais minerais, vitaminas, glicose, resíduos nitrogenados e outras substâncias. Como o filtrado contém substâncias que são úteis ao organismo, ao longo da passagem pelo néfron elas são reabsorvidas, retornam para o sangue e são utilizadas pelo organismo.
7. A secreção tubular é a passagem de algumas substâncias presentes nos capilares dos túbulos renais, como drogas e toxinas, diretamente para o interior dos túbulos proximal e distal.
8. O ADH atua sobre os túbulos distais e, principalmente, sobre os ductos coletores, tornando-os mais permeáveis à água, o que, considerando a alta osmolaridade do sangue, aumenta a reabsorção hídrica. Esse processo reduz o volume de urina e a deixa mais concentrada.
9. Os líquidos corporais de um peixe de água doce são hipertônicos em relação ao ambiente; por isso, esses animais ganham água por osmose e perdem sais por difusão. Para manter a osmorregulação, os peixes dulcícolas eliminam grande quantidade de água na urina e obtêm sais pela alimentação e pela absorção ativa através das brânquias.
10. O excesso de sais é eliminado através de transporte ativo pelas brânquias e pelos rins, formando um pequeno volume de urina muito concentrada.

Exercícios propostos

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. D | 8. D | 15. A |
| 2. A | 9. A | 16. C |
| 3. D | 10. C | 17. B |
| 4. C | 11. E | 18. C |
| 5. C | 12. D | 19. A |
| 6. E | 13. B | 20. E |
| 7. D | 14. B | 21. C |

Exercícios complementares

1. a) A amônia, devido à sua elevada toxicidade, tem alta demanda hídrica para sua eliminação; dessa forma, é excretada por vertebrados de ambientes aquáticos, como peixes ósseos e larvas de anfíbios. A ureia e o ácido úrico são menos tóxicos do que a amônia, tendo menor exigência hídrica em sua excreção; sendo assim, são resíduos majoritariamente eliminados por vertebrados terrestres, como mamíferos e anfíbios adultos, que eliminam principalmente ureia, e répteis (incluindo as aves), que excretam majoritariamente ácido úrico.
- b) Os grupos de animais que podem ser citados são os poríferos e os cnidários, que, na ausência do sistema excretor, liberam seus resíduos por difusão.
2. a) Por serem mamíferos, a excreta nitrogenada de ambos é a ureia.
- b) A concentração de excreta nitrogenada é maior nos carnívoros estritos, pois se alimentam de carne, alimento rico em proteínas.

As proteínas são formadas pelos aminoácidos, compostos nitrogenados, cuja degradação gera amônia, responsável pela produção de ureia. Os herbívoros se alimentam de vegetais, alimentos ricos em carboidratos e pobres em proteínas.

3. a) A amostra 2 corresponde ao ácido úrico, substância excretada pelos pombos e outras aves. O ácido úrico tem baixa toxicidade e necessita de pouca água para sua eliminação, o que é uma vantagem para o voo e para a vida no ambiente terrestre.
- b) A amostra 1 corresponde aos girinos e a 3 corresponde aos sapos. Os girinos vivem na água e excretam a amônia, um composto tóxico que precisa de grande volume de água para ser excretado; devido à disponibilidade hídrica do ambiente aquático, esses animais podem eliminar grandes quantidades de água na urina. Já os sapos vivem principalmente em ambientes terrestres e excretam ureia, um composto menos tóxico que a amônia, que necessita de menos água para ser eliminado.
4. a) A amônia é o composto mais tóxico, seguido da ureia e por último, o ácido úrico, o menos tóxico dos três.
- b) A amônia é mais abundante na excreção dos peixes ósseos, e a ureia, na urina do ser humano.
- c) Ao beber muita água, o sangue fica mais diluído, então há redução na osmolaridade sanguínea. Com isso, também há menor secreção do hormônio ADH, e consequentemente, menor volume reabsorvido de água. Com menos água sendo reabsorvida, o volume de urina aumenta.

Item	↑, ↓, =
(i) osmolaridade sanguínea	↓
(ii) secreção do hormônio antidiurético (ADH)	↓
(iii) volume reabsorvido de água	↓
(iv) volume de urina	↑

5. a) O hormônio ADH aumenta a permeabilidade à água dos epitélios do ducto coletor e do túbulo distal do néfron, fazendo com que a reabsorção de água seja maior, o que reduz o volume de urina excretado.
- b) Os ovíparos terrestres, como répteis e aves, excretam ácido úrico, composto que tem menor toxicidade em relação à ureia.
6. Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
7. No indivíduo saudável, a privação de água aumentou a osmolaridade do sangue e isso estimulou a liberação do hormônio ADH. O hormônio aumentou a reabsorção de água nos néfrons, reduzindo o volume de urina. O paciente que tem DI central tem deficiência no eixo hipotálamo-neuroipófise, o que indica problemas na produção de ADH. Sendo assim, ao receber o medicamento análogo ao hormônio, se inicia a reabsorção de água nos rins e o volume de urina diminui, como ocorre com o paciente 1, mostrado no gráfico. O paciente com DI nefrogênico apresenta problemas no néfron, então, mesmo com a aplicação do medicamento semelhante ao ADH, não ocorre reabsorção de água, e o volume de urina permanece alto, como no paciente 2.
8. O vertebrado adaptado ao ambiente terrestre é o Y, pois grande parte da reabsorção de água ocorre no ramo descendente da alça; dessa forma, quanto maior ela for, maior é a reabsorção de água e mais concentrada será sua urina. O tipo de excreta mais adequado ao ambiente muito seco é o ácido úrico, que é pouco tóxico e pouco solúvel em água e pode ser eliminado utilizando menor volume hídrico.
9. Soma: $01 + 04 + 08 + 16 = 29$
10. a) A água passa pelo processo de filtração (1) no glomérulo renal e pela reabsorção passiva (3).
- b) As drogas que podem ser detectadas no exame antidoping são secretadas para os túbulos renais através da secreção tubular (4).
- c) A glicose não é utilizada para repor as perdas de substâncias, pois em uma pessoa saudável nem a urina nem o suor têm glicose na sua composição. A urina é composta de água, sais e compostos nitrogenados, enquanto o suor tem apenas água e sais.
11. A

12. a) No sangue que chega ao néfron, a concentração de aminoácidos e glicose é maior, pois uma pessoa saudável não libera essas moléculas na urina; já a concentração de ureia é menor, uma vez que ela está mais diluída no plasma sanguíneo. No sangue que deixa o néfron, a concentração de aminoácidos e glicose é equivalente à do sangue que chega, já que essas moléculas são totalmente reabsorvidas; já a concentração da ureia é maior no sangue que chega ao néfron, pois, ao passar por ele, essa substância não é reabsorvida, sendo eliminada na urina.

Substância	Concentração no sangue que chega ao néfron relativa à concentração na urina			Concentração no sangue que chega ao néfron relativa à concentração no sangue que deixa o néfron		
	Maior	Menor	Equivalente	Maior	Menor	Equivalente
Aminoácidos	X					X
Glicose	X					X
Ureia		X		X		

- b) A reabsorção de aminoácidos, glicose e sais minerais ao longo dos túbulos renais torna o sangue mais concentrado. Nesta condição, sob ação do ADH, a água do filtrado passa, por osmose, para o sangue que circula nos capilares, sendo, portanto, reabsorvida.
13. D
14. a) A maior parte da reabsorção dos solutos e da água ocorre em 1, correspondente ao túbulo proximal, pois apresenta epitélio com microvilosidades, que aumentam a superfície de absorção.
- b) O ADH atua aumentando a reabsorção de água nos túbulos distais e no ducto coletor, reduzindo o volume de urina eliminado. O paratormônio atua aumentando a reabsorção de íons cálcio do filtrado para o sangue.
15. a) A produção de ureia ocorre no fígado. A amônia é um composto tóxico para o organismo e deve ser diluída até que seja excretada, o que exige um grande volume de água. Para um animal terrestre como o ser humano, não é vantajoso utilizar grande quantidade de água apenas para eliminar a amônia na urina.
- b) A maior parte da água e dos solutos do filtrado é reabsorvida ao longo do néfron, por isso o volume de urina é relativamente baixo em relação ao volume do filtrado. Um hormônio que pode ser citado é a aldosterona, que estimula a reabsorção de Na^+ nos néfrons.
16. A
17. Nos organismos unicelulares de água doce, como os protozoários, o vacúolo pulsátil (ou contrátil) é responsável pela osmorregulação, pois elimina o excesso de água que entra por osmose. O grupo B corresponde aos peixes marinhos, pois apresentam maior concentração de sais na urina, para eliminar o excesso que está no sangue, já que precisam beber água salgada para repor a que foi perdida por osmose.
18. a) Osmorregulação é a manutenção do equilíbrio osmótico intra ou extracelular por meio do controle das concentrações de água e sais, para obter condições favoráveis à ocorrência das reações metabólicas. Nos animais vertebrados, os rins são os principais responsáveis pela osmorregulação.
- b) A hematose ocorre nos alvéolos pulmonares, e o gás oxigênio é transportado pelo sangue, ligado à hemoglobina (proteína constituinte das hemácias).
19. a) Ao ingerir a água do mar, com alta concentração de sal, a absorção intestinal de sódio é maior, o que aumenta a osmolaridade do sangue, ativando a secreção de ADH; esse processo induz à sensação de sede. O ADH e a ingestão de água atuam para aumentar o volume de água no sangue, reduzindo sua osmolaridade.
- b) Os peixes cartilagosos são marinhos e possuem alta concentração de ureia no sangue, o que os mantém isotônicos em relação à água do mar. Sendo assim, não há grande perda de água, por isso não precisam ativar mecanismos de reposição, como a sede.
20. a) O salmão Y absorve água por osmose, então evita ingeri-la, por isso sua taxa de absorção intestinal de Na^+ é baixa e sua taxa de excreção branquial também, já que, para fazer sua regulação osmótica, deve reter o sódio. Já o salmão X está hipotônico em relação à água do mar, então perde por osmose e deve fazer a reposição bebendo a água salgada, por isso sua taxa de absorção intestinal é alta e sua taxa de excreção branquial também, para eliminar o excesso de Na^+ . O ponto 1 corresponde à aclimatação em água doce e o ponto 2, em água salgada.
- b) No peixe de água salgada, o rim elimina baixo volume de urina, mantendo maior quantidade de água no corpo, já que o peixe perde bastante água por meio da osmose. O peixe de água doce ganha água por osmose; assim, é produzido grande volume de urina pelos rins, eliminando o excesso de água.
21. a) A organela osmorreguladora é o vacúolo pulsátil (ou contrátil). Os paramécios são hipertônicos em relação à água do meio em que vivem e ganham água por osmose, o que ativa a organela e a eliminação do excesso absorvido.
- b) As bombas de prótons estão na membrana da organela. Elas utilizam a energia do ATP para bombear prótons para o interior do vacúolo pulsátil, que se torna hipertônico. A água presente no hialoplasma entra na organela por osmose, e o excesso hídrico é liberado para o ambiente.

BNCC em foco

- De acordo com o gráfico, a maior concentração de ureia foi encontrada na situação com ingestão do suplemento proteico usual (US), e isso ocorreu pois esse composto nitrogenado é obtido pela degradação dos aminoácidos, moléculas que formam as proteínas, que estavam em excesso no corpo. Com a ingestão do suplemento proteico, a quantidade de proteína a ser degradada aumentou, elevando também a produção de ureia e, consequentemente, sua eliminação pela urina, diferentemente do que ocorre sem a ingestão do suplemento, que apresenta menor quantidade de ureia na urina.
- E
- a) Na situação A, os sais e as excretas eliminados pela urina são dissolvidos pela água, que pode ser perdida, já que o animal está em um ambiente com acesso ilimitado a ela. Na situação B, a baixa disponibilidade de água não permite que o animal elimine urina diluída, portanto os sais são excretados em alta concentração. Em relação à concentração média de ureia, na situação A, com acesso ilimitado à água, esse composto nitrogenado pode ser dissolvido para ser eliminado, o que justifica sua menor concentração na urina. Já na situação B, com pouca água disponível no ambiente, o organismo tende a economizar água, minimizando a perda hídrica pela urina, o que torna a concentração de ureia muito elevada.
- Os rins atuam na regulação hídrica do corpo dos animais, a fim de manter a concentração de sais e a quantidade de água no

sangue adequadas. Sendo assim, considerando certos limites de variação das condições ambientais, o corpo do animal, por meio de mecanismos fisiológicos, é capaz de preservar a osmolaridade adequada, o que justifica os valores próximos entre as situações A e B. Em condições de baixa disponibilidade de água, o corpo elimina pouca urina, mas muito concentrada devido à intensa reabsorção de água. Em condição de água disponível, o corpo permite maior perda hídrica pela urina, já que ela pode ser repostada com facilidade.

Capítulo 10 – Sistemas de controle I

Revisando

- O número 1 corresponde ao corpo celular, o número 2 corresponde aos dendritos, o 3, ao axônio e o 4, à bainha de mielina.
- A condução do impulso nervoso nos neurônios amielinizados é mais lenta, pois deve passar por toda a extensão da membrana. Já nos neurônios com a bainha de mielina, ela é mais rápida, pois ocorre aos saltos, uma vez que o impulso passa apenas pelas regiões sem a bainha.
- A chegada do potencial de ação ativa a liberação dos neurotransmissores do neurônio pré-sináptico para a fenda sináptica. Os neurotransmissores se ligam aos receptores na membrana dos dendritos do neurônio pós-sináptico.
- O potencial de repouso é encontrado em neurônios que não estão conduzindo impulsos nervosos. Nessa condição, a membrana tem carga interna negativa e carga externa positiva, em decorrência da distribuição desigual de íons, principalmente sódio e potássio, entre os meios extra e intracelular. O potencial de ação ocorre quando há inversão da polaridade (despolarização) da membrana, assim que o neurônio recebe um estímulo que ativa a abertura dos canais iônicos, que permitem a entrada maciça de íons sódios na célula. A abertura de canais de sódio gera uma mudança na distribuição de cargas, tornando o meio interno positivo e o meio externo negativo.
- O sistema nervoso central é composto pelo encéfalo e pela medula espinal, enquanto o periférico é formado pelos nervos cranianos e espinais, pelos gânglios nervosos e por receptores sensoriais.
- O hipotálamo atua no controle da temperatura corporal, da fome, da sede, dos impulsos sexuais e das emoções. O bulbo é o centro de controle dos movimentos respiratórios e dos batimentos cardíacos. O cerebelo coordena os movimentos, o equilíbrio e a postura.
- O estímulo é percebido pelo neurônio sensorial, que transmite a informação para a medula espinal. Na medula, o estímulo chega aos neurônios motores, que atuam sobre o músculo, gerando a movimentação da perna, efetuando a resposta.
- O sistema nervoso autônomo é dividido em simpático, que é ativado em uma situação de estresse, gerando uma resposta de "luta ou fuga", e parassimpático, ativado em momentos de descanso ou de digestão.
- A cóclea é a estrutura responsável pela audição e os canais semicirculares são responsáveis pelo equilíbrio.
- Os cones são células menos sensíveis à luz e responsáveis pela visão das cores. Já os bastonetes são muito sensíveis à luz e permitem a visão durante a noite em preto e branco, já que não distinguem as cores.

Exercícios propostos

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. D | 8. A | 15. C |
| 2. C | 9. D | 16. D |
| 3. B | 10. C | 17. B |
| 4. C | 11. D | 18. E |
| 5. C | 12. D | 19. A |
| 6. D | 13. E | 20. B |
| 7. E | 14. E | 21. B |

Exercícios complementares

- Os microtúbulos fazem parte da composição do citoesqueleto, mantendo a forma da célula e sustentando-a, e participam do transporte de organelas e componentes celulares, da organização das fibras de fuso nas divisões celulares e da formação de cílios e flagelos. De acordo com a figura, na fase 4 é encontrada a MAP2 em maior quantidade nos dendritos.
 - Os axônios são responsáveis pela condução dos impulsos nervosos gerados pelo neurônio até a célula pós-sináptica. Os dendritos são as regiões dos neurônios que recebem os estímulos nervosos e os axônios os transmitem, então as duas estruturas são responsáveis por estabelecer novas conexões através das sinapses, aumentando a rede de comunicação entre as células nervosas, por meio da plasticidade neuronal, propriedade que consiste em modificações nas ramificações e nas conexões estabelecidas entre os neurônios.
- A propagação do impulso nervoso ocorre quando o estímulo chega aos dendritos, é transmitido ao corpo celular e depois ao axônio, cuja região terminal libera os neurotransmissores, formando as sinapses. O encéfalo humano é protegido pelo crânio.
 - As regiões pré-sinápticas têm vesículas contendo os neurotransmissores, capazes de se fundir com a membrana do axônio ao liberá-los. Nas regiões pós-sinápticas há receptores de membrana, aos quais os neurotransmissores se ligam, gerando um impulso nervoso naquela célula.
- A bainha de mielina é um isolante elétrico que envolve o axônio de muitos neurônios, exceto em algumas regiões, chamadas de nódulos de Ranvier. O impulso nervoso passa pelo axônio saltando por esses nódulos, o que faz com que a velocidade da transmissão do impulso seja maior. Com a destruição da bainha de mielina, o impulso nervoso passa por toda a extensão do axônio de forma mais lenta, o que pode causar a perda da atividade motora, já que pode afetar os neurônios que transmitem os impulsos para os músculos.
- Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$
- Soma: $01 + 02 + 08 = 11$
- Soma: 32
- A velocidade do impulso é maior na fibra mielinizada. Nas fibras não mielinizadas, o impulso nervoso percorre toda a extensão do axônio, enquanto nas fibras mielinizadas, ocorre condução saltatória, ou seja, o impulso percorre apenas os espaços onde não há a bainha, chamados nódulos de Ranvier.
- O álcool é ingerido e chega ao estômago, onde é absorvido e passa para a corrente sanguínea. Por meio do sistema circulatório, ele chega aos pulmões e, quando a pessoa sopra no etilômetro, o álcool é detectado. O álcool atua no sistema nervoso inibindo as regiões responsáveis pela coordenação motora, como o cerebelo, afetando os movimentos, os reflexos e o equilíbrio. Por isso, uma pessoa que bebe apresenta movimentos lentos e alteração da fala.
- X: fase de repouso; Y: fase de despolarização; W: fase de repolarização; Z: fase de hiperpolarização.
 - A desmielinização do neurônio reduz a velocidade da condução do impulso nervoso, pois o impulso precisa percorrer toda a extensão do axônio.
- Soma: $04 + 08 + 16 = 28$
- Soma: $01 + 02 = 03$
- E
- Neurotransmissor 1: noradrenalina; neurotransmissor 2: acetilcolina; neurotransmissor 3: acetilcolina.
 - A acetilcolina (neurotransmissor 3) atua reduzindo a frequência dos batimentos cardíacos.
 - A noradrenalina (neurotransmissor 1) atua aumentando a frequência dos batimentos cardíacos.

14. a) O componente X corresponde ao sistema nervoso autônomo parassimpático, enquanto o Y corresponde ao simpático.
- b) Em uma situação de emergência, o sistema nervoso autônomo simpático será ativado de maneira imediata. Ele atua aumentando a pressão arterial e a frequência respiratória e estimula a quebra do glicogênio no fígado.
15. Soma: $02 + 08 + 16 = 26$
16. a) Se a amplitude sonora for muito baixa, ela não atinge o potencial limiar e não há geração de impulsos nervosos. O som só é percebido em amplitudes sonoras que estão acima do limiar de excitação, que geram o estímulo e promovem transmissão do impulso nervoso na percepção do som.
- b) A detecção das frequências das ondas ocorre na cóclea.
17. Soma: $02 + 04 = 06$
18. a) A luz passa pelo cristalino, que é uma lente biconvexa, e converge para a retina, sobre a qual a imagem se forma em posição invertida. Antes de chegar na retina, a luz passa pelos

seguintes componentes: córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo. Na retina, as células fotorreceptoras captam a luz e transmitem o sinal nervoso ao córtex visual.

- b) Em uma pessoa míope, a imagem se forma antes de chegar na retina. Em um hipermetrope, a imagem se forma depois da retina. Para correção da miopia, utiliza-se os óculos com lentes divergentes e para a correção da hipermetropia, os óculos têm lentes convergentes, para que a imagem volte a se formar na retina.

19. Soma: $16 + 64 = 80$

20. C

21. C

BNCC em foco

1. A
2. D
3. F, F; V; F