



COLEÇÃO

Vestibular

FÍSICA E BIOLOGIA

COLEÇÃO
Vestibular

FÍSICA E BIOLOGIA

Autores:

FÍSICA

Humberto Hugo S. C. de Oliveira
Ricardo Luiz de Almeida

BIOLOGIA

Manuel Gomes da Silva Pereira
Ricardo Fernandes da C. Faça
Ricardo José Ducraux

V583v Coleção Vestibular – Física e Biologia
1ª Edição – Rio de Janeiro: Editora Gráfica GPI, 2009

688p.

1. Educação. 2. Ensino Médio. I. Título

ISBN: 978-85-7602-275-6

CDD: 371-32

1ª Edição

Editora Gráfica GPI Ltda.

Copyright © 2009 – Editora Gráfica GPI Ltda.
Rua Dr. Pache de Faria, 18 – Méier
Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20710-020
(21) 3443-0000
sac@gpi.g12.br

Coeditor: Escola Multimeios

Av. das Américas, 3434 - Bloco 05
Sala 412 – Barra da Tijuca
Rio de Janeiro – RJ – CEP: 22640-102
(21) 2141-9500
escolamultimeios@escolamultimeios.org

Rio de Janeiro
2009



Biologia 1

Módulo 01	A Biologia Como Ciência	292
Módulo 02	Composição Química	296
Módulo 03	Proteínas e Vitaminas	302
Módulo 04	Células Procaríotas e Eucariotas	308
Módulo 05	Membranas Celulares	313
Módulo 06	Travessia das Membranas	317
Módulo 07	Citosol e Movimentos	325
Módulo 08	Canais e Cavidades	332
Módulo 09	Fotossíntese e Quimiossíntese	338
Módulo 10	Respiração Celular	346
Módulo 11	Funções Vitais Animais	352
Módulo 12	Reprodução	358
Módulo 13	Genital	362
Módulo 14	Embriologia	371
Módulo 15	Revestimento	377
Módulo 16	Sustentação	383
Módulo 17	Movimentação	388
Módulo 18	Defesas e Sistema Imune	395
Módulo 19	Coordenação Nervosa	403
Módulo 20	Tipos de Sistema Nervoso	409
Módulo 21	Coordenação Hormonal	415
Módulo 22	Hereditariedade e Variação	422
Módulo 23	Monoibridismo e 1ª Lei de Mendel	427
Módulo 24	Di/Poliibridismo e 2ª Lei de Mendel	434
Módulo 25	Interação Gênica	441
Módulo 26	Poliialelia e Grupos Sanguíneos	444
Módulo 27	Vinculação e Permutação	450
Módulo 28	Cromossomos Sexuais	455
Módulo 29	Evolução	459
Módulo 30	Ainda a Evolução	466
Módulo 31	Origem da Vida	474

Biologia 2

Módulo 01	Citogenética	481
Módulo 02	Reprodução Celular (Divisão Celular)	486
Módulo 03	Não-Disjunção da Meiose e Ácidos Nucléicos	492
Módulo 04	A Síntese do RNA e das Proteínas	497
Módulo 05	Engenharia Genética – Tecnologia do DNA Recombinada	502
Módulo 06	Engenharia Genética (Cont.)	505
Módulo 07	Projeto Genoma Humano	511
Módulo 08	Fisiologia Animal	515
Módulo 09	Sistema Digestivo Humano	518
Módulo 10	Sistema Circulatório	523
Módulo 11	A Circulação no Homem	527
Módulo 12	Sistema Respiratório	532
Módulo 13	Respiração Humana	535
Módulo 14	Excreção	541
Módulo 15	Excreção no Homem	547
Módulo 16	Tecidos Vegetais	554
Módulo 17	Crescimento e Desenvolvimento Vegetal	563
Módulo 18	Ecologia e Nível de Organização	571
Módulo 19	Cadeias Alimentares	577
Módulo 20	Ciclos Biogeoquímicos	583
Módulo 21	Sucessão Ecológica	588
Módulo 22	Relações entre os Seres Vivos	590
Módulo 23	Relações Desarmônicas	598
Módulo 24	Fatores de Desequilíbrio Ecológico	604
Módulo 25	Taxonomia – Classificação dos seres vivos	610
Módulo 26	Reino Monera	615
Módulo 27	Reino Fungi	622
Módulo 28	Classes Gimnosperma e Angiosperma	627
Módulo 29	Reino Animal (Metazoários)	634
Módulo 30	Reino Animal (Metazoários)	641
Módulo 31	Cordados – Higiene e Saneamento – Principais Vitaminas e Sintomas de sua Deficiência	648
Gabaritos	657

BIOLOGIA I

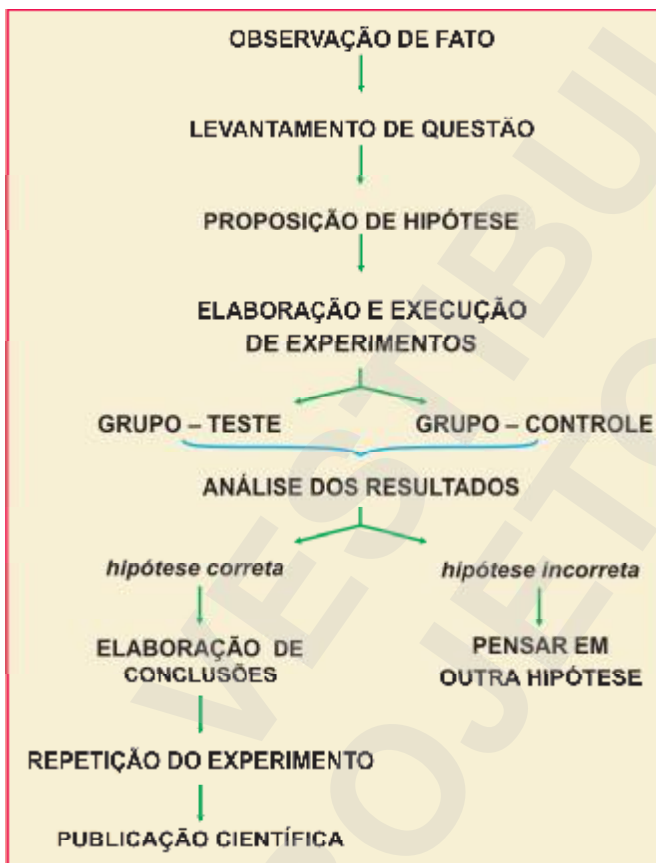
A Biologia Como Ciência

Biologia, a ciência da vida, estuda os seres vivos em um sentido bastante amplo.

MÉTODO CIENTÍFICO

Para desenvolver uma idéia ou realizar uma experiência, os cientistas utilizam técnicas de estudo padronizadas, chamadas métodos científicos. Esta padronização é importante uma vez que, seguidas todas as etapas, valida estudos de cientistas de todo o mundo.

ETAPAS DO MÉTODO



Modo dedutivo → conclusões particulares são obtidas a partir de princípios gerais, abrangentes.

Modo indutivo → conclusões generalizadas são formuladas a partir da análise de casos particulares.

Tanto na dedução quanto na indução, experiências científicas, baseadas nas técnicas do método científico, devem ser realizadas para comprovação ou refutação das conclusões.

EXPERIÊNCIAS CONTROLADAS

Em experiências controladas cientificamente, existe o chamado grupo teste ou experimental, que é aquele que será submetido à alteração de uma variável, como a administração de um determinado medicamento, o que não será feito no chamado grupo controle.

O grupo controle é, portanto, aquele que servirá como base de comparação para os resultados obtidos com o grupo teste, uma vez que se manteve inalterado durante toda a experiência.

CARACTERÍSTICAS DOS SERES VIVOS

Embora existam dezenas de milhares de espécies de seres vivos diferentes, todos eles possuem características peculiares, que serão vistas a seguir:

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Bastante complexa, com substâncias minerais (água e sais) e orgânicas (glicídios, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos). Água é a substância mais abundante, depois, as proteínas nos animais e os carboidratos nas plantas.

As moléculas orgânicas são, tipicamente, grandes esqueletos moleculares de carbono com participação de outros elementos químicos.

Oxigênio (O), carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N) constituem cerca de 96% da matéria dos seres vivos.

ORGANIZAÇÃO

Regra geral, os seres vivos são formados por uma ou mais células (teoria celular). Bactérias e protozoários são unicelulares; já um verme ou uma palmeira são pluricelulares como nós.

Vírus e outros agentes infecciosos, como os príons, têm organização apenas molecular, mas são considerados seres vivos por vários cientistas. São exceção à organização celular.

Assim, os vírus, apesar de acelulares e de não possuírem atividade metabólica própria, sendo parasitas intracelulares obrigatórios, são considerados seres vivos, pois são capazes de se reproduzir, de transmitir características genéticas aos "vírus filhos" (hereditariedade) e de evoluir.

DEDUÇÕES E INDUÇÕES

Deduções e **induições** são formas de raciocínio diferentes, que chegam a conclusões de maneiras próprias.



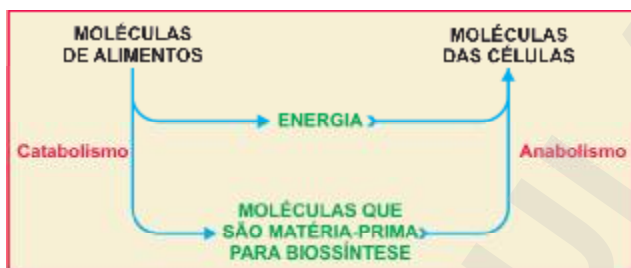
NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO CRESCENTE EM UM ORGANISMO COMPLEXO COMO O HUMANO

Células (formadas por átomos e moléculas) → Tecidos → Órgãos → Sistemas → Organismo.

METABOLISMO

Metabolismo é o conjunto de reações químicas que ocorrem nos organismos, envolvendo transformações de moléculas. Compreende reações exergônicas (exotérmicas) que liberam energia e reações endergônicas (endotérmicas) que absorvem energia.

Simultaneamente convivem reações de destruição (ou degradação) com outras, de construção (ou síntese). Isso é possível devido aos compartimentos intracelulares isolados por membranas que permitem a convivência simultânea de diversos microambientes de características próprias, em termos de pH, composição química, entre outros.



NUTRIÇÃO

Nutrição é a incorporação de matéria (e de energia) do meio exterior para anabolismo e catabolismo. O catabolismo é destrutivo e exergônico como na respiração celular aeróbica (usa O₂) dos seres vivos aeróbios. Já o anabolismo é construtivo e endergônico como na fotossíntese.

Respiração celular é a "queima" de pequenas moléculas alimentares (como a glicose) para liberar energia para as atividades vitais. Excreção é a eliminação de resíduos do metabolismo como o dióxido de carbono (CO₂) da respiração.

IRRITABILIDADE E HOMEOSTASIA

Irritabilidade é a capacidade que os seres vivos têm de interpretar estímulos e reagir a eles.

Homeostasia é a tentativa de manutenção de um meio ambiente interno constante apesar das variações do meio externo, o que confere estabilidade para as reações metabólicas do corpo.

A irritabilidade atinge um alto grau nos animais com sistema nervoso, que têm sensibilidade.



Em organismos como nós, os sistemas nervoso e endócrino (hormonal) participam da coordenação de atividades que levam à homeostasia. As reações nervosas são imediatas e curtas, como pensar e escrever, e as hormonais são mediadas e longas, como crescer e realizar o ciclo menstrual.

RELAÇÕES COM O AMBIENTE

Os seres vivos interagem ativamente entre si e com o ambiente. Entre si, em relações como o predatismo, em que um ser mata e se alimenta do outro organismo. Com o ambiente, sofrendo e exercendo influências na concentração de O₂, de CO₂ e tantos outros.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA ACIMA DE ORGANISMO

População → Comunidade → Ecossistema → Biosfera

População → é o conjunto de organismos de mesma espécie que vive em uma determinada área ao mesmo tempo.

Comunidade → é o grupo natural e organizado de diferentes espécies de seres vivos, interdependentes, no mesmo ambiente.

Ecossistema → compreende a comunidade mais os fatores ambientais.

Biosfera → é a camada da terra ocupada pelos seres vivos, compreendendo o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

REPRODUÇÃO

Reprodução é a capacidade que os seres vivos possuem de originar novos indivíduos que conservam as características genéticas gerais da espécie.

Sexuada ou gâmica é a reprodução que tem a participação de células especiais, os gametas, como ocorre na fecundação, quando há grande variabilidade genética, em consequência de diversos fatores. Assexuada ou agâmica é a reprodução que não tem participação de gametas, como na bipartição, com pequena ou nenhuma variabilidade genética.

CRESCIMENTO

Nos seres vivos, o crescimento é global, por intuscepção, com incorporação de matéria em todos os pontos do organismo. Os corpos brutos ou não vivos, quando crescem, é por aposição de mais matéria sobre a preexistente. Organismos (vivos) crescem e reconstróem partes desgastadas através da nutrição, do metabolismo e de divisões celulares por mitose quando são pluricelulares.

LEI DE DRIESCH

O tamanho de um organismo complexo depende do maior ou menor número de células que possui e não do tamanho delas, já que as células de uma mesma variedade são praticamente do mesmo tamanho, em qualquer indivíduo.



HEREDITARIEDADE E EVOLUÇÃO

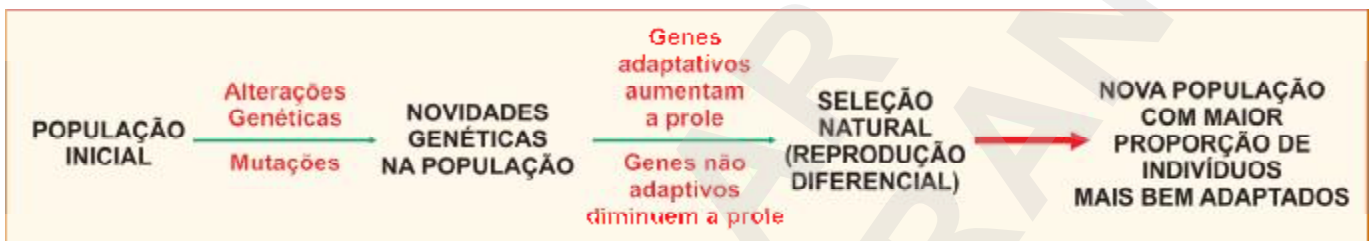
Hereditariade é a capacidade dos seres vivos de transmitirem a seus filhos material genético sob a forma de DNA que vai determinar a formação dos caracteres hereditários. O DNA usa o RNA mensageiro como intermediário para a síntese de proteínas específicas, inclusive enzimas, para a expressão da característica.

Os seres vivos podem sofrer modificações hereditárias (mutações) que podem torná-los mais eficientes ou mais bem adaptados aos respectivos ambientes.

As mutações são modificações ao acaso, podendo ser prejudiciais, indiferentes ou raramente benéficas, alterando o material genético (DNA) de uma célula ou de um organismo.

A seleção natural é consequência das adaptações que resultam do melhor ajustamento de uma de duas variáveis genéticas a um determinado ambiente.

Evolução é o processo de transformação e adaptação dos seres vivos ao meio ambiente, através dos tempos. Filogenia é a seqüência evolutiva, segundo a qual um grupo de seres vivos se origina de outro. É o caso dos Répteis, que deram origem a Mamíferos e Aves.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UNICAMP-SP) Sobre uma mesa há dois ratinhos semelhantes em tamanho, forma e cor. Um deles goteja um pouco de líquido, desloca-se em linha reta até cair da mesa e emite um ruído como de engrenagens, que logo cessa.

O outro ratinho percorre a mesa em linha sinuosa, vai até a borda e volta. Anda para lá e para cá, parecendo indeciso, como à procura de algo. De repente, dirige-se para um punhado de grãos, dos quais alguns são mordiscados e ingeridos. Em seguida, urina e defeca; depois, volta para junto de seus filhotes numa caixinha em cima da mesa.

A partir da situação narrada, descreva pelo menos três características que permitam concluir que um dos ratinhos é um ser vivo.

Solução:

Um dos ratinhos reage a estímulos ambientais (percebe, por exemplo, a borda da mesa), alimenta-se, gera filhotes, defeca e urina; enquanto o outro é mecânico, este é um ser vivo. Isto fica bem evidente em alguns trechos, como "...urina e defeca..." (o que evidencia a realização de atividades metabólicas) e "...volta para junto de seus filhotes..." (o que demonstra a capacidade reprodutiva).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

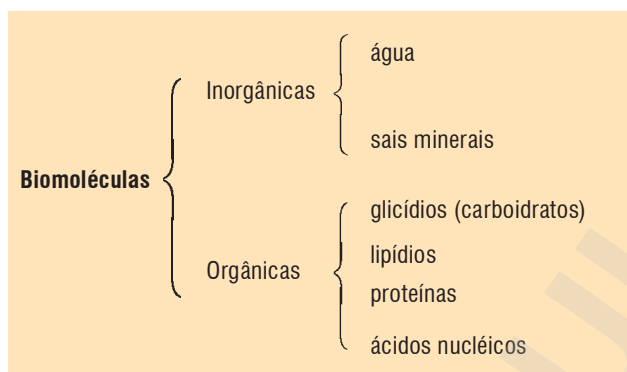
01. (UFRS-RS) Numa experiência controlada, o grupo controle tem por objetivo:

- (A) testar outras variantes do resultado previsto;
- (B) confirmar as conclusões obtidas com o grupo experimental;
- (C) desmentir as conclusões obtidas com o grupo experimental;
- (D) servir de referência padrão em face dos resultados fornecidos pelo grupo experimental;
- (E) testar a eficiência dos equipamentos usados na experiência.

Composição Química

BIOLOGIA MOLECULAR

Conhecer as especificidades de cada elemento químico ou molécula estrutural torna muito mais fácil o entendimento de alguns processos, como a travessia de substâncias através da membrana plasmática, o reconhecimento de substâncias por receptores específicos, o transporte de gases pelas hemácias, entre outros.



ÁGUA

Água é a substância mais abundante nos seres vivos de um modo geral. Observe a distribuição de substâncias na bactéria *Escherichia coli* (coliforme fecal):

A porcentagem de água é maior nos tecidos mais metabólicos, que têm mais reações químicas, e nos indivíduos mais jovens. A maioria das reações químicas do metabolismo só ocorre em presença de água, e isto deve-se a algumas propriedades químicas dessa substância, que favorecem a ocorrência desses processos.

ANIDROBIOSE E VIDA LATENTE

Anidrobiose é um estado caracterizado por quantidade mínima de água e atividade fisiológica muito pequena ou vida latente. É o que ocorre em formas de resistência como esporos de bactérias e cistos de protozoários, que são formados, geralmente, quando as condições ambientais tornam-se desfavoráveis, permitindo que esses microrganismos sobrevivam em ambientes inóspitos. Ocorre, também, em sementes, que têm apenas cerca de 5% de água e dependem de entrar em contato com mais água para germinar.

ORIGEM E ELIMINAÇÃO

Além da origem exógena, por ingestão e absorção, a água também tem origem endógena ou metabólica, como a que é produzida na respiração celular e que também é utilizada.

A água é eliminada dos organismos, em condições normais, através da urina, fezes, respiração orgânica, suor e evapotranspiração das plantas.

SUPERFÍCIES CORPORAIS IMPERMEABILIZADAS

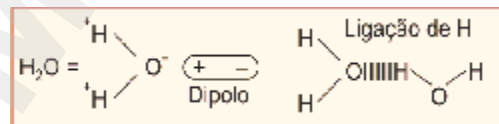
Superfícies corporais impermeabilizadas representam um importante mecanismo de adaptação à vida terrestre. São bem exemplificadas pelo exoesqueleto de quitina de insetos e aranhas, epiderme queratinizada de répteis, aves e mamíferos e epiderme revestida por cera impermeável (cutina), em vegetais terrestres.

SOLVENTE UNIVERSAL

Água é o solvente universal e meio de reações químicas e de transporte de outras substâncias. Com grande energia cinética, é agente de dissolução ou difusão (espalhamento) de substâncias, um fenômeno físico.

Moléculas que contêm ligações polares, como os álcoois e íons (moléculas com cargas positivas ou negativas), dissolvem facilmente na água. Essas moléculas são chamadas hidrofílicas e incluem os açúcares, os ácidos nucleicos e a maioria das proteínas.

As moléculas não polares ou não carregadas eletricamente (apolares) são hidrofóbicas, pois não se dissolvem em água, e incluem os lipídios.



REGULAÇÃO TÉRMICA

A água é um importante fator na regulação térmica do corpo devido ao seu alto calor específico, o que significa que grandes variações de temperatura externa (calor externo) provocam pequenas variações na temperatura da água. Seu alto calor de vaporização faz a sudorese diminuir a temperatura do corpo (retira calor do corpo). Quanto maior a umidade do ambiente, mais difícil é a evaporação do suor.

OUTRAS PROPRIEDADES

A água também é fundamental nos processos de formação da camada de solvatação das micelas, decomposição de compostos orgânicos (hidrólise); atua como veículo para a absorção e eliminação de substâncias, além de ser importante para a ocorrência de reações metabólicas, ao facilitar o encontro dos reagentes e da reprodução no encontro de gametas, em animais aquáticos.

CONCEITO DE pH

pH ou potencial de hidrogênio iônico é o símbolo que representa o grau de acidez ou de alcalinidade (basicidade) de uma solução. É inversamente proporcional à concentração de íons H^+ de uma solução.



pH 0 a 14

O pH varia de 0 a 14 unidades; quanto mais baixo, mais ácido (mais H⁺); quanto mais alto, mais básico (menos H⁺); pH 7 é neutro.

Variações de pH

O pH da boca (da solução bucal) é aproximadamente neutro; o do estômago (do suco gástrico) é muito ácido (aproximadamente 2,0) e o do intestino (do suco intestinal) é básico.

O pH do citoplasma (suco hialoplasmático) fica em torno de 7,2; do núcleo (suco nuclear) aproximadamente 7,6; do sangue em torno de 7,4. Este, se aumenta, leva à alcalose, se baixa, à acidose; neste caso, porque o pH baixou e acidificou, e não porque tenha necessariamente ficado abaixo de 7,0.

“Substância”	Valor de pH
fluido vaginal*	3, 5-4, 5
urina*	4, 6-8, 0
saliva*	6, 35-6, 85
sangue*	7, 35-7, 45
sêmen (fluido que contém espermatozoides)*	7, 20-7, 60
líquido cerebrospinal (fluido associado ao sistema nervoso)*	7,4

* “Substâncias” no corpo humano. Valores de pH de algumas “substâncias”

Importância Biológica

Grandes variações de pH alteram a estrutura coloidal da célula, principalmente quando o pH diminui; modificam a estrutura e a carga elétrica das proteínas e a polaridade das membranas e, daí, alteram a absorção e eliminação celulares.

Enzimas, pH e Temperatura

O funcionamento das enzimas (catalisadores biológicos protéicos) depende do pH e também da temperatura. Cada enzima tem seu pH ótimo, de máximo rendimento, seu pH mínimo, abaixo do qual não tem atividade e seu pH máximo, além do qual não atua.

Sistemas-Tampões

Sistemas-tampões ou amortecedores são soluções que impedem grandes variações de pH. Se o pH diminui, o tampão se combina com o H⁺; se o pH aumenta, o tampão libera H⁺. Atuam como tampões: sistema bicarbonato, principalmente no sangue, também nas células e no intestino delgado; sistema fosfato, nas células e ainda proteínas nas células e sangue.



Sistema bicarbonato

SAIS MINERAIS

Os sais minerais têm origem exógena, por ingestão e absorção. Existem 16 elementos químicos que são essenciais às plantas;

9 deles são necessários em grandes quantidades (chamados macronutrientes) e 7 bastam em quantidades muito pequenas (chamados micronutrientes).

Um homem necessita de cerca de 21 elementos químicos diferentes. Alguns, como o cálcio, em quantidades maiores (aproximadamente 100mg/dia); outros, como o ferro (cerca de 21mg/dia), em quantidades menores.

OCORRÊNCIA E AÇÃO

Sódio e potássio	Condução do impulso nervoso, equilíbrio hídrico.
Cálcio	Contração muscular, coagulação sanguínea, rigidez óssea e dentária.
Ferro	Na molécula da hemoglobina, transporta gases.
Iodo	Nas moléculas dos hormônios da tireóide T ₃ e T ₄ .
Magnésio	Na molécula da clorofila e ativação de algumas enzimas.
Fósforo (sob a forma de fosfato)	No esqueleto, nos ácidos nucleicos e no ATP.
Nitrogênio (sob a forma de nitrato)	Principal forma de nitrogênio absorvida pelas raízes.

Os sais minerais são encontrados nas formas iônica, molecular e combinada a substâncias orgânicas.

CARÊNCIAS

Carência de ferro na alimentação acarreta a anemia ferropriva. Anemia é caracterizada pela diminuição do número de hemácias e/ou do seu teor de hemoglobina (proteína com ferro que transporta gases, principalmente o oxigênio). Carnes, fígado, gema de ovo, vegetais verdes e legumes são fontes de ferro.

Carência de iodo na alimentação causa o bócio endêmico, identificado pelo aumento de volume da glândula tireóide, numa tentativa inútil de compensação por causa da diminuição dos hormônios por ela produzidos. “Frutos do mar”, laticínios e sal de cozinha iodado são fontes de iodo.

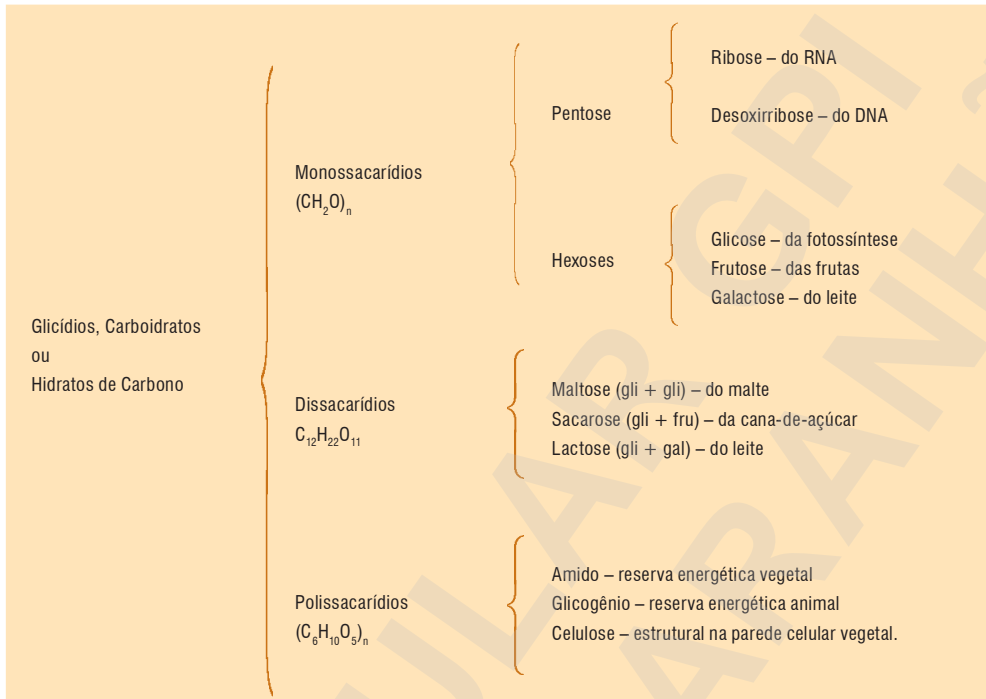
FOSFATOS E ATP

Com energia da luz, na fotossíntese, ou da respiração celular, o ADP combina-se a um fosfato e forma o ATP, adenosina trifosfato, um armazenador temporário de energia. Quando necessário, o ATP perde um fosfato, volta a ADP e libera energia para atividades vitais, como sínteses moleculares e movimentos.



GLICÍDIOS

Os glicídios são a mais usual fonte de energia para os seres vivos.



MONOSSACARÍDIOS

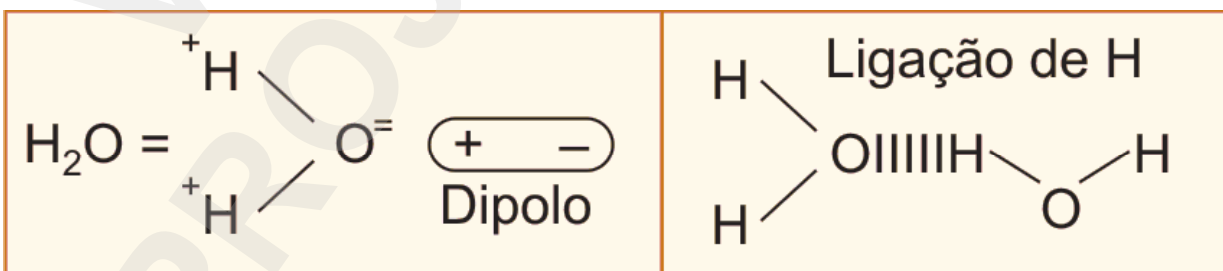
Açúcares simples (monossacarídios, oses) podem seguir dois caminhos no metabolismo da célula. Oxidados durante a respiração celular liberam energia para a atividade metabólica. Utilizados como unidades (monômeros) podem formar grandes moléculas (polímeros). Frutose (C₆H₁₂O₆) é o açúcar das frutas, também encontrada no esperma; galactose (C₆H₁₂O₆) faz parte do açúcar do leite; ribose (C₅H₁₀O₅) está presente no RNA, no AMP, ADP e ATP; desoxirribose (C₅H₁₀O₄) é a pentose do DNA.

Glicose

Glicose (C₆H₁₂O₆), um produto final da fotossíntese, é o açúcar do sangue, combustível preferencial das células. O teor de glicose no sangue (glicemia) normal é de cerca de 70 a 110mg de glicose/mL de sangue. A glicemia diminui por ação da insulina e aumenta pela ação do glucagon, ambos hormônios produzidos por células específicas do pâncreas.

DISSACARÍDIOS

Dissacarídios são doces, solúveis em água, têm fórmula molecular C₁₂H₂₂O₁₁ e resultam da união de duas hexoses por uma ligação glicosídica, como a sacarose, a maltose e a lactose.



Síntese por desidratação e hidrólise da sacarose.



POLISSACARÍDIOS DE GLICOSE: CELULOSE, AMIDO E GLICOGÊNIO

Celulose é uma cadeia linear de glicoses, peso molecular de aproximadamente 2 milhões u.m.a., componente estrutural da parede de células vegetais. Amido ou amilo é uma cadeia ramificada de glicoses, peso molecular de cerca de 500 mil u.m.a., reserva energética dos vegetais, principalmente nas raízes e sementes. Esta substância é corada (identificada) pela tintura de iodo (lugol), que exibe coloração azul. Glicogênio é uma cadeia ainda mais ramificada de glicoses, peso molecular de aproximadamente 2,5 milhões u.m.a., uma reserva energética dos animais, principalmente no fígado e nos músculos.

LIPÍDIOS

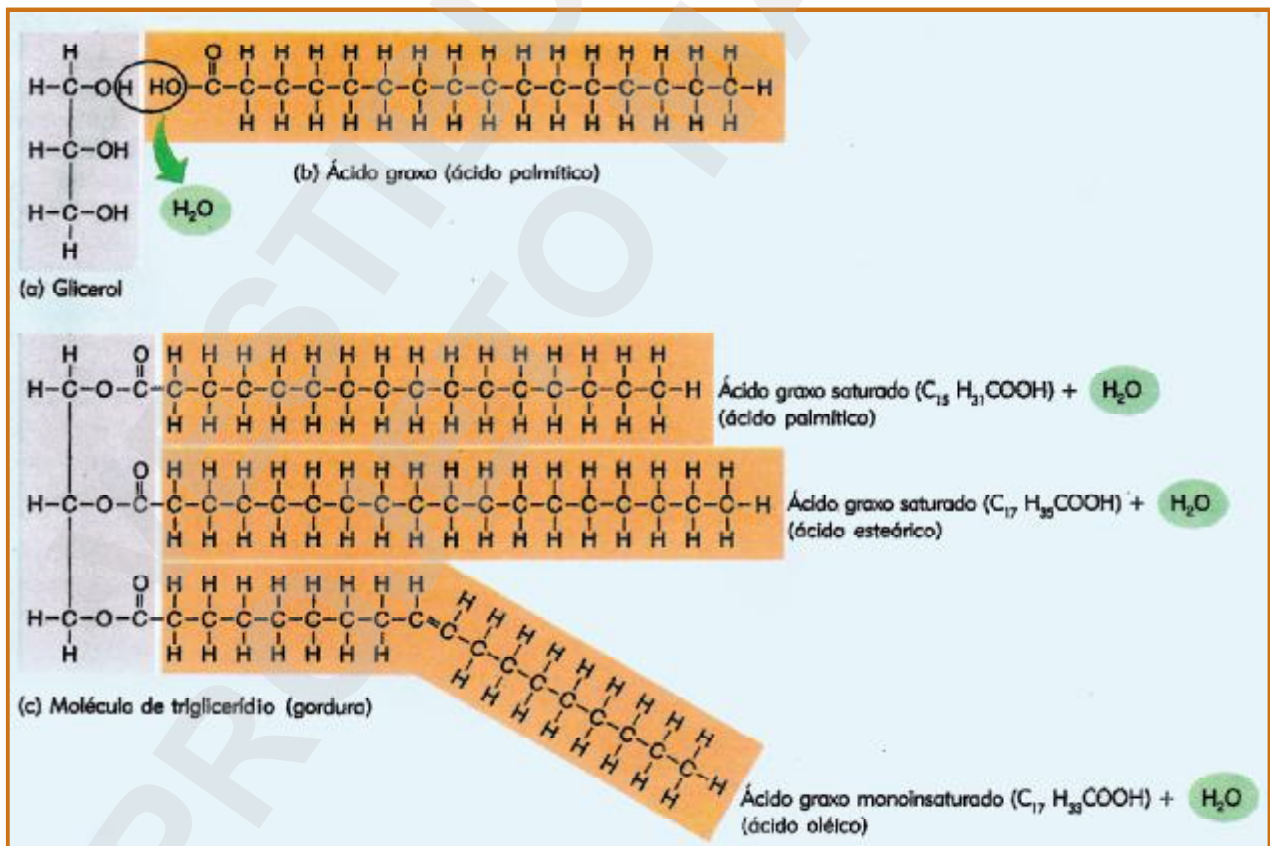
Lipídios podem incluir triglicerídios, cerídios, esterídios, carotenóides e fosfolipídios.

Lipídios

- Triglicerídios – gorduras, óleos e azeites
- Cerídios – ceras em vegetais e em animais
- Carotenóides – pró-vitamina A
- Fosfolipídios – nas membranas biológicas
- Esterídios – colesterol, hormônios sexuais e vitamina D.

GLICERÍDIOS

São formados pelo álcool glicerol combinado a ácido(s) graxo(s). Gorduras são sólidas a 20°C e óleos são líquidos nas mesmas condições; ácidos graxos são ácidos carboxílicos com número geralmente par de carbonos igual ou maior que 10.



O glicerol e os ácidos graxos são as unidades básicas dos triglicerídios.



TRIGLICERÍDIOS

Triglicerídios funcionam como reserva alimentar e, como têm baixa solubilidade em água (hidrofóbicos), permitem ao organismo formar uma reserva energética em pouco volume, como no tecido adiposo e em sementes oleosas.

CERÍDEOS

Cerídios são formados por um álcool de cadeia longa combinado a um ácido graxo e não têm valor nutritivo. Ceras têm função de revestimento impermeabilizante, principalmente em folhas e frutos de regiões secas.

ESTERÍDIOS

Os esterídios podem ser de origem animal, como o colesterol, ou de origem vegetal, como o ergosterol, e estão na origem de pró-vitamina D, substância orgânica inativa que, ao nível da pele, por ação dos raios ultravioleta do Sol, se transforma em vitamina D, acelerando a absorção intestinal do cálcio e regulando o metabolismo do cálcio e do fósforo.

Diversos hormônios são esteróides derivados do colesterol. É o caso da progesterona e dos estrógenos, entre outros.

Colesterol e Lipoproteínas

O colesterol circula no sangue ligado a proteínas, formando, dentre outras, duas lipoproteínas muito importantes: HDL, lipoproteína de alta densidade, que é chamada de bom colesterol, e LDL, lipoproteína de baixa densidade, que é chamada de mau colesterol. Cerca de 70% do colesterol que circula no plasma sanguíneo é transportado em LDL, sendo o restante transportado principalmente em HDL; por isso, elevada concentração de LDL é perigosa e alta proporção de HDL em relação a LDL reduz o risco de doenças cardiovasculares, como é o caso do infarto do miocárdio. Isto porque altas taxas de LDL no sangue provocam o depósito de colesterol na parede das artérias.

CAROTENÓIDES

Carotenóides são derivados de hidrocarbonetos vegetais, como os carotenos (da cenoura, tomates e legumes em geral) e xantofila (cor amarela das folhas).

Caroteno é a pró-vitamina A e, uma vez ingerido, é transformado no fígado em vitamina A, precursora do retinal, substância sensível à luz presente na retina do olho.

FOSFOLIPÍDIOS

Fosfolipídios constituem a bicapa lipídica nas membranas celulares.

As membranas biológicas, como a membrana plasmática, têm camadas duplas de fosfolipídios, nas quais as extremidades nitrogenadas estão voltadas para a água (do líquido extracelular e do citoplasma) e as extremidades graxas voltam-se para dentro da membrana.

Fosfolipídios são, também, isolantes elétricos na bainha de mielina dos nervos, que aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFF-RJ) “A taxa de água varia em função de três fatores básicos: a atividade do tecido ou órgão (a quantidade de H₂O é diretamente proporcional à atividade metabólica do órgão ou tecido em questão); a idade (a taxa de água decresce com a idade) e a espécie em questão (o homem, 63%, fungos, 83%, celenterados, 96% etc.)” Baseado nesses dados, o item que representa um conjunto de maior taxa hídrica é:

- (A) coração, ancião, cogumelo;
- (B) estômago, criança, abacateiro;
- (C) músculo da perna, recém-nascido, medusa;
- (D) ossos, adulto, “orelha-de-pau”;
- (E) pele, jovem adolescente, coral.

02. (UFMG) Os lipídios de procedência animal são mais perniciosos à saúde humana do que os de origem vegetal porque contêm com larga margem de frequência um componente que se agrega às paredes das artérias diminuindo-lhes o diâmetro e justificando o aparecimento de uma doença chamada arteriosclerose. Esse componente é:

- (A) a mielina;
- (B) a lecitina;
- (C) o glicerol;
- (D) o ácido úrico;
- (E) o colesterol.

03. (PUC-RS) O polissacarídeo, formado por unidades de glicose e que representa a principal forma de armazenamento intracelular de glicídios nos animais, é denominado:

- (A) amido;
- (B) colesterol;
- (C) ergosterol;
- (D) celulose;
- (E) glicogênio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNICAMP-SP) O glicogênio é um polissacarídeo armazenado no interior das células hepáticas e no interior das fibras musculares esqueléticas, com a finalidade de estocar moléculas de glicose para o uso no metabolismo energético.

Explique a vantagem de se estocarem várias moléculas de glicose sob a forma de glicogênio, em vez de se estocarem tais monossacarídeos na forma livre.

ANOTAÇÃO

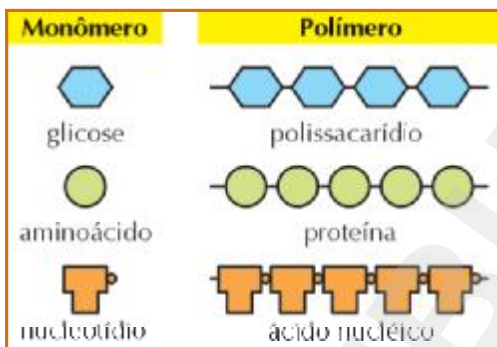
Proteínas e Vitaminas

PROTEÍNAS

As proteínas são compostos orgânicos de elevado peso molecular. Têm estrutura complexa combinando obrigatoriamente os elementos carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Outros elementos, como o enxofre, também podem estar presentes. As proteínas são os compostos orgânicos mais abundantes nas células animais.

POLÍMEROS DE AMINOÁCIDOS

As proteínas são polímeros de aminoácidos, unidos por ligações chamadas pépticas ou peptídicas.



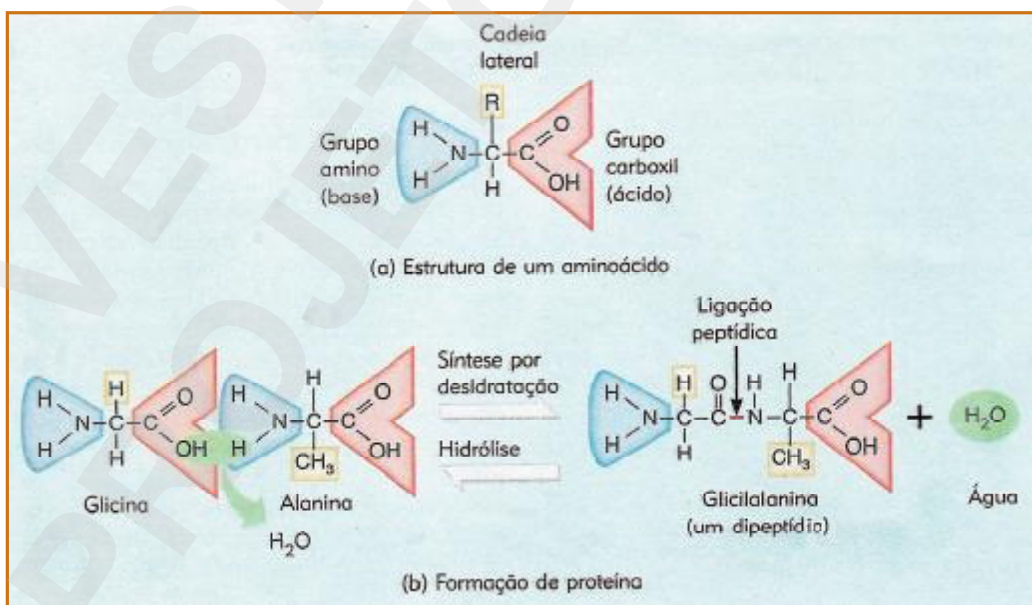
Três tipos de macromoléculas: cada uma é um polímero formado por pequenas moléculas (chamadas monômeros ou subunidades) mantidas ligadas por ligações covalentes.

Aminoácidos são monômeros que apresentam um grupamento funcional carboxila e outro amina. São as unidades fundamentais de uma proteína.

Existem atualmente cerca de 20 aminoácidos conhecidos que entram na composição das proteínas. Os vegetais são capazes de sintetizar todos os aminoácidos de que necessitam. Os animais, como o homem, não conseguem produzir todos, sendo necessário obter alguns deles através da alimentação. Estes são chamados aminoácidos essenciais. Alguns aminoácidos podem ser produzidos no fígado, através de um processo chamado transaminação, e são chamados aminoácidos naturais. Existem aminoácidos que podem ser naturais para uma espécie e essenciais para outra. Na espécie humana, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, metionina, treonina, lisina, histidina e triptofano são aminoácidos essenciais.

CLASSIFICAÇÃO DAS PROTEÍNAS

As proteínas podem ser simples (holoproteínas), quando são formadas exclusivamente de aminoácidos, como a albumina. Podem ser complexas (heteroproteínas), quando existe um radical não protéico (grupo prostético) ligado à cadeia de aminoácidos. De acordo com o tipo de radical prostético, as proteínas complexas podem ser: nucleoproteínas, em que o radical prostético é um ácido nucléico, como na cromatina; lipoproteínas, em que o radical prostético é um lipídio; glicoproteínas, em que o radical prostético é um glicídio, e cromoproteínas, que têm um pigmento (cromóforo) como radical prostético. A hemoglobina é um exemplo de cromoproteína.



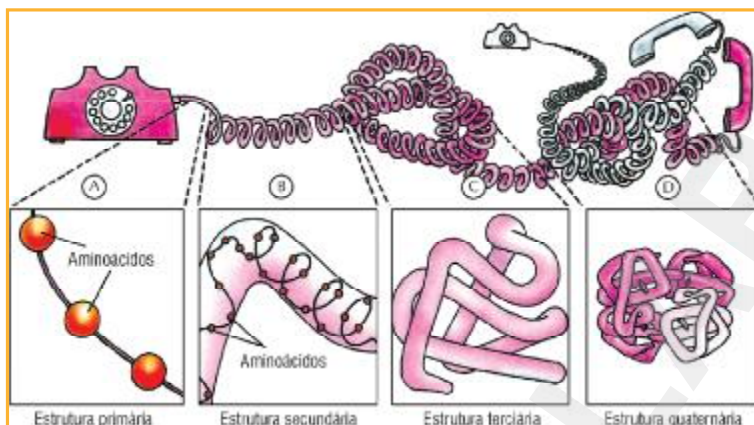
Os aminoácidos são as estruturas fundamentais das proteínas.



ESTRUTURA DAS PROTEÍNAS

No que se refere à estrutura geral das proteínas, quatro aspectos devem ser destacados: a estrutura primária, representada pela seqüência linear de aminoácidos; a estrutura secundária, representada pela disposição helicoidal da proteína, constituindo a chamada alfa-hélice, mantida por ligações de hidrogênio; a estrutura terciária, representada pela dobra da alfa-hélice sobre si mesma, causada pela atração entre grupamentos amina e carboxila, e entre átomos de enxofre existentes nos aminoácidos sulfurados, formando as chamadas ligações dissulfeto. A estrutura terciária é a que vai determinar a forma da molécula protéica.

A estrutura quaternária resulta da coexistência, na mesma proteína, de mais de uma cadeia polipeptídica em estrutura terciária.



A seqüência de aminoácidos de uma molécula de proteína é sua estrutura primária. (B) Interações por pontes de hidrogênio entre os aminoácidos da cadeia polipeptídica fazem o filamento protéico se enrolar em forma de hélice (ou em outra configuração regular), produzindo a estrutura secundária. (C) A estrutura terciária resulta do dobramento da estrutura helicoidal sobre si mesma, devido a interações entre os radicais dos aminoácidos. (D) Proteínas formadas por mais de uma cadeia polipeptídica têm estrutura quaternária, que resulta da associação entre as cadeias.



Temperatura alta e alterações na acidez (pH) do meio podem desnaturar proteínas, fazendo-as perder sua forma espacial e a capacidade de funcionar.

DESNATURAÇÃO

Quando uma proteína é submetida à alteração brusca de certos fatores, como acidez e temperatura, podem ocorrer rupturas nas ligações que mantêm a forma da molécula, alterando a estrutura espacial da proteína, conseqüentemente, suas propriedades e funções. Este fenômeno é chamado desnaturação.

FUNÇÕES

As proteínas têm funções diversas nos seres vivos, como estrutural (na estrutura dos tecidos, como queratina e actina), enzimática (na regulação das reações biológicas, como as lipases), hormonal (como a insulina e a ocitocina, de origem protéica), nutritiva (como fonte de aminoácidos na alimentação dos animais) e de defesa (formação de anticorpos a partir de proteínas chamadas gamaglobulinas).

ENZIMAS

As enzimas são proteínas que funcionam como catalisadores biológicos, reduzindo a energia de ativação necessária para desencadear uma reação química. Isto permite que reações aconteçam em temperaturas mais baixas, reduzindo a possibilidade de danos às células.

CLASSIFICAÇÃO DAS ENZIMAS

As enzimas podem ser simples ou conjugadas. As simples são formadas apenas de aminoácidos; as conjugadas contêm, além dos aminoácidos, uma substância não protéica.

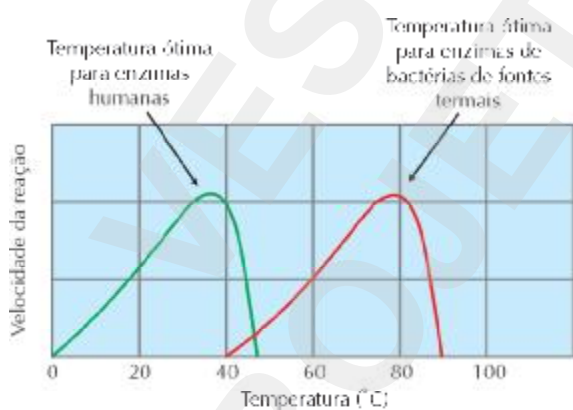
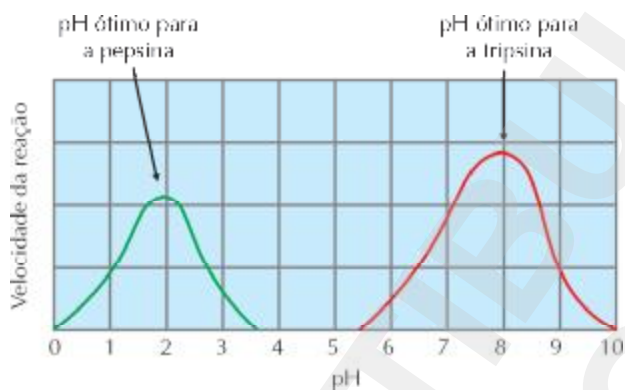


ENZIMA E SUBSTRATO

Cada enzima é específica para um substrato, ou um grupo restrito de substratos. Esta especificidade é consequência da presença, na enzima, de uma região chamada sítio ativo, que tem uma forma complementar a do substrato. Este modelo de encaixe é chamado de modelo chave-fechadura.

ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Vários fatores podem influenciar a atividade de uma enzima, entre eles, a concentração da enzima (quanto maior for a concentração da enzima, maior será a velocidade da reação – isto depende também da concentração de substrato); a concentração de substrato (a velocidade de reação será maior com a maior concentração de substrato, enquanto houver enzimas “desocupadas”), a temperatura (a reação é mais veloz com o aumento da temperatura, dentro de certos limites – a enzima pode sofrer desnaturação pelo excesso de calor, alterando a forma do sítio ativo); e o pH (cada enzima tem um grau ótimo de pH, no qual sua atividade é máxima. Acima ou abaixo deste valor, a atividade enzimática é alterada, decresce).



Cada enzima tem uma temperatura e um grau de acidez (pH) ótimos, em que sua atividade é máxima.

ZIMOGÊNIO

Zimogênio é a enzima inativa, que não tem participação em reações químicas, como o pepsinogênio que apenas em contato com o ácido clorídrico do estômago é convertido em pepsina (forma ativa da enzima).

INIBIÇÃO COMPETITIVA

Algumas moléculas podem ter a estrutura espacial semelhante à da enzima e encaixar-se no sítio ativo, impedindo a formação do complexo enzima-substrato. É a inibição competitiva. Inibição alostérica é a que ocorre em outro local, que não o sítio ativo principal.

VITAMINAS

Vitaminas são substâncias químicas fundamentais para o bom funcionamento do organismo. São necessárias em pequenas quantidades e devem ser obtidas de outras fontes.

FUNÇÕES

As vitaminas atuam basicamente como coenzimas, ativando enzimas fundamentais nas reações do nosso metabolismo. Não têm função energética nem estrutural.

NECESSIDADES DIÁRIAS

As vitaminas são necessárias em quantidades muito pequenas no organismo, porém sua carência ou excesso podem levar a quadros muito graves. Avitaminose significa carência total de determinada vitamina, enquanto hipovitaminose refere-se à carência parcial. Hipervitaminose é o nome que se dá quando há aquisição excessiva de determinada vitamina.

VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

São aquelas que, como o próprio nome diz, são solúveis em água. Isso é importante quando se pensa em ingestão mínima recomendada, pois devido à sua solubilidade são mais facilmente excretadas. Fazem parte deste grupo as vitaminas do complexo B e a vitamina C.

VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

São aquelas insolúveis em água, mas que se dissolvem em lípidos. São as vitaminas A, D, E e K.



TABELA DE VITAMINAS

VITAMINA	FUNÇÃO	SUA PRESENÇA POSSIBILITA	FONTES
A	Atua sobre a pele, a retina dos olhos e as mucosas: aumenta a resistência aos agentes infecciosos. Carência: Xerofthalmia (ressecamento da córnea) e hemeralopia (cegueira noturna).	Fortalecimento de dentes, unhas e cabelos; prevenção de doenças respiratórias.	Manteiga, leite, gema de ovo, fígado, espinafre, chicória, tomate, mamão, batata, cará, abóbora.
B1 ou Tiamina	Auxilia no metabolismo dos carboidratos; favorece a absorção de oxigênio pelo cérebro; equilibra o sistema nervoso e assegura o crescimento normal. Carência: Beriberi (polineurite periférica).	Alívio de dores musculares e cólicas da menstruação; pele saudável.	Carne de porco, cereais integrais, nozes, lentilha, soja, gema de ovo.
B2 ou Riboflavina	Conserva os tecidos, principalmente os do globo ocular.	Benefícios para a visão e diminuição do cansaço ocular; bom estado da pele, unhas, cabelos e mucosas.	Fígado, rim, levedo de cerveja, espinafre, berinjela.
B6 ou Piridoxina	Permite a assimilação das proteínas e das gorduras.	Melhora de sintomas da tensão pré-menstrual; prevenção de doenças nervosas e de afecções da pele.	Carnes de boi e de porco, fígado, cereais integrais, batata, banana.
B12 ou Cobalamina	Colabora na formação dos glóbulos vermelhos e na síntese do ácido nucléico. Carência: Anemia perniciosa.	Melhora na concentração e memória; alívio da irritabilidade.	Fígado e rim de boi, ostra, ovo, peixe, aveia.
C ou Ácido ascórbico	Conserva os vasos sanguíneos e os tecidos; ajuda na absorção do ferro; aumenta a resistência a infecções; favorece a cicatrização e o crescimento normal dos ossos. Carência: Escorbuto.	Produção de colágeno; redução do efeito de substâncias que causam alergia; previne o resfriado.	Limão, laranja, abacaxi, mamão, goiaba, caju, alface, agrião, tomate, cenoura, pimentão, nabo, espinafre.
D	Fixa o cálcio e o fósforo em dentes e ossos e é muito importante para crianças, gestantes e mães que amamentam. Carência: Raquitismo em criança.	Prevenção da osteoporose.	Óleo de fígado de peixes, leite, manteiga, gema de ovo, "raios de sol".
E	Antioxidante; favorece o metabolismo muscular e auxilia a fertilidade.	Alívio da fadiga; retardamento do envelhecimento; prevenção de abortos espontâneos e câibras nas pernas.	Germe de trigo, nozes, carnes, amendoim, óleo, gema de ovo.
H ou Biotina	Funciona no metabolismo das proteínas e dos carboidratos.	Prevenção da calvície; alívio de dores musculares e do eczema e dermatite.	Fígado e rim de boi, gema de ovo, batata, banana, amendoim.
K	Essencial para que o organismo produza protombina, uma substância indispensável para a coagulação do sangue.	Formação de determinadas proteínas.	Fígado, verduras, ovo, bactérias da flora intestinal.
Ácido Fólico	Atua na formação dos glóbulos vermelhos.	Prevenção de defeitos congênitos graves na gravidez; prevenção do câncer.	Carnes, fígado, leguminosas, vegetais de folhas escuras, banana, melão.
B3, PP ou Niacina (ácido nicotínico)	Possibilita o metabolismo das gorduras e carboidratos. Carência: Pelagra (dermatite, diarreia e demência).	Produção de hormônios sexuais; auxílio no processo digestivo.	Lêvedo, fígado, rim, coração, ovo, cereais integrais.
B5 ou Ácido Pantotênico	Auxilia o metabolismo em geral.	Prevenção da fadiga; produção do colesterol, gorduras e glóbulos vermelhos.	Fígado, rim, carnes, gema de ovo, brócolis, trigo integral, batata.

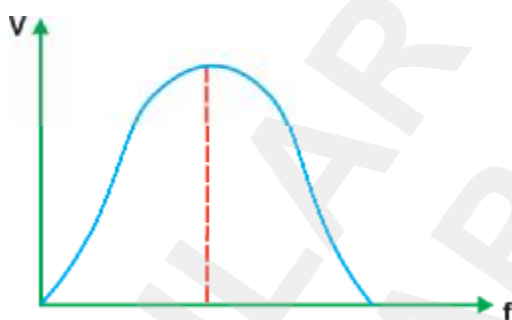
Vitaminas E, A e C são antioxidantes, protegendo-nos de radicais livres.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (EFOA-MG) Num polipeptídeo que possui 84 ligações peptídicas, os respectivos números de aminoácidos e de grupamento(s) amino terminal e grupamento(s) ácido terminal são:

- (A) 84, 1, 1;
- (B) 85, 1, 1;
- (C) 85, 84, 84;
- (D) 84, 85, 85;
- (E) 1, 85, 85.

02. (PUC-SP) O gráfico seguinte relaciona a velocidade de uma reação química catalisada por enzimas com a temperatura na qual essa reação ocorre.



Podemos afirmar que:

- (A) a velocidade da reação independe da temperatura;
- (B) existe uma temperatura ótima na qual a velocidade da reação é máxima;
- (C) a velocidade aumenta proporcionalmente à temperatura;
- (D) a velocidade diminui proporcionalmente à temperatura;
- (E) a partir de uma certa temperatura, inverte-se o sentido da reação.

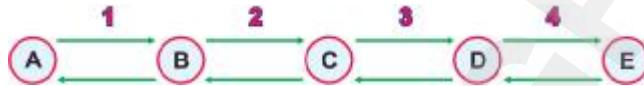
03. (CESESP-CE) Escorbuto, raquitismo, xerofthalmia e beribéri são alterações provocadas pela carência das seguintes vitaminas:

- | | |
|------------------|------------------|
| (A) C, D, A, B1; | (D) C, A, E, B1; |
| (B) C, D, E, A; | (E) K, C, B, A. |
| (C) C, A, K, B1; | |

ANOTAÇÃO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FGV-SP) Considere o seguinte esquema em que as letras representam substâncias químicas e os números representam enzimas que catalisam reações de transformações.

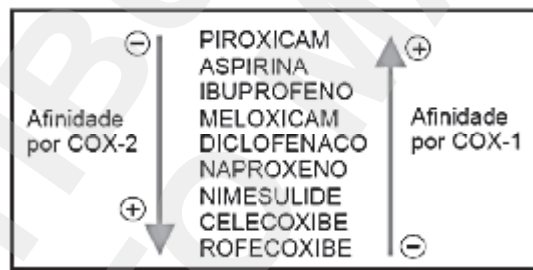


Qual das seguintes afirmações é uma hipótese lógica derivada da análise do esquema?

- (A) A enzima 4 é a mais importante da série.
- (B) Se uma substância destruir a enzima 3, todas as reações cessarão.
- (C) Se a enzima 1 for removida, B será formada a partir de A, mas a reação reversa não ocorre.
- (D) Quando a substância A for sintetizada, não haverá necessidade da formação de B.
- (E) A substância C será acumulada após a remoção da enzima 3.

ENEM: TRABALHANDO AS HABILIDADES

(ENEM) Os efeitos dos antiinflamatórios estão associados à presença de inibidores da enzima chamada ciclooxigenase 2 (COX-2). Essa enzima degrada substâncias liberadas de tecidos lesados e as transforma em prostaglandinas pró-inflamatórias, responsáveis pelo aparecimento de dor e inchaço.



Os antiinflamatórios produzem efeitos colaterais decorrentes da inibição de uma outra enzima, a COX-1, responsável pela formação de prostaglandinas, protetoras da mucosa gastrintestinal.

O esquema ao lado mostra alguns antiinflamatórios (nome genérico). As setas indicam a maior ou a menor afinidade dessas substâncias pelas duas enzimas.

Com base nessas informações, é correto concluir-se que:

- (A) o piroxicam é o antiinflamatório que mais pode interferir na formação de prostaglandinas protetoras da mucosa gastrintestinal;
- (B) o rofecoxibe é o antiinflamatório que tem a maior afinidade pela enzima COX-1;
- (C) a aspirina tem o mesmo grau de afinidade pelas duas enzimas;
- (D) o diclofenaco, pela posição que ocupa no esquema, tem sua atividade antiinflamatória neutralizada pelas duas enzimas;
- (E) o nimesulide apresenta o mesmo grau de afinidade pelas enzimas COX-1 e COX-2.

Células Procariotas e Eucariotas

ORGANIZAÇÃO CELULAR

As células são as unidades estruturais (morfológicas) e funcionais (fisiológicas) dos seres vivos, que podem ser unicelulares, como uma bactéria, ou pluricelulares, como um inseto, formados por uma e várias células, respectivamente.

Há algumas exceções à organização celular, como é o caso dos vírus, acelulares, mas considerados agentes vivos por muitos autores, mesmo não tendo alguns dos atributos característicos dos seres vivos.

Ainda assim, é importante destacar que esses acelulares só se desenvolvem e multiplicam dentro de uma célula.

UNICELULARES E PLURICELULARES

A única célula dos seres vivos unicelulares, como um protozoário, precisa executar todas as funções necessárias à sua sobrevivência como célula e, conseqüentemente, como indivíduo. Já as muitas células dos organismos pluricelulares se diferenciam e se especializam de modo diverso, para melhor poder desempenhar as diferentes funções necessárias às atividades dos indivíduos.

Todas as células somáticas do corpo de um organismo têm o mesmo conjunto de genes. A diferenciação celular não é conseqüência da existência de genes diferentes em cada célula, e sim da atividade ou não de cada um desses genes em cada tipo celular, que varia de acordo com as necessidades específicas de cada um deles.

CELULARES E ACELULARES

Os seres vivos de qualquer um dos cinco reinos celulares são mais organizados do que os agentes vivos acelulares, mesmo que consideremos apenas a organização celular.

Uma célula tem membrana envoltória, chamada celular ou plasmática, além de um programa genético específico (material genético), e uma estrutura metabólica e maquinária de biossíntese de proteínas, polímeros que resultam do encadeamento de várias unidades (monômeros) chamadas aminoácidos.

Não é difícil perceber que esta organização é bem maior do que a dos vírus, que têm apenas um programa genético específico, que possibilita sua reprodução, no interior de uma célula hospedeira.

LEI DE SPENCER

Quando uma célula cresce, o que normalmente ocorre durante o seu ciclo de vida, a relação entre sua superfície e seu volume diminui. O interior da célula fica menos acessível a nutrientes que difundem pela superfície, única maneira de substâncias entrarem e saírem, reduzindo sua atividade metabólica e justificando a divisão celular, que restaura a situação anterior de equilíbrio em que a quantidade de nutrientes que podiam entrar na célula através de sua superfície era proporcional à quantidade de nutrientes de que a célula

precisava. Nos seres vivos unicelulares, esta divisão significa a reprodução assexuada do indivíduo, originando dois indivíduos geneticamente iguais. Nos pluricelulares, possibilita reparos e crescimento.

UNIDADES DE MEDIDA

Para compreendermos o mundo microscópico da célula, precisamos nos adaptar a unidades de medida mais coerentes com as formas que vão ser estudadas. Não seria interessante medirmos células em quilômetros ou proteínas em metros.

Seria, por comparação, como medir a distância da Terra à Lua em centímetros, o que é pouco prático.

As unidades mais comumente utilizadas são: o micrômetro (μ), que já foi chamado de micron, a unidade de comprimento que equivale a 0,001 mm ou 10^{-3} mm.

Nanômetro (nm) equivale à milésima parte de um micrômetro: $0,001 \mu\text{m}$, 10^{-6} mm ou 10^{-9} m. Ângstrom (Å) é a décima milésima parte de um micrômetro, $10^{-4} \mu\text{m}$.

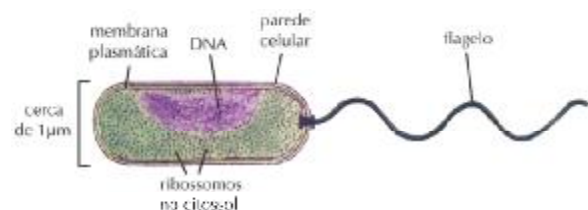
PROTÓCELULAS E EUCÉLULAS

Se você comparar a célula única da bactéria causadora da doença tétano com uma de suas próprias células bastante especializadas, como, por exemplo, um neurônio (célula nervosa), verá a enorme diferença de organização entre elas.

As células bacterianas, de procariontes, são chamadas protocélulas ou procariotas e as nossas células e dos demais eucariontes são denominadas eucélulas ou eucariotas.

PROCARIOTAS, AS PRIMEIRAS

Procariotas são as pequenas células dos seres do Reino Monera, as bactérias, incluindo cianobactérias, riquétsias e micoplasma ou PLO (sigla inglesa correspondente a pleuro-pneumoniae like organism). São células cerca de dez vezes menores que as eucariotas e, dessa forma, possuem proporção compatível (suficiente) entre a superfície (de aporte de nutrientes e saída de resíduos) e o volume que utiliza esses nutrientes e produz os resíduos. Não esqueça que as trocas entre a célula e o meio que a envolve são feitas através de espaços, canais ou poros na membrana plasmática. A proporção adequada entre superfície de troca e volume é o que permite alta taxa metabólica e rápidos ciclos reprodutivos, que podem se repetir a cada meia hora, em bactérias.



Célula bacteriana.



EUCARIOTAS

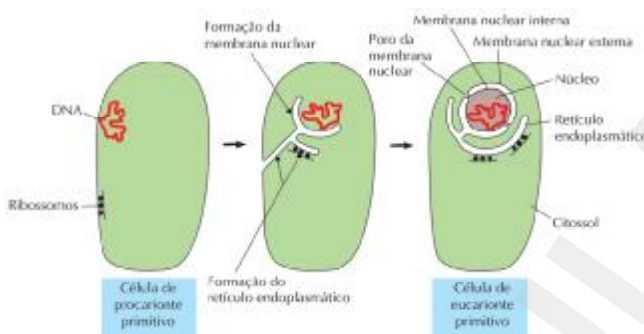
Eucariotas são as células, maiores, dos seres dos demais Reinos (Protistas, Fungos, Vegetais e Animais). Comparadas com as procariontes, têm menores taxas metabólicas e um tempo de geração mais longo.

Eucélulas têm o seu espaço interno dividido em vários compartimentos membranosos, compondo organelas, cada um deles individualizado e com funções definidas. Núcleo é o maior deles.

DESpropORÇÃO ENTRE SUPERFÍCIE E VOLUME

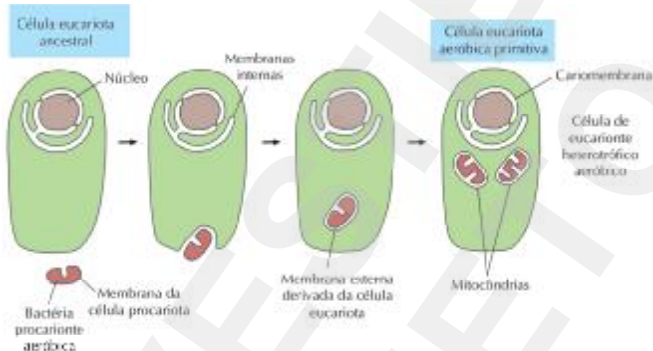
Células eucariotas se originaram há mais de um bilhão de anos de procariontes, que aumentaram de tamanho e criaram uma desproporção entre sua superfície, responsável pelas trocas com o meio, e seu volume.

Procarionte origina Eucariota



Célula de procarionte primitivo origina célula de eucariote primitivo.

Procarionte invade Eucariota



Teoria endo-simbiótica: origem das mitocôndrias.

EVOLUÇÃO CELULAR

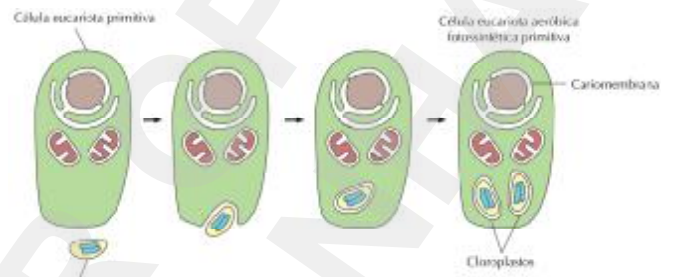
Dobras ou invaginações da membrana plasmática formaram várias organelas como o retículo endoplasmático no citoplasma, para a circulação de substâncias, e a membrana nuclear, para proteção e individualização do material genético, envolvendo o núcleo.

MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS

Algumas organelas das células eucariotas resultaram da invasão de células primitivas por células procariontes. É o caso das mitocôndrias

e dos cloroplastos. Mitocôndrias originaram-se de bactérias aeróbias, que usavam O₂ para respirar e cloroplastos originaram-se de bactérias autotróficas que faziam fotossíntese.

O englobamento foi inicialmente de mitocôndrias e depois de cloroplastos, e isto se justifica pelo fato de que todas as células que têm cloroplastos têm mitocôndrias, mas nem todas as células que possuem mitocôndrias possuem cloroplastos.



Teoria endo-simbiótica: origem dos cloroplastos.

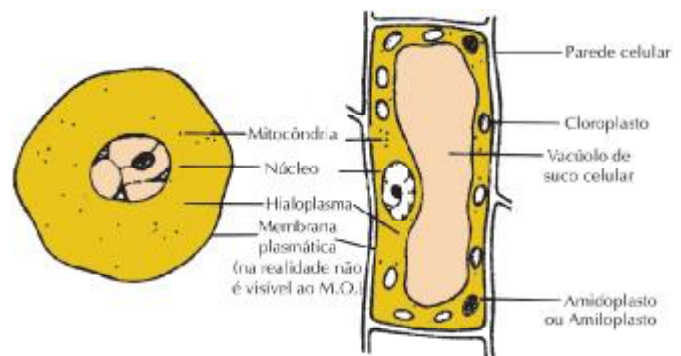
MUTUALISMO, UMA SIMBIOSE CLÁSSICA

Células invasoras e invadidas saíram ganhando na associação (cooperação) ou mutualismo, o que é uma justificativa para essa parceria tão estável. Segundo a teoria endo-simbiótica, invasoras ganharam abrigo, alimento e proteção, e invadidas receberam a possibilidade de respiração aeróbica (maior saldo energético) com as mitocôndrias e de fotossíntese com os cloroplastos. Foram originadas células animais com mitocôndrias e sem cloroplastos e vegetais com mitocôndrias e cloroplastos.

PROCARIONTES, MITOCÔNDRIAS E CLOROPLASTOS

É justificável que procariontes, mitocôndrias e cloroplastos tenham características comuns, como DNA circular e não o linear típico do núcleo das eucélulas; ribossomos pequenos e leves, com velocidade de sedimentação 70S e não grandes e pesados, com velocidade de sedimentação 80S, como no citoplasma das células eucariotas e DNA não envolto por membrana nuclear (carionembrana).

Células de Animais e de Vegetais ao Microscópio Óptico



Microscópio óptico ou comum aumenta de 100 a 1500 vezes.



TAMANHO DAS CÉLULAS

As células são, em sua grande maioria, microscópicas. Geralmente, medem cerca de 5 a 100 μm de diâmetro. O fato de serem estruturas tão pequenas confere-lhes algumas vantagens: sua grande superfície relativa facilita as trocas com o ambiente extracelular. Além disso, reagentes dissolvidos em seu pequeno volume interno estão muito próximos uns dos outros, facilitando a ocorrência das reações metabólicas.

COMPONENTES CELULARES

Hialoplasma ou citossol é a massa gelatinosa (coloidal) do citoplasma. É rico em água e proteínas. Células vegetais têm, regra geral, mais água e menos proteínas do que as animais, daí seu menor valor nutritivo.

Vacúolo de suco celular ou vacúolo central é exclusivo de células vegetais. Aquoso, concentrado (hipertônico), “suga” água do meio para a célula, participando do mecanismo de regulação osmótica (osmorregulação). Outros tipos de vacúolos, como o digestivo, nunca o de suco celular, podem ocorrer em células animais.

Amidoplastos ou grãos de amido são plastos ou plastídios que armazenam amido como reserva energética vegetal. Amido é constituído por muitas moléculas de glicose, formadas na fotossíntese que ocorre nos cloroplastos.

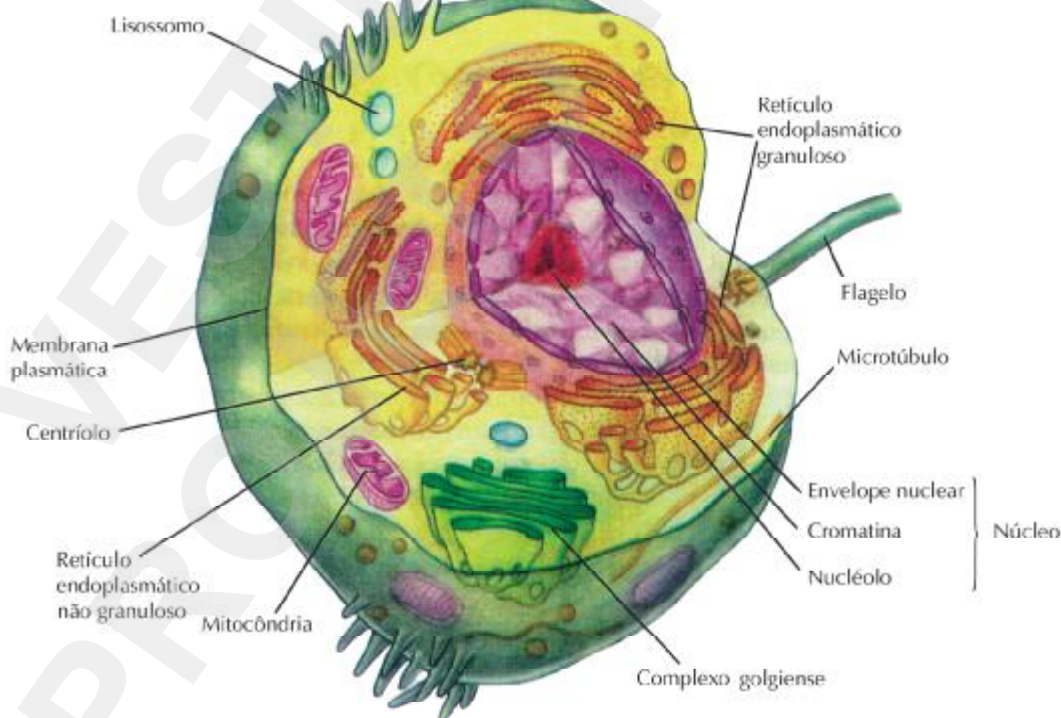
Glicogênio e principalmente gordura ou triglicerídeos (lipídeos) são reservas energéticas animais.

A parede celular das células vegetais é rica em celulose. Já a de bactérias é rica em mureína (peptidoglicanos) e a de fungos em uma substância chamada quitina.

Células animais se dividem por estrangulamento e as vegetais a partir da formação de uma placa equatorial (“no meio da célula”), chamada de lamela média.

Glicocálix é um envoltório externo à membrana plasmática animal. Tem função de reconhecimento celular e de proteção contra choques mecânicos.

Célula Animal ao Microscópio Eletrônico



Microscópio eletrônico aumenta mais de 100000 vezes. Também podem ser observadas inclusões de matéria inerte ou granulações.

OUTROS COMPONENTES CELULARES

Microtúbulos são tubos finíssimos, só vistos ao microscópio eletrônico, formados pela proteína tubulina e que, além de outras funções, constituem a base de construção do esqueleto das células em geral (citoesqueleto), junto com microfilamentos de actina e miosina, além de filamentos de queratina.

Centríolo é uma estrutura tubular relacionada com a divisão celular e a origem de cílios e flagelos. É típico de células animais.

Complexo golgiense é formado por bolsas achatadas, que armazenam e concentram substâncias para a secreção celular, através de vesículas.

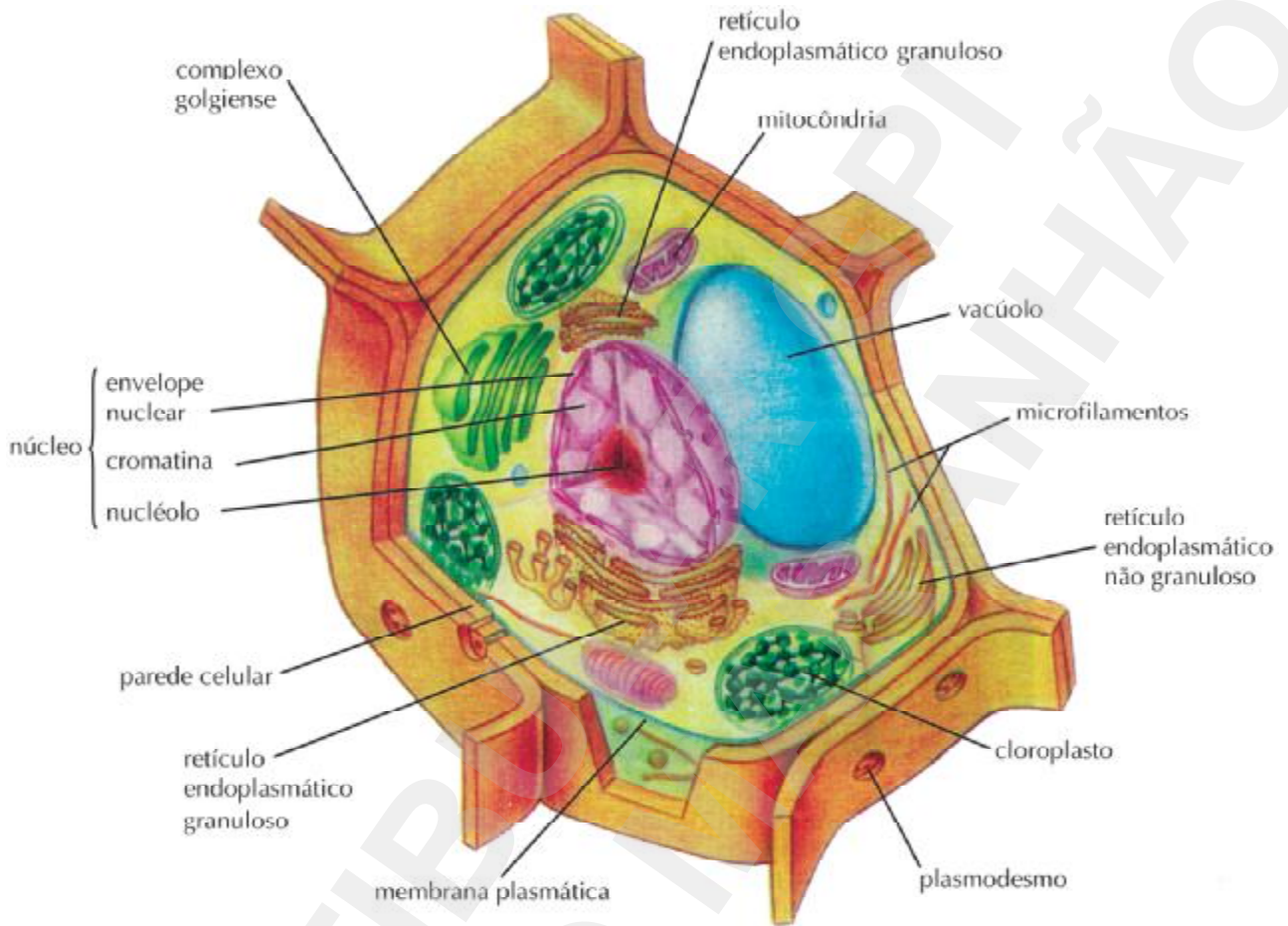
Lisossomos são vesículas contendo enzimas digestivas que atuam em pH ácido para a digestão intracelular. Peroxissomos contêm enzimas oxidativas.

Cromatina é formada por DNA e proteínas. Durante a divisão celular, seus filamentos se espiralizam e formam os cromossomos. Nucleoplasma é a massa coloidal do núcleo. É rico em água, proteínas e RNA.

Nucléolo é uma região do núcleo que reúne os cromossomos que contêm os genes (DNA) responsáveis, dentre outras funções, pela síntese de RNA ribossomal, além de diversas enzimas e proteínas que formarão os ribossomos.



Célula Vegetal ao Microscópio Eletrônico



O envelope nuclear também é chamado de cariomembrana, carioteca ou membrana nuclear.

ESTRUTURA E FUNÇÃO DAS CÉLULAS EUCARIOTAS

ESTRUTURA	FUNÇÃO
Parede celular	Proteção e rigidez da célula.
Glicocálix	Reconhecimento celular.
Membrana Plasmática	Permeabilidade seletiva.
Reticulo Endoplasmático não granuloso	Síntese de lipídios e inativação de substâncias.
Reticulo Endoplasmático granuloso	Síntese de proteínas, inclusive para exportação.
Ribossomo	Síntese de proteínas para uso próprio.
Complexo golgiense	Secreção celular.
Lisossomo	Digestão intracelular.

Vacúolo de suco celular	Armazenamento e equilíbrio osmótico.
Mitocôndria	Respiração celular (aeróbica).
Cloroplasto	Fotossíntese.
Centríolo	Divisão celular e origem de cílios e flagelos.
Cariomembrana	Fluxo de substâncias entre o núcleo e o citoplasma.
Cromossomo	Controle morfológico e fisiológico da célula.
Nucléolo	Formação dos ribossomos.
Citoesqueleto	Formas e movimentos celulares.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-RS) À medida que a célula cresce, seu volume aumenta muito mais rapidamente que sua superfície. Como todas as trocas vitais da célula com o meio ambiente realizam-se através da membrana, suas funções vitais se tornam cada vez menos eficientes, levando a célula a:

- (A) dividir-se;
- (B) morrer;
- (C) regenerar-se;
- (D) atrofiar-se;
- (E) encistar-se.

02. (FUVEST-SP) Está presente na célula bacteriana a(o):

- (A) complexo golgiense;
- (B) carioteca;
- (C) mitocôndria.;
- (D) retículo endoplasmático;
- (E) ribossomo.

03. (PUC-SP) A presença da carioteca ou cariomembrana define os seres chamados de:

- (A) procariontes;
- (B) autótrofos;
- (C) eucariontes;
- (D) heterótrofos;
- (E) unicelulares.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNICAMP-SP) Imagine-se observando ao microscópio óptico comum dois cortes histológicos: um de fígado de rato e outro de folha de tomateiro. Cite duas estruturas celulares que permitiriam identificar o corte da folha do tomateiro.



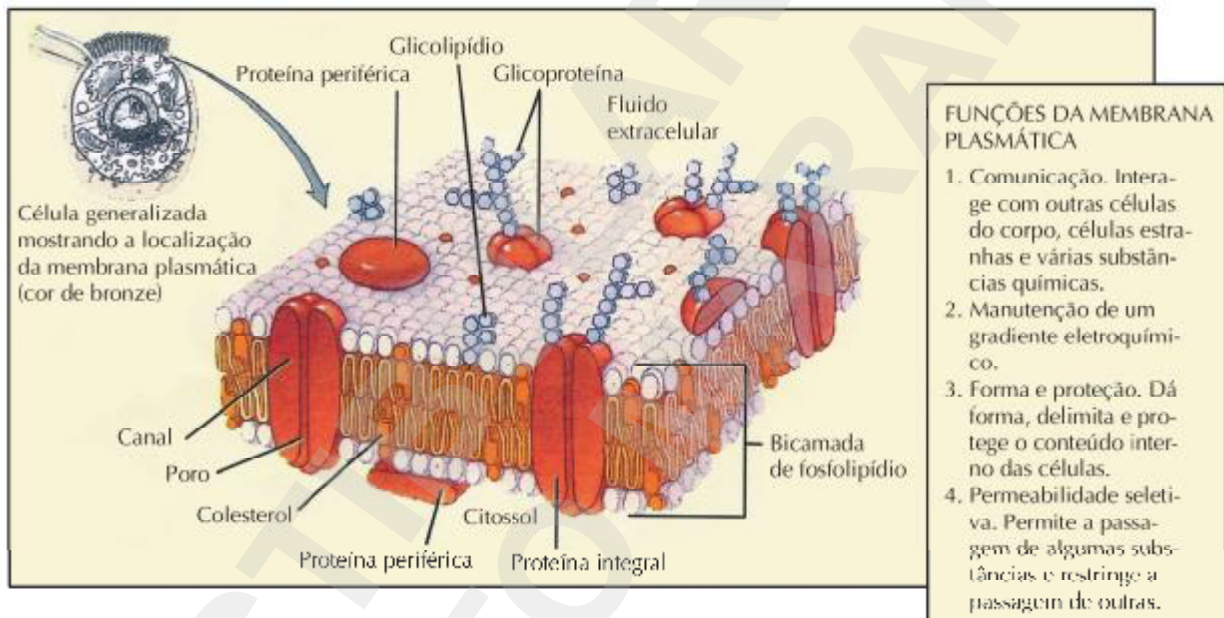
Membranas Celulares

MEMBRANA PLASMÁTICA

A membrana plasmática ou plasmalema é uma estrutura universal, ou seja, ocorre em todas as células. Delgada, não é visível ao microscópio óptico, pois sua espessura é de cerca de 7 a 10 nanômetros.

Embora frágil, a membrana plasmática é elástica e tem capacidade de regeneração. Apresenta uma grande polaridade elétrica, com a face externa muito positiva. Exibe semipermeabilidade seletiva, o que é vital.

A membrana plasmática é formada por lipídios: fosfolipídios, e, em células animais, o colesterol; proteínas, incluindo muitas enzimas, e por glicídios, oligossacarídeos.



A membrana plasmática consiste principalmente de fosfolipídios e proteínas.

ESTRUTURA

A estrutura da membrana plasmática caracteriza a unidade de membrana, pois também ocorre nas membranas intracelulares, como as do retículo endoplasmático, do complexo golgiense e da cariomembrana.

O modelo antigo da estrutura, de Davson-Danielli, era de uma dupla camada de fosfolipídios revestida externa e internamente por proteínas.

MOSAICO FLUIDO

O modelo atualmente aceito para a estrutura da membrana plasmática é o do mosaico-fluido. Mosaico porque seus componentes, as proteínas e os fosfolipídios, estão entremeados, e fluidos porque eles têm mobilidade.

A dupla camada de fosfolipídios com as proteínas entremeadas e oligossacarídeos a elas combinados, formando, externamente, glicolipídios e glicoproteínas, apresenta o seguinte aspecto tridimensional:

Os fosfolipídios movem-se livremente no plano da membrana sem que haja desorganização, justificando a elasticidade das membranas. Isto evita que as membranas se rompam e explica sua alta capacidade de regeneração. Substâncias lipossolúveis atravessam essa bicamada de fosfolipídios.

Entre os fosfolipídios, há proteínas enoveladas ou globulares. Essas proteínas, integrais da membrana, são muito móveis tanto no plano da membrana como perpendicularmente a ela. Proteínas são também essenciais para a travessia da membrana por água, diversos íons e substâncias hidrossolúveis.



Essas proteínas, em movimento constante ao longo da membrana plasmática, podem ser integrais, quando estão mergulhadas total ou parcialmente na membrana, ou periféricas, quando aderidas a apenas uma das faces da membrana.

Muitas das proteínas da membrana que atuam no transporte de substâncias funcionam como enzimas, podendo modificar sua forma.

Transmembrana são as proteínas que vão desde o meio extracelular até o meio intracelular. Participam da comunicação celular, pois são capazes de enviar sinais ativando ou desativando a atividade biológica.

“TAMPÕES” DE FLUIDEZ

Moléculas de colesterol presentes na membrana plasmática impedem, em baixas temperaturas, a aproximação excessiva dos ácidos graxos de diferentes fosfolipídios, o que poderia formar ligações que reduziram a fluidez da membrana.

Já em altas temperaturas, as moléculas de colesterol reduzem a liberdade de agitação dos fosfolipídios, diminuindo a fluidez da membrana. Agem, portanto, como “tampões” de fluidez da membrana plasmática.

FUNÇÕES DAS MEMBRANAS

Organelas membranosas intracelulares, como o retículo endoplasmático, originaram-se da membrana plasmática, caracterizando o fluxo de membrana para o espaço intracelular.

A estrutura membranosa das organelas permite a compartimentalização do espaço celular, mantendo a personalidade química e metabólica de cada setor.

A membrana plasmática permite a regulação da passagem de substâncias ou seletividade. Regra geral: a permeabilidade aumenta com a lipossolubilidade e diminui com o aumento do tamanho e da carga elétrica da partícula.

RECEPTORES ESPECÍFICOS

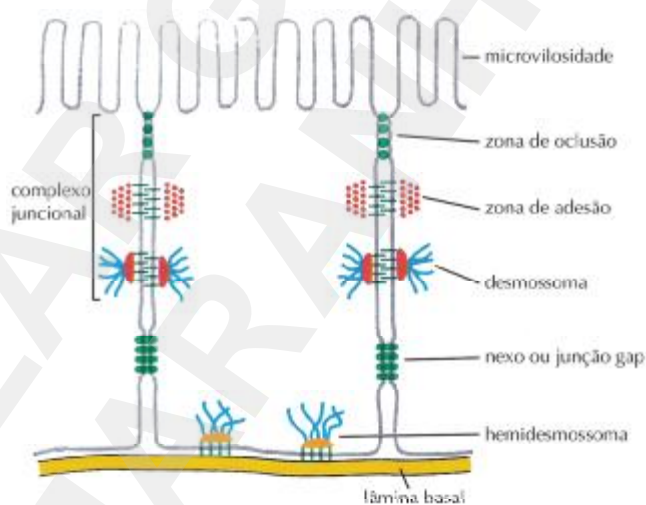
Além de ser um local de ocorrência de eventos metabólicos enzimáticos, inclusive seqüências de reações, a membrana celular possui receptores para transmissão de informações e travessia.

Um diabético pode ter insulina em concentrações normais, mas ter deficiência na biossíntese de receptores protéicos específicos, impedindo a penetração de glicose na célula e conseqüentemente os efeitos disso. O mesmo pode acontecer com o hormônio testosterona, que pode estar em níveis normais no sangue e, no entanto, não encontrar receptores específicos nas células-alvo.

Há substâncias que não dependem de receptores específicos na membrana por serem lipossolúveis e difundirem através da bicapa lipídica da membrana plasmática, mas, ainda assim, dependem de receptores específicos protéicos no interior das células-alvo para exercer suas funções fisiológicas. É o caso de hormônios como a testosterona.

DIFERENCIAÇÕES DA SUPERFÍCIE CELULAR

A membrana plasmática promove interação entre células vizinhas para fixação e trocas.



Especializações encontradas em células epiteliais de animais. Microvilosidades e zonas de oclusão são exclusivas do tecido epitelial, enquanto as demais podem ser encontradas em outros tecidos animais.

Microvilosidades são dobras da membrana plasmática que aumentam a superfície de absorção da célula. Têm a forma de um dedo e são discretamente móveis. São sustentadas internamente por proteínas (actina e miosina). Ocorrem em algumas células epiteliais, como as do intestino delgado (absorção de nutrientes) e dos túbulos renais (reabsorção de solutos e água).

Junções íntimas de oclusão e adesão, como as uniões estreita e média, são contínuas, rodeando as células. A zona de oclusão é uma região de grande proximidade e coesão entre as células vizinhas, formando um cinturão em torno de cada célula que impede a passagem de materiais, através do espaço intercelular, para o tecido conjuntivo.

Desmossomos são junções descontínuas, como botões. Também existem nos tecidos muscular não-estriado (liso) e cardíaco (tecido muscular estriado cardíaco). São de suma importância no tecido epitelial e em outros tecidos submetidos a constante estresse mecânico, pois aumentam a adesão entre células vizinhas, garantindo, assim, a integridade do tecido. São formados por substâncias intercelulares adesivas, ancoradas a placas protéicas intracelulares, às quais estão presos filamentos de queratina.

Interdigitações aumentam a superfície de contato e a coesão intercelular.

Nexo é uma junção comunicante com pequenos tubos protéicos. Por ele passam íons e pequenas moléculas. Existe em células musculares e nervosas, permitindo que íons e mensageiros passem de uma célula à outra, viabilizando que elas reajam a estímulos de forma harmônica e coordenada.



MEMBRANA BASAL

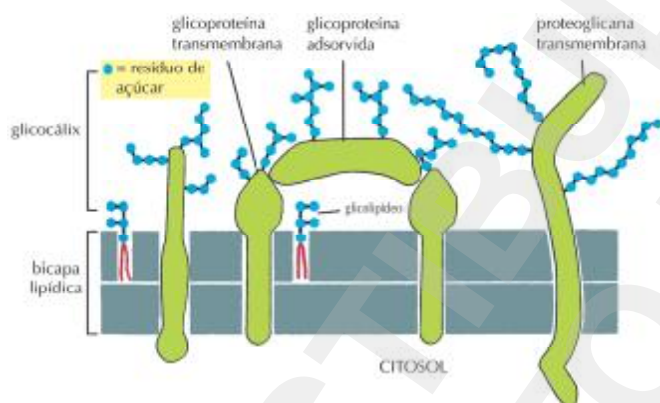
Membrana basal separa o tecido epitelial do tecido conjuntivo. É formada por uma lâmina basal glicoprotéica do próprio epitélio e uma lâmina reticular, de fibras reticulares, do tecido conjuntivo adjacente.

A membrana basal é permeável a oxigênio, gás carbônico e nutrientes, permitindo a oxigenação, nutrição e remoção de excretas do epitélio, que é avascular, a partir do tecido conjuntivo adjacente a ele.

GLICOCÁLIX

Glicocálix é um envoltório celular tipicamente animal, glicoprotéico, gelatinoso, elástico, permeável, externo e acoplado à membrana plasmática.

É formado por oligossacarídeos (glicídios) da membrana plasmática e outras substâncias. Pode haver colágeno (proteína), mucopolissacarídeos (como o ácido hialurônico) que podem estar combinados a proteínas formando mucoproteínas (glicosaminoglicanas, glicoproteínas).



Glicocálix e bicapa lipídica.

O glicocálix tem função de adesão, funcionando como cimento celular e também de defesa mecânica da célula. Contém receptores que sinalizam à célula a chegada de um hormônio.

Células embrionárias e células cancerosas têm pequena adesão e pequena inibição por contato para a divisão celular, enquanto as células adultas podem ter grande adesão. Espermatozóides, bactérias e certos venenos contêm hialuronidase, enzima que dissolve o ácido hialurônico cimentante.

O glicocálix é responsável pelo reconhecimento entre as células. O contato de células do mesmo tipo, regra geral, inibe a multiplicação celular, menos nas células cancerosas, que estão alteradas.

O glicocálix é antigênico, isto é, se for estranho (*non-self*) pode provocar a formação de anticorpos e, conseqüentemente, rejeição de enxertos. As substâncias A e B dos grupos sanguíneos ABO (antígenos ou aglutinogênicos) estão no glicocálix, inclusive em hemácias.

PARERE CELULAR

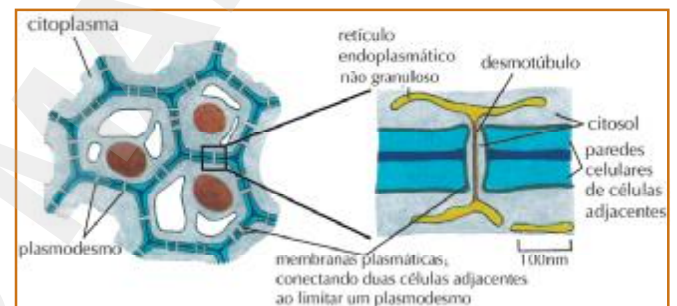
A parede celular ou membrana esquelética é um envoltório celular vegetal, celuloso-péctico, rígido, protetor e sustentador (mecânico), permeável, externo e não aderente à membrana plasmática.

A parede celular pode se tornar impermeável, quando à celulose (parede primária) é acrescida uma substância como a lignina (linhina) ou a suberina (parede secundária).

A célula vegetal, com sua parede celular rígida que impede o estrangulamento, forma uma lamela média no fim da telófase, o final da divisão celular por mitose.

PLASMODESMOS

Plasmodesmos são pontes citoplasmáticas entre células vegetais vizinhas através de poros da parede celular. Assim como os nexos nas células animais, os plasmodesmos permitem a passagem de íons e substâncias de baixo peso molecular entre células.



Parede celular e plasmodesmo de células vegetais.

Auxinas, como o ácido indol-acético ou AIA, são hormônios vegetais de crescimento que tornam a parede celular mais distensível.

As paredes celulares de bactérias e fungos não têm celulose. As de fungos têm quitina, a mesma substância do exoesqueleto de artrópodos, e as de bactérias têm mureína, um complexo de polissacarídeos e oligopeptídeos.

A enzima lisozima ou muramidase, da saliva, lágrima e muco nasal, destrói a mureína da parede celular bacteriana e a bactéria morre por plasmoptise, isto é, "arrebenta" por excesso de água. O mesmo ocorre com a bactéria, se usarmos antibióticos que inibem a síntese da parede celular bacteriana.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) As microvilosidades presentes nas células do epitélio intestinal têm a função de:

- (A) aumentar a aderência entre uma célula e outra;
- (B) produzir grande quantidade de ATP, necessária ao intenso metabolismo celular;
- (C) sintetizar enzimas digestivas;
- (D) secretar muco;
- (E) aumentar a superfície de absorção.

02. (UNICAMP-SP) Sabe-se que células epiteliais acham-se fortemente unidas, sendo necessária uma força considerável para separá-las. Isto se deve à ação:

- (A) do ATP, que se prende às membranas plasmáticas das células vizinhas.
- (B) da substância intercelular;
- (C) dos desmossomos;
- (D) dos centríolos;
- (E) da parede celular celulósica.

03. (UFMG) Todas as células possuem uma membrana plasmática ou plasmalema que separa o conteúdo protoplasmático (meio intracelular) do meio ambiente. A existência e integridade da membrana são importantes porque:

- (A) regulam as trocas entre a célula e o meio, só permitindo a passagem de moléculas de fora para dentro da célula e impedindo a passagem em sentido inverso;
- (B) possibilitam à célula manter a composição intracelular diversa da do meio ambiente;
- (C) impedem a penetração de substâncias existentes em excesso no meio ambiente;
- (D) exigem sempre consumo energético para a captação de alimentos do meio externo;
- (E) impedem a saída de água do citoplasma.

04. (UNIRIO) As células animais apresentam um revestimento externo específico, que facilita sua aderência, assim como reações a partículas estranhas, como, por exemplo, as células de um órgão transplantado. Esse revestimento é denominado:

- (A) membrana celulósica;
- (B) glicocálix;
- (C) microvilosidades;
- (D) interdigitações;
- (E) desmossomos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFF-RJ) Sabe-se que as membranas celulares podem produzir especializações que conferem propriedades importantes aos tecidos. Dentre essas especializações, algumas são estruturalmente mantidas por componentes do citoesqueleto.

Ao se tratar células do epitélio intestinal com substâncias inibidoras da polimerização de actina, verificou-se a redução da taxa de absorção de nutrientes.

Explique por que ocorreu a diminuição da absorção intestinal de nutrientes.

Travessia das Membranas

DIFUSÃO

Difusão é o espalhamento das partículas de uma substância por entre as partículas de outra substância, tendendo à homogeneização.

O sentido da propagação é o de maior concentração de partículas para o de menor concentração. A velocidade da difusão é inversamente proporcional ao tamanho da partícula.

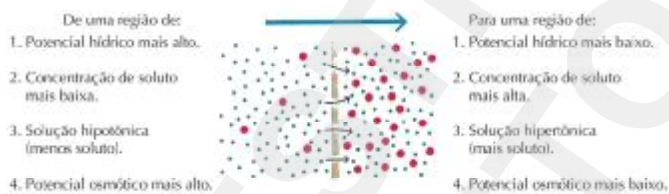
OSMOSE

Osmose é a passagem de água (ou de um solvente) através de uma membrana semipermeável do meio menos concentrado ou hipotônico para o mais concentrado ou hipertônico, pois o soluto diminui a capacidade de difusão do solvente.

Quando duas soluções têm a mesma concentração (são isotônicas), o equilíbrio é dinâmico, e a água passa com a mesma intensidade nos dois sentidos.

PRESSÃO OSMÓTICA

Didaticamente, podemos definir pressão osmótica como sendo a força com que uma solução atrai a água por osmose. Ela é diretamente proporcional à concentração de partículas da solução e à temperatura.



A direção do movimento da água na osmose (um caso especial de difusão).

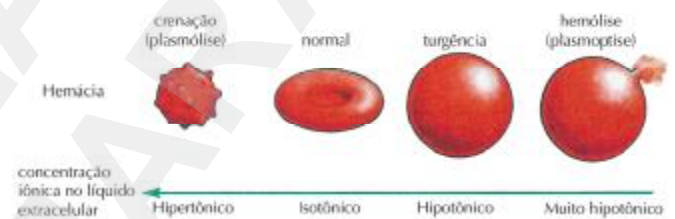
APLICAÇÕES PRÁTICAS DO PRINCÍPIO OSMÓTICO

Existe um princípio osmótico há muito usado para evitar a putrefação de alimentos. É o salgamento da carne. O ambiente hipertônico suga água da carne e a escassez de água impede a proliferação das bactérias (que também perdem água para o ambiente hipertônico) responsáveis pela decomposição dos alimentos.

Quando ingerimos um laxante osmótico, a intenção é aumentar a pressão osmótica no tubo digestivo que absorve água dos tecidos circundantes e, em consequência, amolece as fezes facilitando sua eliminação.

OSMOSE EM CÉLULA ANIMAL

A membrana plasmática funciona como membrana semipermeável. Como ela é praticamente impermeável ao cloreto de sódio (NaCl), observemos, a seguir, o que ocorre com uma célula animal como os glóbulos vermelhos, hemácias ou eritrócitos humanos em soluções com diferentes concentrações desse sal.



Respostas de uma hemácia humana a mudanças na osmolaridade do líquido extracelular.

Soro fisiológico é uma solução de NaCl a 0,95%, isotônica em relação ao nosso sangue e aos líquidos biológicos em geral.

Hemólise é o rompimento de hemácias que tanto pode ocorrer por excesso de turgência ou plasmoptise, como por toxinas bacterianas, álcool e detergentes.

VACÚOLO PULSÁTIL OU CONTRÁTIL

O vacúolo pulsátil ou contrátil é responsável pela regulação osmótica em protozoários de água doce, evitando a plasmoptise.

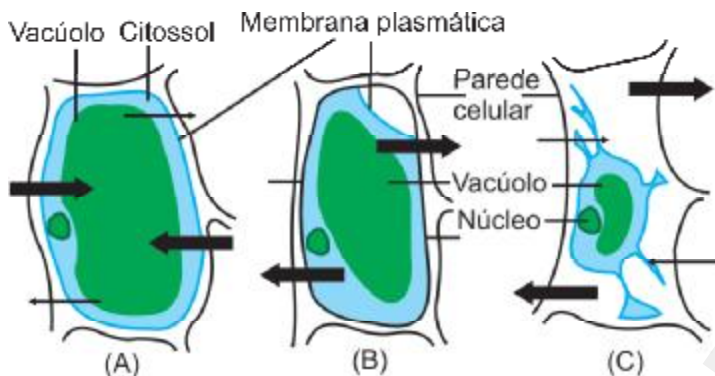
Há passagem de água do citoplasma para o interior do vacúolo pulsátil, que depois expulsa a solução.

O vacúolo pulsátil é raro nos protozoários marinhos, servindo apenas para excreção, e está ausente nos parasitas.



OSMOSE EM CÉLULAS VEGETAIS

Não há plasmoptise em células vegetais devido à parede celular, permeável, com alguma elasticidade e resistente ao rompimento. Pressão de Turgência (PT) ou pressão parietal é a pressão que a parede celular faz sobre o protoplasma para limitar a entrada de água. Pressão de Sucção (PS) ou débito de pressão de difusão (DPD) é a diferença entre a pressão osmótica e a pressão de turgência, isto é, $PS = PO - PT$.



Plasmólise numa célula epidérmica foliar. (a) Sob condições normais, a membrana plasmática do protoplasto está em estreito contato com a parede celular. (b) Quando a célula é colocada numa solução de açúcar relativamente concentrada, a água passa para fora da célula, para o meio hipertônico, o protoplasto se contrai ligeiramente e a membrana plasmática se afasta da parede celular. (c) Quando é imersa numa solução de açúcar mais concentrada, a célula perde maior quantidade de água e o protoplasto se contrai ainda mais. Como a água do vacúolo é perdida, o seu conteúdo se torna mais concentrado. As espessuras das setas indicam as quantidades relativas de água entrando ou saindo da célula.

O vacúolo de suco celular mantém a turgência de células vegetais, pois é hipertônico em relação ao meio.

O vacúolo de uma célula vegetal armazena altas concentrações de diversos compostos estocados e restos metabólicos. A água entra no vacúolo por osmose e aumenta o volume do vacúolo, que força o citoplasma contra a parede celular. A resistência da parede celular é o fator responsável por evitar o rompimento da membrana plasmática. A água pára de entrar na célula quando a pressão de entrada (pressão osmótica ou PO) é igualada pela pressão de turgência (ou seja, quando $PT = PO$).

Pigmentos presentes no líquido vacuolar são os responsáveis pela cor das pétalas das flores.

OSMOSE E SERES VIVOS

Os invertebrados marinhos permanecem em equilíbrio osmótico com o meio, ou seja, são isotônicos em relação à água do mar.

Seres de água doce, como alguns protozoários, invertebrados e peixes, tendem a ganhar água por osmose, ou seja, são hipertônicos em relação ao meio.

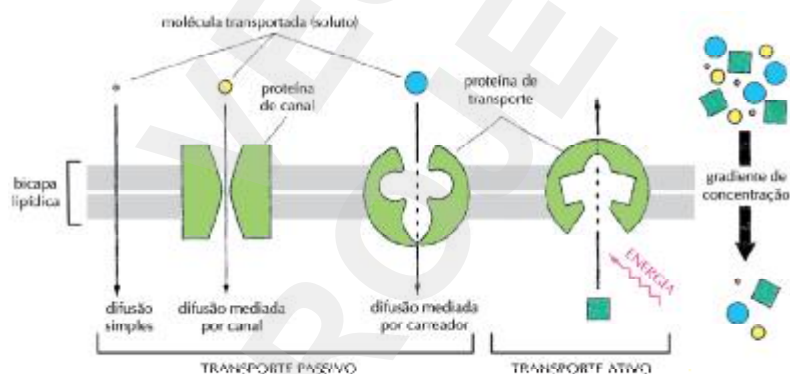
Os peixes de água salgada tendem a perder água por osmose, pois são hipotônicos em relação ao meio.

Os peixes cartilagosos, como os tubarões e as raias, são isotônicos ou até hipertônicos em relação à água do mar, devido ao acúmulo de uréia (soluto) nos fluidos corporais.

TRANSPORTE PASSIVO E TRANSPORTE ATIVO

Transporte passivo é aquele em que a célula não gasta energia (ATP). Obedece às leis da difusão, isto é, ocorre a favor do gradiente de concentração, de onde há mais para onde há menos. É o caso da entrada de água na célula por osmose e da entrada de O_2 e saída de CO_2 por difusão.

Transporte ativo é aquele em que a célula gasta energia (ATP). Pode contrariar as leis da difusão, isto é, ocorrer contra o gradiente de concentração, de onde há menos para onde há mais. É o que ocorre quando a célula expulsa Na^+ , apesar de sua concentração extracelular ser maior, e absorve K^+ , apesar de sua concentração intracelular ser maior.



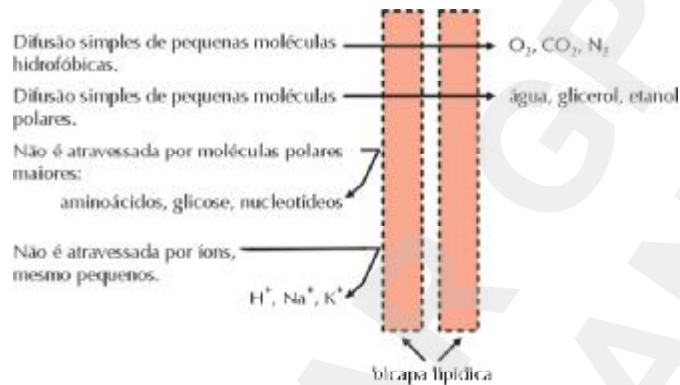
Modos de transporte através da membrana plasmática. (a) Na difusão simples, pequenas moléculas apolares, tais como o oxigênio e o dióxido de carbono, e pequenas moléculas polares não-carregadas, como a água, passam diretamente através da bicamada lipídica, a favor de seu gradiente de concentração. (b) A difusão facilitada ocorre tanto através de proteínas transportadoras quanto de proteínas de canal. As proteínas de transporte ligam-se ao soluto específico e sofrem mudanças conformacionais, à medida que a molécula do soluto é transportada. As proteínas de canal permitem que os solutos selecionados – comumente íons como Na^+ e K^+ – passem diretamente através de poros preenchidos por água. As proteínas de canal funcionam como um portal. Quando os portais são abertos, os solutos passam através deles, mas, quando estão fechados, o fluxo do soluto é bloqueado. Como no caso da difusão simples, a difusão facilitada ocorre a favor dos gradientes de concentração ou eletroquímico. Ambos os processos de difusão são processos de transporte passivos, que não requerem energia. (c) O transporte ativo, por outro lado, move os solutos contra os gradientes de concentração ou eletroquímico e dessa forma requer um fornecimento de energia, geralmente suprido pela hidrólise do ATP para ADP e Pi. As proteínas de transporte envolvidas no transporte ativo são conhecidas como bombas.



Transporte ativo é também o caso da alga *Nitella*, que mantém uma concentração de iodo em seu vacúolo de suco celular maior do que a da água doce onde vive.

DIFUSÃO SIMPLES

A bicapa lipídica, devido ao caráter hidrofóbico de seu ambiente interno (caudas apolares dos fosfolipídios), só é permeável a materiais pequenos e solúveis em óleo. Os materiais que não podem difundir livremente pela bicapa lipídica só podem atravessar a membrana passando através de proteínas.

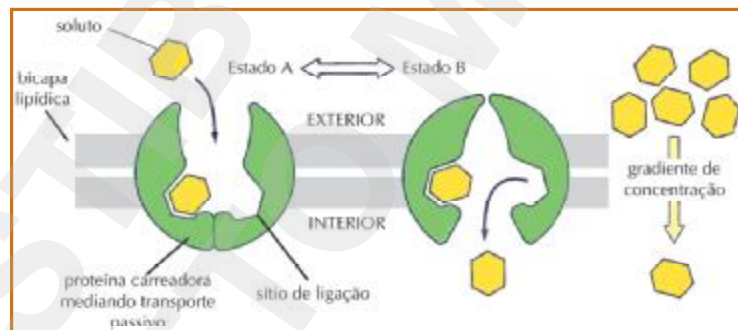


Travessia da bicapa lipídica da membrana plasmática.

DIFUSÃO FACILITADA

Difusão facilitada é um transporte passivo facilitado pela ação de uma proteína da membrana chamada permease. É comum para monossacarídeos e aminoácidos.

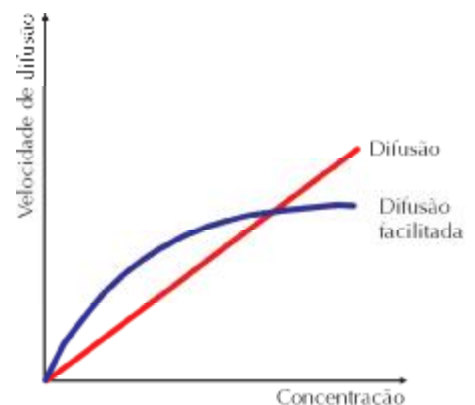
Carreadoras são proteínas da membrana plasmática responsáveis pela difusão facilitada de determinadas substâncias para o interior da célula. Observe como a proteína muda de forma para facilitar a difusão.



Proteínas transportadoras na membrana podem ser do tipo permease (proteínas carreadoras) ou proteínas-canal.

Existe um outro tipo de proteína transportadora, chamada proteína-canal, que forma um tipo de poro, o canal protéico, que atravessa a bicapa lipídica. Esta proteína pode alcançar uma taxa de transporte maior que a de proteínas carreadoras na difusão facilitada.

A velocidade da difusão varia na relação direta da concentração. Já na difusão facilitada, a velocidade aumenta com o aumento da concentração mais do que a difusão, até um certo nível, a partir do qual aumenta cada vez menos, tendendo para um limite, no qual tanto as permeases como as proteínas-canal ficam saturadas.

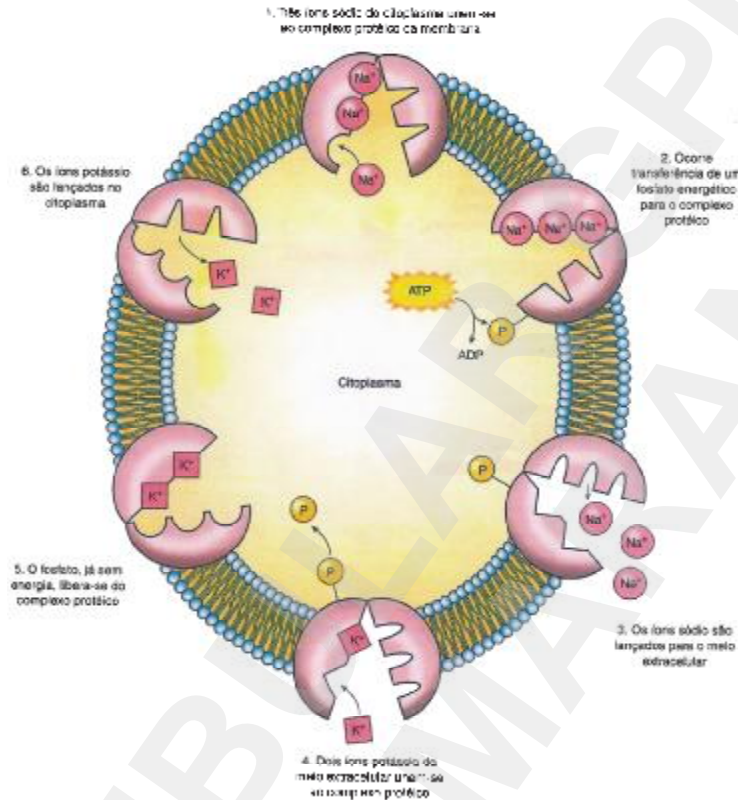




BOMBA DE SÓDIO E POTÁSSIO

Bomba de sódio e potássio é um importante exemplo de transporte ativo. A célula gasta energia para manter a diferença de concentração intra e extracelular de potássio (mais intracelular) e de sódio (mais extracelular).

A camada de solvatação maior no sódio do que no potássio ajuda a eliminar água da célula, que troca 3 íons Na^+ que saem por 2 íons K^+ que entram. Observe a mudança estrutural da proteína transportadora, cuja molécula sofre uma “rotação”.



Esquema que ilustra o modelo molecular da bomba de sódio e potássio, um processo ativo de transporte. Um complexo protéico incrustado na membrana transporta, em cada ciclo de atividades, três íons de sódio (Na^+) para fora da célula e dois íons de potássio (K^+) para o citoplasma. A energia para o processo provém das moléculas altamente energéticas do ATP.

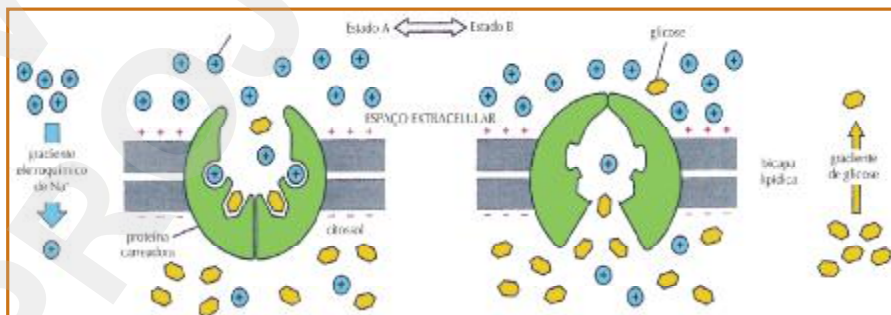
A proteína transportadora pode ser a própria enzima ATP-ase ($\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}$) ativada pelos íons Na^+ e K^+ .

Células transportadoras de íons têm grande quantidade de mitocôndrias, organelas produtoras de ATP.

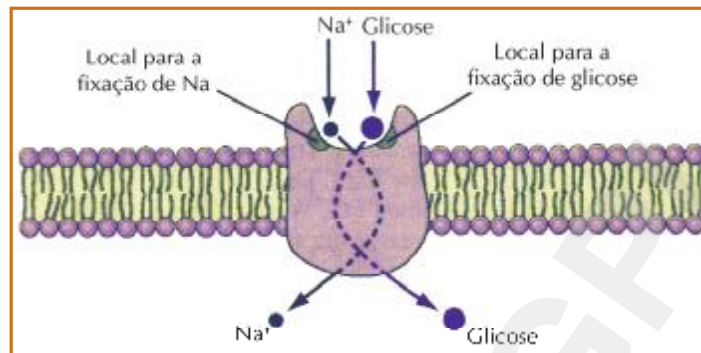
Um inibidor da respiração e, particularmente da cadeia respiratória (3ª fase da respiração celular aeróbia, a que libera mais energia), interrompe o transporte ativo por falta de energia.

Co-TRANSPORTE

Co-transporte (Simporte) é um transporte que se realiza às custas de um gasto indireto de energia. É o caso da absorção de glicose, simultaneamente, com a do íon Na^+ (que a “arrasta”) no intestino, viabilizada pela bomba de sódio e potássio que gasta energia.

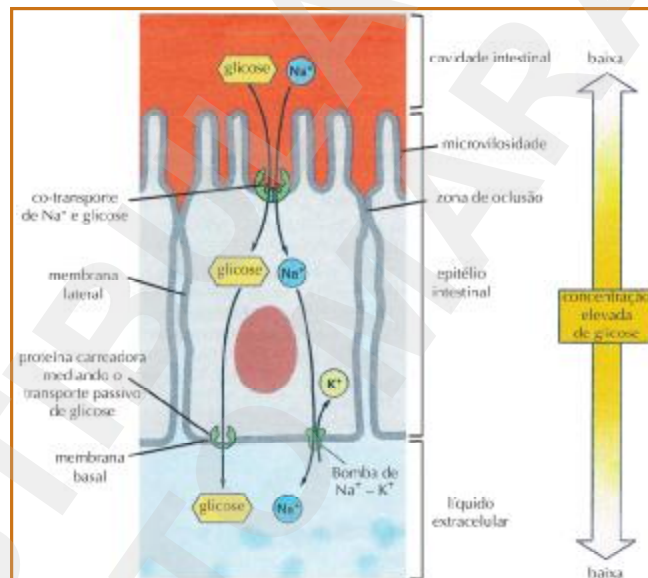


Co-transporte de Na^+ e glicose.



Mecanismo de co-transporte da glicose pelo sódio.

Acompanhe a seqüência de eventos que acontece no mecanismo de co-transporte da glicose pelo sódio: **1)** a proteína transportadora da membrana plasmática combina-se com Na^+ e glicose na face externa da membrana; **2)** na face interna da membrana plasmática, a concentração de Na^+ baixa por causa da bomba de sódio e potássio. A proteína libera Na^+ e sua estrutura muda; **3)** essa mudança de estrutura faz a proteína perder a afinidade pela glicose e a liberar contra o gradiente de concentração; **4)** a glicose é utilizada pela célula ou, se a sua concentração é grande, se difunde para o sangue.



O transporte transcelular de glicose.

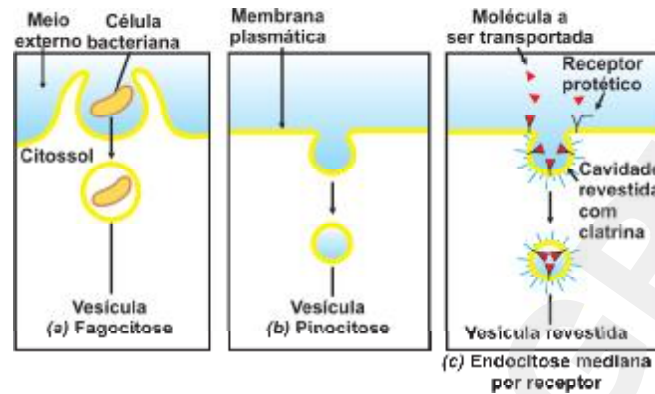
CONTRA TRANSPORTE

Contra transporte (Antiporte), assim como o co-transporte, é um transporte com gasto indireto de energia. A diferença é que, enquanto no co-transporte as moléculas se movimentam no mesmo sentido, no contra-transporte elas se movimentam em sentidos opostos.

É o caso do contra transporte de sódio-hidrogênio que ocorre nos túbulos proximais dos rins. Neste transporte, os íons sódio se movimentam do meio extracelular para dentro da célula tubular, enquanto os íons hidrogênios são contra transportados para o meio extracelular no túbulo renal. Esse mecanismo de transporte de íons H^+ constitui-se em um importante regulador de pH dos líquidos corporais.

TRANSPORTE EM QUANTIDADE

Endocitose ou transporte em quantidade é a ingestão celular por meio de movimentos da membrana plasmática com ou sem finalidade nutricional. Esses movimentos ocorrem graças a projeções da membrana que se formam por polimerização e despolimerização dos filamentos de actina à custa de ATP. Após a endocitose, formam-se vesículas ou vacúolos que se aprofundam na célula e geralmente se fundem a lisossomos. Pode ser de partícula sólida, a fagocitose, ou de gotículas visíveis ao microscópio óptico, a pinocitose ou apenas ao eletrônico, a micropinocitose.



Três tipos de endocitose. (a) Na fagocitose, o contato entre a membrana plasmática e a matéria particulada, como uma célula bacteriana, faz com que a membrana plasmática se estenda ao redor da partícula, engolfando-a numa vesícula. (b) Na pinocitose, a membrana plasmática dobra-se para dentro, formando uma vesícula ao redor do líquido do meio externo que deve ser levado para o interior da célula. (c) Na endocitose mediada por receptor, as moléculas a serem transportadas para dentro da célula devem antes se ligar a receptores protéicos específicos. Os receptores estão localizados em reentrâncias da membrana plasmática, conhecidas como depressões revestidas, ou migram para tais áreas depois de se ligarem às moléculas a serem transportadas. Depois de estarem preenchidas com os receptores transportando as moléculas, a reentrância se destaca como uma vesícula revestida.

FAGOCITOSE E PINOCITOSE

Fagocitose compreende o englobamento de partículas grandes como microrganismos e fragmentos celulares constituindo fagossomas com mais de 250nm de diâmetro.

Pinocitose engloba fluidos e moléculas formando pinossomas com, no máximo, 150nm de diâmetro.

Fagocitose, além de ter função alimentar como em amebas, pode ser um meio de defesa como em leucócitos e macrófagos.

No organismo humano, poucas células fazem fagocitose (defesa), mas pinocitose (nutrição) é muito comum.

Nos protozoários e nos animais que não possuem tubo digestório completo (poríferos, cnidários e platelmintos), a fagocitose serve à alimentação.

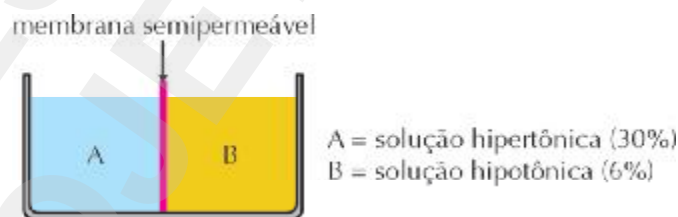
Há uma forma de pinocitose mediada por receptor, capaz de englobar, com grande especificidade, moléculas, mesmo que elas estejam presentes em baixas concentrações no meio extracelular. É o caso de células que englobam lipoproteínas transportadoras de colesterol; após a digestão em vacúolos digestivos, libertam-se moléculas de colesterol que se integrarão às membranas celulares.

Absorção de ferritina (proteína com ferro) por hemácias jovens para participar da formação da hemoglobina ocorre por micropinocitose.

01. (UNIFICADO-RJ) Em uma aula prática sobre troca de substâncias através da membrana plasmática, um professor utilizou o material representado

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

no esquema:

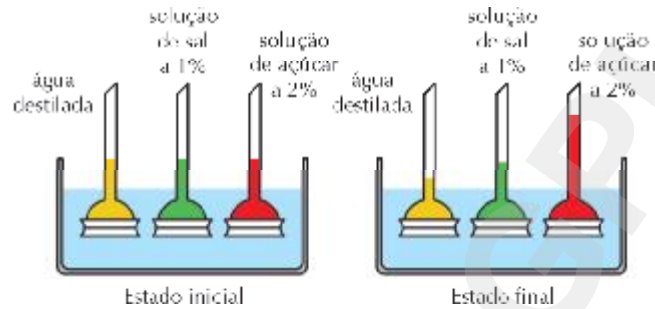


Com essa experiência, os alunos poderão chegar às conclusões a seguir, exceto uma. Assinale-a:

- (A) A isotonia entre as soluções independe das concentrações de soluto.
- (B) A membrana do sistema não possibilita a passagem do soluto.
- (C) A concentração de moléculas de água em B, inicialmente, é maior que em A.
- (D) O equilíbrio é alcançado pela passagem de solvente de B para A.
- (E) O solvente migra da solução menos concentrada para a mais concentrada.



02. (PUC-RJ) Três funis, contendo substâncias diferentes, porém nas mesmas quantidades, foram colocados em um recipiente com uma determinada solução. Após algum tempo, o nível das substâncias no interior dos funis mostrava-se como no esquema a seguir:

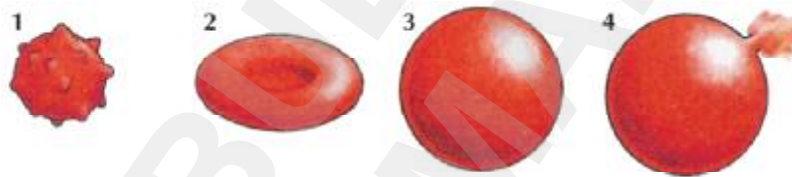


Com base nesses dados, podemos afirmar que a concentração da solução no recipiente é:

- (A) 0,5%;
- (B) 1,0%;
- (C) 1,5%;
- (D) 2,0%;
- (E) 2,5%.

03. (UERJ) Colocando-se hemácias humanas em diferentes soluções com concentrações iônicas variáveis, pode-se exemplificar a influência que o grau de permeabilidade da membrana plasmática à água exerce sobre a célula.

As conseqüências desse experimento estão demonstradas nos esquemas abaixo:



O esquema que representa o comportamento das hemácias, ao ser colocado em um meio hipertônico, é o de número:

- (A) 1;
- (B) 2;
- (C) 3;
- (D) 4;

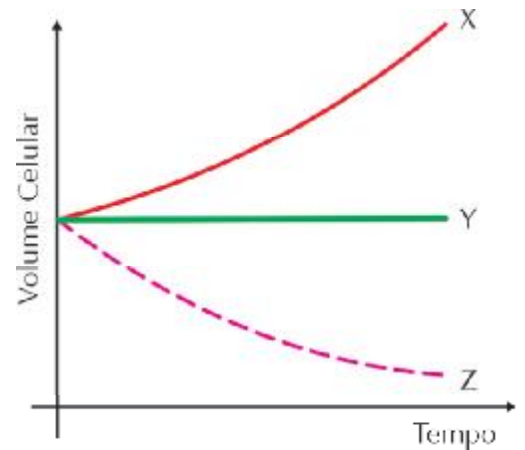


EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UFF-RJ) Três amostras idênticas de células animais foram colocadas, cada uma, respectivamente, nas soluções X, Y e Z, cujas concentrações salinas são distintas. A variação do volume celular, acompanhada ao longo de certo tempo, está representada no gráfico ao lado:

Classifique, quanto à tonicidade, as soluções X, Y e Z. Justifique sua resposta.



02. (UFRJ) As figuras a seguir representam duas situações, I e II, em que os

Citosol e Movimentos

HIALOPLASMA

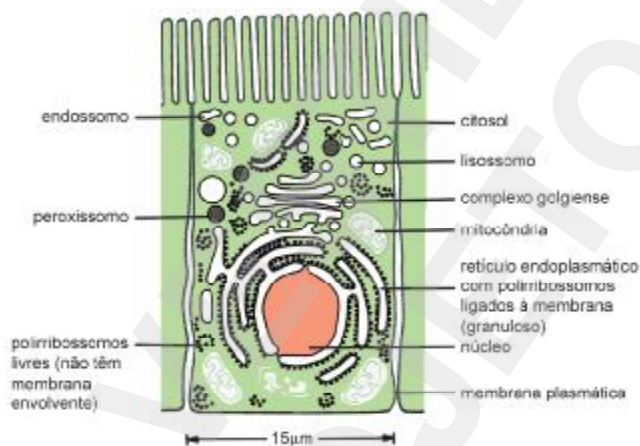
Hialoplasma, citoplasma fundamental, matriz citoplasmática ou citosol é a massa gelatinosa ou coloidal do citoplasma, composta principalmente de água, sais minerais e proteínas, constituindo um meio de difusão e de reações.

O citosol é hidrófilo, com pH aproximado de 7,2, atua como tampão de pH e tem a consistência maior (gel) na periferia (ou ectoplasma) e menor (sol) no interior (ou endoplasma).

EM EUKARIOTES

O metabolismo das células eucariotas envolve uma série de reações metabólicas distintas, que precisam ser realizadas simultaneamente para garantir a sobrevivência da célula.

A ocorrência simultânea dessas reações exige uma espécie de “compartimentalização” do citoplasma, pois muitas dessas reações são incompatíveis umas com as outras. Dessa forma, distinguem-se regiões especializadas no hialoplasma e nas organelas celulares. Membranas endocelulares mantêm conjuntos específicos de enzimas em espaços fechados, em que podem atuar sem sofrer interferência das reações que ocorrem em outros compartimentos.



Principais compartimentos intracelulares de uma célula animal. O citosol (verde), retículo endoplasmático, complexo golgiense, núcleo, mitocôndria, endossomo, lisossomo e peroxissomo são compartimentos distintos isolados do resto da célula por, pelo menos, uma membrana com permeabilidade seletiva.

A glicólise, fase da respiração celular hialoplasmática, e o processo de síntese de proteínas, que ocorre nos ribossomos, são exemplos de processos metabólicos que estão em contato íntimo com o hialoplasma.

EM PROCARIOTES

O citoplasma das células procariotas é um espaço único, não compartimentalizado. Os ribossomos, organelas que não têm membrana envolvente, ocupam o hialoplasma, que é delimitado pela membrana plasmática. O material genético dos procariotes (cromossomo) também fica disperso no citoplasma, devido à ausência de cariomembrana ou membrana nuclear, delimitando o núcleo. A área da membrana plasmática disponível é suficiente para conter os sistemas enzimáticos, que devem estar presos à membrana, isto porque o volume da célula procariota é relativamente pequeno.

SISTEMAS FÍSICOS NAS CÉLULAS

Apesar de fundamentalmente coloidal, como a mistura de proteínas em água, outros tipos de misturas ou sistemas físicos biológicos estão presentes nas células e nos líquidos orgânicos. É o caso da solução verdadeira de sais minerais em água ou de suspensões de organelas ou emulsões de gotículas lipídicas.

Gelações e solações, conversões, respectivamente, de colóides sol em gel e de gel em sol, são eventos comuns dos estados coloidais.

CITOESQUELETO

A estrutura coloidal, microfilamentar e microtubular do citosol está diretamente relacionada com o citoesqueleto.

O citoesqueleto é uma rede de filamentos de proteínas que mantém a forma das células. É formado por microfilamentos maciços, finos, de actina e miosina; por filamentos intermediários como os de queratina e microtúbulos ocos, cilíndricos, de tubulina.

O citoesqueleto tem particular importância em células animais, que são desprovidas de parede celular, e não está presente nas células procariotas.

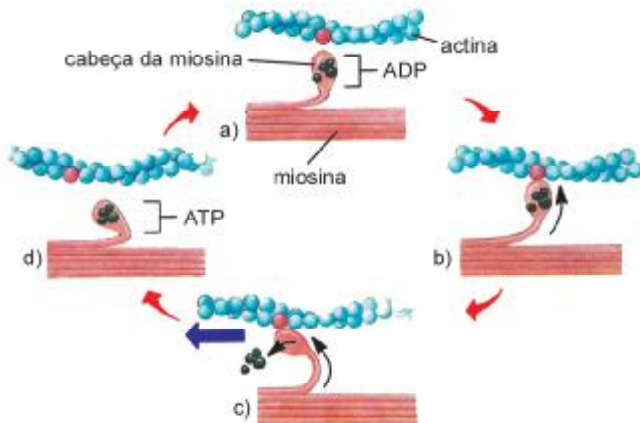
Um tipo de filamento intermediário forma uma estrutura em trama chamada lâmina nuclear, logo abaixo da membrana nuclear interna. Outros tipos se estendem pelo citoplasma, conferindo força mecânica às células e suportando as tensões mecânicas num tecido epitelial, por unir o citoplasma nas junções célula-célula.

CONTRAÇÕES MUSCULARES

As células eucarióticas têm altas concentrações de actina e baixas concentrações de miosina. Nas células musculares, como exceção, as duas proteínas estão presentes em grandes concentrações.

Actina e miosina localizam-se nas miofibrilas, participando das unidades contráteis ou sarcômeros das células ou fibras musculares.

Em presença de ATP e cálcio, os feixes de miosina se deslocam entre fibras de actina, resultando em movimento.



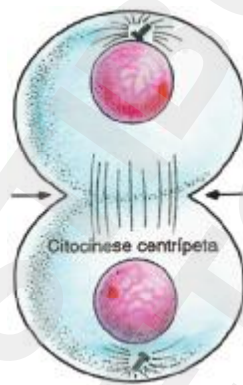
A contração muscular resulta do movimento das moléculas de miosina, que são proteínas motoras das células musculares. (a) A miosina muda de conformação, usando a energia do ATP, que se transforma em ADP. (b) A “cabeça” da molécula de miosina faz contato com a molécula de actina (c) e se dobra, empurrando a molécula de actina (para a esquerda, na representação). (d) O contato se desfaz quando o ATP se reconstitui; usando novamente a energia do ATP, a cabeça da molécula de miosina faz contato com outro ponto da molécula de actina e o ciclo recomeça.



Fagocitose de uma célula de fungo por um leucócito. O movimento amebóide e a emissão de pseudópodos permitem a fagocitose, o englobamento de partículas grandes.

CITOCINESE

Ao final da divisão celular por mitose de uma célula animal, no meio ou equador da célula, forma-se um anel contrátil de actina e miosina que provoca a divisão ou citocinese da célula.

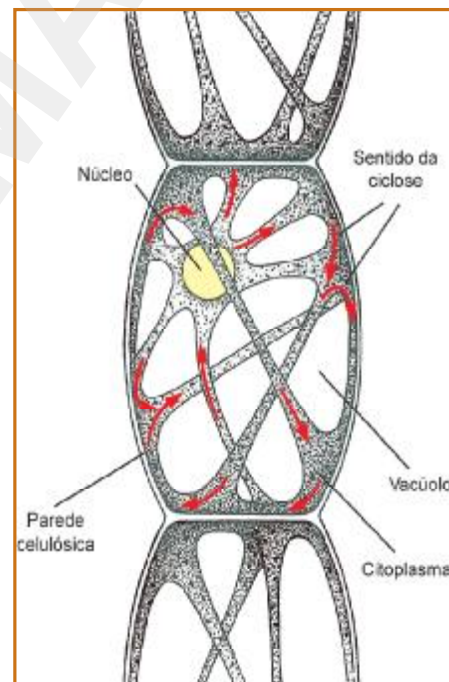


Citocinese de uma célula animal.

CICLOSE

O movimento de organelas no citosol, a ciclose, bem visível em células vegetais vivas quando observadas ao microscópio óptico em exame a fresco, também depende de contrações da actina.

A velocidade da ciclose diminui em temperaturas baixas, também quando há pouca luminosidade e na baixa concentração de oxigênio, assim como na presença de anestésicos.



A ciclose é facilmente observada em células vivas dos pêlos presentes nas flores da trapoeiraba (aumento de 300 x). Nessas células, o citoplasma é reduzido, constituído por uma fina camada periférica e por pontes citoplasmáticas que cruzam o vacúolo. É possível observar, nos fios citoplasmáticos, partículas sendo carregadas pelo fluxo de citosol.

MOVIMENTO AMEBÓIDE

Grande parte dos movimentos celulares ocorre pelo deslizamento de feixes de miosina sobre os microfilamentos de actina. É o caso do movimento amebóide, que também inclui alterações rápidas na consistência do citosol.

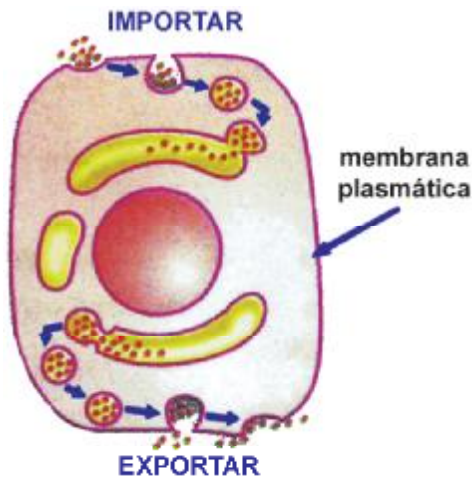
Esse movimento, através de “falsos pés” ou pseudópodos, é observado em amebas (protozoários), leucócitos (glóbulos brancos do sangue, componentes do sistema de defesa) e macrófagos (células do conjuntivo, também envolvidas com mecanismos de defesa).

A emissão de pseudópodos, além do deslocamento, permite o englobamento de materiais por fagocitose (ingestão de partículas sólidas).



ENDOCIToses E EXOCIToses

A estrutura do citosol está, ainda, relacionada com outras atividades metabólicas. É o caso das ingestões celulares ou endocitoses (fagocitose, pinocitose, micropinocitose) e das eliminações celulares ou exocitoses (clasmatose ou clasmocitose).

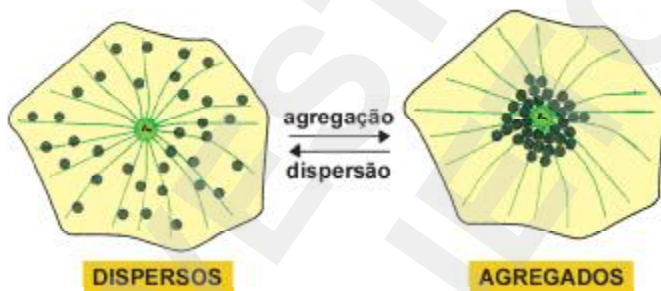


Endocitose (importar) e exocitose (exportar).

MOVIMENTAÇÃO DE PIGMENTOS

O citosol participa, também, da movimentação dos grânulos de pigmentos. Células pigmentadas de epitélios de peixes, de répteis e até mesmo da íris de pessoas que têm olhos claros (em que é mais fácil observar mudanças de tonalidade da cor) alteram a tonalidade de acordo com a posição mais superficial ou mais profunda dos pigmentos no citosol.

Os pigmentos se localizam nos melanossomos que ficam entre os microtúbulos, e as alterações na coloração resultam do grau de agregação ou dispersão desses grânulos.



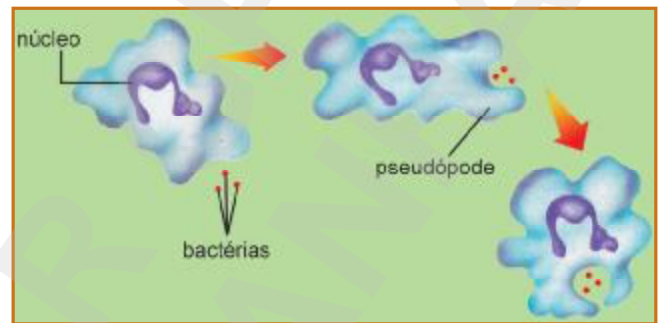
Células pigmentares de peixes. Estas células gigantes, responsáveis pelas alterações na coloração da pele de algumas espécies de peixes, possuem grandes grânulos de pigmento (marrom) que podem alterar sua localização dentro da célula em resposta a estímulos hormonais ou neuronais. Desenho esquemático de uma célula pigmentar mostrando a dispersão e a agregação dos grânulos de pigmento associados aos microtúbulos.

DIAPEDESE

Além da locomoção e da fagocitose, os pseudópodos também estão envolvidos com o processo de diapedese, relacionado com processos inflamatórios.

Um processo inflamatório pode resultar da ação de agentes biológicos, físicos e químicos. Genericamente, resulta em turgor (inchaço), rubor (vermelhidão), calor (quentura) e dor.

Os danos celulares resultantes deste processo provocam a liberação de substâncias como a histamina (dos mastócitos do tecido conjuntivo) que alteram a permeabilidade dos vasos (são vasodilatadores). Os leucócitos atravessam a parede endotelial dos capilares e vão participar da fagocitose do agente causal.



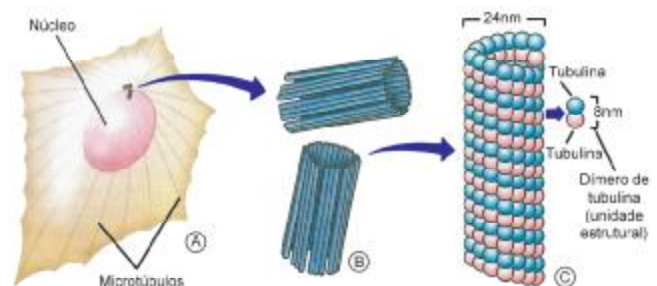
Leucócitos atravessam a parede endotelial dos capilares por diapedese e com seu movimento amebóide se movimentam e emitem pseudópodos para a captura de bactérias.

Restos celulares, inclusive de muitos leucócitos mortos (piócitos), constituem o pus dos ferimentos infeccionados. Por meio da fagocitose, os macrófagos do tecido conjuntivo realizam a "limpeza" do nosso corpo.

Em nossos pulmões, ao nível dos alvéolos pulmonares, os macrófagos fagocitam vírus, bactérias e partículas trazidas pelo ar inspirado. No útero, logo após o nascimento, eles fagocitam e digerem parte do endométrio da parede interna do útero, reduzindo rapidamente seu peso.

CENTRÍOLO

Centríolo é um organócito não vesiculoso, microtubular, típico de células animais. Está relacionado com as transformações que ocorrem nas células durante a divisão celular.



(A) Esquema de uma célula animal mostrando o centro celular ou centrosomo, no qual há um par de centríolos. Em torno do centro celular há inúmeros microtúbulos, dispostos como se fossem os raios de uma estrela (âster). (B) Os dois centríolos, cada um com cerca de 150nm de diâmetro, se dispõem perpendicularmente um ao outro. (C) Um microtúbulo (do qual foi representado apenas um pedaço) é constituído por moléculas de proteína (tubulina).



Centríolo, áster, fuso acromático, cílio e flagelo são estruturas microtubulares encontradas no citosol.

O microtúbulo é composto de tubulina, num polímero com cerca de 150 aminoácidos. Este número pode aumentar ou diminuir rapidamente. A polimerização ou despolimerização da tubulina é que alonga ou encurta o microtúbulo.

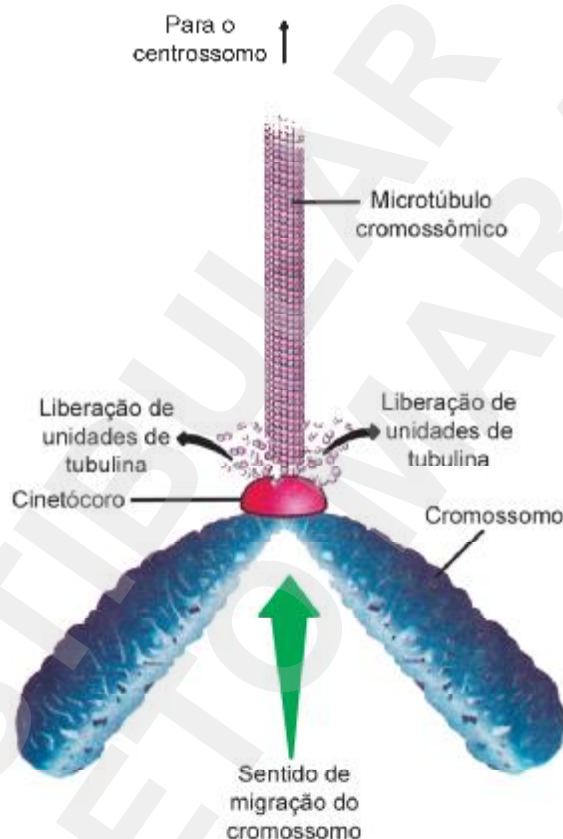
O centríolo também ocorre em algas e anterozóides (gametas masculinos de vegetais), em briófitas e pteridófitas, mas está ausente nas células dos vegetais superiores, em que é substituído pela calota polar.

Ao microscópio eletrônico, o centríolo se mostra constituído por 9 grupos de 3 microtúbulos periféricos, sem microtúbulos no centro, dispostos de tal modo que parecem formar um cilindro oco.

Os centríolos, que para alguns autores possuem DNA em sua estrutura, podem se autoduplicar, isto é, orientar a formação de novos centríolos a partir de microtúbulos do citosol, durante a intérfase celular.

FUSO ACROMÁTICO

A origem do fuso acromático está relacionada com o centro celular de células animais, em que existe um par de centríolos, e com a calota polar das células vegetais.



A migração dos cromossomos na anáfase parece ocorrer pelo encurtamento progressivo das fibras unidas a seu centrômero.

O centríolo e o fuso acromático orientam a movimentação dos cromossomos durante a divisão celular.

Colchicina (ou colquicina) e outras substâncias inibem a polimerização da tubulina. Deste modo, interrompem a mitose em metáfase.

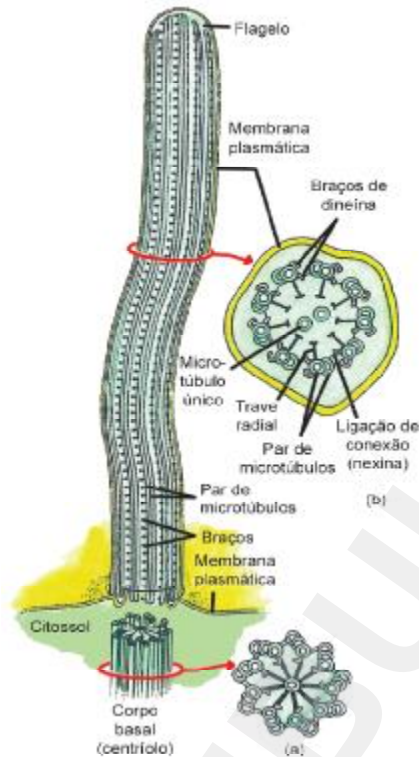


CÍLIOS E FLAGELOS

O centríolo origina cílios e flagelos, responsáveis pela “natação” celular e “correntezas”. Ambos se projetam para fora da célula e são envolvidos pela membrana plasmática. Seu batimento depende de ATP.

Cílios e flagelos, ao microscópio eletrônico, se mostram constituídos por 9 grupos de 2 microtúbulos periféricos e 2 centrais.

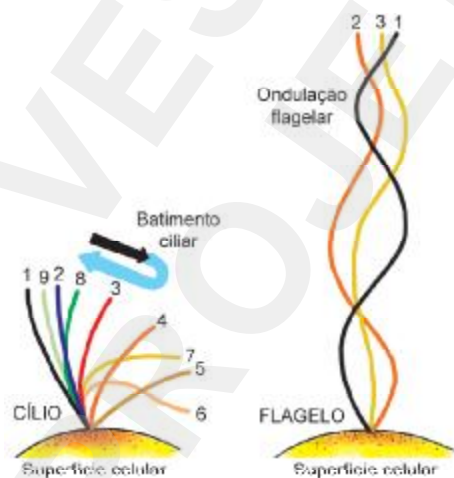
Nexina e dineína são proteínas que ligam, como braços, os feixes de microtúbulos. Dineína é uma proteína ATP-ase, importante na movimentação de cílios e flagelos.



(a) Diagrama do corpo basal (centríolo) na origem de um flagelo.
 (b) Diagrama de um flagelo. Os corpos basais, a partir dos quais os flagelos elevam-se, têm nove tripletos externamente, sem microtúbulos no centro. O “eixo da roda” não é um microtúbulo, embora tenha aproximadamente o mesmo diâmetro. Em cílios e flagelos são nove pares de microtúbulos periféricos e um par central. Os braços de dineína, com gasto de ATP, prendem-se periodicamente à dupla de microtúbulos vizinha e provocam movimentos.

Os cílios são mais curtos e mais numerosos na célula e têm movimento coordenado (movimentos aproximadamente pendulares). Ocorrem em protozoários ciliados (para movimento), nas vias respiratórias (deslocando muco com impurezas) e na tuba uterina ou trompa de Falópio (deslocando o óvulo e o ovo).

Os flagelos são mais longos, são poucos na célula e têm movimento não coordenado (ondulante). Ocorre para movimento, em protozoários flagelados, espermatozóides, anterozóides e algas flageladas.



Representação esquemática da movimentação de um cílio e de um flagelo, como seriam vistos em uma fotografia de múltipla exposição.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFF-RJ) Em relação à ciclose na célula vegetal, é incorreto dizer que:

- (A) o exame a fresco não possibilita sua observação;
- (B) sua velocidade aumenta com o aumento da temperatura e da luminosidade;
- (C) temperaturas baixas e ausência de oxigênio são fatores que retardam ou até anulam o movimento dos orgânulos citoplasmáticos em que ocorre a fotossíntese;
- (D) é uma corrente citoplasmática, contínua num certo sentido, na qual vemos o fluxo contínuo de cloroplastos;
- (E) experimentalmente ela pode ser observada na folha de *Elodea* ao microscópio óptico.

02. (UFF-RJ) Diversas espécies de peixes modificam a cor da pele quando submetidas a algumas variações do meio ambiente. As células responsáveis por essa alteração contêm grânulos de pigmentos que se espalham por toda a célula ou se agregam numa posição mais central da mesma, em resposta a estímulos hormonais ou nervosos.

Assinale a opção que indica, corretamente, as estruturas celulares responsáveis pela movimentação dos grânulos de pigmentos no citoplasma.

- (A) Desmossomos.
- (B) Dictiossomos.
- (C) Glioxissomos.
- (D) Microtúbulos.
- (E) Ribossomos.

03. (UFF-RJ) São organelas celulares que apresentam a mesma ultra-estrutura:

- (A) centríolos, mitocôndrias, microtúbulos;
- (B) mitocôndrias, cloroplastos, microtúbulos;
- (C) cílios, flagelos, centríolos;
- (D) microtúbulos, retículo endoplasmático e lisossomos;
- (E) retículo endoplasmático, complexo de Golgi, microtúbulos.

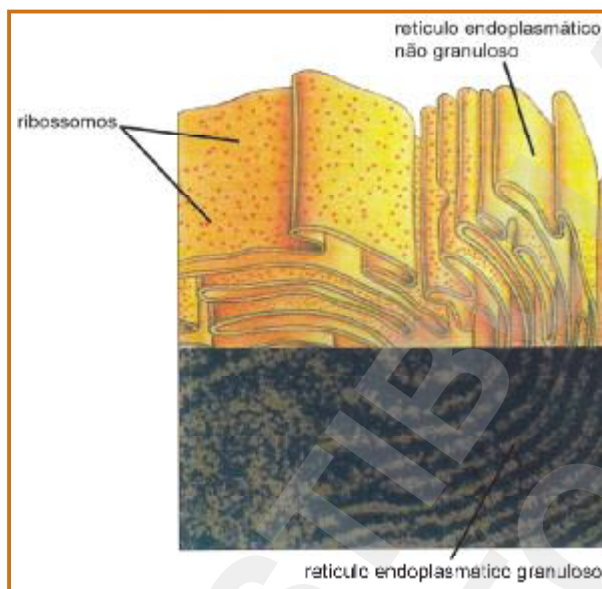
ANOTAÇÃO

Canais e Cavidades

RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

O retículo endoplasmático é uma organela exclusiva dos eucariontes, composto por um conjunto de canalículos, vesículas e cisternas interligadas que aumenta a superfície de contato e trocas entre a célula e o meio. Em células de mamíferos, pode ter superfície de membrana até 30 vezes maior que a da membrana plasmática.

O retículo endoplasmático sem ribossomos associados é o chamado retículo endoplasmático liso (REL) ou não granuloso. Quando há ribossomos associados ao retículo, este é chamado rugoso (RER) ou granuloso (ergastoplasma).



O retículo endoplasmático granuloso tem ribossomos, que estão ausentes no retículo endoplasmático não granuloso.

REL (RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO) OU RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO NÃO GRANULOSO

Retículo endoplasmático liso (também chamado agranular ou REA) é uma estrutura bem desenvolvida em células hepáticas (fígado), nas fibras musculares estriadas, no córtex ("casca") das supra-renais e nas glândulas sexuais.

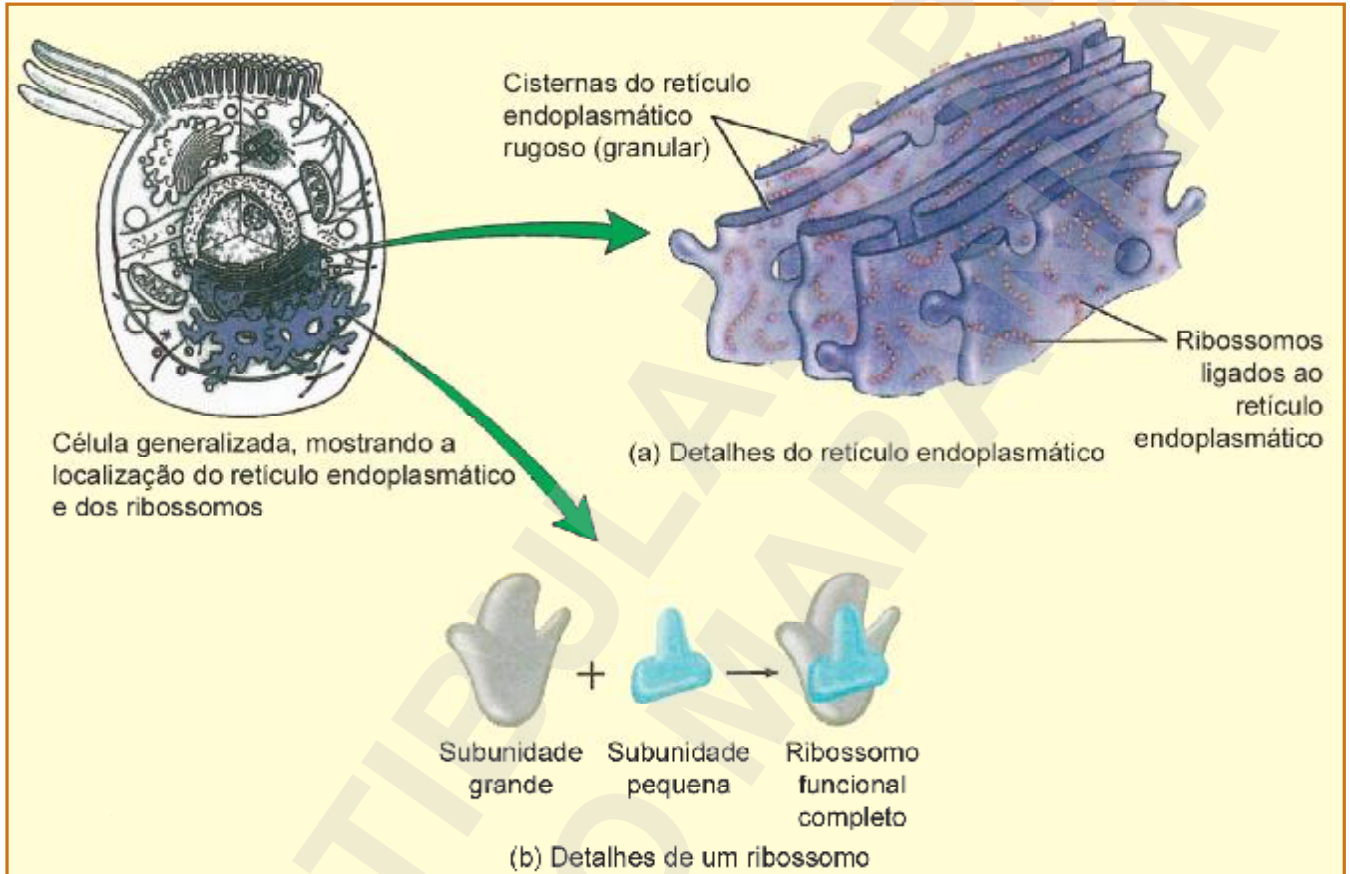
Entre as funções do REL, destacam-se a de armazenamento e circulação de substâncias; armazenamento de Ca^{++} para a contração muscular; síntese de lipídios como os fosfolipídios das membranas celulares; e principalmente esteróides como os hormônios sexuais e os corticosteróides. Os lipídios que serão exportados são levados ao complexo golgiense para secreção. O REL, verdadeiro reservatório de cálcio para a contração dos músculos, é também chamado, nas células musculares, de retículo sarcoplasmático.

Outra função do REL é a despolimerização de glicogênio a glicose ou glicogenólise e a absorção de substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, principalmente no fígado e rins.



RER (RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO) OU RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO GRANULOSO

O retículo endoplasmático rugoso (também chamado ergastoplasma) tem ribossomos (cujo conjunto, unido a um RNA-mensageiro, chama-se polissomo) na face externa ou hialoplasmática da sua membrana envoltória, que também se comunica com a cariomembrana. É local de síntese de peptídios e proteínas para exportação ou secreção em células com muitos canalículos e muitos ribossomos.



O retículo endoplasmático proporciona uma superfície para as reações químicas e transporta, armazena, sintetiza, empacota e desintoxica moléculas; os ribossomos são os sítios de síntese protéica.

PROTEÍNAS PARA USO PRÓPRIO OU PARA EXPORTAÇÃO

Para a secreção celular, as proteínas são transportadas para o complexo golgiense que fará a exportação. É o que acontece com hormônios como insulina, lançada no sangue, e com enzimas hidrolíticas lançadas na luz do tubo digestivo.

Do complexo golgiense, peptídios e proteínas podem, ainda, vir a participar da constituição da membrana plasmática ou atuar como enzimas digestivas (hidrolases ácidas) contidas em lisossomos.

As células que produzem muitas proteínas para uso próprio como as células embrionárias e as cancerosas têm muitos ribossomos (polissomos)

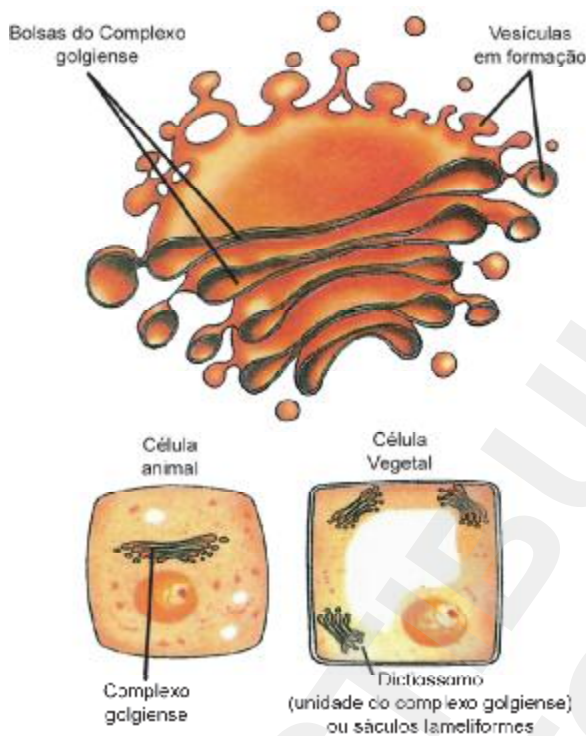


no citosol, mas são pobres em canálculos do RER.

COMPLEXO DE GOLGI OU COMPLEXO GOLGIENSE

Complexo golgiense é um conjunto de cisternas ou sáculos lameliformes, sáculos achatados (golgiossomos ou dictiossomos) e vesículas, geralmente próximo ao núcleo, que, em eucariontes, armazena proteínas e sintetiza glicídios e glicoproteínas.

O Complexo golgiense produz, armazena, condensa, transforma e exporta ou secreta substâncias que terão utilidade, para o organismo, fora da célula produtora. É o caso de remover ou adicionar monossacarídeos a proteínas e glicoproteínas produzidas pelo RER ou de produzir ou modificar glicídios como os do glicocálix.



Acima, desenho tridimensional de um corte do aparelho de Golgi e localização dessa estrutura em uma célula animal e em uma célula vegetal.

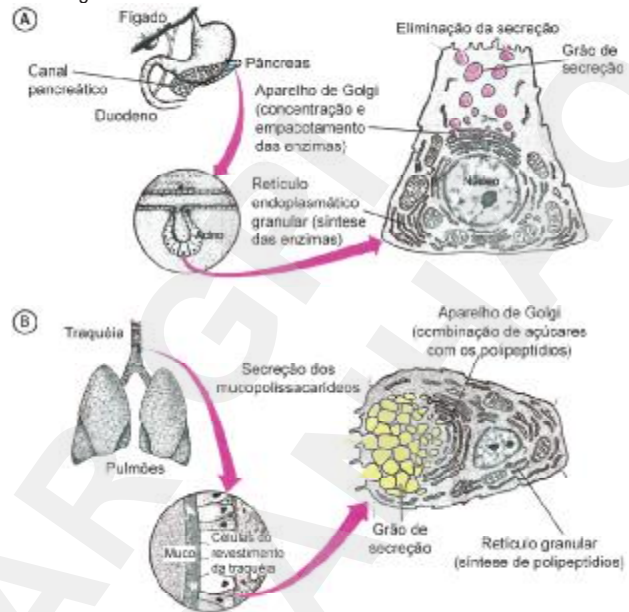
PROTEÍNAS, POLISSACARÍDIOS E GLICOPROTEÍNAS

Proteínas destinadas à exportação são produzidas no retículo endoplasmático rugoso e, depois, transportadas por vesículas para os dictiossomos do complexo golgiense em que são empacotadas e eliminadas por vesículas secretoras que se desprendem do complexo golgiense e se unem à membrana plasmática, liberando seu conteúdo no meio externo (exocitose), como acontece na secreção de insulina.

Glicoproteínas são produzidas quando as proteínas, ao chegarem ao complexo golgiense, são combinadas com radicais glicídicos, compondo glicoproteínas. Estes podem vir a fazer parte da constituição das membranas celulares ou ser exportados. É o que ocorre na secreção do colágeno.

Glicídios (polissacarídios) são sintetizados nos dictiossomos do complexo de Golgi e depois podem ser exportados através de vesículas secretoras. É o caso da secreção de celulose para formar a parede das

células vegetais.



Representação esquemática do papel do complexo golgiense na secreção das enzimas digestivas liberadas pelo pâncreas (a) e na secreção de muco por células do revestimento interno da traquéia (b).

ORIGEM DE OUTRAS ESTRUTURAS

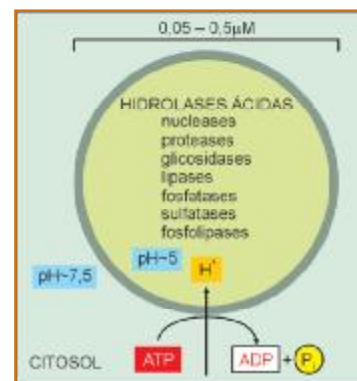
Complexo golgiense origina o acrossomo (com hialuronidase) da cabeça do espermatozóide, importante para a penetração no óvulo (ovócito II).

O complexo golgiense, em células vegetais, origina, ainda, a parede celular e vesículas com ácido péctico, que vão formar a lamela média no fim da divisão celular.

Ele origina, ainda, lisossomos, peroxissomos e vacúolos.

LISOSSOMOS

Lisossomos são vesículas cujo interior é ácido, pH aproximadamente 5, contendo enzimas digestivas ou hidrolases ácidas. As muitas enzimas lisossômicas digerem macromoléculas como proteínas, ácidos nucléicos, polissacarídios e lipídios.



Lisossomos. As hidrolases ácidas são enzimas hidrolíticas que são ativas em condições ácidas. O lúmen é mantido em condições de pH ácido por uma H⁺



ATP-ase na membrana que bombeia H⁺ para dentro do lisossomo.

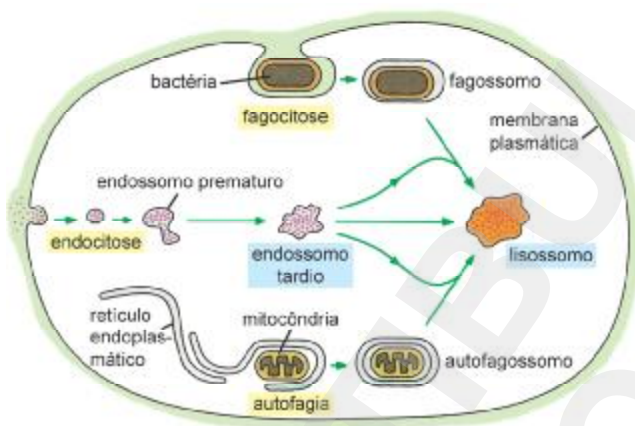
Para alguns autores, os lisossomos ocorrem em praticamente todas as células eucariotas. Para outros, esta organela está ausente em células vegetais, que fariam digestão nos vacúolos de suco celular.

A face interna da membrana do lisossomo é protegida por glicoproteínas que impedem que ela mesma seja digerida. A vesícula do lisossomo tem origem a partir do complexo golgiense e as enzimas são formadas no retículo endoplasmático granuloso.

BOMBA DE PRÓTONS

Na membrana lisossomal existem proteínas capazes de transportar ions H⁺ ativamente do hialoplasma para o interior dos lisossomos, realizando a chamada bomba de prótons. Isto é necessário para que se mantenha, no interior do lisossomo, um pH ideal para atuação das enzimas lisossomais, com a concentração de H⁺ intralisossomal ficando cerca de cem vezes maior que a do hialoplasma. Isto significa que, em caso de rompimento da membrana lisossomal, estas enzimas só terão condições ideais de atuar, se a célula tiver, antes, sofrido um processo de acidificação.

Os lisossomos fazem digestão intracelular, autofagia e autólise.



Três vias para a degradação nos lisossomos. Cada via leva à digestão intracelular de materiais derivados de diferentes origens. Os compartimentos resultantes das três vias podem, algumas vezes, ser distinguidos morfologicamente – daí os termos, “autofagolisossomo”, “fagolisossomo” e outros. Entretanto, estes lisossomos podem diferir apenas devido ao fato de conterem materiais diferentes, que estão sendo digeridos.

A digestão intracelular de material ingerido ocorre no interior de estruturas chamadas vacúolos digestivos. Nas células humanas comuns, os lisossomos apenas “guardam” as enzimas digestivas, impedindo que elas destruam as células. Há digestão intracelular apenas em leucócitos, macrófagos e alguns outros.

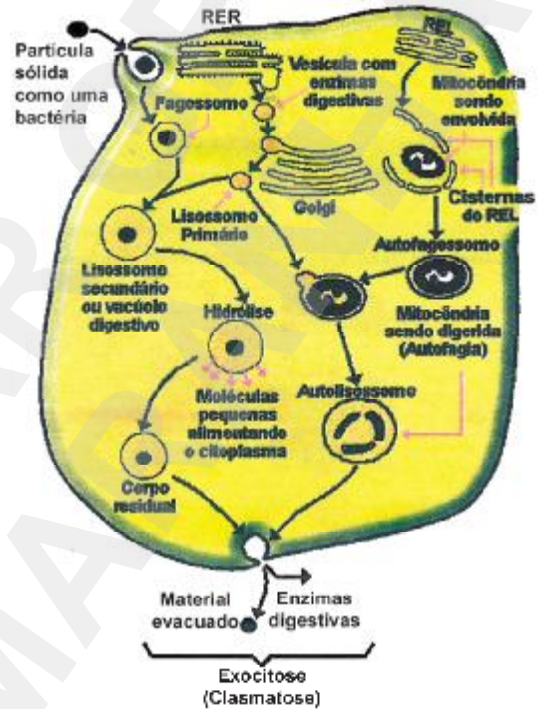
Após a endocitose, lisossomos primários se fundem com endossomos, formando os chamados lisossomos secundários ou vacúolos digestivos, sítio da digestão.

Corpo residual é o vacúolo digestivo após a absorção dos materiais digeridos. Ele contém os materiais que não, ou ainda não, foram digeridos, além das enzimas digestivas.

Protozoários (protistas) e esponjas (animais) só fazem digestão intracelular. Os demais animais fazem digestão extracelular, que é mais eficiente, visto que diversas enzimas são lançadas por diferentes células em um espaço amplo e com água, no qual as hidrólises são mais eficientes.

Autofagia é a digestão de elementos figurados (organelas) da própria célula, geralmente velhos ou deficientes, para renovação, ou então em situações de fome celular. As organelas são envolvidas por vesículas derivadas do REL, as quais vão se fundir aos lisossomos.

Na autofagia, ao contrário da heterofagia, o material digerido era endógeno, ou seja, pertencia à própria célula. Por isso, forma-se um autolisossomo ou vacúolo autofágico.



Ação geral dos lisossomos.

Autólise (citólise) é a destruição (digestão global) da célula por ruptura dos lisossomos. É natural nos processos de renovação da população celular e de remodelagem de tecidos como a regressão da cauda do girino e da membrana entre os dedos dos embriões humanos. Pode ser patológica em doenças como silicose e câncer. O processo natural de células terem sua morte “programada” por genes é chamado apoptose.

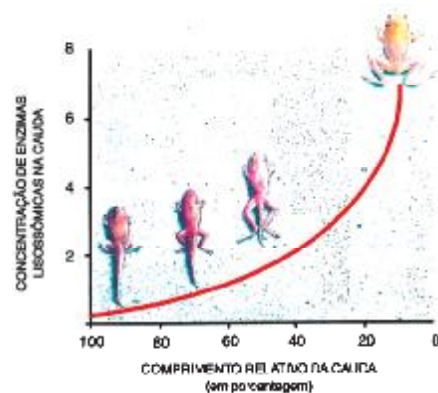


Gráfico que mostra o aumento na concentração de enzimas lisossômicas nas células da cauda de girinos durante o desenvolvimento. A regressão da cauda dos girinos se dá pela autodestruição de células pelas enzimas lisossômicas. O material resultante da autodigestão da cauda entra na circulação sanguínea



e é reutilizado.

APOPTOSE CELULAR

Apoptose é o fenômeno de suicídio celular programado, regra geral provocado por uma seqüência (cascata) de reações químicas, que tem como um dos eventos iniciais a desestabilização do material genético como consequência do encurtamento dos telômeros, que são as pontas (extremidades) dos cromossomos. Nestes casos, proteínas como a P53 desencadeiam o processo de morte programada: a célula se desfaz em fragmentos que serão então digeridos por células fagocíticas. Este englobamento por células fagocíticas impede que haja resposta inflamatória.

A apoptose evita a perpetuação de células velhas, que têm chances maiores de ter acumulado mutações (seqüência de mutações) prejudiciais como as que levam ao desenvolvimento de câncer (neoplasia maligna). Por outro lado, células cancerosas ativam a enzima telomerase, que impede o encurtamento dos telômeros, tornando-se assim potencialmente imortais.

DOENÇAS LISOSSOMIAIS

Há algumas doenças, de origem genética, que provocam deficiência na síntese de enzimas lisossomais. Algumas acarretam deficiência mental, paralisia ou cegueira, devido ao acúmulo de substâncias não digeridas nos lisossomos. É o que ocorre na doença de Tay-Sachs, em que o acúmulo de um lipídio dificulta a ação do sistema nervoso.

Em outras doenças, há o rompimento dos lisossomos. É o caso das lesões pulmonares devido à inalação da poeira do carvão e da sílica por pessoas que trabalham em minas. Ocorre ainda na gota, devido ao acúmulo de cristais de ácido úrico nas articulações.

PEROXISSOMOS

Peroxisossomos ou microcorpos são os menores organócitos vesiculosos, contendo enzimas de oxi-redução.

Reações celulares (como a oxidação de lipídios) freqüentemente resultam em peróxido de hidrogênio (água oxigenada). Esta substância, o H_2O_2 , é um agente oxidante e, à maneira dos radicais livres, provoca destruição dos componentes celulares, levando ao envelhecimento dos tecidos. Peroxisossomos contêm peroxidases (catalases) que decompõem, imediatamente, $2H_2O_2$ em $2H_2O$ e O_2 livre.

Enzimas de peroxissomos inativam, ainda, várias outras substâncias tóxicas, como o álcool das bebidas alcoólicas e muitos medicamentos. Os peroxissomos, no fígado, participam da detoxicação do etanol, convertendo-o em aldeído acético.

Considera-se a existência de diferentes peroxissomos, como é o caso dos glioxissomos e dos peroxissomos das plantas.

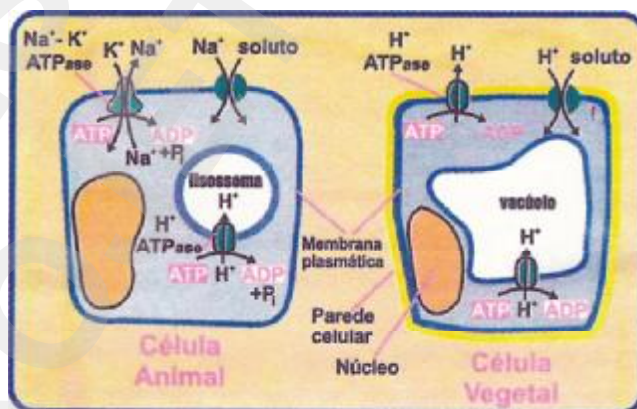
Glioxissomos em células de sementes vegetais e algas transformam lipídios armazenados (com grande valor energético e pouca massa, facilitando a dispersão das sementes) em glicídios, para as reações de oxidação, necessárias ao metabolismo rápido da planta em germinação, já que sua utilização é mais fácil e mais rápida.

Células animais não possuem glioxissomos e, por isso, não podem converter ácidos graxos em açúcares.

Peroxisossomos de plantas fazem fotorrespiração, isto é, oxidação do excesso de compostos orgânicos da fotossíntese, sem produção de ATP.

VACÚOLOS

Muitas funções realizadas pelos lisossomos em células animais são realizadas em células de vegetais (e de fungos) por um grande vacúolo de suco celular, o que torna discutível afirmar a presença de um lisossomo típico nestas células.



Os lisossomos em células animais e os vacúolos de plantas e fungos contêm bombas de H^+ em suas membranas, ajudando a manter ácido o ambiente interno dessas organelas.

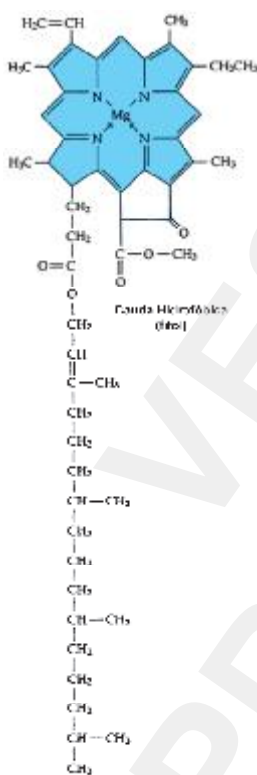
O vacúolo central característico das células vegetais pode ocupar até 90% de seu volume e contém, além de água, nutrientes estocados, sais, pigmentos e restos metabólicos. Sua membrana, chamada tonoplasto, tem mecanismos de bomba de prótons semelhantes às dos lisossomos.



Fotossíntese e Quimiossíntese

Antes de abordarmos os principais mecanismos que regem a fotossíntese, é necessário se ter uma leve noção do que são cloroplastos e o que é clorofila. Observe a tabela a seguir.

	Cloroplasto	Clorofila
O que é?	Organela verde, rica em clorofila e sítio da fotossíntese em vegetais.	Substância nitrogenada, que apresenta magnésio em sua composição. Ao receber a luz branca, ela reflete o espectro verde (por isso ela é verde) e absorve os outros, principalmente o vermelho e o azul, o que desencadeia a fotossíntese.
Onde podemos encontrar	Nas folhas e em caudas jovens dos vegetais e em alguns protistas. Não existem em moneras, fungos e animais.	A clorofila está presente em todos os seres fotossintéticos, podendo ou não estar nos cloroplastos. A clorofila bacteriana, por exemplo, recebe o nome de bacterioclorofila e está presente em membranas no citoplasma bacteriano.
Características importantes	Possuem DNA próprio. São capazes de se autoduplicar. Sintetizam proteínas próprias.	Existem, tipicamente, dois tipos de clorofila: clorofila a e clorofila b . Apenas a clorofila a é capaz de ser excitada pela luz, perder um elétron do átomo de magnésio e disparar o processo de fotossíntese.
Curiosidades	Evolutivamente, os cloroplastos se originaram de cianobactérias que foram endocitadas por células não fotossintéticas primitivas.	Ao contrário do que o nome nos sugere, a molécula de clorofila não apresenta cloro em sua composição. Na verdade, o nome clorofila deriva do grego <i>khloros</i> , verde, e <i>phyllon</i> , folha.



A clorofila **a** contém um íon de magnésio mantido num anel de porfirina, semelhante ao grupo heme da hemoglobina, contendo nitrogênio, destacada em azul. Ligado ao anel, está uma longa cadeia hidrocarbônica, formando uma cauda hidrofóbica específica da membrana do tilacóide. A clorofila **b** difere da clorofila **a** por possuir um grupo $-CHO$ no lugar do grupo $-CH_3$ destacado em cinza. As ligações simples e duplas alternadas (conhecidas como ligações conjugadas), presentes neste anel de porfirina das clorofilas, são comuns entre os pigmentos.

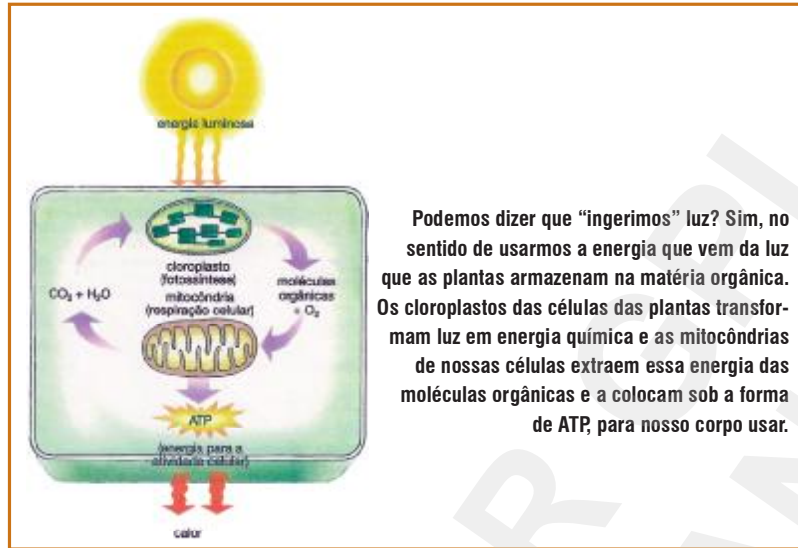
Além dos cloroplastos, os vegetais e algumas algas podem apresentar outros plastos. A tabela ao lado mostra de forma sucinta outros plastos e suas principais funções.

Outros plastos	O que são	Principais tipos
Leucoplastos	Plastos incolores, aclorofilados, de reserva, encontrados nas raízes e no interior de caules.	Amiloplastos (armazenam amido)
		Proteoplastos (armazenam proteínas)
		Oleoplastos (armazenam lipídios)
Cromoplastos	Plastos de cor diferente de verde. São aclorofilados em vegetais superiores e clorofilados, mas com outros pigmentos, em certas algas.	Feoplastos (pardos)
		Eritoplastos (vermelhos)
		Xantoplastos (amarelos)

DESTRUIÇÃO E PRODUÇÃO DE MOLÉCULAS

Seres vivos necessitam constantemente de energia para realizar suas atividades vitais. É o rompimento de ligações químicas muito energéticas das moléculas orgânicas o responsável por esta liberação de energia durante a respiração celular.

Os vegetais através da fotossíntese contrabalançam esta permanente destruição fabricando mais moléculas orgânicas a partir de moléculas inorgânicas. Para tanto, usam energia luminosa convertida por sua vez em energia química. É esta energia que é liberada por todos os seres vivos no processo da respiração celular, utilizada para as mais diversas atividades vitais.

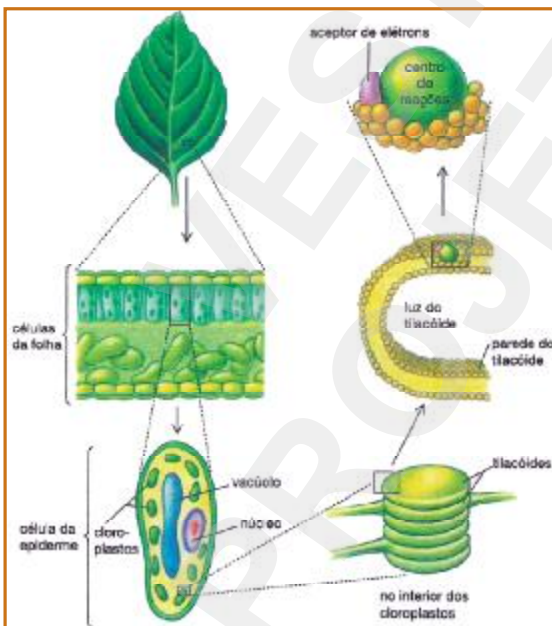


Podemos dizer que “ingerimos” luz? Sim, no sentido de usarmos a energia que vem da luz que as plantas armazenam na matéria orgânica. Os cloroplastos das células das plantas transformam luz em energia química e as mitocôndrias de nossas células extraem essa energia das moléculas orgânicas e a colocam sob a forma de ATP, para nosso corpo usar.

A fotossíntese ocorre em duas fases: a etapa fotoquímica (clara ou luminosa) e a etapa química (escura). A tabela abaixo mostra de forma comparativa e sucinta as principais características de cada fase.

	Onde ocorre?	O que ocorre?	O que entra?	O que sai?
Etapa fotoquímica, clara ou luminosa Moléculas de clorofila convertem energia luminosa em energia química.	Na membrana dos tilacóides.	Moléculas de água são quebradas (fotólise da água) liberando O ₂ para a atmosfera e hidrogênios que serão capturados e transportados pelo NADP (NAD fosfatado). Há produção de ATP.	Luz 12 NADP 12 H ₂ O 18 ADP	Oxigênio 12 NADP ₂ H 18 ATP
Etapa química, escura ou ciclo de Calvin A energia química produzida na fase clara é armazenada sob a forma de moléculas orgânicas.	No estroma dos cloroplastos.	NADP ₂ H e ATP produzidos na etapa clara.	6CO ₂ 12 NADP ₂ H* 18 ATP*	Glicose 6H ₂ O 12 NADP 18 ADP

* Produtos sintetizados na fase clara da fotossíntese.

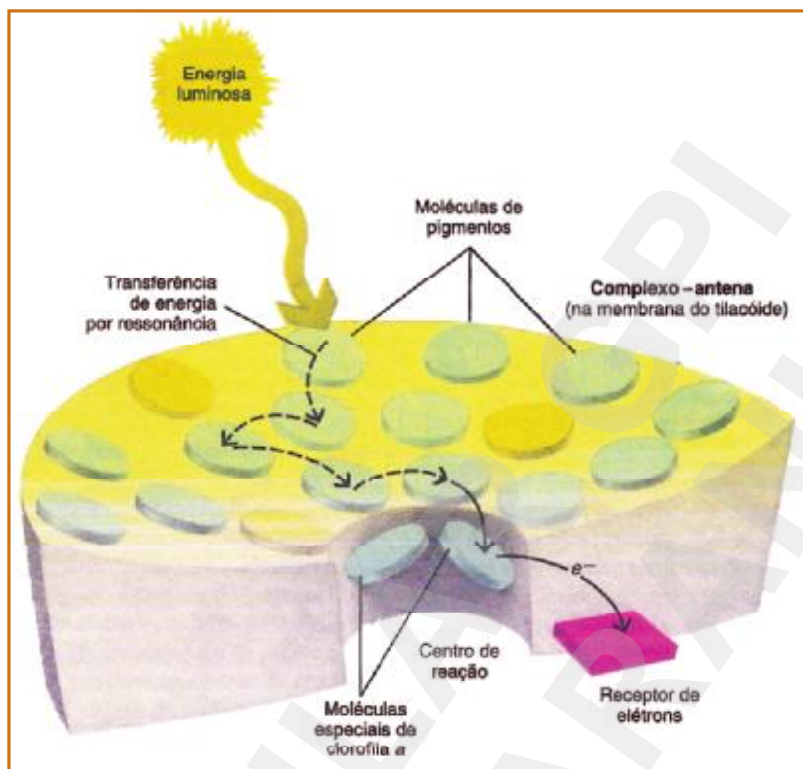


ETAPA FOTOQUÍMICA

A etapa fotoquímica depende obrigatoriamente de luz e consiste essencialmente na produção de ATP a partir da energia luminosa por fotofosforilação (conversão da energia luminosa em energia química).

A clorofila a é a mais importante das moléculas que participam da fotofosforilação na fotossíntese. Outros pigmentos como a clorofila b, os carotenóides e as ficobilinas constituem os chamados complexos-antena na membrana dos tilacóides. Junto às moléculas de clorofila, existem também proteínas e moléculas transportadoras de elétrons formando uma unidade de recolhimento e aproveitamento de energia luminosa, chamado fotossistema. Existem dois tipos de fotossistemas, que diferem entre si no que diz respeito ao comprimento de onda melhor absorvido: o fotossistema I (FSI), que absorve luz de comprimento de onda de 700nm e o fotossistema II (FSII), que absorve luz de comprimento de onda de 680nm.

Apresentando o elenco do espetáculo da fotossíntese, partimos da célula da folha e, em aumentos sucessivos, encontramos o cloroplasto (no microscópio eletrônico). Dentro dele ficam os tilacóides, que contêm, em suas paredes, o sistema que captura a energia da luz.



Transferência de energia durante a fotossíntese. A energia luminosa absorvida por uma molécula de um pigmento qualquer no complexo-antena passa pela transferência de energia por ressonância de uma molécula de pigmento para outra, até atingir uma das duas moléculas especiais de clorofila a presente no centro de reação. Quando uma molécula de clorofila a no centro de reação absorve a energia, um de seus elétrons é promovido para um nível mais elevado de energia e é transferido para uma molécula receptora de elétrons.

A fotofosforilação pode ser cíclica ou acíclica.

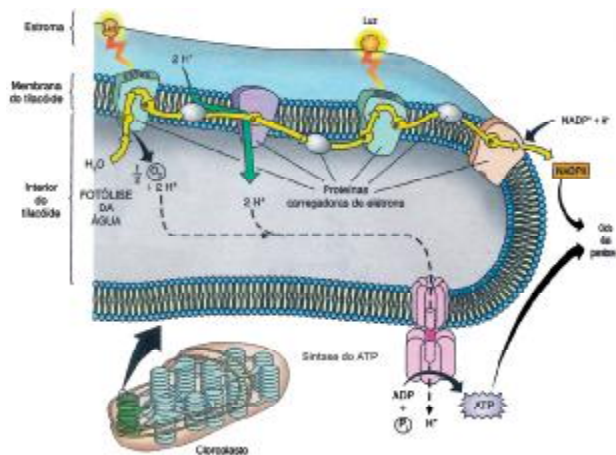
	O que acontece	Quando ocorre	Quem participa	O que produz
Fotofosforilação cíclica (rendimento energético maior)	Os elétrons retirados da clorofila passam por transportadores onde perdem parte da energia, permitindo a produção de ATP. Esses elétrons saem da clorofila e retornam a ela após ceder energia.	Via alternativa de produção de ATP, que entra em ação quando há pouca quantidade de NADP.	Fotossistema I	ATP, que é armazenado sob a forma de moléculas orgânicas, uma vez que não há fotólise da água. Portanto, não há liberação de O ₂ e nem formação de NADP2H.
Fotofosforilação acíclica (rendimento energético menor)	Os elétrons retirados da clorofila do fotossistema II passam por transportadores até atingir a clorofila oxidada do fotossistema I (que já foi excitada pela luz e perdeu elétrons para o NADP).	Processo mais importante de fotofosforilação, que ocorre quando há NADP.	Fotossistema I Fotossistema II	ATP** NADP2H** Há também fotólise da água, que libera íons H ⁺ (que serão captados pelo NADP ⁻), elétrons (que vão reduzir as clorofilas) e O ₂ que vai para a atmosfera.

** Produtos que serão utilizados na etapa química, junto com o CO₂, para a produção de glicose.



ETAPA QUÍMICA

A etapa química ou escura (2ª etapa) da fotossíntese ocorre no estroma dos cloroplastos através do ciclo de Calvin ou ciclo das pentoses.



Embaixo, à esquerda, representação de um cloroplasto mostrando a localização do tilacoide. Acima, visão ampliada da membrana do tilacoide, mostrando o transporte de elétrons nas cadeias transportadoras de elétrons. A energia liberada nesse transporte concentra íons H⁺ no interior do tilacoide. Ao se difundirem para o estroma, esses íons põem em ação a sintase do ATP (parte inferior direita do desenho). Ao mesmo tempo, ocorre a fotólise da água com formação de gás oxigênio.

Esta etapa independe da luz, podendo ocorrer no claro ou no escuro e depende mais da temperatura, consistindo em um ciclo de reações controladas enzimaticamente. Utiliza a energia do ATP e os hidrogênios do NADP2H produzidos na fase clara e não pode ocorrer sem eles.

Em duas voltas completas do ciclo, cada uma usa 3CO₂, produz duas moléculas de aldeído fosfoglicérico (PGAL) que reagem produzindo glicose entre outros compostos orgânicos. Esse processo reduz quimicamente o CO₂ a carboidrato (fixação do carbono).

Separando, esquematicamente, as duas fases da fotossíntese, teríamos:



O ciclo de Calvin é chamado rota C₃ de fixação do carbono, pois a entrada de CO₂ gera o produto PGAL que tem 3 carbonos.

Há outra rota de fixação do carbono chamada C₄, em que a entrada de CO₂ gera produtos como o oxalacetato ou malato com 4 carbonos. A rota C₄ ocorre em plantas como o milho e a cana-de-açúcar e gera maior rendimento fotossintético.

A tabela abaixo mostra as principais diferenças entre as rotas C₃ e C₄ de fixação do carbono.

	Produtos gerados	Rendimento fotossintético	Componentes dos estômatos	Exemplos
Rota C₃	Aldeído fosfoglicérico (3 carbonos)	Mais baixo	Abertos durante o dia e fechados durante a noite. Só é vantajoso para a planta manter a chegada de água e CO ₂ ao parênquima clorofilano através dos estômatos em presença de luz, uma vez que a ausência dela inviabilizaria a fase clara.	Mangueira Pinheiro
Rota C₄	Oxalacetato ou malato (4 carbonos)	Mais alto	Mantêm-se abertos por menos tempo e, portanto, perdem menos água. Além disso, as plantas cujos produtos são malatos mantêm seus estômatos abertos durante a noite e fechados durante o dia (fotossíntese CAM). Essas plantas absorvem CO ₂ e o armazenam incorporado ao malato. Durante o dia, a luz viabiliza a liberação de CO ₂ para as reações de escuro e síntese de carboidratos.	Milho, Cana-de-açúcar Plantas Crassuláceas Abacaxi Cacto (Fotossíntese CAM)

EQUAÇÕES DA FOTOSÍNTESE

A equação “antiga” da fotossíntese: 6CO₂ + 6H₂O + energia luminosa → C₆H₁₂O₆ + 6O₂, pode sugerir a origem do O₂ a partir do CO₂, o que não está correto. Na realidade, a equação foi simplificada. Ela não está incorreta, mas pode ser interpretada com equívocos.

A equação “moderna” da fotossíntese é: 6CO₂ + 12H₂O + energia luminosa → C₆H₁₂O₆ + 6H₂O + 6O₂. O oxigênio representado dessa maneira exibe os 12 átomos (dos 12H₂O) necessários à liberação dos 6O₂, o que justifica o fato de que todo o oxigênio liberado na fotossíntese provém da água.

Isto pode ser demonstrado experimentalmente, deixando-se a planta absorver o CO₂ comum do ar, mas usando água com oxigênio “marcado”, radioativo (O₁₈). O O₂ liberado será com O₁₈ e não com o O₁₆ comum.



FOTOSSÍNTESE BACTERIANA X FOTOSSÍNTESE NOS VEGETAIS

Embora algumas bactérias também sejam capazes de realizar fotossíntese, existem algumas diferenças neste processo que difere daquele realizado pelos vegetais. A tabela abaixo realça essas principais diferenças.

	Equação da fotossíntese $6CO_2 + 12H_2X \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12X + 6H_2O$ equação geral, válida para quaisquer fotossintetizantes	Principal Pigmento Fotossintético	Presença de Cloroplastos
Fotossíntese bacteriana (bactérias sulfurosas)	$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$ (anaeróbias)	Bacterioclorofila	Não
Fotossíntese de vegetais	$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$ (anaeróbias)	Clorofila	Sim

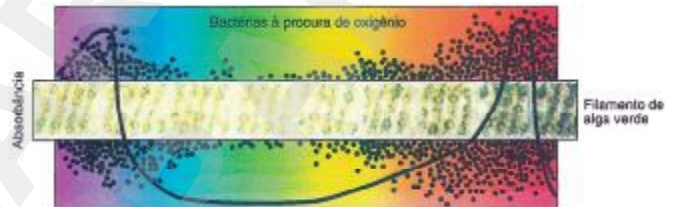
EFICIÊNCIA DA FOTOSSÍNTESE

A eficiência fotossintética de um organismo pode ser comparada pela liberação de O₂ quando ele é submetido à luz de diferentes comprimentos de onda.

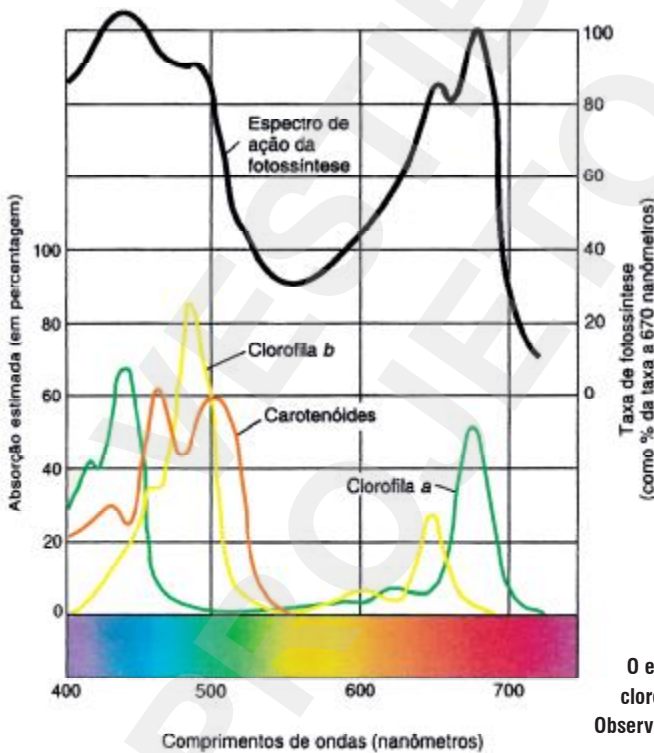
Sobre uma alga verde filamentosa, faz-se incidir um pequeno feixe de luz que antes tenha passado por um prisma que decompôs a luz branca nas cores do espectro luminoso (A luz branca é na verdade uma mistura de luz de diferentes cores).

No meio, existem ainda bactérias aeróbias que se agregam nas regiões de maior eficiência fotossintética (vermelho, azul e violeta) devido à maior liberação de O₂.

A pequena atividade fotossintética na região amarelo-verde, apesar da clorofila refletir e não absorver essas faixas, deve-se à absorção por pigmentos acessórios.



Correlação entre os espectros de ação e de absorção. Os resultados de um experimento realizado em 1882 por T.W. Engelmann utilizou a taxa de produção de oxigênio para medir a taxa de fotossíntese. Diferentemente de seus sucessores, entretanto, ele não possuía aparelhos eletrônicos sensíveis para detectar o oxigênio. Como seu indicador de oxigênio, ele escolheu bactérias móveis que são atraídas pelo oxigênio. Ele substituiu o espelho e o diafragma utilizados frequentemente para iluminar objetos observados sob microscópio por um "aparato microespectral", que, como o nome indica, projeta um minúsculo espectro de cores para a lâmina sob o microscópio. Então, ele organizou um filamento de células de algas paralelas à difusão do espectro. As bactérias que são atraídas pelo oxigênio acumularam-se principalmente nas áreas onde os comprimentos de onda violeta e vermelho atingiam o filamento da alga. Como pode ser visto, o espectro de ação para a fotossíntese apresenta-se paralelo ao espectro de absorção da clorofila (como indicada pela linha preta). Engelmann concluiu que a fotossíntese dependia da luz absorvida pela clorofila. Este é um exemplo de uma série de experimentos que cientistas consideram "muito elegante", não somente por ser brilhante, mas devido à simplicidade na preparação e na conclusão de seus resultados.



O espectro de ação para fotossíntese (curva superior) e o espectro de absorção para a clorofila a, a clorofila b e os carotenóides (curva inferior) no cloroplasto de uma planta. Observe a relação entre o espectro da fotossíntese e o espectro de absorção para clorofila a, clorofila b e carotenóides, todos os quais absorvem luz utilizada na fotossíntese.



FATORES LIMITANTES DA FOTOSÍNTESE

Existem alguns fatores que interferem de maneira significativa no processo fotossintético, a saber:

Fatores Limitantes	Como elas atuam?	Importante
Água	A água cede hidrogênios para a produção de matéria orgânica e liberação de O ₂ para o ambiente.	A umidade constitui-se um fator limitante da fotossíntese especialmente em regiões secas.
Concentração de CO ₂	O CO ₂ fornece carbono para a glicose. Como sua concentração no ar atmosférico é de 0,03%, ele se constitui em um fator limitante.	O aumento da concentração de CO ₂ pode reduzir a pressão parcial de oxigênio, comprometendo a fotossíntese.
Temperatura	Em geral, a temperatura ideal para a fotossíntese ocorre entre 30 e 38 °C. Grandes variações de temperatura causam desaturação enzimática.	A fase escura é mais sensível à temperatura que a fase clara, uma vez que dela participa um número bem maior de enzimas, que estão sujeitas à desnaturação.
Luminosidade	A luminosidade interfere diretamente na fase clara do processo e, conseqüentemente, na quantidade de O ₂ liberado ou de CO ₂ consumido.	Não confundir ponto de compensação luminosa com ponto de saturação luminosa: enquanto o primeiro corresponde ao ponto em que fotossíntese e respiração se equivalem, o segundo é atingido quando a atividade fotossintética e suas enzimas já se encontram em atividade máxima.

FOTOSÍNTESE E RESPIRAÇÃO

O esquema e a tabela abaixo nos mostram as principais diferenças entre esses dois processos?



FOTOSÍNTESE	RESPIRAÇÃO
Anabólica	Catabólica
Endotérmica	Exotérmica
Produz moléculas de glicose	Produz CO ₂ e água
Consome CO ₂ e H ₂ O (H ₂ S) no caso de sulfobactérias.	Consome molécula de glicose
Ambas produzem ATP usando citocromos através do:	
Ciclo de Calvin (consome CO ₂ , hidrogênio e ATP)	Ciclo de Krebs (produz CO ₂ , hidrogênio e ATP)

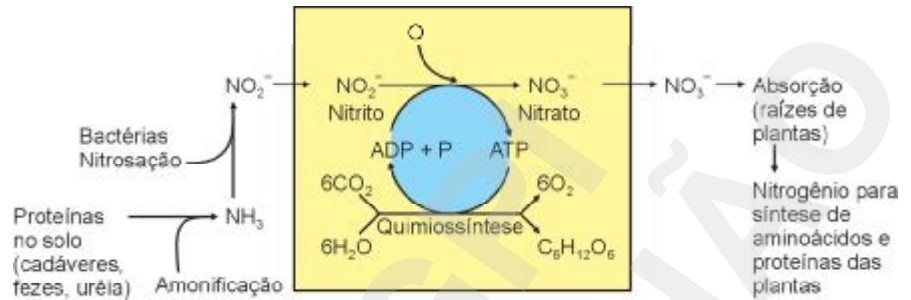
QUIMIOSÍNTESE

A quimiossíntese é a forma de autotrofismo (anabolismo) de algumas bactérias. A tabela aponta as principais diferenças da quimiossíntese para a fotossíntese.

Processos	Energia utilizada	Fonte de energia	Ocorrência
Quimiossíntese	Energia química	Oxidação de moléculas e íons inorgânicos	Nitrobactérias, sulfobactérias, ferro-bactérias e bactérias metanogênicas
Fotossíntese	Energia luminosa	Sol	Vegetais, algumas bactérias, fungos e alguns protistas.

A quimiossíntese pode ser exemplificada pelas bactérias nitrosas (de nitrosação) e nítricas (de nitratação) do ciclo do nitrogênio.

No exemplo, as bactérias de nitratação, ao converterem nitrito em nitrato, conseguem a energia necessária à quimiossíntese. Ao mesmo tempo, o nitrato fica disponível para as plantas produzirem seus compostos nitrogenados.



FLUORESCÊNCIA

Nos cloroplastos, os elétrons da clorofila, excitados pela luz, são capturados por aceptores de elétrons e a energia luminosa é transformada em energia química.

Na clorofila isolada, os elétrons excitados, não tendo aceptores para recebê-los, voltam, depois de algum tempo, aos seus níveis energéticos normais, liberando energia na forma de luz vermelha. Por isso, a clorofila isolada brilha no escuro após ser iluminada, fenômeno conhecido como fluorescência.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFF-RJ) Os cloroplastos são de fundamental importância na economia da célula vegetal e diferem das mitocôndrias:

- (A) porque neles a porção mais dilatada dos corpúsculos elementares não faz saliência para dentro do estroma;
- (B) principalmente por conterem estruturas membranosas em seu interior, presas à membrana interna, e um estroma amorfo, pobre em enzimas;
- (C) por possuírem quantidade menor de DNA;
- (D) por conterem uma gama menos variada de genes;
- (E) essencialmente por conterem estruturas membranosas no seu interior, não presas à membrana interna e contendo clorofila.

02. (UERJ) Em 1977, cientistas a bordo do submarino de pesquisa Alvin foram os primeiros a identificar, no oceano Pacífico, comunidades abissais vivendo em profundidades superiores a 2,5Km, formadas por grande número de seres, alguns, inclusive, de grande porte. Essas comunidades se desenvolvem em torno de fontes termais submersas, constituídas por fendas da crosta terrestre que liberam gases, onde a água do mar penetra e é aquecida.

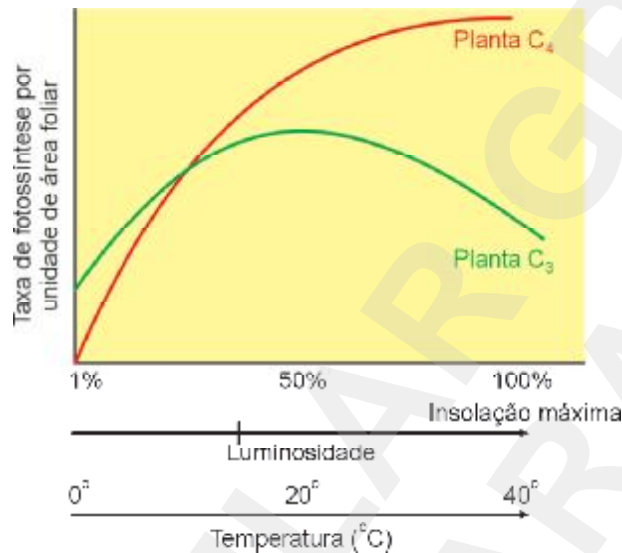
A formação de matéria orgânica que mantém essa comunidade está associada ao processo de:

- (A) fotossíntese realizada pelas algas;
- (B) quimiossíntese de bactérias autotróficas;
- (C) síntese abiótica com uso de energia térmica;
- (D) sedimentação de excretas de seres da superfície.

ANOTAÇÃO

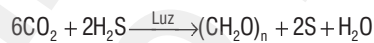
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UERJ) Dois tipos de plantas, denominadas C₃ e C₄, respondem de forma diferente à taxa de fotossíntese, dependendo da intensidade luminosa e da temperatura, conforme demonstra o gráfico ao lado:



- (A) Indique a porcentagem de insolação e a temperatura em que as plantas C₃ apresentam taxa fotossintética máxima.
- (B) Cite uma organela da célula vegetal responsável pela fotossíntese e em que parte desta organela ocorre a fixação do carbono.

02. (UFRJ) Em 1931, desejando estudar a fotossíntese, Cornelius van Niel observou que bactérias fotossintetizadoras usavam H₂S e geravam enxofre como produto. A equação a seguir mostra as reações fotossintéticas dessas bactérias:



Comparando essa equação com a da fotossíntese das plantas, o que podemos deduzir a respeito da origem do oxigênio gerado pelas plantas que realizam fotossíntese?

ANOTAÇÃO

Respiração Celular

METABOLISMO

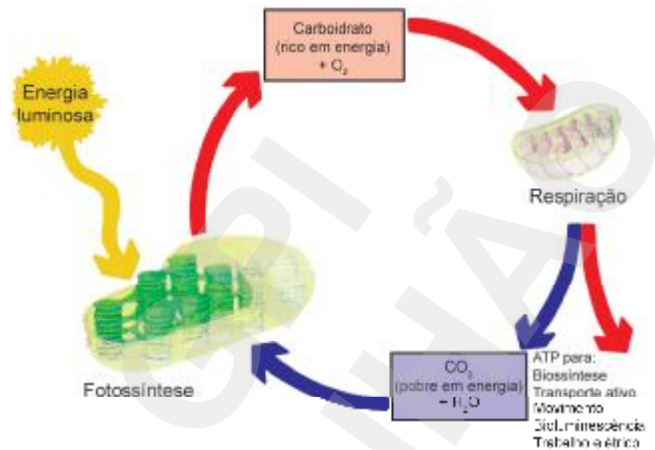
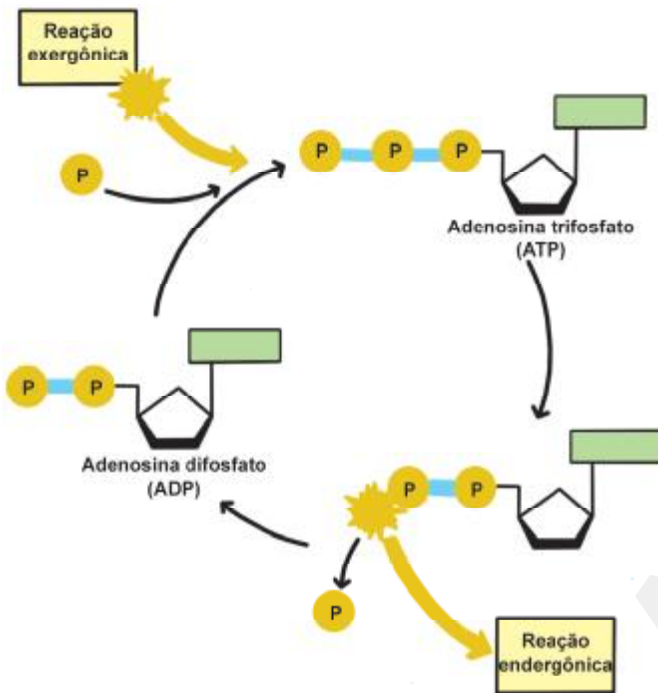
Metabolismo é o conjunto das reações químicas necessárias à sobrevivência. Compreende todas as reações químicas que ocorrem no organismo (tanto exergônicas, liberadoras de energia como endergônicas, consumidoras de energia), responsáveis pela manutenção do estado de organização que obriga as células a continuamente polimerizarem e despolimerizarem moléculas orgânicas.

Moléculas orgânicas simples (monômeros)	Moléculas orgânicas complexas (polímeros biológicos)	Como são formados
Aminoácidos	Proteínas	A partir da união de vários monômeros, que ocorre por condensação ou síntese, com liberação de água. O processo inverso corre por hidrólise e exige a participação de enzimas e a presença de água.
Ácidos graxos	Triglicerídios	
Nucleotídios	Ácidos Nucleicos	
Monossacarídios	Polissacarídios	

A energia necessária à síntese de polímeros biológicos provém da oxidação de pequenas moléculas orgânicas como a glicose.

ATP E ADP

ATP (adenosina trifosfato)	
O que é?	É uma molécula formada por três íons fosfato e uma molécula de adenosina.
Principais características	<ul style="list-style-type: none"> • Solúvel em água. • Armazenador temporário de energia. • Pode ser quebrado por hidrólise.
Que processos consomem ATP?	O consumo de ATP ocorre basicamente a partir de três processos: Transporta ativo, síntese de moléculas orgânicas e movimentos celulares viabilizados pelo deslizamento de proteínas do citoesqueleto.
Como ocorre a conversão de ADP em ATP (regeneração do ATP)?	<p>Ao sofrer hidrólise, o ATP libera um radical fosfato e energia tornando-se ADP. A energia que viabiliza a regeneração do ATP pode ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • da respiração celular aeróbia, um processo com rendimento energético alto e consumo relativamente baixo de glicose, formando 38 ATP para cada molécula de glicose; • da fermentação (anaeróbia), um processo com baixo rendimento energético e alto consumo de glicose, formando 2 ATP para cada molécula de glicose; • da hidrólise da fosfocreatina, um processo com baixo rendimento energético e pequena duração; • da fotossíntese e da quimiossíntese, cujas primeiras etapas são geradoras de ATP. Mas estes processos, rigorosamente, não são regeneradores de ATP, pois o ATP que produzem está comprometido com a produção de glicose na segunda etapa dos processos.



Nos sistemas vivos, as reações endergônicas, tais como reações biossintéticas, são movidas pela energia liberada por reações exergônicas, às quais elas são acopladas.

Um exemplo do fluxo de energia biológica. A energia radiante da luz é produzida pelas reações de fusão nuclear que ocorrem no Sol. Os cloroplastos, presentes em todas as células clorofiladas eucarióticas, capturam energia radiante da luz solar e utilizam-na para converter a água e o dióxido de carbono em carboidratos, tais como: a glicose, a sacarose e o amido. O oxigênio é liberado ao ar como um produto das reações fotossintéticas. As mitocôndrias, presentes nas células eucarióticas, executam as etapas complexas de decomposição desses carboidratos e aprisionam a energia aí acumulada em moléculas de ATP. Esse processo, a respiração celular, consome oxigênio e produz dióxido de carbono e água, completando o ciclo das moléculas. Em cada transformação, parte da energia é dissipada para o ambiente sob a forma de calor. Desse modo, o fluxo de energia através da biosfera é unidirecional. Ele pode continuar apenas enquanto houver um fornecimento de energia do Sol.

AERÓBIOS E ANAERÓBIOS

Observe a tabela abaixo, que mostra uma maneira simples de classificação dos seres vivos de acordo com a necessidade de oxigênio.

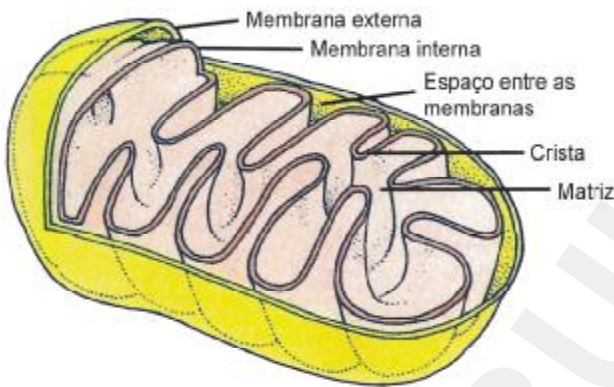
Classificação	Características	Exemplos
Aeróbios	Respiram estritamente oxigênio e são incapazes de sobreviver em sua ausência.	Nossa espécie (<i>Homo sapiens</i>)
Anaeróbios	Não sobrevivem em presença de oxigênio, pois não possuem defesas químicas contra a ação oxidante do oxigênio.	Bactéria causadora do tétano (<i>Clostridium tetani</i>)
Anaeróbios facultativos	Preferentemente aeróbios, mas respiram anaerobicamente na falta de oxigênio.	Levedo de cerveja (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)
Microaerófilos	Organismos que só sobrevivem em baixa concentração de oxigênio.	Espiroqueta da sífilis (<i>Treponema pallidum</i>)



MITOCÔNDRIAS

As mitocôndrias são encontradas em eucariontes aeróbios. Atualmente, resultam da divisão ou duplicação de outras mitocôndrias.

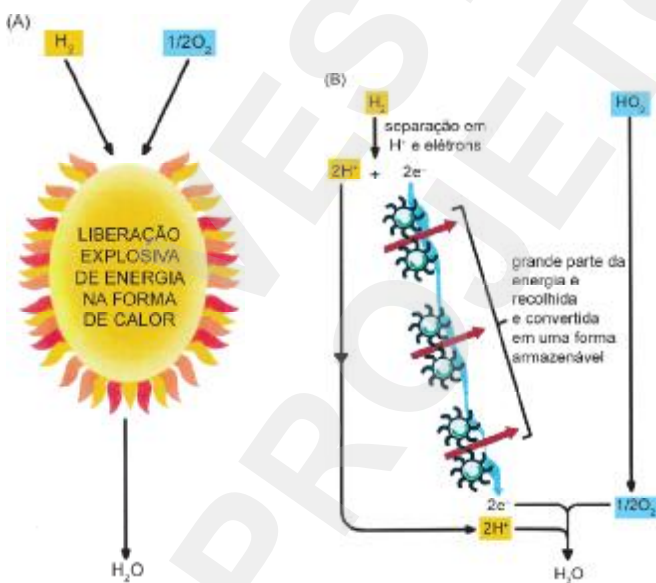
Mitocôndrias (conjunto de mitocôndrias: condrioma)	
Onde são encontrados?	Existem em eucariontes aeróbios.
Qual a sua origem?	Têm origem, evolutivamente, de bactérias aeróbias que viviam em simbiose com células primitivas anaeróbias (teoria endossimbiótica). Essa troca de benefícios (ou simbiose clássica), devido à grande dependência entre os envolvidos, é hoje chamada mutualismo.
Principais características	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta dupla membrana, sendo que a interna forma as cristas mitocondriais. • Possui DNA próprio, circular, não envolto por membrana. • Possui ribossomos 70S como nas bactérias (sob esse aspecto, mitocôndrias e cloroplastos são semelhantes). • São capazes de se autoduplicar e de sintetizar proteínas próprias. Entretanto, mais de 80% das proteínas atualmente utilizadas pelas mitocôndrias são produzidas no citoplasma e importadas pela organela. • Seu metabolismo é regulado pelas necessidades da célula e a falta de autonomia total impede que elas se comportem como parasitas intracelulares ou tenham vida independente.



Estrutura de uma mitocôndria. Uma mitocôndria é envolta por duas membranas, como mostrado neste diagrama tridimensional. A membrana interna dobra-se para dentro, formando cristas. Muitas das enzimas e transportadores eletrônicos envolvidos na respiração estão presentes dentro da membrana interna. A matriz mitocondrial é semelhante ao citosol.

RESPIRAÇÃO CELULAR (AERÓBIA)

Respiração celular aeróbia é a oxidação lenta de substâncias alimentares liberando energia utilizável pelas células. Essa combustão controlada da glicose libera a mesma quantidade de energia da combustão, mas o faz aos poucos. Assim, não há riscos de aumentar rapidamente a temperatura, o que iria destruir a célula.



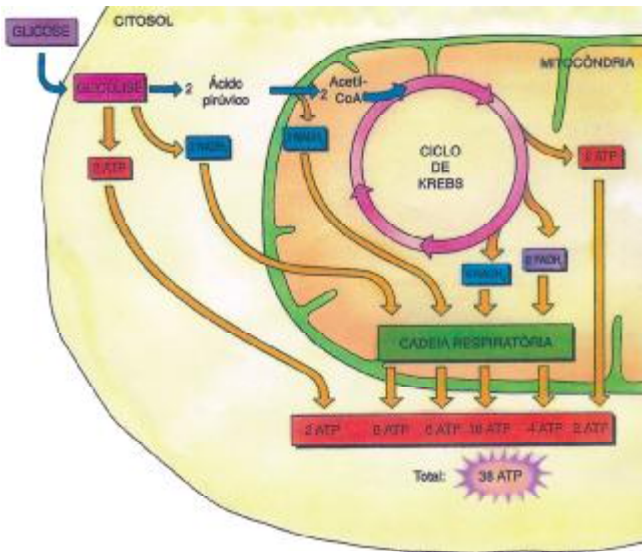
Comparação entre as oxidações biológicas e a combustão. Uma ilustração altamente esquemática é apresentada para mostrar como a maior parte da energia, que seria liberada na forma de calor, caso o hidrogênio fosse queimado (A), é, ao contrário, recolhida e armazenada em uma forma útil de energia para a célula por meio da cadeia transportadora de elétrons da membrana mitocondrial interna (B). O restante da energia de oxidação é liberada como calor pela mitocôndria. Na realidade, os prótons e os elétrons mostrados são removidos dos átomos de hidrogênio que estão covalentemente ligados às moléculas de NAD^{2H} ou FADH₂.



Esta forma de respiração ocorre na maioria dos seres vivos. Sua equação geral é $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energia (38ATP)}$. As etapas da respiração aeróbia são: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória e o receptor final de hidrogênios é o oxigênio. A função do receptor final de hidrogênios é retirar os H^+ liberados durante as reações, evitando a acidificação da célula.

A tabela a seguir nos mostra os aspectos mais importantes de cada fase:

Fases da Respiração	O que é?	Onde ocorre?	O que entra?	O que sai?	Carece de Oxigênio?
Glicólise Saldo energético: 2 ATPs	Corresponde tanto à primeira parte da respiração celular quanto à fermentação. Nesta etapa, a glicose sofre oxidação parcial.	No Citoplasma (Hialoplasma ou Citosol)	Glicose 2 ATPs 2 NADs	4 ATPs 2 moléculas de ácido pirúvico 4 hidrogênios sob a forma de 2 $NADH_2$	Não.
<p>As células têm uma concentração de NAD muito baixa. Assim, logo após serem reduzidas a $NAD2H$, devem transferir os hidrogênios para um receptor de hidrogênios. Em células eucariotas, regra geral, o receptor final dos hidrogênios é o oxigênio, nas mitocôndrias, ao final da respiração celular (aeróbia). Essa combinação dos hidrogênios com o oxigênio formando água é importante, pois o oxigênio tem grande poder de oxidação e, se não for rapidamente reduzido a H_2O, pode oxidar moléculas e estruturas fundamentais como o DNA, proteínas e membranas. Essa foi uma das principais vantagens do englobamento de mitocôndrias por células eucariotas (teoria endossimbiótica). O oxigênio deixou de "atacar" componentes celulares.</p>					
Ciclo de Krebs (ciclo do ácido cítrico) Saldo Energético: 2 ATPs	É a encruzilhada metabólica ou ponto de encontro do metabolismo de glicídios, lipídios e proteínas, já que várias moléculas orgânicas podem ser usadas como fonte de energia pelos seres vivos.	Na Matriz mitocondrial	2 moléculas de ácido pirúvico 8 NAD 2 FAD	6 CO_2 8 $NADH_2$ 2 $FADH_2$ 2 GTP	Sim, mas de forma indireta.
<p>No ciclo do ácido cítrico (ácido tricarbóxico), o ácido pirúvico produzido pela glicólise no citosol atravessa as duas membranas da mitocôndria e atinge a matriz mitocondrial. Inicialmente, o ácido pirúvico é transformado em acetil-coenzima A por meio de reações enzimáticas que incluem uma descarboxilação. Forma-se um radical acetil que se combina temporariamente com a coenzima A e depois ácido acético ao se liberar dela. O hidrogênio é um produto importante do ciclo de Krebs que será levado para a fase seguinte. Moléculas de ácidos graxos, por exemplo, por terem mais hidrogênios do que as moléculas de glicose, são mais energéticas. O excesso de acetil-coA, gerado a partir da glicose, pode originar ácidos graxos. Por este motivo, a ingestão excessiva de carboidratos pode levar ao acúmulo de gordura no organismo.</p>					
Cadeia Respiratória Saldo Energético: 34 ATPs	Consiste no transporte de hidrogênio e elétrons de um nível energético mais alto (NAD e FAD) para um nível energético mais baixo (O_2) produzindo H_2O e liberando muita energia. O transporte de elétrons é feito, principalmente, através de proteínas que contêm o elemento ferro na composição, os citocromos, semelhantes à hemoglobina, que sofrem rápidas e cíclicas oxirreduções.	Nas cristas (membrana interna) mitocondriais. Quanto maiores e mais numerosas elas forem, mais cadeias respiratórias e fosforilações oxidativas podem ocorrer simultaneamente numa mesma mitocôndria.	10 $NADH_2$ 2 $FADH_2$	34 ATPs Água 10 NAD^* 2 FAD^* * Serão reutilizadas no ciclo de Krebs	Sim. O oxigênio é o receptor final de elétrons da cadeia respiratória.
<p>A passagem de elétrons pela cadeia respiratória, trazidos por $NADH_2$ e $FADH_2$, aciona bombas de H^+ (prótons), que transportam ativamente H^+ para o espaço entre as duas membranas mitocondriais. Desse modo, cria-se um gradiente de H^+, que retorna passivamente à matriz, por canais associados a enzimas ATP sintase. Quando o hidrogênio é retirado do $NAD2H$, passando por transportadores como os citocromos b, c, a e a3, há energia suficiente para formar três moléculas de ATP. Já se for do $FADH_2$, forma apenas 2 ATP. Assim, são formadas nesta fase 34 moléculas de ATP. Trinta são liberadas a partir dos NAD (dois da glicólise e oito do ciclo de Krebs) e quatro a partir dos FAD (dois do ciclo de Krebs). Para a cadeia respiratória funcionar deve haver contínua chegada de $NAD2H$, $FADH_2$ e O_2, além de não ocorrer bloqueio na passagem de um transportador a outro, senão os transportadores anteriores ao bloqueio permanecem reduzidos e não aptos a receber novos elétrons. O cianeto de potássio mata porque bloqueia a passagem de elétrons do citocromo a3 (citocromo oxidase) para o O_2.</p>					



Resumo e localização na célula das diversas etapas da respiração celular e da produção de ATP. A glicólise ocorre no citosol, enquanto o ciclo de Krebs, a cadeia respiratória e a fosforilação oxidativa ocorrem no interior das mitocôndrias.

Moléculas produzidas em:

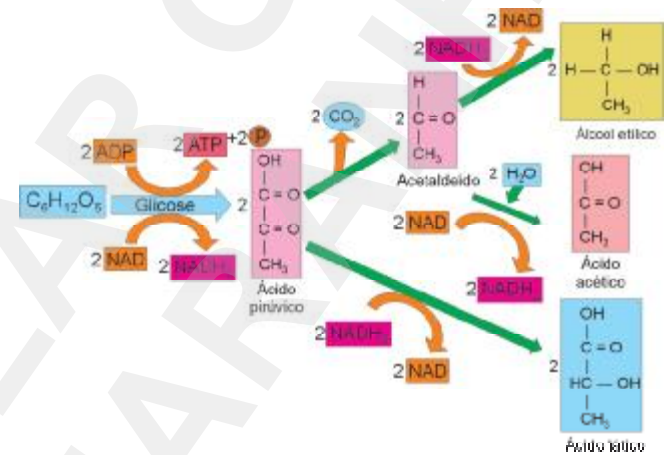
	Citosol	Matriz da mitocôndria	Transporte eletrônico e fosforilação oxidativa
Glicólise	2 ATP 2 NADH		4 ATP (rendimento líquido) 4 ATP
Piruvato a acetil CoA		2 x (1 NADH)	2 x (3 ATP) → 6 ATP
Ciclo de Krebs		2 x (1 ATP) 2 x (3 NADH) 2 x (1 FADH ₂)	2 ATP 18 ATP 4 ATP
Total: 36 ATP			

Um resumo da energia líquida fornecida pela completa oxidação de uma molécula de glicose. Repare que alguns autores se referem a um saldo de 36 moléculas de ATP em vez de 38 moléculas, considerando apenas o rendimento líquido dos 2 NADH da glicólise.

FERMENTAÇÕES

A fermentação ocorre em algumas bactérias, alguns fungos e alguns vermes intestinais. Está relacionada com a fabricação de bebidas alcoólicas, pães e outros alimentos.

Fermentação não usa oxigênio (é anaeróbia) e tem baixo rendimento energético (2 ATP por glicose), já que a “quebra” da glicose é parcial. Não produz H₂O, já que não usa O₂ e às vezes produz CO₂, como na fermentação alcoólica. O ácido pirúvico funciona como receptor (ou receptor) de hidrogênio, já que não há oxigênio para se combinar com o hidrogênio.



Representação esquemática das principais etapas das fermentações alcoólica, acética e láctica.

	Quais organismos a realizam?	Onde podemos observá-la no dia-a-dia?
Fermentação alcoólica	Ocorre principalmente em fungos unicelulares microscópicos ou leveduras como o levedo de cerveja ou <i>Sacharomyces cerevisiae</i> (fermento), em ausência de oxigênio, e também em algumas bactérias.	A fermentação alcoólica ocorre na fabricação de pão, cerveja, aguardente e vinho e na obtenção do álcool comercial (combustível de veículos). Durante o cozimento do pão, o álcool evapora e as bolhas de CO ₂ formadas o fazem “crescer” e ficar macio.
Fermentação láctica	Ocorre em bactérias do tipo bacilo ou <i>Lactobacillus</i> , que utilizam a lactose (glicose + galactose) como fonte de energia. Também pode ser utilizada por algumas células humanas, como veremos a seguir.	A fermentação láctica ocorre na fabricação de iogurte e queijo. O queijo suíço é fabricado pela fermentação de uma bactéria que forma ácido propiônico e gás carbônico. Bolhas desse gás formam os buracos do queijo.
Fermentação acética	É feita pelas acetobactérias e o produto final é o ácido acético.	Provoca o azedamento do vinho e dos sucos de frutas, sendo responsável pela produção de vinagre.

- O sabor característico do queijo camembert deve-se a produtos da fermentação feita pelo *Penicillium camemberti*.
- O sabor azedo do leite fermentado é dado pelo ácido láctico e sua coagulação (coalhada) resulta da acidez que o ácido láctico provoca no meio.
- *Lactobacilos* são encontrados em nosso intestino, onde fabricam diversas vitaminas, como as do complexo B.
- O gosto rançoso da manteiga se deve ao ácido butírico formado pelas bactérias que fermentam gorduras.

Funções Vitais Animais

“Grandes realizações apenas são possíveis quando se dá atenção aos pequenos começos.”

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO

Os sistemas biológicos podem ser analisados em diferentes níveis de organização: átomos, moléculas, células, tecidos, órgãos e sistemas, formando organismos de complexidade muito variável.

DIFERENCIAÇÃO CELULAR

Embora tenhamos mais de duzentos tipos celulares diferentes, todas as células somáticas (corporais) têm a mesma coleção de genes. A diferenciação celular é consequência da atividade de alguns destes genes (que estão ligados) e da inatividade de outros (que estão desligados). Essa diferenciação, que permite às células adquirir morfologia e função características para cada tecido, envolve, basicamente, a síntese de proteínas peculiares.

UNICELULARES E DIFERENCIAÇÃO

Nos organismos unicelulares, a célula única tem que realizar todas as funções vitais ao ser vivo. Não existe a divisão de funções, como: respiração, reprodução e excreção em células, tecidos e sistemas especializados. Todos os compartimentos responsáveis pela realização de todas as funções estão limitados pela membrana plasmática da célula única.

PLURICELULARES E DIFERENCIAÇÃO

Nos pluricelulares, no entanto, há divisão de trabalho entre tecidos, que são um conjunto de células diferenciadas para exercer determinado grupo de funções no organismo.

A reunião de tecidos acarreta a formação de órgãos especializados no exercício de funções determinadas. Um conjunto de órgãos envolvidos na realização de uma determinada função forma um sistema.

Nos animais, há quatro tipos gerais de tecidos: epitelial, conjuntivos, muscular e nervoso, formadores de órgãos como a pele e os ossos. Conjuntos de órgãos formam sistemas como o digestório e o imune.

TECIDOS ANIMAIS

ORIGEM

Os tecidos são formados por células ligadas umas às outras por substância intercelular por elas produzida. As células são de um ou poucos tipos, todas de mesma origem embrionária. Os tecidos animais diferem entre si quanto ao tipo de células e à abundância e natureza física da substância intercelular, que conferem aos tecidos características próprias como permitir nutrição e aderência típicas de cada tecido.

Ao longo da embriogênese, o embrião humano passa a apresentar três camadas de células ou folhetos embrionários, que são, de fora para dentro, ectoderma, mesoderma e endoderma. É a partir desses folhetos que originam-se os tecidos.

Tecidos Animais	Origem Embrionária
Epitelial	Ecto, meso ou endoderma
Conjuntivo	Mesoderma
Muscular	Mesoderma
Nervoso	Ectoderma



Tecido Epitelial

Epitélios recobrem as superfícies internas e externas do corpo. São formados por células justapostas, com pouca substância intercelular. As células epiteliais adjacentes são ligadas por junções que dão à camada uma coesão mecânica e fazem-na impermeável a moléculas pequenas.

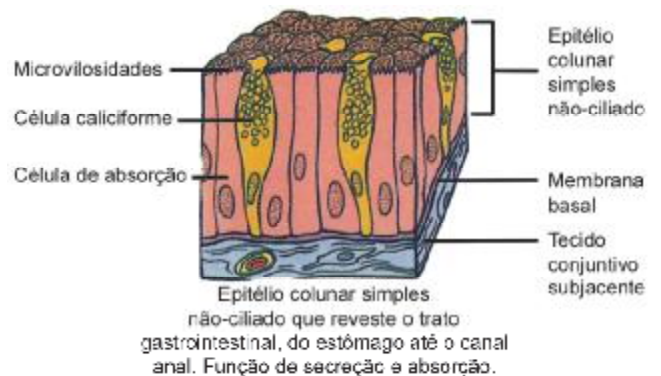
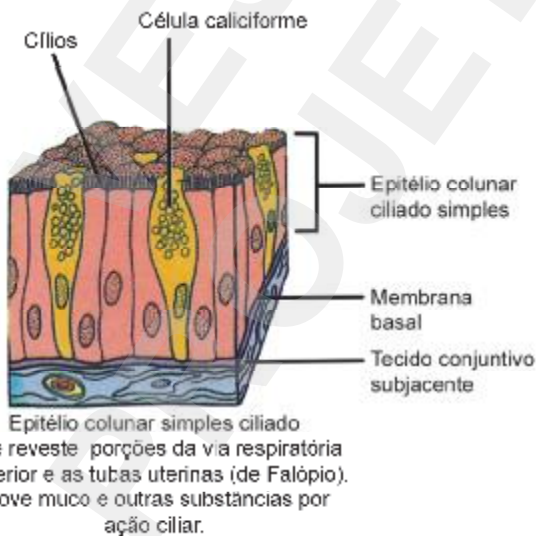
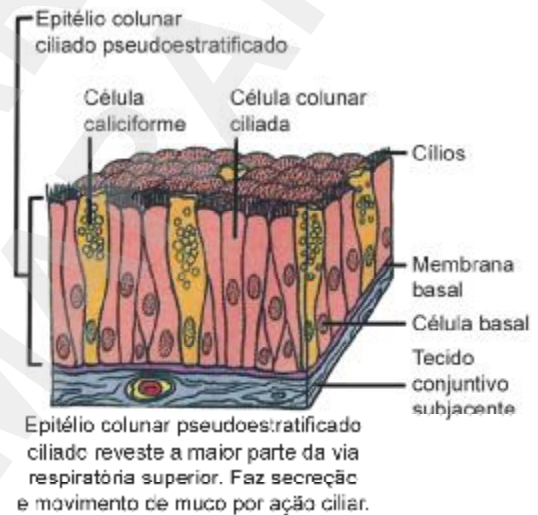
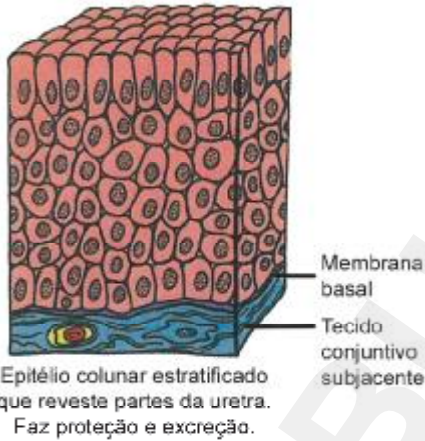
O tecido não apresenta vasos sanguíneos (é avascular) e, em consequência, oxigenação e nutrição são feitas por difusão, a partir do tecido conjuntivo subjacente, dele separado por uma membrana basal proteica, permeável e aderente.

Se as células estão organizadas em uma única camada que facilita trocas, o epitélio é simples; se estiver organizado em várias camadas, o que aumenta a resistência, o epitélio é dito estratificado.

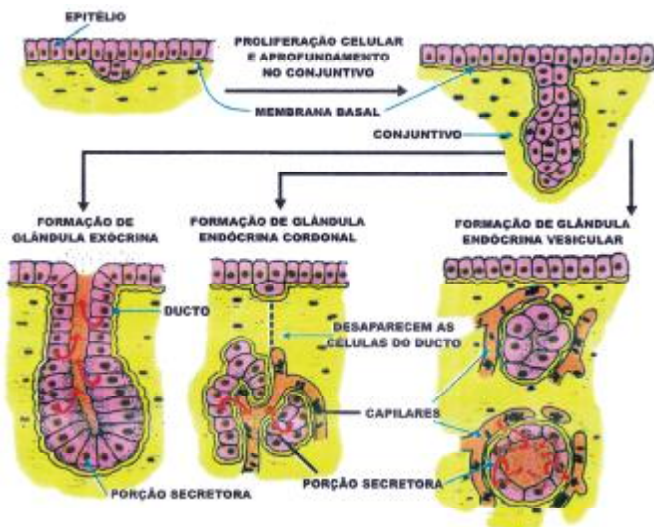
Epitélios de natureza secretora dão origem às glândulas: exócrinas (quando a secreção é lançada sobre uma superfície epitelial, como lágrimas, muco ou suco gástrico); endócrinas (quando a secreção é lançada diretamente no sangue, como é o caso da insulina, hormônio do crescimento e testosterona) e mistas (ou mesócrinas) quando possuem os dois tipos de secreção (como o pâncreas com o suco digestivo pancreático e hormônios como insulina e glucagon).

Importância

Os epitélios são fundamentais para a defesa do organismo, funcionando como uma espécie de barreira físico-química. O pH ácido da pele, por exemplo, é um importante microbicida agindo contra bactérias e outros agentes causadores de doenças. A perda dessa barreira, como em casos graves de queimaduras, deixa o indivíduo mais susceptível à ação de patógenos presentes no meio ambiente.



Há vários tipos de epitélios quanto à forma das células e ao número de camadas.



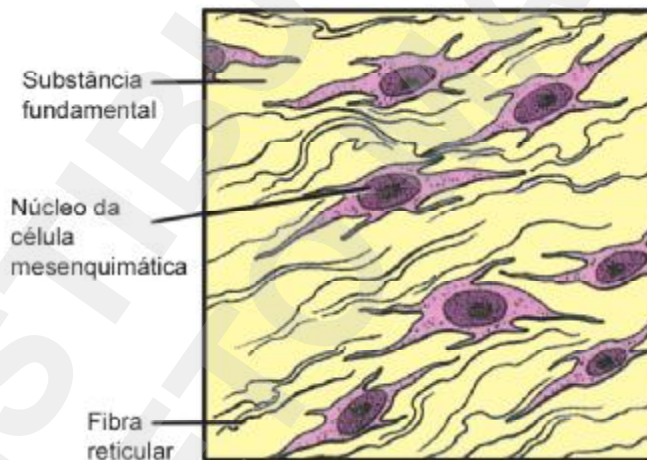
Origem das glândulas a partir das superfícies epiteliais. O epitélio prolifera e se aprofunda no tecido conjuntivo subjacente, mantendo ou não contato com a superfície, conforme venha a ser glândula exócrina ou endócrina.

TECIDOS CONJUNTIVOS

Os tecidos conjuntivos apresentam uma diversidade de células relativamente maior, imersas em substância intercelular abundante.

Tecidos conjuntivos, além de preencherem espaços entre outros tecidos e órgãos, participam da sustentação e defesa do organismo, de armazenamento de reservas e do transporte de materiais.

Conjuntivos podem ter substância intercelular de natureza variada: gelatinosa e fibrosa como no tecido conjuntivo propriamente dito e no tecido cartilaginoso; calcificada, no tecido ósseo e líquida, no sangue e na linfa.



Mesênquima, um tecido conjuntivo embrionário, rico em células mesenquimáticas, localizado sob a pele e ao longo de ossos em desenvolvimento no embrião e, em adultos, ao longo dos vasos sanguíneos. Forma todos os outros tipos de tecidos conjuntivos.

TECIDOS MUSCULARES

Os tecidos musculares são formados por células alongadas e contráteis, as fibras musculares, ricas em filamentos deslizantes de actina e miosina, que em conjunto formam os músculos.

São responsáveis pela movimentação do corpo, pela sustentação ativa (mantendo o esqueleto em equilíbrio), por reserva energética, produção de calor e pela propulsão de líquidos, como nas contrações cardíacas e no peristaltismo.

Tecidos musculares podem estar associados aos ossos (estriado esquelético, de contração voluntária); na parede de órgãos ocos e tubulares (lisos ou não-estriados de contração involuntária) e constituindo o coração (estriado cardíaco de contração involuntária).



TECIDO NERVOSO

O tecido nervoso é formado por neurônios (células excitáveis, que geram e conduzem impulsos nervosos) e células da glia ou gliócitos (protegem, nutrem e sustentam os neurônios).

SISTEMAS E HOMEOSTASE

Os sistemas fisiológicos animais devem atuar em direção à homeostase, em busca de um equilíbrio do meio interno que, regra geral, utiliza o mecanismo de *feedback* negativo, buscando evitar grandes variações biológicas, químicas e físicas.

RETROALIMENTAÇÃO

O mecanismo de *feedback* (retroalimentação) é um dos responsáveis pela homeostasia. Ele consiste, basicamente, num conjunto de reações que tem como objetivo intensificar um determinado processo (*feedback* positivo) ou provocar um efeito antagonônico ao estímulo inicial (*feedback* negativo), diminuindo ou até anulando seus efeitos.

Em sistemas de retroalimentação negativa, a resposta reverte o estímulo original; em sistemas de retroalimentação positiva, a resposta aumenta, intensifica o estímulo inicial.

As ações de retroalimentação negativa tendem a manter as condições que requerem um monitoramento e ajustes frequentes dentro de limites fisiológicos, enquanto os sistemas de retroalimentação positiva estão envolvidos com condições que não ocorrem frequentemente e, portanto, não requerem um ajuste contínuo.

PELE E REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL

Os seres humanos, homeotermos, conseguem manter a temperatura corporal constante, mesmo quando a temperatura ambiental varia grandemente.

Em um dia muito quente, o calor flui continuamente em direção ao nosso corpo, elevando a temperatura corporal. Para que a homeostase seja mantida, uma sequência de eventos é colocada em operação.

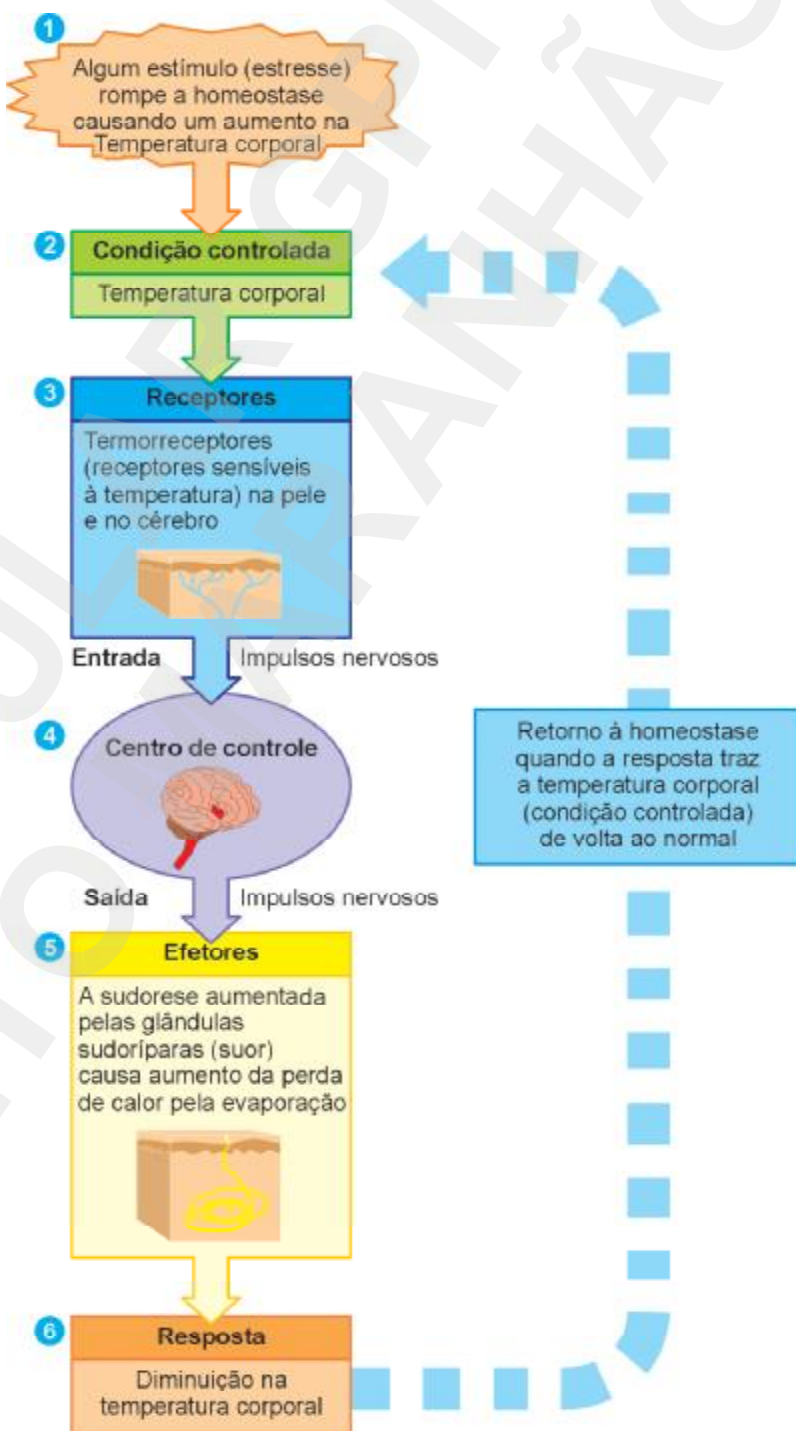
Existem termorreceptores na pele, que são terminações nervosas sensíveis à temperatura. O hipotálamo, região do cérebro responsável pelo controle da temperatura, envia impulsos nervosos às glândulas sudoríparas, que intensificam o processo de transpiração. Conforme a temperatura ambiente for ficando mais baixa, as glândulas sudoríparas produzem menos transpiração. A resposta (resfriamento) é oposta ao estímulo (aquecimento).

CAPACIDADE MITÓTICA

O tecido hematopoiético e a camada basal do epitélio da epiderme são tecidos com intensa atividade mitótica que repõem sistematicamente as células sanguíneas e epiteliais perdidas. Já os neurônios e os músculos estriados, muito diferenciados, perdem a capacidade de se dividir, fazem parte da composição de tecidos que não têm capacidade mitótica.

ATIVIDADE METABÓLICA

Os tecidos muscular e nervoso consomem muita energia tanto para a contração como para o relaxamento muscular e na condução do impulso nervoso. São, portanto, tecidos com elevadas taxas metabólicas.



O papel da pele na regulação da homeostase da temperatura corporal é um ciclo de *feedback* (retroalimentação) negativa. Observe que o resultado dos efetores (que atuam reduzindo a temperatura corporal) é oposto ao estímulo inicial (elevação da temperatura corporal).

Já o tecido cartilaginoso e células epiteliais da epiderme muito afastadas da membrana basal têm dificuldade de difusão de oxigênio e nutrientes pela ausência de vasos sanguíneos. São tecidos com baixas taxas metabólicas.

SISTEMAS DE SUPORTE	
Digestório	O tubo digestório mais as glândulas acessórias, como o fígado e o pâncreas, transformam macromoléculas em moléculas menores, proporcionando uma oferta contínua de nutrientes às células.
Respiratório	Promove a reciclagem do ar nos líquidos corporais, realizando as trocas gasosas necessárias à manutenção da concentração ideal de O ₂ e baixa concentração de CO ₂ .
Excretor	Elimina restos metabólicos do organismo, seja através da respiração (dos pulmões), do suor (da pele) ou da urina (dos rins).
SISTEMAS DE DEFESA	
Imune	Envolve estruturas genéticas, como pele e mucosas, e células específicas no combate a agentes invasores, especialmente os patogênicos.
De revestimento	Protege contra agressões físicas, químicas e biológicas vindas do ambiente. Em aves e mamíferos, também participa da regulação térmica. Em animais terrestres de um modo geral, atua reduzindo os riscos de desidratação (funciona como barreira contra a perda excessiva de água).
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO	
Circulatório	Distribui nutrientes, transporta excretas, hormônios e até calor por todo o organismo.
Nervoso e Hormonal (endócrino)	Integram os diversos sistemas, de forma a garantir que todo o organismo aja e reaja de maneira sincrônica e precisa, contribuindo para a manutenção da homeostase.
SISTEMA DE REPRODUÇÃO	
Reprodutor	Responsável pela perpetuação da espécie, elevando o conceito de homeostase ao nível populacional.
SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO	
Sustentação e Locomoção	Permitem a movimentação espacial, em busca de refúgio e alimentos, além de atos mais simples, como levantar e deitar, por exemplo.

Os sistemas animais e suas funções.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNIRIO-RJ) A atividade metabólica de cada tecido depende diretamente das trocas feitas com os capilares sanguíneos. Considerando os diferentes tecidos, assinale aquele que apresenta a menor taxa metabólica:

- (A) derme;
- (B) cartilagem;
- (C) tecido ósseo;
- (D) tecido nervoso;
- (E) tecido muscular.

ANOTAÇÃO

Reprodução

"Aquele que vê as coisas crescerem desde o início terá a melhor visão delas."

(Aristóteles)

PERPETUAÇÃO DA ESPÉCIE

Reprodução é o processo pelo qual os seres vivos originam novos seres vivos, permitindo, desse modo, a perpetuação das espécies. Existem dois tipos básicos: assexuada e sexuada.

TIPOS

Agâmica

A reprodução assexuada, também chamada agâmica, ocorre sem participação de gametas. Não há meiose, apenas mitoses. Na reprodução assexuada, os descendentes são geneticamente iguais entre si e ao progenitor que lhes deu origem e, desse modo, a variabilidade genética, entre os seres que se reproduzem assexuadamente, é muito pequena, sendo consequência apenas de mutações (modificações espontâneas ou induzidas do material genético), o que prejudica a evolução.

Gâmica

A reprodução sexuada, também chamada de gâmica, ocorre com participação de gametas, células especializadas para a reprodução, tipicamente haploides, e que nos animais são resultado direto de meiose. Na reprodução sexuada, os descendentes são geneticamente diferentes entre si e dos ascendentes que lhes deram origem. A variabilidade genética entre os seres que se reproduzem sexuadamente é muito grande, sendo isso devido à ação das mutações, acrescido dos fenômenos do *crossing-over* e da segregação independente que ocorrem durante as meioses que vão originar os gametas. O aumento da variabilidade genética é tão grande que, dificilmente, dois gametas, entre os milhões que podem ser produzidos por um indivíduo, serão geneticamente iguais.

Reprodução	Sexuada	Com gametas.
		Grande variabilidade genética.
Assexuada	Sem gametas.	Pequena variabilidade genética.

Bactérias, incluindo Cianobactérias

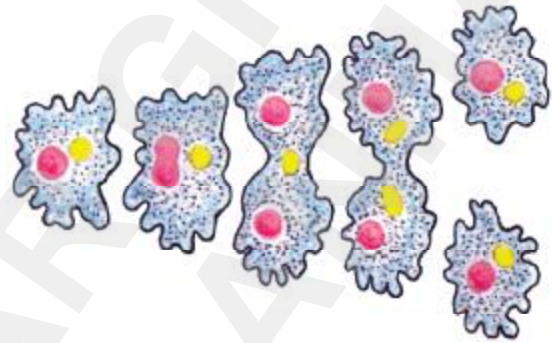
Bactérias, procariontes, regra geral, se reproduzem de forma assexuada, por divisão de sua célula única. Formam-se duas células iguais, por divisão muito simples, que não caracteriza uma mitose típica.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Divisão Simples

Todas as formas de reprodução por divisão do corpo podem ser agrupadas sob o termo geral de cissiparidade.

Chamamos de bipartição ou divisão simples o tipo de reprodução assexuada em que um ser vivo se divide em dois do mesmo tamanho. As cissiparidades, binária e múltipla, são o processo mais comum de reprodução entre os seres vivos unicelulares.



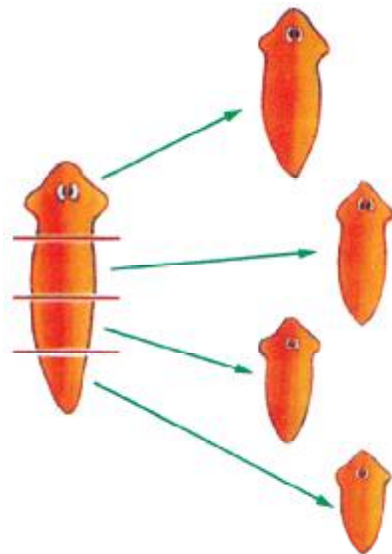
Cissiparidade em ameba (protozoário, protista).

Divisão Múltipla

Também chamada de esporulação, é uma reprodução assexuada em que um indivíduo origina vários do mesmo tamanho. Ocorre, por exemplo, com os Plasmódios, como é o caso do *Plasmodium malariae*, protozoário causador da doença malária. O parasita invade um glóbulo vermelho, cresce e muda de forma. Em seguida, o núcleo se divide por mitose seguidas vezes, formando vários esporozoítos que destroem o glóbulo vermelho.

Laceração

Laceração é a fragmentação do corpo seguida de regeneração, como ocorre nas planárias, platelmintos.

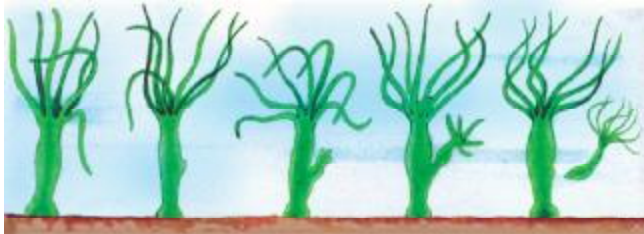


Os vários fragmentos do corpo de uma planária podem regenerar as partes que faltam, formando novos indivíduos completos.



Gemiparidade

É o tipo de reprodução assexuada, também chamado gemação ou brotamento, ou em que há formação de um ou mais brotos ou gêmulas, verdadeiros esboços de indivíduos. Mais tarde, esses brotos podem crescer e se destacar do organismo progenitor, passando a viver livremente. Em outros casos, os brotos não se soltam e formam colônias, como em corais.



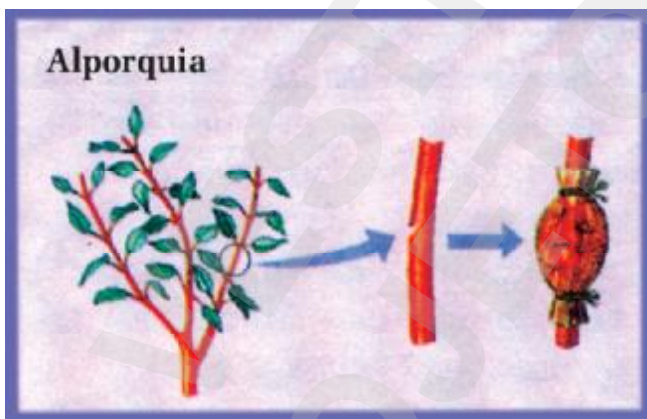
Na hidra (cnidário), o broto se solta do indivíduo original.

As gemas ou “olhos” das batatas são grupos de células presos ao caule tuberoso, que, em condições favoráveis de umidade e calor, entram em desenvolvimento. Por sinal, isto é um problema para o transporte de tubérculos (batata), que, ao longo do percurso, podem desenvolver brotos.

Propagação Vegetativa

Nas plantas fanerógamas, como as frutíferas e os pinheiros, a reprodução assexuada pode ocorrer por propagação vegetativa, através de raízes, caules e folhas. Pode ser considerada um tipo de brotamento em plantas superiores. Botões vegetativos ou gemas formadas por tecidos indiferenciados podem dar origem a todas as estruturas das plantas.

Esta forma de reprodução também pode ocorrer artificialmente, induzida pelo homem, como no caso da alporquia.



Na alporquia, faz-se pequeno corte em um ramo, colocando-se, nesse local, terra úmida envolta por saco ou por lata, preso ao ramo. Deixa-se até enraizar. Isso ocorrendo, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o a seguir.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA: VANTAJOSA?

Se é desejável, para o homem, reproduzir um organismo capaz de reprodução assexuada, com características positivas, seja na produtividade, na resistência ou na beleza, o homem escolhe o tipo ideal de indivíduo, que, assexuadamente, originará vários outros organismos geneticamente iguais a ele.

REPRODUÇÃO SEXUADA

A fecundação externa ocorre fora da fêmea, em ambiente aquático. É feita pela maioria dos animais aquáticos. É o caso dos peixes cujas fêmeas produzem e eliminam muitos óvulos de cada vez para compensar as perdas. O macho dos anfíbios, regra geral, também não penetra na fêmea e o encontro do espermatozoide com o óvulo ocorre no dorso dela.

Nos répteis, nas aves e nos mamíferos, tipicamente terrestres, a fecundação é interna, dentro da fêmea. Uma exceção é o cavalo-marinho, pois quem “engravidar” é o macho.

Impedir a autofecundação diminui a probabilidade de ocorrerem indivíduos com genes recessivos, que podem ser defeituosos, prejudiciais, em dose dupla ou homocigoto.

É comum flores hermafroditas, com sistema reprodutor masculino (androceu) e feminino (gineceu), produtores de esporos e de gametas masculinos e femininos. Para evitar a autofecundação, é frequente, nas plantas, os sistemas reprodutores desenvolverem-se em momentos diferentes, um após o outro. Chamamos de protandria, quando o androceu se desenvolve primeiro e protoginia quando primeiro é o gineceu.

Fecundação

Consiste na fusão do gameta masculino com o gameta feminino, resultando uma célula-ovo ou zigoto que iniciará a formação de um novo organismo. Pode ser interna ou externa e cruzada ou por autofecundação.

Neotenia

É o amadurecimento sexual de larvas como o axolote, larva de salamandra (anfíbio), possibilitando a origem de novas larvas por fecundação. Também ocorre em ninfas, formas juvenis de cupins, quando o rei e a rainha do cupinzeiro morrem.

Partenogênese

É a origem de uma célula-ovo por um gameta feminino sem ter sido fecundado por um gameta masculino. Alguns autores consideram a partenogênese uma forma de reprodução assexuada.

Embora a partenogênese ocorra principalmente em plantas e animais inferiores, há exemplos em vertebrados inferiores (peixes, anfíbios e répteis).



Quando a partenogênese originar somente macho, chamamos de arrenótoca (como na abelha); telítoca, quando originar fêmeas (pulgões); deutérotoca ou anfoterótoca, quando originar machos e fêmeas (alguns insetos). Nos vegetais, a partenogênese é denominada de partenocarpia. Como exemplo de frutos partenocárpicos, podemos citar a banana e o abacaxi (geralmente não apresentam semente).

Nas abelhas, há reprodução por fecundação e partenogênese. A abelha rainha pode eliminar óvulos que por partenogênese originam zangões (n) ou seus óvulos podem ser fecundados pelos espermatozoides por ela recebidos do zangão no vôo nupcial e armazenados por anos e, neste caso, os zigotos (2n) originarão larvas 2n. Essas larvas alimentadas com pouca geleia real darão operárias estéreis (2n) e alimentadas com muita geleia real originarão rainhas férteis (também 2n).

Pedogênese

É a partenogênese que ocorre na fase larvar. Pode ocorrer entre os platelmintos. As larvas já se encontram com ovários (ou semelhantes) desenvolvidos e produzem novas larvas.

Hermafroditismo

Ocorre quando o indivíduo apresenta as duas gônadas (masculina e feminina), neste caso, chamado hermafrodita ou monoico. É observado em platelmintos (solitária), anelídeos (minhoca) e outros animais, mas é muito mais comum em plantas. Regra geral, em natureza, hermafroditas não se autofecundam, como é o caso das minhocas que se unem aos pares e uma fecunda a outra (fecundação externa), permitindo maior variabilidade genética na descendência. Na solitária, há autofecundação.

Poliembrionia

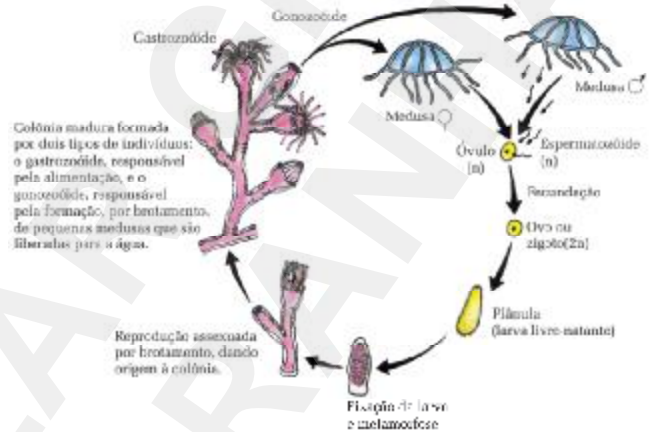
É a reprodução assexuada do embrião após uma reprodução sexuada. É comum em tatus, coelhos e cachorros. Menos comum na espécie humana, ocorre na formação de gêmeos monozigóticos ou verdadeiros.

Metagênese

Certos seres apresentam uma fase de vida em que se reproduzem assexuadamente e outra fase em que se reproduzem sexuadamente. Ocorre, por exemplo, em Briófitas, Pteridófitas e alguns Celenterados.

Nas Briófitas e Pteridófitas, os esporos são produzidos por meiose, e os gametas por mitose. Os dois vegetais apresentam uma fase de suas vidas, diploide (2n) e outra haploide (n); são, portanto, haplodiplobiontes.

Os Celenterados (Hidrozoários e Cifozoários) sofrem metagênese, mas são diplobiontes, ou seja, são sempre diploides (2n) e somente os gametas são haploides (n).



Metagênese em cnidários: alternância de gerações de reprodução assexuada e sexuada.

GLÂNDULA PINEAL E FERTILIDADE SAZONAL – RELAÇÃO?

Diversas funções já foram atribuídas à glândula pineal, como ser a sede da alma, promover o sono, melhorar o humor e, além dessas, desempenhar papéis importantes no controle das atividades sexuais e da reprodução em algumas espécies animais.

A fertilidade sazonal é um evento importante, pois permite o nascimento da prole em uma época determinada do ano, quando a sobrevivência for mais viável, geralmente no verão.

Acredita-se que secreções da glândula pineal passem, através do sangue, à hipófise anterior, diminuindo a secreção de hormônios gonadotróficos. Consequentemente, em presença da secreção da glândula pineal, a secreção de hormônios gonadotróficos é suprimida em algumas espécies de animais, o que ocorre notadamente nos primeiros meses do inverno, quando aumenta a escuridão.

A glândula pineal é controlada pela quantidade de luz ou pelo padrão temporal da luz vista pelos olhos a cada dia. Em hamsters, por exemplo, a escuridão durante mais de 13 horas a cada dia ativa a glândula pineal.

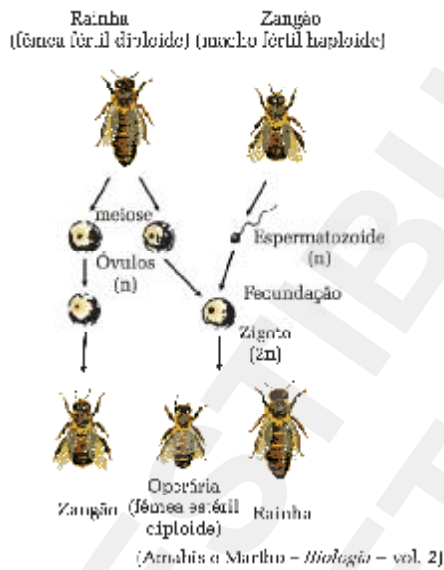
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UERJ) Existem organismos capazes de apresentar duas formas de reprodução: quando em situações favoráveis, reproduzem-se assexuadamente, mas, sob condições ambientais estressantes, a reprodução torna-se sexuada.

Nessa situação, a reprodução sexuada pode ser considerada vantajosa por:

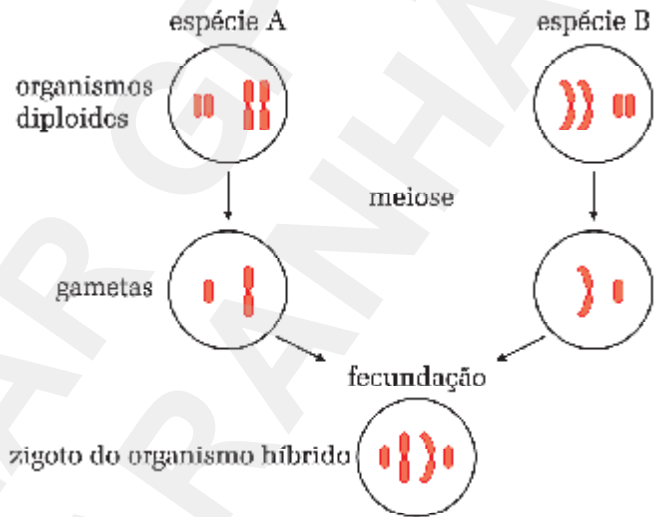
- (A) demandar menor quantidade de energia.
- (B) desenvolver seres com fenótipos idênticos.
- (C) produzir um grande número de descendentes.
- (D) gerar indivíduos com novas combinações de genes.

02. (UFF-RJ) Pela observação do esquema ao lado, podemos concluir que o zangão foi originado por:



- (A) gametogênese.
- (B) partenogênese.
- (C) gemulação.
- (D) conjugação.
- (E) brotamento.

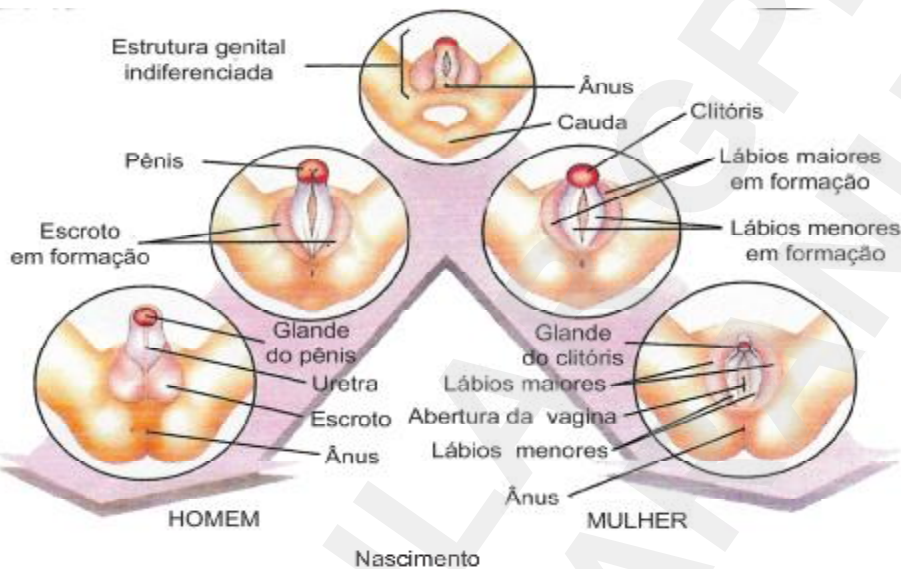
03. (UFRJ) O esquema abaixo mostra, simplificado, a formação de um zigoto híbrido, resultante do cruzamento entre duas espécies:



Suponha que os zigotos possam crescer normalmente, dando origem a indivíduos adultos.

- (A) É possível a reprodução dos zigotos pela via da reprodução sexuada? Justifique sua resposta.
- (B) É possível pela via da reprodução assexuada? Justifique sua resposta.

Genital



Até a oitava semana de vida intrauterina, os órgãos sexuais internos e externos de uma pessoa ainda não se diferenciaram em feminino ou masculino; há uma estrutura genital externa indiferenciada, mostrada na parte superior do desenho. Hormônios sexuais produzidos pelo embrião induzem a diferenciação da genitália em masculina (esquerda) ou feminina (direita). Note a correspondência de origem entre os lábios vaginais e o escroto, bem como entre o clitóris e o pênis.

Sistema Genital Masculino

O aparelho reprodutor masculino apresenta-se formado por: testículos localizados na bolsa escrotal, epidídimo, canal deferente, vesículas seminais, próstata e uretra.

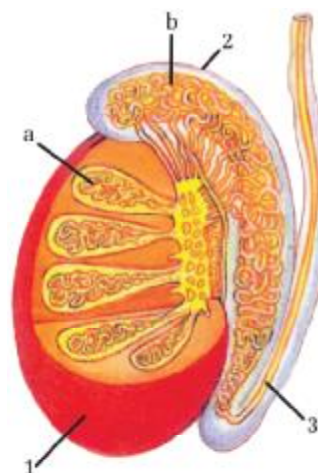
Os espermatozoides (gametas masculinos) são formados nos testículos, no interior dos túbulos seminíferos; passam, até a ejaculação, pelo canal deferente, onde recebem um líquido produzido pelas vesículas seminais e próstata, o sêmen, cuja função é condução, nutrição e proteção dos espermatozoides que são eliminados pela uretra.

GAMETOGÊNESE

Chamamos de gametogênese ao processo de formação dos gametas. Nos animais, ocorre em órgãos especializados para a produção de gametas, chamados gônadas. As gônadas femininas produzem gametas femininos e são denominadas ovários. A gametogênese, que visa à produção de gametas masculinos, ocorre nos testículos e é chamada de espermatogênese. A gametogênese, que ocorre nos ovários, é chamada de ovogênese ou ovogênese. Estudaremos, aqui, a gametogênese na espécie humana.

GAMETOGÊNESE MASCULINA

Para aprendermos como ocorre a fabricação dos espermatozoides pelos testículos, necessitamos conhecer um pouco da anatomia e da fisiologia do aparelho reprodutor masculino.



Corte de testículo (1) e de epidídimo (2), mostrando os túbulos seminíferos (a) e os canais enovelados epididimais (b), que acumulam e depois conduzem os espermatozoides para o canal deferente (3).



ESPERMATOGÊNESE HUMANA

O processo de formação dos espermatozoides chama-se espermatogênese. É realizado no interior dos túbulos seminíferos, a partir de células germinativas primitivas, as espermatogônias, que aderem às paredes dos túbulos seminíferos e ali amadurecem e se transformam sucessivamente em espermatócitos, espermatídes e espermatozoides. Estes distinguem-se das células anteriores pela presença de uma cauda vibrátil, da qual se servem, ao término da maturação, para se deslocar no meio líquido.

A espermatogênese compreende três fases, que são as seguintes:

1ª Fase: Multiplicação ou germinativa

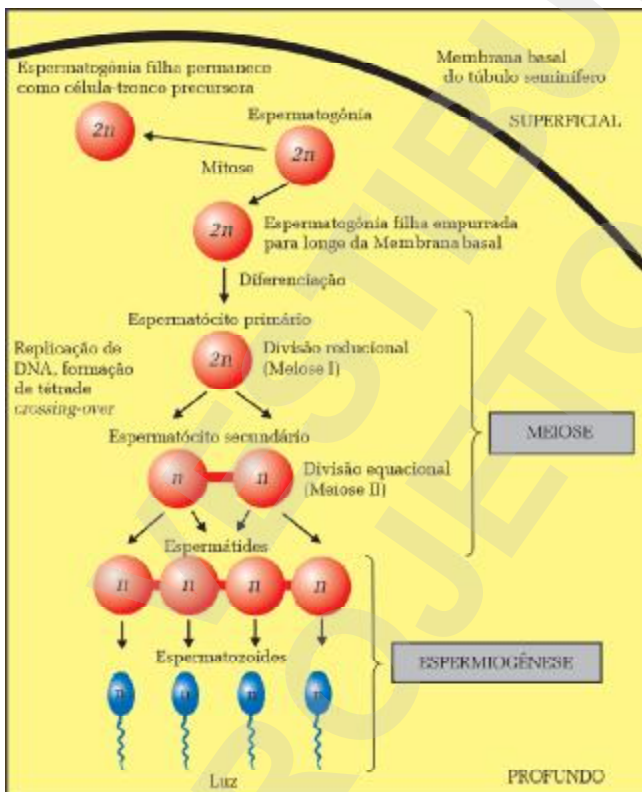
Período no qual as espermatogônias (2n) dividem-se por mitoses, originando dois tipos de espermatogônias: **A** e **B**. As espermatogônias **A** tornam a se dividir, por mitose.

2ª Fase: Crescimento

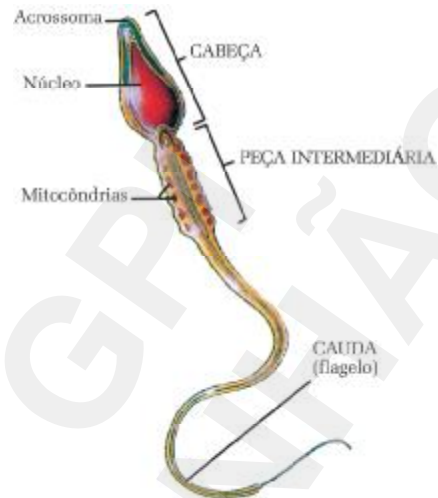
As espermatogônias **B** aumentam ligeiramente de volume, transformando-se nos espermatócitos **I** (2n).

3ª Fase: Maturação

Cada espermatócito **I** (2n) sofre a primeira divisão da meiose, que é reducional para os cromossomos, originando dois espermatócitos **II** (n). Em seguida, cada espermatócito **II** sofre a segunda divisão da meiose, que é equacional para os cromossomos, originando quatro espermatídes (n). Agora, cada espermatíde (n), sem sofrer divisão, transforma-se em espermatozoide (n) (espermiogênese). Tal fenômeno completo é chamado espermatogênese.



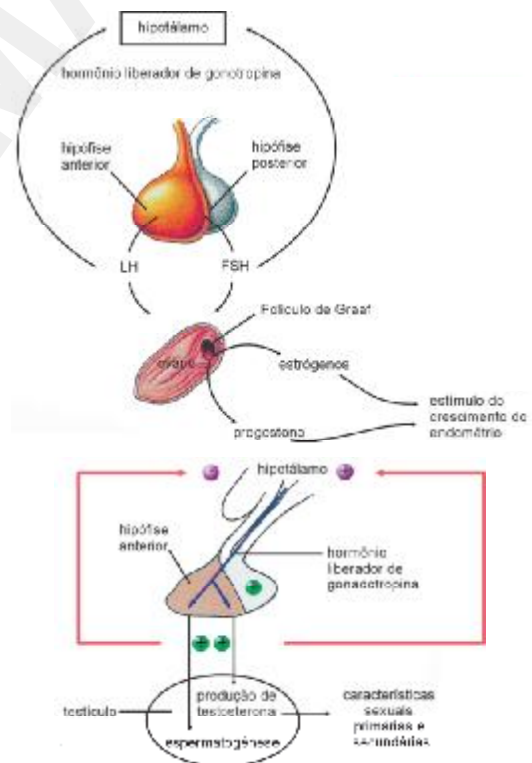
Espermatogênese. O período de crescimento se inicia em torno dos seis anos de vida e o de maturação, aproximadamente, aos doze anos. As únicas células somáticas do tubo seminífero são as células de Sertoli ou epitelíocitos sustentadores, que nutrem e sustentam as demais células que pertencem à linhagem seminal.



Partes de um espermatozoide. O acrossoma contém enzimas como a hialuronidase. A espermiogênese envolve a maturação de espermatídes até se transformarem em espermatozoides. A cada dia, cerca de 300 milhões de espermatozoides amadurecem.

CONTROLE HORMONAL

Na espécie humana, como nos outros vertebrados, o controle dos mecanismos reprodutores é basicamente hormonal. São os hormônios sexuais que promovem a diferenciação dos órgãos reprodutores, induzem a formação dos gametas e o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários e garantem o impulso sexual.



A hipófise, estimulada pelos hormônios liberadores do hipotálamo, produz gonadotropinas (FSH e LH), que agem nos testículos ou ovários, conforme o sexo, estimulando a produção de hormônios masculinos e femininos, respectivamente.



A puberdade masculina tem início por volta dos 12 a 14 anos. O amadurecimento sexual depende da produção pelo lobo anterior da hipófise (adenoi hipófise) de quantidades crescentes de dois hormônios gonadotróficos (gônado-estimulantes): o hormônio folículo-estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH) ou hormônio estimulante das células intersticiais (ICSH).

O FSH estimula os tubos seminíferos para a produção de espermatozoides, ao passo que o LH estimula a produção de testosterona pelas células de Leydig. A ação destes hormônios, no entanto, não é isolada. A fisiologia sexual masculina depende de uma sinergia funcional. A espermatogênese, que depende do FSH, torna-se muito mais ativa sob a ação conjunta da testosterona. O LH também atua sobre os tubos seminíferos, células de Sertoli e na liberação dos espermatozoides, quando mergulhados nestas células nutritivas.

A testosterona altera o corpo do adolescente ao atuar sobre os caracteres sexuais secundários. Há desenvolvimento da musculatura, os pelos assumem distribuição masculina (no púbis, no rosto, no corpo), a voz se torna mais grave e os órgãos genitais completam seu desenvolvimento.

A testosterona atua ainda sobre o sistema nervoso, determinando o impulso sexual.

SÊMEN E FECUNDAÇÃO

O sêmen é, basicamente, uma mistura de espermatozoides e secreções diversas, provenientes das vesículas seminais, da próstata e das glândulas bulbo-uretrais. As vesículas seminais secretam uma substância alcalina e viscosa, que ajuda a neutralizar a acidez do trato genital feminino, fatal para os espermatozoides. Essa substância contém, entre outros, frutose e prostaglandinas. A frutose é utilizada para a produção de ATP no espermatozoide. As prostaglandinas contribuem para a mobilidade do espermatozoide.

O volume médio de sêmen a cada ejaculação é de 2,5 a 5,0 mL, e a quantidade de espermatozoides ejaculados é de 50 a 150 milhões/mL.

É importante destacar que, embora um único espermatozoide fertilize o ovócito II, este processo necessita da ação combinada de um grande número de espermatozoides, para digerir o material que recobre o ovócito II. Essa "barreira" é dissolvida por enzimas presentes no acrossoma do espermatozoide.

GAMETOGENESE FEMININA

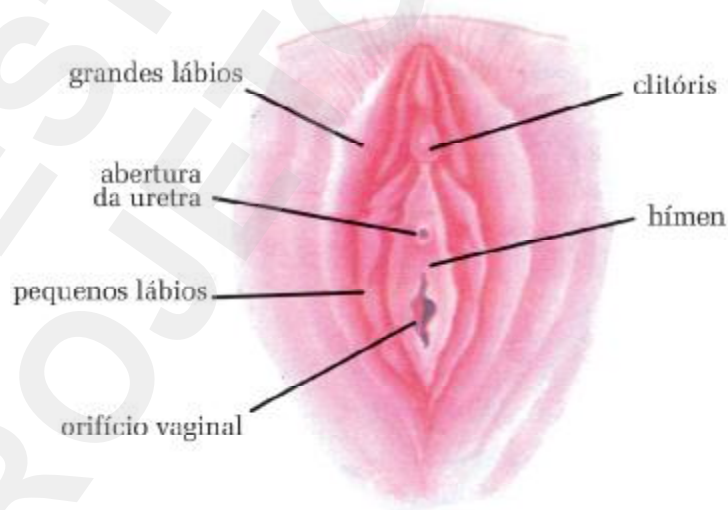
Para uma melhor compreensão do processo de formação do gameta feminino (ovulogênese), analisaremos primeiro a anatomia e a fisiologia do aparelho reprodutor feminino:

SISTEMA GENITAL FEMININO

O aparelho reprodutor feminino, na espécie humana, é constituído por órgãos destinados a elaborar o gameta feminino, permitir a fecundação e garantir o desenvolvimento do embrião.

O aparelho reprodutor feminino consiste de dois ovários, dois ovidutos, também chamados de tubas uterinas ou trompas de Falópio, um útero, uma vagina, a genitália externa e duas glândulas mamárias.

Sistema genital feminino e estruturas próximas.



Órgãos genitais externos (vulva).



OVÁRIOS

Nos ovários, podemos distinguir duas regiões: região cortical, onde se situam os folículos, e região medular ou vascular, rica em vasos sanguíneos, que é envolvida pela região cortical, exceto na zona de passagem dos vasos e nervos do ovário.

Os ovários são responsáveis pela produção dos gametas femininos e pela produção de hormônios sexuais: estrógenos e progesterona. O estrógeno é produzido pelas células da parede do folículo (folículo de onde vai sair o gameta feminino), enquanto que a progesterona é produzida pelo corpo lúteo ou corpo amarelo, glândula que se forma a partir do folículo rompido na ovulação.

Sob a ação de um hormônio chamado Hormônio Luteinizante (LH), produzido pelo lobo anterior da hipófise, o folículo rompido na ovulação (liberação do gameta feminino) se transforma no corpo lúteo.

OVULOGÊNESE HUMANA

A ovulogênese ou ovogênese não apresenta período de diferenciação. Ela ocorre em três períodos:

- 1º – período germinativo;
- 2º – período de crescimento;
- 3º – período de maturação.

DIFERENÇAS ENTRE ESPERMATOGÊNESE E OVOGÊNESE

1º Período: germinativo

Na mulher, termina na vida intrauterina ou completa-se logo após o nascimento. Assim, uma mulher, quando nasce, já tem as suas oogônias ou ovogônias formadas. No homem, dura quase toda a vida, com produção permanente de novas espermatogônias.

2º Período: de crescimento

As oogônias aumentam muito de tamanho, originando ovócitos I bem maiores do que os espermatócitos I. Nos ovócitos, esse crescimento é devido à síntese de vitelo, substância que irá nutrir o embrião.

3º Período: de maturação

Na ovogênese, tanto na meiose I quanto na meiose II, formam-se células de tamanhos diferentes, o que não ocorre na espermatogênese. As células menores têm o nome de glóbulos polares ou polócitos e não são funcionais, degenerando-se.

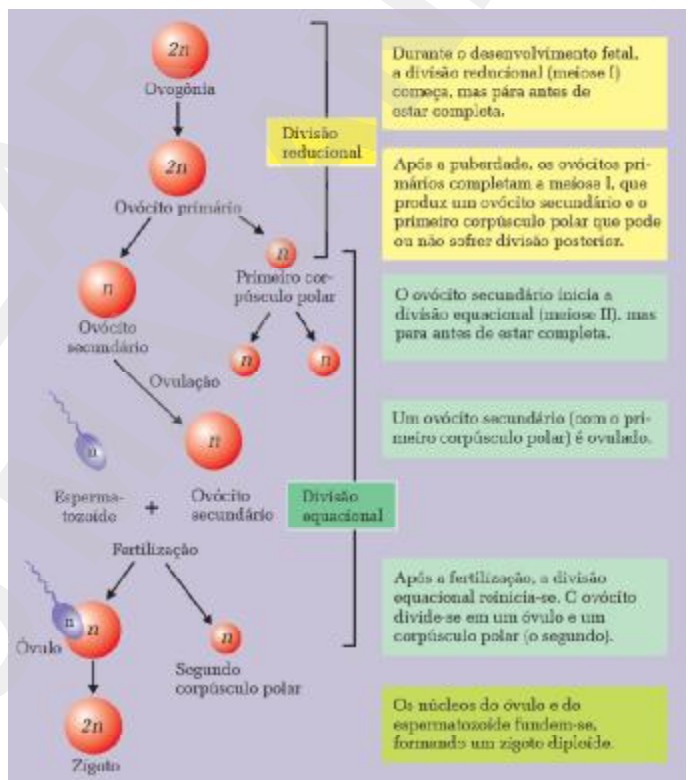
4º Período: de diferenciação

Na ovogênese, é ausente. Na ovogênese, cada oogônia dá origem a um óvulo e até três glóbulos polares (células não funcionais) e, na espermatogênese, cada espermatogônia dá origem a quatro espermatozoides.

CONTROLE HORMONAL

Na mulher, os hormônios sexuais interferem na manifestação dos caracteres sexuais secundários; na formação e desenvolvimento dos folículos ovarianos, onde ocorre a ovogênese, e nas transformações da parede uterina (do endométrio). Influem, ainda, na regulação do ciclo menstrual, na gravidez e no desenvolvimento das glândulas mamárias para a nutrição do embrião. Os hormônios sexuais femininos são os estrógenos e a progesterona.

Os estrógenos são os hormônios responsáveis pelo surgimento dos caracteres sexuais secundários na mulher, distribuição feminina dos pelos corporais e deposição de gordura em partes do corpo que

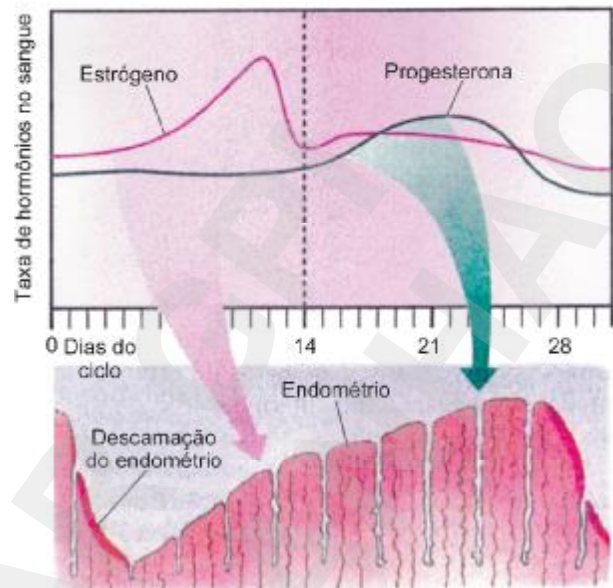
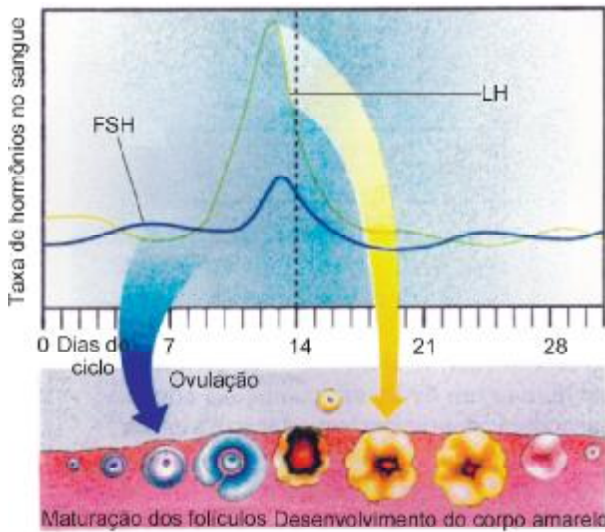


Ovulogênese ou ovogênese e fertilização.

arredondam seus contornos. Os estrógenos atuam, ainda, sobre o sistema nervoso, acentuando o impulso sexual.

A progesterona é um hormônio que provoca grandes modificações no organismo da mulher, preparando-o para a gravidez. Sob sua ação, o endométrio se torna espesso e muito rico em vasos sanguíneos, criando condições para o desenvolvimento do embrião.

Nas mulheres, os ciclos de atividade ovariana resultam das variações nas taxas dos hormônios hipofisários e ovarianos. Como as concentrações desses hormônios no sangue variam ciclicamente, explicam assim os ciclos menstruais.



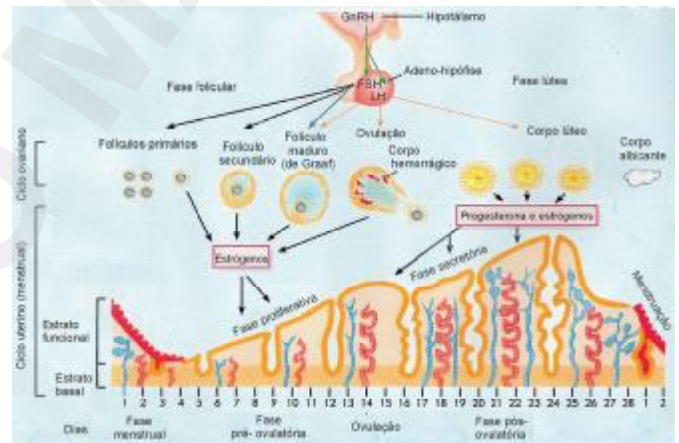
Gráficos que representam as variações das taxas dos hormônios hipofisários FSH e LH e dos hormônios sexuais estrógeno e progesterona durante o ciclo menstrual. A variação desses hormônios está relacionada com as alterações do folículo ovariano e do endométrio.

A puberdade feminina tem início por volta dos 11 a 13 anos. No início de um ciclo menstrual, o FSH da hipófise estimula o crescimento de um folículo ovariano. A parede do folículo produz, então, grande quantidade de estrógenos e estes estimulam a liberação de LH pela hipófise. A ação conjunta de FSH e LH é que completa a maturação do óvulo, rompimento do folículo e consequente ovulação. Alguns dias antes da ovulação, é atingido o mais elevado nível de estrógenos no sangue, que inibe a liberação de FSH, impedindo a maturação de outros folículos. Após a ovulação, cai bastante o nível de FSH e, por conseguinte, também o dos estrógenos.

No ovário, o folículo rompido forma o corpo amarelo (lúteo) que, sob o estímulo do LH hipofisário, passa a produzir progesterona. Esta começa a atuar também na fase secretora do endométrio, preparando a mucosa uterina para receber um embrião, caso haja fecundação do óvulo.

Não havendo fecundação, o corpo lúteo sofre atrofia, baixa bastante a taxa de progesterona, ocorre desagregação do endométrio que, juntamente com sangue do rompimento dos vasos sanguíneos e secreções, vai constituir o fluxo menstrual que é eliminado. Outra consequência da baixa de progesterona é a liberação de FSH pela hipófise.

Correlação dos ciclos uterino e ovariano com os hormônios da adenoipófise e do hipotálamo. No ciclo mostrado, fertilização e implantação não ocorreram.



Pílulas anticoncepcionais são combinações de estrógenos e progesterona que inibem as gonadotrofinas e, em consequência, a maturação dos folículos e a ovulação. Elas são, geralmente, tomadas do 5º ao 25º dia de cada ciclo, a fim de manter níveis sanguíneos hormonais adequados ao bloqueio do processo natural de desenvolvimento dos folículos.

Se a relação sexual ocorre em um período de poucos dias antes ou depois da ovulação, há grande probabilidade de fecundação. É o período fértil do ciclo. A ovulação ocorre, habitualmente, em torno da metade do período entre duas menstruações, ou seja, cerca de 14 dias após o último fluxo menstrual. Quando ocorre fecundação, a mulher grávida não ovula e nem menstrua, pois as taxas de estrogênio e de progesterona se mantêm elevadas e bloqueiam a liberação de FSH e de LH.

Na gravidez, ocorrem novas interações hormonais e o organismo materno sofre grandes modificações. O corpo lúteo se mantém até o 4º mês produzindo progesterona, que desempenha várias funções de estimulação e inibição. A progesterona inibe o FSH, determinando o bloqueio da maturação de novos folículos ovarianos e atrofia o corpo lúteo, que só pode ser mantido e estimulado por outra fonte hormonal. Esta é a placenta, que produz a gonadotrofina coriônica. Daí em diante, o corpo lúteo gravídico degenera e a própria placenta se encarrega de produzir progesterona e estrógenos.

A gonadotrofina coriônica pode ser detectada no sangue da mulher grávida em torno do 8º dia de gestação, correspondendo ao período de implantação do ovo na parede uterina. Este fato constitui-se, portanto, em um teste clínico de gravidez.



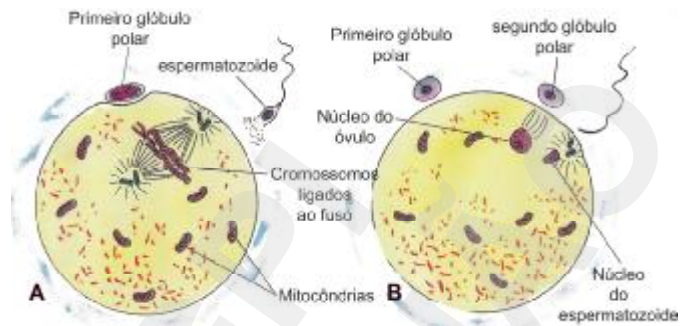
FECUNDAÇÃO HUMANA

Após a ovulação, o ovócito II (n) é captado para o interior da trompa ou tuba uterina.

Na extremidade superior da trompa, geralmente, o ovócito II tem 24 horas (tempo de fertilidade) para ser fecundado.

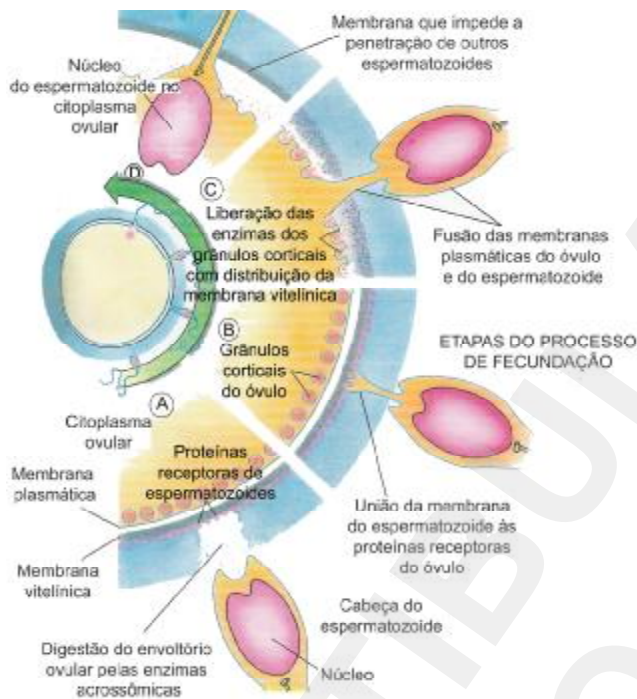
Caso não ocorra fecundação, o ovócito II sofrerá autólise e será reabsorvido juntamente com o glóbulo polar I, geralmente na própria trompa.

Caso os espermatozoides alcancem o ovócito II, apenas um espermatozoide penetra no óvulo, o que caracteriza a monoespermia. Mesmo quando vários espermatozoides alcançam o interior do óvulo (polispermia), apenas um deles participa da fecundação. Os demais degeneram.



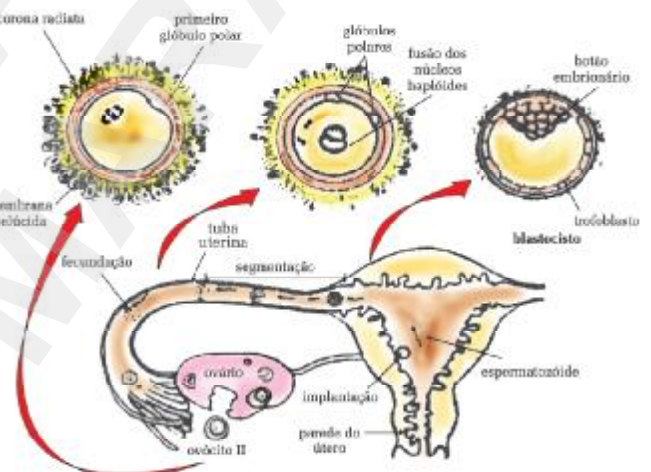
(A) Desenho de um ovócito II (óvulo) sendo fecundado por um espermatozoide. Note o primeiro glóbulo polar junto ao ovócito, o qual se encontra estacionado na metáfase II da meiose. (B) Desenho do gameta feminino fecundado. A meiose II se encerrou e, em breve, o núcleo feminino e o núcleo masculino se unirão, originando o zigoto.

Após a fecundação, o zigoto origina um pequeno embrião que percorre a tuba uterina ou trompa de Falópio e se instala no endométrio, caracterizando a nidadação.



Representação esquemática das principais etapas da fecundação: (A) O envoltório gelatinoso que reveste o óvulo é dissolvido pelas enzimas, como a hialuronidase, presentes no acrossomo dos espermatozoides. (B) O espermatozoide adere a proteínas receptoras presentes na membrana ovular externa (membrana vitelínica). (C) O óvulo reage liberando enzimas que degradam a membrana vitelínica, e as membranas plasmáticas do óvulo e do espermatozoide se fundem. (D) O núcleo do espermatozoide penetra no citoplasma do óvulo; este modifica sua membrana, que passa a impedir a entrada de outros espermatozoides.

Ao penetrar no óvulo, o espermatozoide perde o flagelo, a peça intermediária degenera, as mitocôndrias geralmente não participam do processo, e o núcleo passa por um processo de crescimento, de maneira que forma o pronúcleo masculino. Por sua vez, o óvulo, então, completamente maduro, forma o pronúcleo feminino. Ocorre, então, a fusão desses dois núcleos haploides (anfimixia), formando-se, assim, a célula-ovo ou zigoto (diploide), que restabelece o número de cromossomos da espécie.



CONTRACEPÇÃO

Os métodos contraceptivos têm por finalidade evitar ou interromper a gestação e isto pode ser feito de modos diversos:

Esterilização

Nos homens, *vasectomia*, na qual cada ducto deferente é ligado e cortado. Nas mulheres, *ligação tubária*, na qual ambas as tubas uterinas são ligadas e cortadas.



Hormonal

Com exceção da abstinência total ou esterilização cirúrgica, os métodos hormonais são os mais eficientes para controle da natalidade.

Os *contraceptivos orais*, conhecidos comumente como “pílula”, geralmente consistem de um estrógeno e uma progestina.

Os efeitos colaterais incluem náusea ocasional, sangramento intermenstrual leve, mamas doloridas ou aumentadas, retenção de líquidos e ganho de peso. As usuárias da “pílula” podem apresentar risco aumentado de infertilidade.

Norplant é um conjunto de cilindros diminutos, cheios de progestina, implantáveis subcutaneamente e que liberam lentamente o hormônio ao longo de cinco anos. A fertilidade é restaurada com a remoção dos cilindros.

Depo-provera é administrado por injeção intramuscular a cada três meses. Contém hormônio semelhante à progesterona, que evita a maturação do óvulo e causa mudanças no revestimento uterino, que tornam a ocorrência da gravidez menos provável.

Dispositivo Intrauterino (DIU)

Pequeno objeto feito de plástico, cobre ou aço inoxidável, introduzido por um médico. Pode ser utilizado por longos períodos (o cobre T é aprovado para oito anos). Algumas mulheres não podem utilizá-lo devido à expulsão, ao sangramento ou desconforto. Não recomendado para mulheres que ainda não tiveram filhos porque o útero é muito pequeno e o canal do colo do útero é muito estreito.

Barreira

A *camisinha* é uma cobertura reforçada, de látex ou material semelhante, utilizada pelo homem para evitar a entrada de esperma na vagina. Um dispositivo semelhante utilizado por mulheres é a *camisinha feminina*. As falhas das camisinhas são causadas por rasgos ou por colocação muito tardia.

O *diafragma* é uma semiesfera de borracha flexível introduzida na vagina para recobrir o colo do útero, funcionando como uma barreira para o esperma. Frequentemente utilizado com cremes ou geleias espermicidas. Deve permanecer colocado por ao menos seis horas após o coito e por até 24 horas. Deve ser adaptado por um profissional e analisado a cada dois anos após a gravidez. Oferece altos índices de eficiência se utilizado em conjunção com espermicidas. As falhas ocasionais são causadas por colocação inadequada ou deslocamento durante a relação sexual.

O *tampão cervical* é um dispositivo em forma de dedal que se ajusta sem folga ao colo do útero. Utilizado com espermicidas, deve ser adaptado por um especialista médico. Pode permanecer colocado por até 48 horas, e não é necessário recolocar espermicida antes da relação sexual.

Químico

Produtos químicos que matam os espermatozoides são introduzidos na vagina para recobrir as superfícies da vagina e o óstio do útero. Oferece proteção por aproximadamente uma hora. Efetivo quando utilizado por si só, mas sua efetividade aumenta significativamente quando utilizados com diafragma ou camisinha.

Fisiológico

No *método do ritmo*, a relação sexual é evitada logo antes e logo após a ovulação (aproximadamente sete dias). A taxa de falha é de aproximadamente 20%, mesmo em mulheres com ciclo regular.

No *método simpto-terral*, observam-se os sinais da ovulação (aumento da temperatura corporal basal, muco cervical claro e pegajoso, abertura do óstio do útero, elevação e amolecimento do colo, muco cervical abundante e dor associada à ovulação) e evita-se a relação sexual neste período.

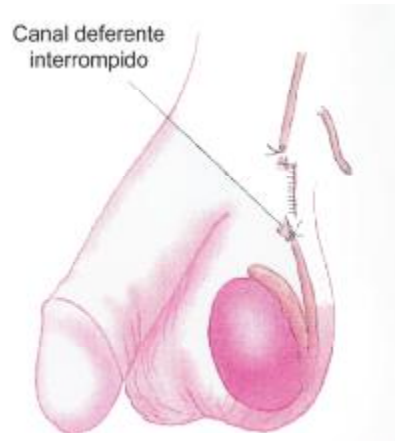
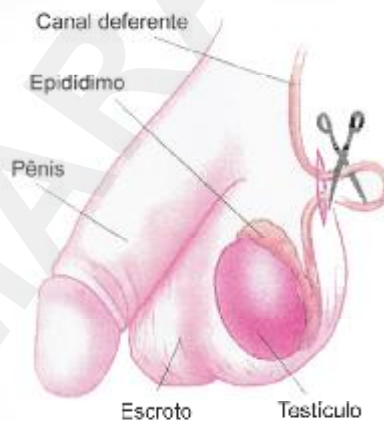
Coito interrompido

Retirada do pênis do interior da vagina antes da ejaculação.

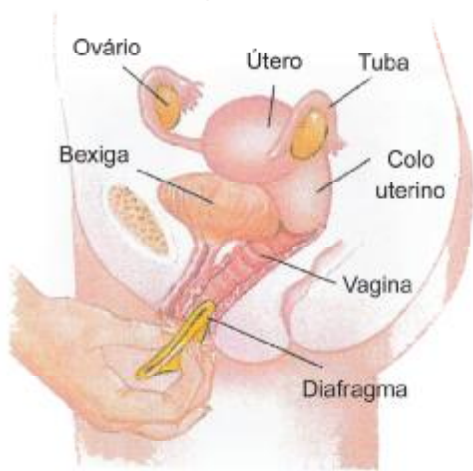
Aborto induzido

Remoção cirúrgica ou induzida por drogas do produto da concepção no seu estágio inicial do útero ou tubas uterinas (em caso de gravidez ectópica, ou tubária). Para remoção cirúrgica do útero, pode-se utilizar aspiração a vácuo (sucção), solução salina ou evacuação cirúrgica (curetagem). Para abortos induzidos por drogas, utiliza-se RU 486, que bloqueia a ação da progesterona.

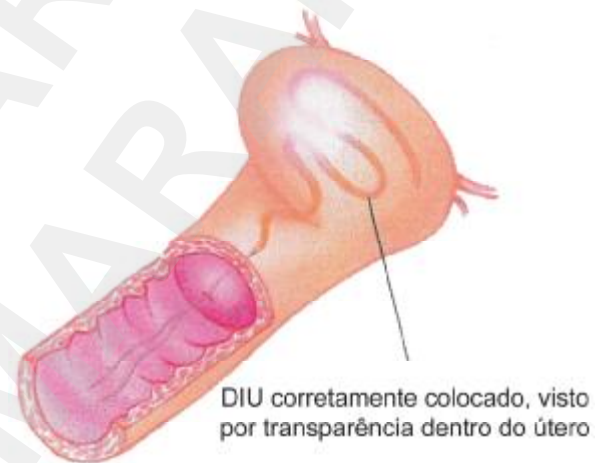
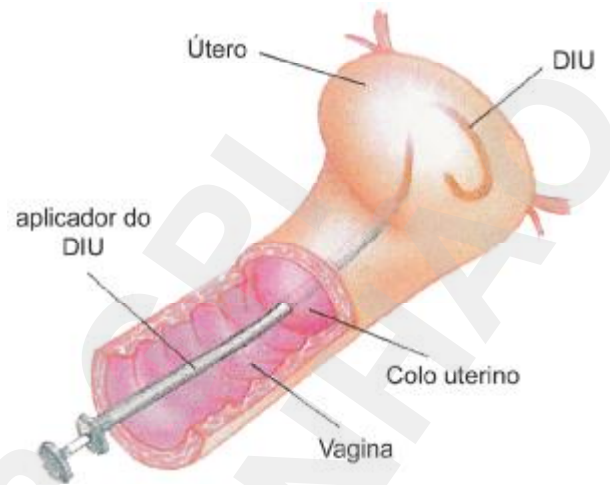
(Resumo dos métodos contraceptivos – Gerard Tortora)



A vasectomia é uma pequena cirurgia em que, por um pequeno corte na bolsa escrotal, o cirurgião localiza e secciona os canais deferentes. Embora a cirurgia possa ser revertida, nem sempre há sucesso em recuperar a fertilidade.



Maneira correta de colocar o diafragma na vagina, de modo a cobrir totalmente o colo uterino.



Colocação do DIU na cavidade uterina com o auxílio de um aplicador.

Alguns métodos contraceptivos.



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



01. (CEFET-RJ) A esterilização masculina, chamada vasectomia, é um método contraceptivo que só deve ser utilizado por homens que não desejam mais ter filhos, pois sua reversão é muito difícil. O processo da vasectomia consiste em:

- (A) inutilizar os tubos seminíferos para que os espermatozoides não sejam mais produzidos.
- (B) seccionar os canais deferentes, não sendo mais possível a eliminação dos espermatozoides.
- (C) remover a vesícula seminal para que o sêmen fique bastante diminuído.
- (D) inocular hormônios nos testículos para dificultar a ereção do pênis.
- (E) alterar o funcionamento da próstata, reduzindo a quantidade de espermatozoides produzida.



02. (PUC-RJ) A fecundação é o processo reprodutivo que se desencadeia pela fusão do gameta masculino com o feminino.

Marque a opção que apresenta o trajeto correto do espermatozoide desde o local de sua produção até o local onde acontece a fecundação:

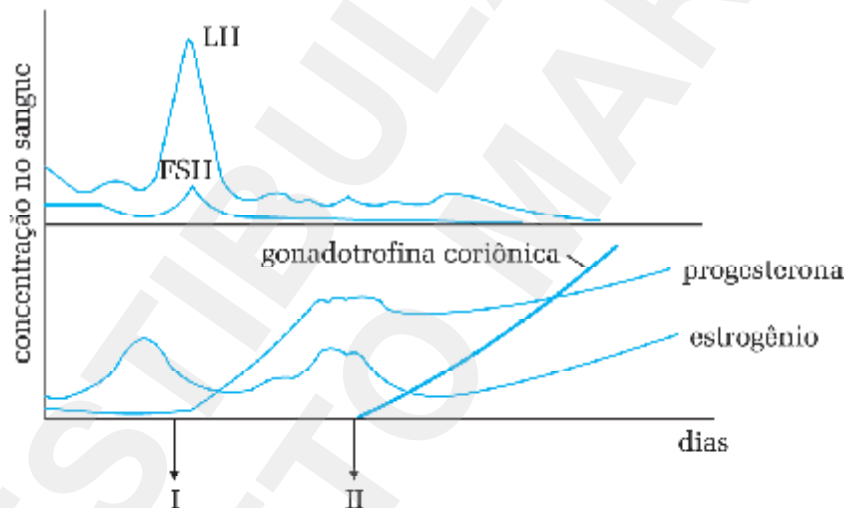
- (A) Testículo → Epidídimo → Ducto Deferente → Uretra → Vagina → Útero → Tuba Uterina.
- (B) Testículo → Epidídimo → Túbulo Eferente → Uretra → Vagina → Útero → Tuba Uterina → Ovário.
- (C) Testículo → Epidídimo → Ducto Deferente → Uretra → Vagina → Útero → Tuba Uterina → Ovário.
- (D) Testículo → Ducto Deferente → Próstata → Uretra → Vagina → Útero → Tuba Uterina.
- (E) Testículo → Epidídimo → Túbulo Eferente → Uretra → Vagina → Útero → Tuba Uterina.

03. (UFF-RJ) Na mulher, a formação dos ovócitos primários acontece no período embrionário. No entanto, ao nascer, esse processo é subitamente interrompido, só recomeçando na puberdade.

A interrupção da ovulogênese com o nascimento ocorre porque:

- (A) a criança deixa de receber os hormônios que a mãe lhe passava pela placenta;
- (B) a criança para de produzir os hormônios que estimulam a ovulogênese;
- (C) o aumento da produção de hormônios do crescimento inibe o processo de meiose;
- (D) os ovócitos são reabsorvidos e outros se formarão quando a menina atingir a puberdade;
- (E) os ovócitos regredem, voltando a ser ovogônias, que, na puberdade, se multiplicarão.

04. (UNIRIO)



O gráfico acima representa as variações de determinados hormônios no sangue de um animal durante alguns dias.

- (A) A que classe de vertebrado deve pertencer esse animal?
- (B) Identifique os eventos ocorridos nos momentos indicados pela:
 - b₁) seta I;
 - b₂) seta II.
- (C) Suponha a administração de alta dose de progesterona e estrogênio na corrente sanguínea desse animal antes do início do ciclo. Como consequência disso, o que aconteceria com as taxas de:
 - c₁) FSH?
 - c₂) LH?

Embriologia

O INÍCIO DE UMA VIDA

Segue-se à fecundação e formação da célula-ovo ou zigoto o período de desenvolvimento do organismo recém-formado, que inclui uma série de divisões mitóticas do zigoto.

A Embriologia estuda, entre outros, as mudanças por que células, tecidos, órgãos e o corpo como um todo passam ao ir de uma célula germinativa de cada um dos pais a um organismo adulto.

TIPOS DE OVOS E DE SEGMENTAÇÃO

Tipos de Ovos

Vitelo é uma reserva de substâncias (principalmente proteínas e lipídios) destinadas à nutrição do embrião durante todo o seu desenvolvimento. A classificação dos diversos tipos de ovos é baseada na quantidade e distribuição do vitelo, também chamado deutoplasma.

Ovos Alécitos

São aqueles que possuem pequenas quantidades de vitelo uniformemente distribuídas pelo citoplasma.

São também denominados: oligolécitos, microlécitos, homolécitos, isolécitos ou miolécitos; são próprios das espécies nas quais o embrião não obtém o alimento do ovo, e sim do corpo materno ou do meio ambiente. Anfíoxo, cnidários, espongiários, equinodermas e mamíferos placentários têm esse tipo de ovo.

Ovos Telolécitos, de diferenciação polar incompleta

São aqueles que possuem razoável quantidade de vitelo. Num dos polos do óvulo, denominado polo vegetal, encontramos (vitelo > protoplasma); no outro polo do óvulo, polo animal (protoplasma > vitelo).

São também denominados: heterolécitos, mesolécitos, mixolécitos, panlécitos e mediolécitos.

São encontrados nos anelídeos, moluscos gastrópodes, peixes e anfíbios.

Ovos Telolécitos, de diferenciação polar completa

São aqueles que apresentam grandes quantidades de vitelo, ocupando quase todo o óvulo, ficando o citoplasma e o núcleo reduzidos a uma pequena área, situada no polo animal, chamada cicatrícula ou polo germinativo.

São também denominados: megalécitos, macrolécitos, poliécitos e bradilécitos.

Répteis e aves têm esse tipo de ovo.

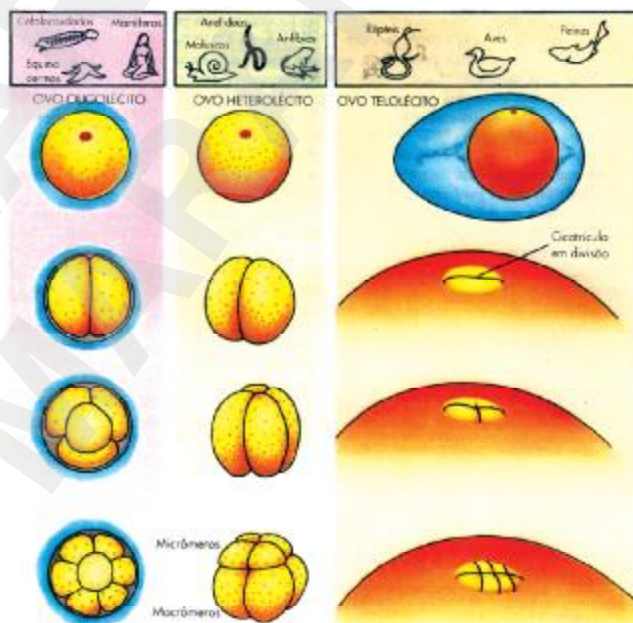
Ovos Centrolécitos

São óvulos com muito vitelo, que se encontra situado na região central do óvulo, em torno do núcleo. São encontrados nos artrópodes.

Tipos de Segmentação

Logo após a fecundação, o zigoto passa por sucessivas clivagens (divisões) e, de acordo com o óvulo que foi fecundado, pode-se distinguir diferentes formas de segmentação:

Segmentação	Total ou Holoblástica	Igual
		Desigual
Segmentação	Parcial ou Meroblástica	Discoidal
		Superficial



O tipo de clivagem varia nos diferentes grupos de animais, dependendo da quantidade de vitelo presente no citoplasma do ovo. Ovos oligolécitos (pouco vitelo, distribuição relativamente homogênea) apresentam clivagem completa (holoblástica) e igual. Ovos heterolécitos (razoável quantidade de vitelo concentrada no polo vegetativo) apresentam clivagem completa (holoblástica) desigual, com formação de micrômeros e macrômeros. Ovos telolécitos (muito vitelo, totalmente separado do citoplasma) apresentam clivagem parcial (meroblástica) discoidal e os centrolécitos (muito vitelo, no centro) têm clivagem meroblástica superficial.

EMBRIOGÊNESE DO ANFÍOXO

O anfíoxo é um animal pertencente ao ramo dos cordados e sub-ramo dos protocordados. O desenvolvimento embrionário desse animal serve como modelo, em traços gerais, para o estudo dos vertebrados.



Dividimos a sua embriogênese nas seguintes fases:

- (A) clivagem ou segmentação, com a formação da mórula;
- (B) formação da blástula;
- (C) formação da gástrula;
- (D) formação do tubo neural, do mesoderma e do notocórdio.

Clivagem com formação da Mórula

Após a fecundação, o ovo sofre uma série de divisões celulares, transformando-se numa esfera de blastômeros, mais ou menos maciça e mais ou menos do tamanho do zigoto.

FORMAÇÃO DA BLÁSTULA

Esfera oca, bem maior que a mórula, formada em virtude da produção de líquido no centro que acaba por empurrar as células do centro da mórula para a periferia.

Surge, dessa forma, uma cavidade no centro da mórula que vai aumentando cada vez mais até formar a blástula, que apresenta a blastoderme (camada de células que constitui a parede da blástula) e blastocele (cavidade central da blástula).

FORMAÇÃO DA GÁSTRULA

É uma estrutura semelhante a uma taça de parede dupla. É a partir dessa estrutura que ocorrerá a formação dos tecidos embrionários. A transformação da blástula em gástrula recebe o nome de gastrulação. É a principal fase da embriogênese.

Ectoderme

É o folheto embrionário externo.

Endoderme

É o folheto embrionário interno.

Arquêntero ou Gastrocele

Cavidade do interior da gástrula (luz ou cavidade do tubo digestivo).

Blastóporo

Abertura que comunica o arquêntero com o meio exterior (futuro ânus do animal).

FORMAÇÃO DO TUBO NEURAL, DO MESODERMA E DO NOTOCÓRDIO (NEURULAÇÃO)

Tubo Neural

Dará origem ao sistema nervoso central. O ectoderma dorsal da gástrula didérmica começa a se achatar, torna-se espessado e recebe o nome de ectoderma neural. Em seguida, o ectoderma neural sofre uma depressão e forma a placa neural ou placa medular.

Nos bordos da placa neural, formam-se duas cristas (cristas neurais), as quais se elevam, se curvam, se unem e formam o tubo neural, que dará origem ao sistema nervoso central.

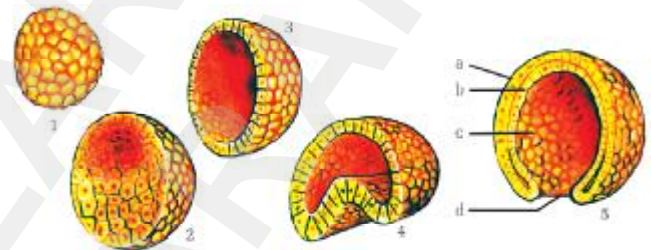
Mesoderma

As paredes laterais do arquêntero sofrem invaginações e estas vão formando bolsas laterais cujas cavidades tendem a se ampliar. As células destas bolsas originadas do endoderma formam o mesoderma, que é o terceiro folheto embrionário. A gástrula agora é tridérmica.

Nesta fase, as cavidades intramesodérmicas se fundem e formam uma grande e única cavidade, chamada de celoma. A lâmina externa em contato com o ectoderma é a somatopleura. A lâmina interna em contato com o endoderma é a esplancnopleura.

Notocorda

A região dorsal do arquêntero, entre as duas bolsas mesodérmicas em formação, começa a se espessar e se elevar. Forma-se uma saliência que se acentua e acaba por se destacar do arquêntero, constituindo o notocorda.



Formação da **blástula** e da **gástrula** em animal: **1.** mórula; **2.** início de formação da blástula (vai aparecendo a cavidade interior chamada blastocele); **3.** blástula já constituída; **4.** começa a invaginar-se um polo da blástula; **5.** a blástula assume a forma de um balão de parede dupla chamado gástrula. A gástrula possui: **a.** ectoderma (camada mais externa de células); **b.** endoderma (camada interna de células); **c.** arquêntero ou intestino primitivo (cavidade central do balão); **d.** blastóporo (abertura da gástrula lembrando a boca de um balão).



A blástula em diferentes vertebrados.



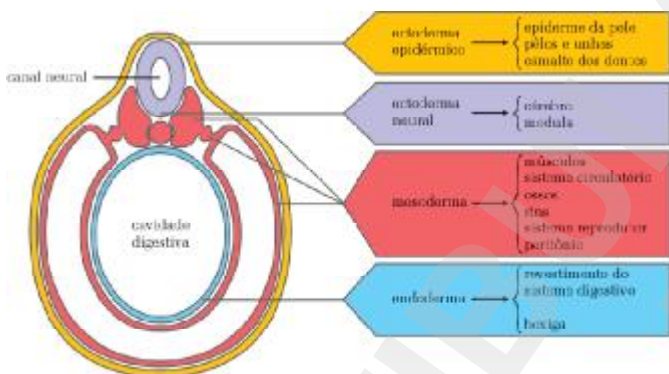
1. o ectoderma; **2.** o endoderma; **3.** mesentoderma; observe a formação do mesoderma (4), do tubo neural (5) e da notocorda (6); **a.** celoma; **b.** tubo digestivo primitivo; **c.** mesoderma somático; **d.** mesoderma esplâncnico.



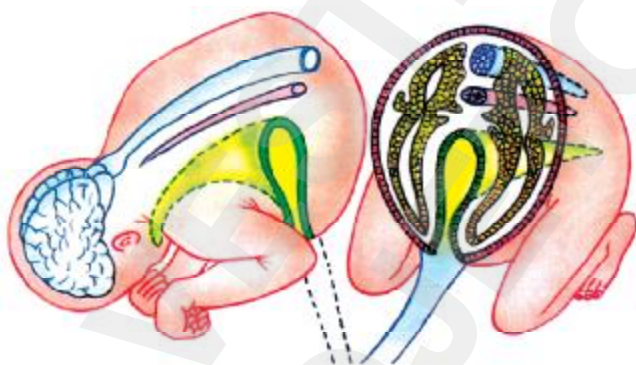
DIFERENCIAÇÃO DOS TECIDOS

A partir da gástrula tridérmica, nos vertebrados, vai ocorrer a diferenciação dos tecidos e órgãos:

Ectoderma	Epiderme, fâneros e glândulas da pele. Sistema nervoso, hipófise, medula renal e pineal. Mucosa bucal, anal, nasal, retina do olho e esmalte dos dentes.
Endoderma	Epitélio do tubo digestório, fígado, pâncreas, tireoide, paratiroide e timo. Epitélio do aparelho respiratório. Epitélio da bexiga urinária. Saco vitelino e alantoide.
Mesoderma	Tecido conjuntivo, osseo, cartilaginoso, muscular, sangue, linfa, baço. Aparelho circulatório, renal, genital. Córtex suprarrenal (mesênquima) e peritônio, pleura, pericárdio (mesotélio).



Organogênese.



Esta figura imaginária foi originalmente planejada para facilitar a sua compreensão sobre a organogênese. Ela é a projeção de um feto sobre a imagem de uma nêurula em corte transversal. Repare que o tubo digestivo primitivo (arquêntero) alonga-se tanto que se abre na parte anterior (placa bucofaríngea), originando a boca, e na parte posterior (placa cloacal), originando o ânus. O blastóporo (da gástrula inicial) fechar-se-á ao nível do ponto de implantação do cordão umbilical no abdome.

ANEXOS EMBRIONÁRIOS

Os anexos embrionários são estruturas típicas dos vertebrados que os acompanham durante o desenvolvimento embrionário, mas que não vão fazer parte do seu corpo após o nascimento ou eclosão. Formam-se a partir da segmentação do ovo.

São anexos embrionários: âmnio, alantoide, saco vitelino e placenta. Os vertebrados estão reunidos em dois grupos, de acordo com a presença de âmnio e alantoide.

Anamniotas ou Analantoídeos

Vertebrados que não apresentam âmnio e alantoide, como é o caso de peixes e anfíbios.

Amniotas ou Alantoídeos

Vertebrados que apresentam âmnio e alantoide, como répteis, aves e mamíferos.

Âmnio

É uma membrana que envolve o embrião. Forma uma bolsa cheia de líquido no interior da qual o embrião fica protegido contra choques mecânicos, desidratação e outros.

Alantoide

Membrana situada próximo da extremidade posterior do tubo digestivo, sob a forma de expansão do endoderma, que cresce rapidamente, formando um saco de grande tamanho, o alantoide. Desempenha funções importantes, a saber:

- excreção: funciona como uma lixeira isolando os excretas do resto do organismo;
- nutrição: absorção de cálcio encontrado na casca do ovo, para formação do tecido ósseo;
- respiração: trocas gasosas com o meio externo, através da casca do ovo.

Nos mamíferos placentários, o alantoide é atrofiado.

Saco Vitelino

É pouco desenvolvido nos mamíferos, devido à presença da placenta. Nos demais vertebrados, assume relevante papel de nutrição do embrião.

Placenta

É um anexo que se desenvolve durante a prenhez, no tecido de revestimento uterino.

A placenta apresenta as seguintes funções:

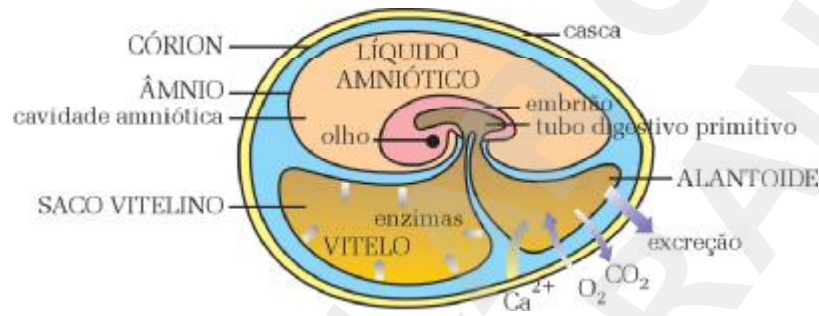
- Nutrição.
- Respiração: oxigênio do sangue materno ao sangue fetal.
- Excreção.
- Proteção: contra microrganismos.
- Secreção: progesterona.

Cório

O cório é a membrana mais externa que envolve o embrião de répteis, aves e mamíferos. Nos mamíferos, participa da formação da placenta.

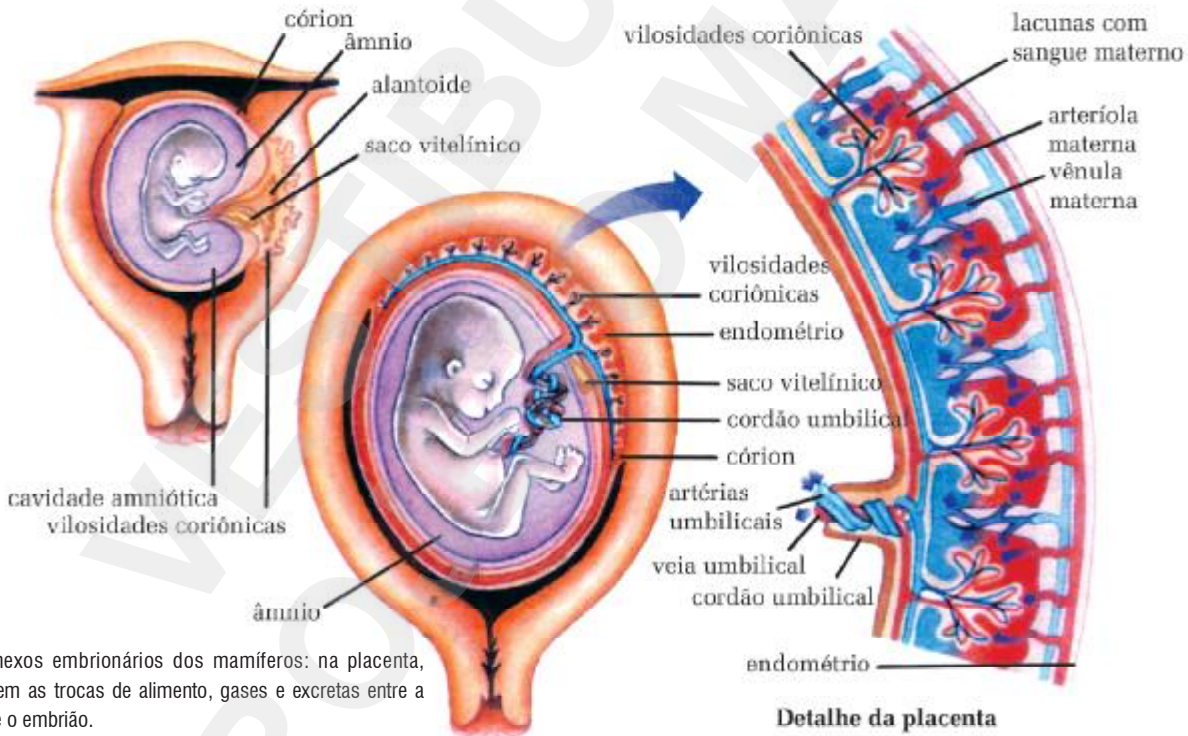


Animais	Anexos embrionários				
Peixes	vesícula vitelina	—	—	—	—
Anfíbios	Vitelo abundante dentro de células. Não há, entretanto, vesícula vitelina.			—	—
Répteis	vesícula vitelina	âmnio	alantoide	cório	—
Aves	vesícula vitelina	âmnio	alantoide	cório	—
Mamíferos	vesícula vitelina	âmnio	alantoide	cório	placenta



Seção longitudinal de um ovo de réptil, mostrando os quatro anexos embrionários: âmnio, saco vitelino, alantoide e cório.

DESENVOLVIMENTO HUMANO PRÉ-NATAL

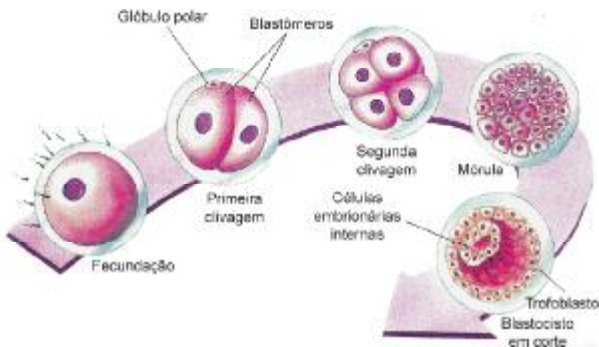


Os anexos embrionários dos mamíferos: na placenta, ocorrem as trocas de alimento, gases e excretas entre a mãe e o embrião.

Embora o bebê viva e se desenvolva dentro da mãe, os dois estão efetivamente separados. Isso é necessário a fim de que os tecidos fetais não sejam rejeitados como estranhos e incompatíveis pelo sistema imunológico materno. Como os tecidos da mãe e da criança se encontram através da placenta, normalmente a placenta serve como barreira bioquímica, evitando a troca de glóbulos sanguíneos ou de moléculas proteicas grandes entre a mãe e a criança. Mas é permeável às substâncias dissolvidas, como os gases da respiração. A área total de contato que a placenta estabelece entre os aparelhos circulatórios do feto e da mãe é extraordinariamente grande: cerca de dez metros quadrados.



Os estágios iniciais do desenvolvimento fetal:



- **Primeira semana:** o ovo é fecundado, divide-se e é implantado no útero.
- **Segunda semana:** o ectoderma, o endoderma, a estria primitiva e a mesoderma são constituídos.
- **Terceira semana:** aparecem os primeiros somitos, ou segmentos corporais, que acabam se transformando na espinha dorsal e no início do cérebro e da medula espinhal.
- **Quarta semana:** são formados o coração, a circulação sanguínea e o sistema digestório.
- **Quinta semana:** os braços e as pernas começam a tomar forma: o coração inicia o bombeamento do sangue.
- **Sexta semana:** formações dos olhos e dos ouvidos.

Desenho que representa as etapas iniciais do desenvolvimento do embrião humano. Cerca de 24 horas após a fecundação, o zigoto sofre a primeira clivagem, que resulta nos dois primeiros blastômeros. A partir daí, as divisões celulares progredem rapidamente, originando uma mórula, que forma o blastocisto. É nesse estágio de desenvolvimento que o embrião se implanta na parede uterina.

TIPOS DE GÊMEOS

É frequente, nos mamíferos, o nascimento de mais de um indivíduo, em cada período gestacional. Esses indivíduos que compartilham o útero materno durante a embriogênese são chamados gêmeos. De modo geral, quanto menor for o mamífero e mais rápido for o ciclo vital, maior é o número de gêmeos.

Na espécie humana, os partos gemelares representam uma taxa variável em torno de 1% dos partos.

Há dois tipos de gêmeos: os monozigóticos (univitelinos, idênticos ou verdadeiros) e os di ou plurizigóticos (di ou plurivitelinos, fraternos ou falsos).

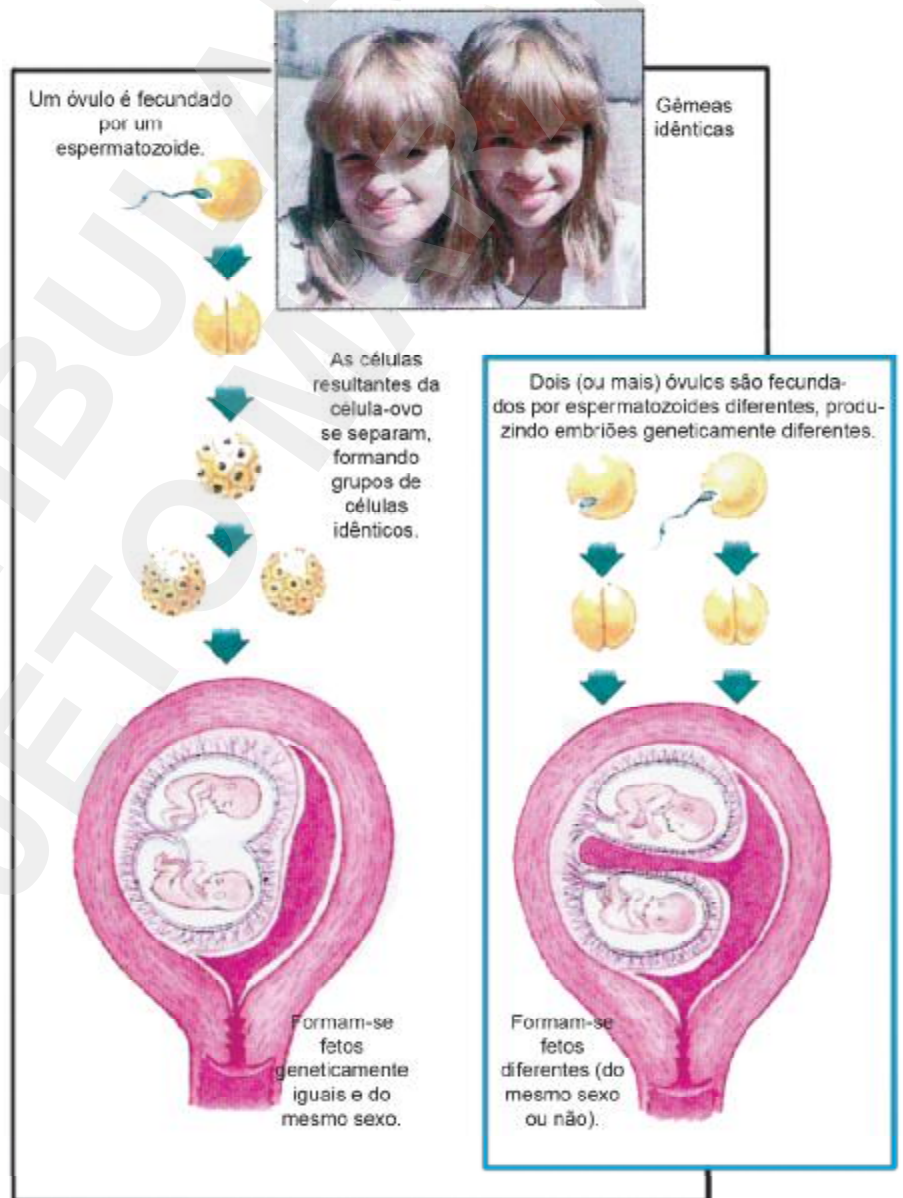
Gêmeos Monozigóticos

Os gêmeos monozigóticos resultam de um único zigoto, que, em algum momento da embriogênese, originou dois ou mais embriões por poliembrionia. Eles têm a mesma constituição genética; portanto, sempre o mesmo sexo, são filhos do mesmo pai e geralmente têm uma só placenta comum. Correspondem a 30% dos partos gemelares e sua ocorrência independe da idade da mãe.

Quaisquer diferenças entre gêmeos monozigóticos são consequências de agentes (fatores) externos, do meio ambiente.

Gêmeos Di ou Plurizigóticos

Os gêmeos di ou plurizigóticos resultam de duas ou mais fecundações simultâneas formando dois ou mais zigotos. Têm constituições genéticas diferentes, podem ter sexos iguais ou diferentes, podem até ser filhos de pais diferentes e, geralmente, suas placentas são distintas. Correspondem a 70% dos partos gemelares e sua incidência aumenta com a idade da mãe.





Revestimento

REVESTIMENTO EXTERNO DOS ANIMAIS

O sistema de revestimento externo dos animais os separa do ambiente onde vivem e minimiza as agressões físicas, químicas ou biológicas oriundas desse meio.

Cada espécie de ser vivo, cada tipo de vida, tem suas próprias características funcionais. Dependendo da espécie de animal, o revestimento externo (tegumento) pode desempenhar as seguintes funções: sensibilidade, termorregulação, secreção, proteção e participação nas trocas gasosas (respiração).

MEIO INTERNO E HOMEOSTASIA

A delimitação de um meio interno, através de um revestimento externo, também é importante para que diversos mecanismos de controle possam atuar de maneira mais eficiente, preservando as condições ideais de funcionamento dos sistemas, apesar das variações do ambiente, auxiliando a homeostasia.

EPIDERME

O revestimento externo é feito basicamente pela epiderme, que é um tipo de tecido epitelial. Pode ter uma ou várias camadas, de composição muito variada, de acordo com as necessidades de cada organismo, principalmente relacionadas ao ambiente em que vivem. Protege o organismo da penetração de agentes estranhos e do desgaste por atrito.

NOS INVERTEBRADOS

Nos invertebrados aquáticos, como os cnidários, ou naqueles de ambiente terrestre úmido, como as minhocas, o epitélio de revestimento possui uma única camada de células (epitélio simples), que permite a troca de substâncias com o ambiente, principalmente de gases, na respiração cutânea. No entanto, essa camada única de células não evita o dessecação.

Os nematelmintos, vermes cilíndricos como o *Ancylostoma duodenale* e o *Necator americanus*, causadores do amarelão ou opilação, têm a epiderme reforçada por uma cutícula externa, que resiste, por exemplo, à ação digestiva do suco gástrico humano. Anelídeos e platelmintos parasitas também possuem cutícula protetora.

A maioria dos moluscos possui concha, uma estrutura rica em compostos de cálcio. Os artrópodos possuem uma armadura constituída principalmente por quitina, um polissacarídeo nitrogenado complexo. Estes exoesqueletos protetores de moluscos e artrópodos são secretados pela epiderme e evitam o dessecação, mas não permitem a respiração cutânea.

NOS VERTEBRADOS

Os vertebrados são revestidos pela pele ou tegumento, formada por duas camadas. A camada mais externa é a epiderme e a mais interna é a derme.

Peixes têm epiderme fina com glândulas produtoras de muco lubrificante da superfície corporal e escamas.

A pele dos anfíbios, que têm vida aquática na fase larvar e terrestre úmida, quando adultos, é muito fina, glandular e úmida. Células vivas secretam muco e mantêm a umidade da pele, o que permite a respiração cutânea. A pele dos anfíbios não é uma proteção eficiente contra o dessecação, mas sua função respiratória compensa a pequena superfície dos pulmões.

glândula paratoide



Os sapos, através de suas glândulas paratoides, localizadas dorsalmente atrás dos olhos, secretam uma substância que é tóxica para as mucosas dos predadores, constituindo um meio de defesa.

Na base da epiderme de peixes, anfíbios e répteis há cromatóforos, células com pigmentos que dão cor à epiderme, ajudando-os a se camuflar com o ambiente.

Os répteis, aves e mamíferos estão bem adaptados ao ambiente terrestre seco. Possuem epiderme estratificada e queratinizada, que evita o dessecação, mas inviabiliza a respiração cutânea. A epiderme dos répteis com escamas constitui uma proteção adicional.



As aves aquáticas impermeabilizam suas penas com substâncias oleosas secretadas pela glândula uropigial localizada na base da cauda.



HOMEOTERMIA

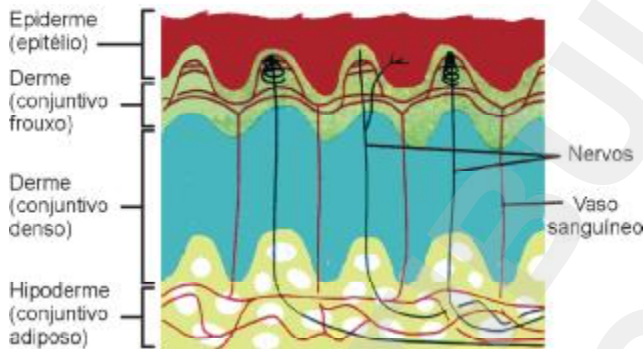
Mamíferos e aves são os únicos homeotérmicos (endotérmicos), inclusive por terem em seu revestimento pelos e penas, respectivamente, que são estruturas capazes de conservar calor. Algumas espécies, como os ursos das regiões polares, possuem uma camada espessa de pelos, que atua como um isolante contra o frio.

TERMOGENINA

O tecido adiposo dos animais expostos a temperaturas muito baixas também é fundamental na proteção contra o frio excessivo. Esta característica deve-se à presença de uma proteína transmembrana chamada termogenina, presente nas membranas internas das mitocôndrias deste tecido. Esta proteína interfere no fluxo normal de elétrons e prótons na cadeia respiratória, que permitiria a síntese de ATP. Desta forma, a energia gerada pelo fluxo de prótons não é usada para sintetizar ATP e é dissipada como calor, que aquece o sangue contido na rede de capilares do tecido adiposo e é distribuído para os diversos órgãos.

PELE HUMANA

A pele é o maior órgão do corpo humano. Esse tegumento cutâneo é formado pela epiderme, epitelial, de origem ectodérmica, e pela derme, conjuntiva, de origem mesodérmica. Abaixo da pele há a hipoderme ou tela subcutânea, um tecido conjuntivo frouxo adiposo.



Pele (epiderme e derme) e o tecido subcutâneo ou hipoderme abaixo dela. Epiderme sem capilares sanguíneos e com terminações nervosas e derme, conjuntiva, com vasos sanguíneos e fibras proteicas.

EPIDERME



Epiderme. Entre ela e a derme há a membrana basal (lâmina basal e lâmina reticular).

A epiderme é formada por várias camadas de células justapostas (epitélio estratificado), com pouco ou nenhum espaço entre elas. A camada superficial, córnea, é formada por células mortas, com queratina, descamantes; a camada espinhosa é resistente, com desmossomas; há células com melanina, os melanócitos, que dão cor à pele, e a camada mais profunda, basal, é proliferativa, com mitoses tão frequentes que renovam toda a epiderme a cada 20 ou 30 dias. É onde ocorrem os cânceres de pele, devidos principalmente ao excesso de raios ultravioleta (RUV) do sol que acarreta um aumento da taxa de mutações.

MELANINA

A melanina, produzida pelos melanócitos ou células pigmentares, das camadas profundas da epiderme, é um pigmento que escurece a pele e oferece proteção contra o excesso de raios ultravioleta do sol.

Os melanócitos também determinam a cor dos pelos. Os cabelos grisalhos devem-se à incapacidade de os melanócitos da base do pelo produzirem melanina.

QUERATINA

As células da epiderme produzem queratina, uma proteína impermeabilizante. O estrato basal da epiderme produz células que ascendem e substituem continuamente o estrato externo, córneo, formado por células mortas pelo acúmulo de queratina.

A queratina é uma proteína altamente resistente ao atrito e forma uma barreira impermeável, que impede a perda de água. Ela é também responsável por originar os fâneros, que são anexos da pele, como pelos, unhas, chifres, cascos e escamas epidérmicas, entre outros. Alguns chifres, como os do veado, são feitos de sais de cálcio.

MEMBRANA BASAL

A membrana basal, permeável a metabólitos, entre a epiderme e a derme (entre epitélio e conjuntivo), tem desníveis, principalmente nos dermatóglifos ou impressões digitais. É uma lâmina de glicoproteínas fabricadas pelo epitélio e de fibras de proteínas fabricadas pelo conjuntivo que adere aos dois tecidos e permite a difusão de oxigênio e nutrientes do conjuntivo para o epitelial e a volta dos resíduos do metabolismo para o sangue.

DERME

A derme é imediatamente inferior à epiderme e é formada, acima, por um tecido conjuntivo frouxo e a seguir por um conjuntivo denso, rico em fibras colágenas, que conferem características como resistência e elasticidade ao tegumento.

INERVAÇÃO

A pele recebe estímulos do ambiente através de terminações nervosas que alcançam a epiderme.

Receptores de superfície	Sensação percebida
Receptores de Krause	Frio
Receptores de Rufini	Calor
Receptores de Vater-Pacini	Pressão
Receptores de Meissner	Tato
Terminações nervosas livres	Dor

Apesar de desagradável, a percepção da dor fornece ao organismo informações de desprazer ou desajuste em relação às condições ambientais, sendo fundamental à sua sobrevivência.

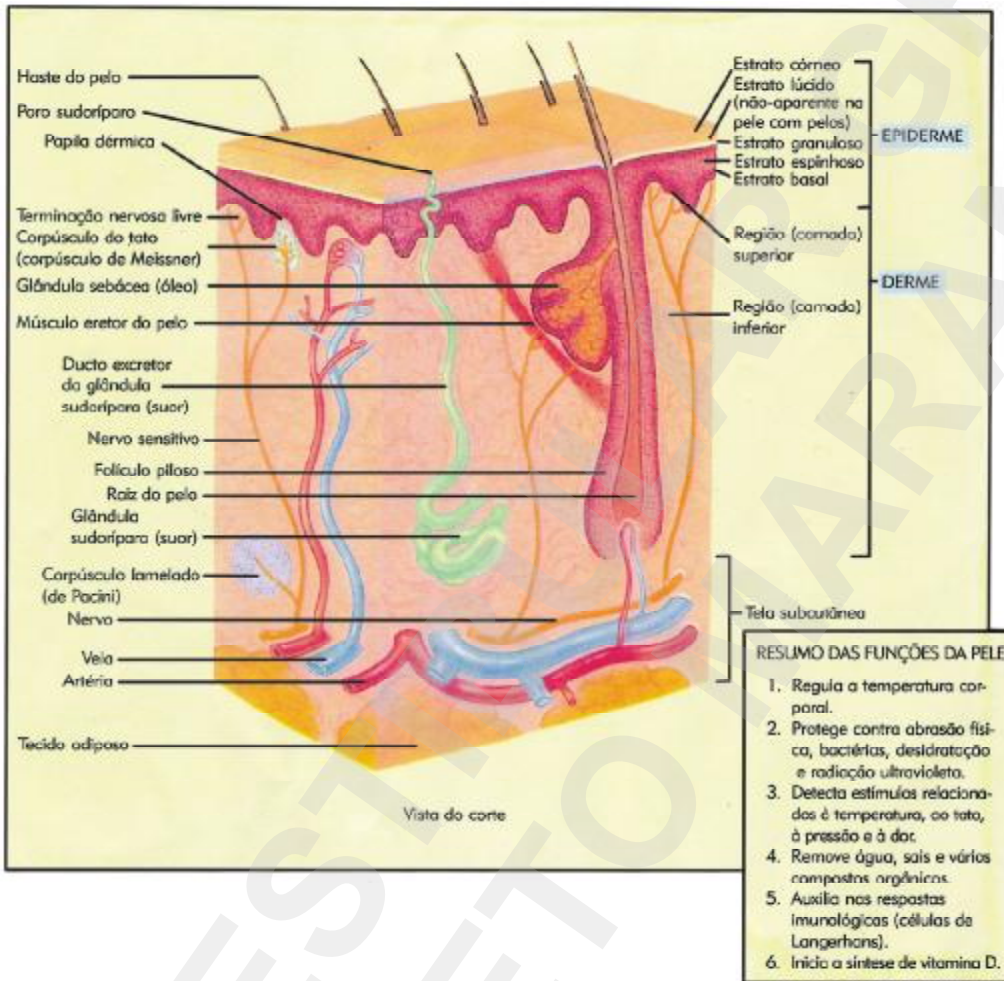


VASCULARIZAÇÃO

A vascularização da pele está restrita ao tecido conjuntivo não atingindo a epiderme. Através da membrana basal, oxigênio e nutrientes trazidos por vasos da derme nutrem o epitélio, da mesma forma resíduos e excretas são removidos.

TERMORREGULAÇÃO

A pele colabora na termorregulação através de seus vasos sanguíneos, de suas glândulas sudoríparas e de seus pelos.



Corte de pele humana mostrando, inclusive, estruturas relacionadas à regulação da temperatura. Com o frio, as arteríolas se constroem e a diminuição da luz do vaso diminui o fluxo sanguíneo; os pelos, cada qual com seu pequeno músculo eretor, liso, involuntário e sob controle do sistema nervoso, se eriçam. Nos animais peludos (o Homo sapiens é um dos poucos mamíferos terrestres virtualmente desprovidos de pelos), o ar preso nos pelos isola a superfície cutânea e conserva calor. Em temperaturas altas, as arteríolas se dilatam e as glândulas sudoríparas secretam um líquido salgado. A evaporação desse líquido resfria a superfície cutânea, dissipando calor (aproximadamente 540 calorias por grama de água) do sangue abaixo da pele, refrigerando o animal.

- RESUMO DAS FUNÇÕES DA PELE**
1. Regula a temperatura corporal.
 2. Protege contra abrasão física, bactérias, desidratação e radiação ultravioleta.
 3. Detecta estímulos relacionados a temperatura, ao tato, à pressão e à dor.
 4. Remove água, sais e vários compostos orgânicos.
 5. Auxilia nas respostas imunológicas (células de Langerhans).
 6. Inicia a síntese de vitamina D.

SUOR

O suor é constituído, basicamente, por água, cloreto de sódio e pequenas quantidades de ureia e ácido láctico.

As glândulas sudoríparas lançam suor para a superfície da pele através de canais ou dutos próprios. As sebáceas lançam sua secreção oleaginosa através de poros de onde emergem os pelos, lubrificando tanto os pelos como a pele.

OS EFEITOS DAS RADIAÇÕES SOLARES SOBRE A PELE

Os raios ultravioleta (RUV) emitidos pelo sol são, em grande parte, retidos pela camada de ozônio (O₃) da atmosfera, situada a cerca de 25 quilômetros de altura. Contudo, alguns raios atravessam essa barreira e atingem nossa pele. Outros danos podem ser causados, como

a catarata (perda da transparência do cristalino) e a depressão do sistema imunológico. Enfim, as radiações UV diminuem a formação de colágeno (proteína que dá sustentação à epiderme), provocando envelhecimento precoce da pele, com o surgimento de rugas. A melanina protege contra as radiações UV; daí os indivíduos de pele clara serem mais sensíveis aos efeitos dessas radiações e os de pele escura, os mais protegidos contra elas.

CONJUNTIVOS

Especializações de células mesenquimais (variedade de mesoderma embrionário) originam os diversos tipos de tecidos conjuntivos ou conectivos que são: conjuntivo propriamente dito, cartilaginoso, ósseo, hematopoiético e linfa.



Os conjuntivos têm muita substância intercelular e poucas células espalhadas, mas de certa diversidade. A substância intercelular dos conjuntivos pode ser líquida como no sangue e na linfa; gelatinosa e fibrosa no tecido conjuntivo propriamente dito e no tecido cartilaginoso, ou calcificada, como no tecido ósseo.

CONJUNTIVO PROPRIAMENTE DITO

O tecido conjuntivo propriamente dito tem poucas células, de vários tipos, espalhadas. Localizado abaixo do epitélio, sustenta e nutre tecidos que não têm vascularização. Em volta de órgãos preenche espaços e faz conexão de tecidos.

CÉLULA MESENQUIMAL INDIFERENCIADA

A célula mesenquimal indiferenciada é uma reserva embrionária que origina outras células para crescimento e regeneração.



Tecido conjuntivo frouxo

FIBROBLASTO

O fibroblasto (depois fibrócito) origina a substância intercelular amorfa e as fibras. É capaz de realizar muitas mitoses na cicatrização e regeneração. Sua grande atividade na síntese proteica justifica seus retículos endoplasmático não-granuloso e complexo golgiense bastante desenvolvidos.

MASTÓCITO

Mastócito é uma célula grande, globosa, com citoplasma cheio de grânulos, que produz heparina, um anticoagulante que garante a fluidez do sangue, evitando coagulações inoportunas, e histamina, um vasodilatador que atua nas infecções e alergias.

PLASMÓCITO

Plasmócito ou célula plasmática, ovoide, de núcleo grande e localizado fora do centro da célula, é semelhante ao leucócito linfócito do sangue e da linfa, do qual deriva quando este deixa os vasos. Produz anticorpos, proteínas imunoglobulinas ou gamaglobulinas, de defesa. Raros em conjuntivos normais, o número de plasmócitos aumenta quando ocorrem infecções.

MACRÓFAGO

Macrófago ou histiócito é uma célula grande, semelhante ao leucócito monócito do sangue, do qual se origina quando este atravessa os capilares sanguíneos. Faz fagocitose e destrói microrganismos, células mortas e partículas.

ADIPÓCITO

Adipócito ou célula gordurosa acumula gordura ou triglicerídios. Ocorre em pequeno número no conjuntivo frouxo e são muitos no conjuntivo adiposo.

LEUCÓCITO

Leucócitos ou glóbulos brancos saem do vaso por diapedese, que é a capacidade que algumas células possuem de atravessar espaços pequenos. É o que ocorre quando neutrófilos e monócitos do sangue atravessam a parede de capilares sanguíneos por espaços entre as células endoteliais que os revestem.

SUBSTÂNCIA EXTRACELULAR

O tecido conjuntivo tem muita substância intercelular (matriz ou substância fundamental) para preenchimento e sustentação. A substância amorfa, uma gelatina, é rica em ácido hialurônico e as fibras são para sustentação.

FIBRAS COLÁGENAS, ELÁSTICAS E RETICULARES

Colágena é uma fibra grossa, de proteína fibrosa colágeno, que dá resistência ao tecido. É a proteína mais abundante no corpo humano.

Elástica é uma fibra de proteína fibrosa elastina, que dá elasticidade ao tecido. Na parede de grandes artérias, suporta a pressão do sangue e ajuda na sua propulsão.



Reticular é uma fibra ramificada, de proteína colágeno envolvida por glicídios e lipídios. Forma uma rede de sustentação nos tecidos produtores de glóbulos sanguíneos (na medula vermelha dos ossos e nos órgãos linfáticos).

FUNÇÕES

Conjuntivos propriamente ditos (TCPD) juntam tecidos e órgãos, fazem sustentação mecânica, nutrem outros tecidos, armazenam reservas energéticas, fazem defesa contra infecções e permitem o trânsito de gases, íons e pequenas moléculas.

TIPOS DE TECIDO CONJUNTIVO PROPRIAMENTE DITO

Os tecidos conjuntivos propriamente ditos podem assumir vários tipos: frouxo, denso, adiposo e hematopoiético.

Frouxo

Frouxos são conjuntivos com poucas células, poucas fibras e muita substância amorfa. São flexíveis, e estão espalhados por todo o corpo, sustentando os órgãos.

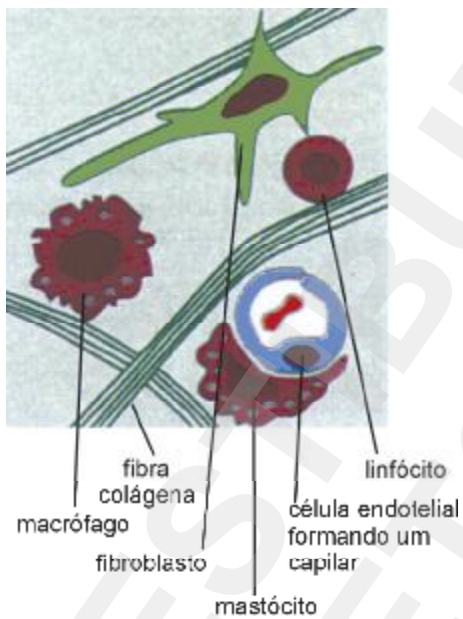


Fig. 7. Conjuntivo frouxo da derme.

Mucosos ou gelatinosos são conjuntivos com menos células, menos fibras e mais substância amorfa do que o frouxo, como na geleia de Wharton do cordão umbilical.

Denso

Os tecidos conjuntivos densos são adaptados para oferecer resistência e proteção. São conjuntivos ricos em fibras colágenas, como a derme com fibras e vários tipos de células, formando cápsulas em órgãos como o fígado e o baço.

Quando as fibras de colágeno dispõem-se de maneira desordenada, sem orientação fixa, o tecido é chamado denso não modelado, como a derme. Quando os feixes colágenos estão paralelos uns aos outros e ao sentido da tração do músculo, o tecido é chamado denso modelado e tem grande resistência, como verificado nos tendões, que ligam músculo a

osso; nos ligamentos, que unem osso a osso; na aponeurose, que envolve o músculo (“nervos” da carne) e na dura-máter, a meninge externa.

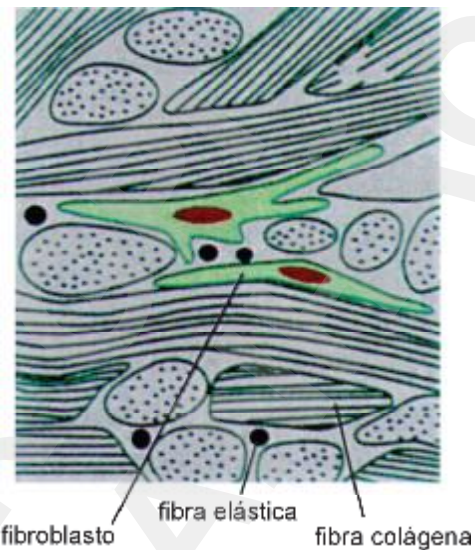


Fig. 8. Conjuntivo denso da derme.

Adiposo

Adiposos ou gordurosos são conjuntivos frouxos ricos em células gordurosas como nas “gordurinhas” do corpo. Servem como reserva de energia e como proteção contra o frio. Envolvem vários órgãos, protegendo-os de traumatismos durante o movimento; estão presentes na cavidade de alguns ossos (medula óssea amarela) e formam a hipoderme sob a pele.

O tipo de tecido adiposo pardo é grande produtor de calor nos mamíferos hibernantes e nos recém-nascidos. Em geral, a taxa de perda de calor depende da área superficial e da diferença de temperatura entre a superfície e o ambiente. Animais marinhos como baleias e focas, que sobrevivem em água extremamente fria, possuem uma camada espessa de gordura que lhes permite tolerar uma queda muito acentuada na temperatura da superfície da pele.

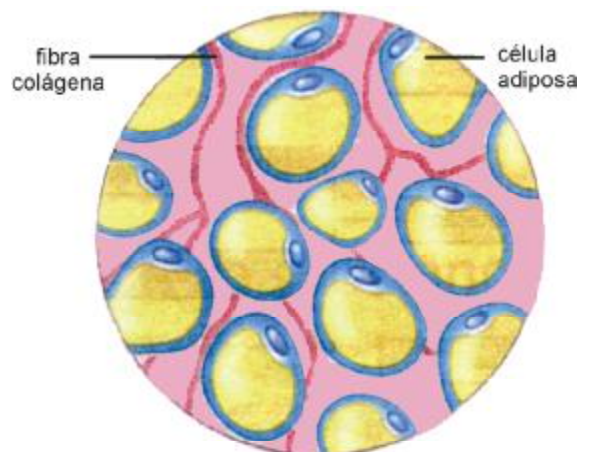


Fig. 9. Tecido adiposo.

Hematopoiético

Hematopoiéticos ou reticulares são conjuntivos produtores de células sanguíneas e linfáticas.



Sustentação

ESQUELETOS

A maioria dos animais possui um sistema rígido, o esqueleto. Os esqueletos protegem e sustentam o corpo e os órgãos internos, além de possuírem regiões para a inserção de músculos. Peças articuladas do esqueleto de vertebrados e de artrópodos funcionam como agentes passivos nos movimentos, atuando como alavancas para os músculos.

EXOESQUELETO

Exoesqueleto é o esqueleto externo, como uma carapaça ou concha, de corais, artrópodos e moluscos. Secretado pela epiderme, esse esqueleto morto limita o tamanho do animal.

ENDOESQUELETO

Endoesqueleto é o esqueleto interno, como o de equinodermas e vertebrados. De origem conjuntiva, não limita o tamanho do animal, possibilitando a existência de alguns vertebrados muito grandes. Nos equinodermas, as placas calcárias do esqueleto são dérmicas e cobertas por epiderme.

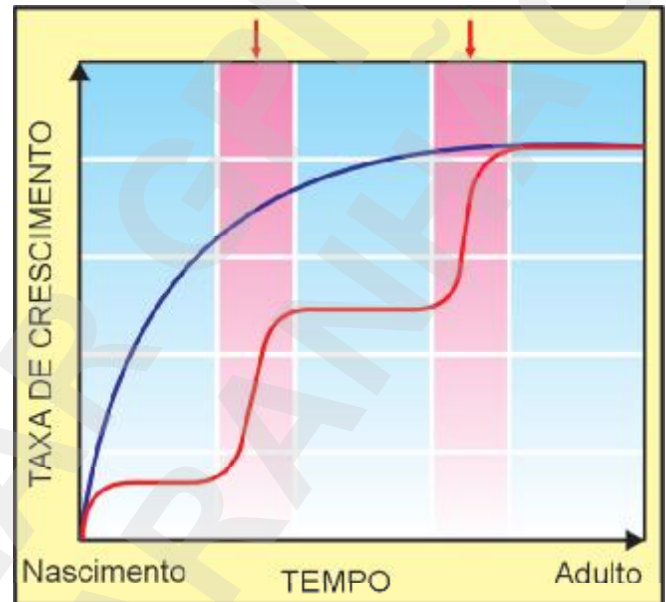
ESQUELETO DOS INVERTEBRADOS

Em invertebrados como minhocas e nematódeos, a sustentação depende da pressão dos líquidos nas cavidades do corpo, formando o esqueleto hidrostático.

As carapaças calcárias encontradas em corais, moluscos e equinodermas existem durante toda a vida do organismo, crescem e se espessam com o tempo.

O exoesqueleto dos artrópodos (protetor contra choques e atritos) é articulado, constituído por uma cutícula acelular, rica em quitina (um glicídio, associado a fibras de proteínas), produzida pela epiderme e que é reforçada, nos crustáceos, por sais de cálcio. Quitina é um polissacarídeo nitrogenado complexo e insolúvel, inclusive nos sucos digestivos de outros animais.

O esqueleto externo dos artrópodos limita seu crescimento e obriga a ocorrência de mudas ou ecdises (estimuladas por um hormônio, chamado ecdisona) para o seu desenvolvimento. Em média, esse esqueleto, uma verdadeira armadura, é trocado quatro vezes ao longo da vida do animal.



No gráfico, a curva em vermelho representa o crescimento descontínuo dos artrópodos. As faixas em rosa com as setas destacam os períodos pós-muda, nos quais o animal cresce rapidamente antes que um novo exoesqueleto se consolide. As faixas em azul mostram os períodos sem aumento de tamanho corporal na fase intermudas. A curva em azul representa o crescimento contínuo presente em muitas espécies de animais, inclusive a nossa.

Alguns artrópodos dissolvem a parte interna do exoesqueleto antigo antes de deixá-lo. Assim, incorporam muito carbonato de cálcio e magnésio para síntese do novo exoesqueleto, o que é necessário para os que têm alimentação pobre em substâncias carbonatadas.

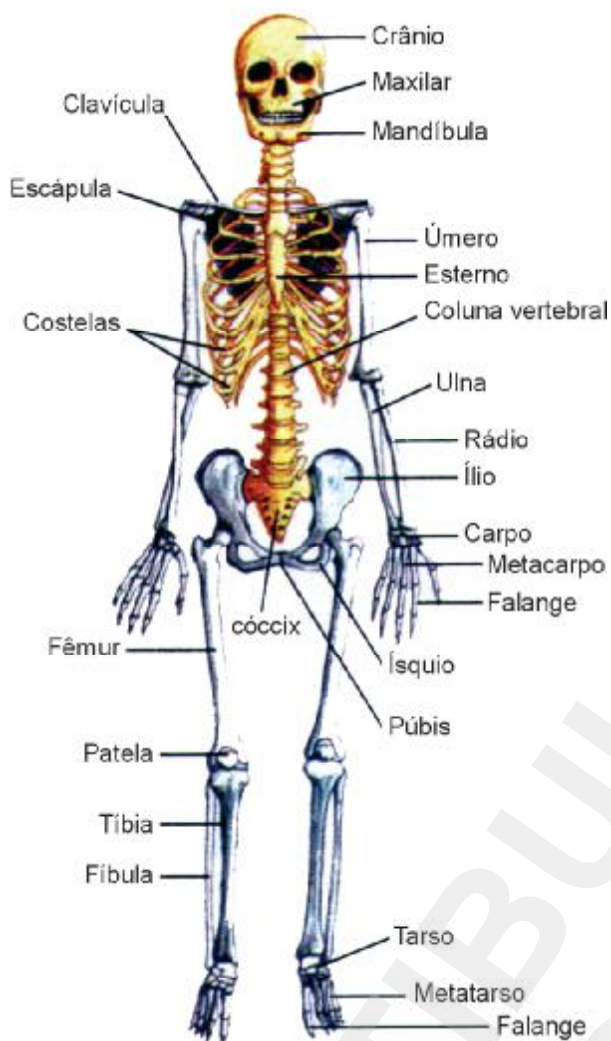
ESQUELETO DOS VERTEBRADOS

O esqueleto dos vertebrados, bastante protetor e sustentador, formado por um tecido vivo que cresce junto com o animal, tem um padrão básico comum (apresenta homologia, já que a origem embrionária é a mesma). Como tem posição interna, serve de arcabouço, determinando a forma do corpo. Pode ser cartilaginoso ou ósseo.

É cartilaginoso nos ciclóstomos como a lampreia; nos condrictes, peixes cartilagosos como tubarão e raia e no embrião dos demais vertebrados.

A partir dos osteócitos, peixes ósseos, o esqueleto é tipicamente de tecido ósseo, com cartilagens em articulações e em alguns outros locais. Em anfíbios ainda há muita cartilagem, mas em répteis, aves e mamíferos adultos quase só há osso.

O osso é um órgão de sustentação mais denso e mais forte que a cartilagem, pois sua substância intercelular é calcificada.



Esqueleto humano.

TECIDO CARTILAGINOSO

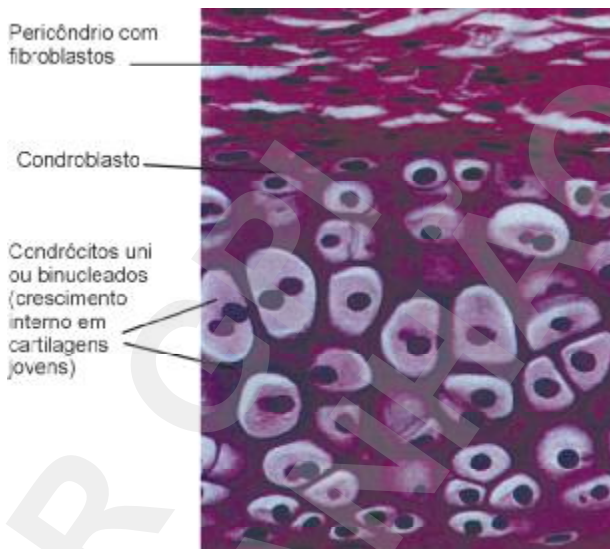
O tecido cartilaginoso ou cartilagem é um tipo de conjuntivo com substância intercelular ou matriz gelatinosa e fibrosa, de consistência firme e flexível.

CÉLULAS

As células cartilaginosas jovens são os condroblastos, produtores de matriz, que se tornam condrócitos quando maduras, alojadas em lacunas, os condroplastos (na realidade, regiões quase sem fibras, apenas com substância amorfa). Fazem respiração anaeróbia do tipo fermentação láctica.

MATRIZ

A matriz cartilaginosa ou condrina tem fibras colágenas e elásticas e proteínas associadas a um glicídio, o ácido condroitinossulfúrico. Não tem vasos sanguíneos nem nervos.



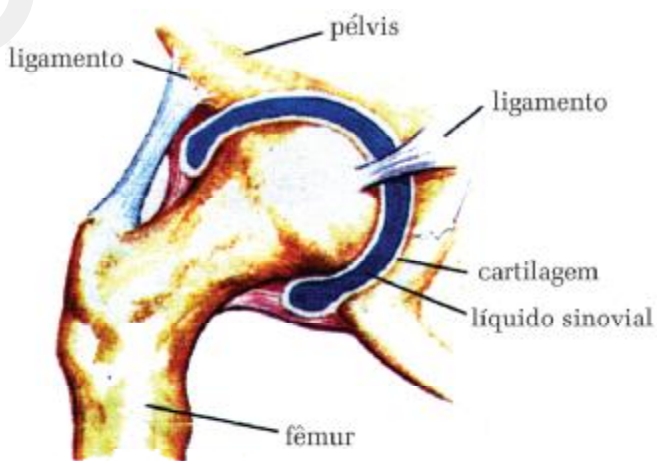
Tecido cartilaginoso (hialino), mostrando embaixo e em cima o pericôndrio.

PERICÔNDRIO

O pericôndrio é um tecido conjuntivo propriamente dito, denso, que envolve as cartilagens. Sua camada fibrosa, externa, é protetora, com fibras colágenas e elásticas. A camada condrogênica, interna, faz o crescimento superficial da cartilagem (tem células mesenquimais indiferenciadas). Como o pericôndrio é um tecido conjuntivo, aí chegam vasos sanguíneos e nervos, que não existem na cartilagem. É a partir de vasos do pericôndrio que, por difusão, as células cartilaginosas recebem alimento.

PROPRIEDADES

As cartilagens têm função de sustentação, proteção e articulação. Têm flexibilidade, suportam pressões e reduzem atritos. A taxa metabólica é baixa e sua capacidade de regeneração é pequena.



Articulação do quadril. A cartilagem das articulações, juntamente com o líquido sinovial, diminui o atrito entre os ossos.



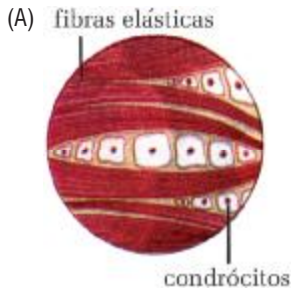
TIPOS

As cartilagens podem ser hialinas, elásticas ou fibrosas.

Hialinas são as cartilagens mais comuns. São frágeis, com poucas fibras colágenas e matriz flexível. Constituem o esqueleto inicial do embrião, fossas nasais, traqueia, brônquios e superfícies articulares.

Elásticas são cartilagens ricas em fibras elásticas, além das colágenas, como no pavilhão da orelha, laringe e epiglote.

Fibrosas são cartilagens ricas em fibras colágenas, como nos meniscos e nos discos intervertebrais.



(A) Cartilagem elástica.

(B) A cartilagem dos discos intervertebrais amortece os choques transmitidos à coluna pelos movimentos do corpo.

TECIDO ÓSSEO

O tecido ósseo é um tipo de conjuntivo com substância intercelular ou matriz calcificada, mais rígido e mais forte que a cartilagem.

CÉLULAS

As células ósseas jovens são os osteoblastos, produtores de matriz, que se tornam osteócitos, quando maduras, alojadas em lacunas, os osteoplastos.

Osteoclastos são células grandes, multinucleadas, resultantes da fusão de monócitos do sangue, com ação fagocitária, que fazem destruição óssea, desfazendo a matriz, permitindo a remodelagem óssea. Secretam ácidos que dissolvem os minerais do osso e enzimas hidrolíticas que digerem a parte orgânica da matriz.

Osteoblastos secretam matriz óssea enquanto osteoclastos a erodem.

MATRIZ

A matriz óssea tem uma parte orgânica com fibras colágenas e glicoproteínas, responsáveis pela resistência e uma parte inorgânica com hidroxiapatita (fosfato) – carbonatos de cálcio formadores de cristais responsáveis pela dureza. Tem lacunas em que se alojam células ósseas vivas e um sistema de canais nos quais se encontram vasos e nervos.

Sem as fibras colágenas, os ossos poderiam rachar com o peso do corpo. Sem os sais de cálcio os ossos seriam flexíveis demais, como borracha. Juntos formam uma estrutura leve e resistente.



Tecido ósseo ao microscópio.

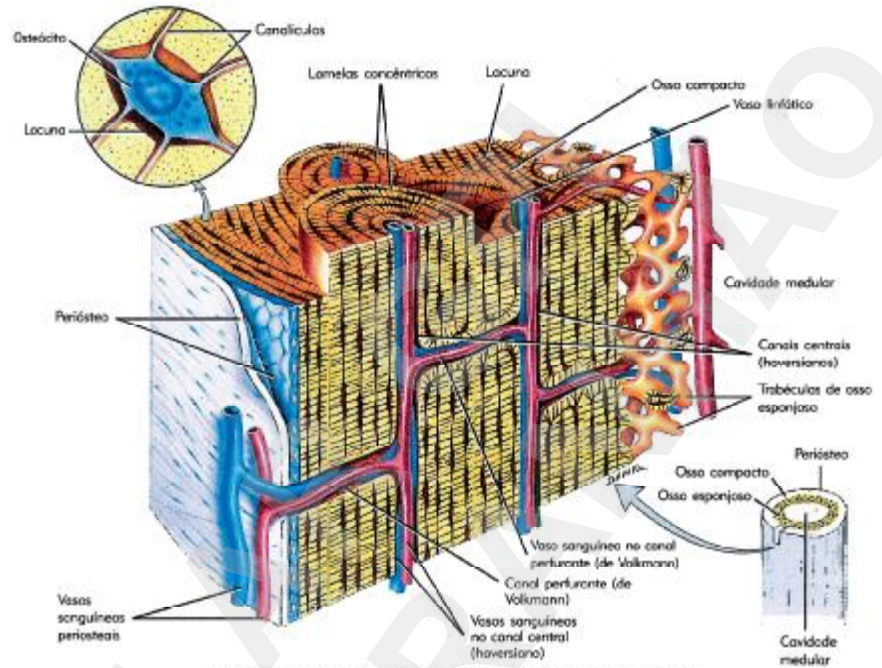


SISTEMA DE HAVERS

Osteócitos se formam a partir de osteoblastos que têm finos prolongamentos que se ligam entre si. Quando os osteoblastos secretam a matriz, resultam nela pequenos canais, nos quais estavam os prolongamentos, que se comunicam uns com os outros.

Através desses canaliculos, há comunicação dos osteócitos com canais por onde passam vasos sanguíneos, os canais longitudinais de Havers ou canais centrais e os canais transversais de Volkmann ou canais perforantes.

É essa organização, o sistema de Havers ou osteon, que possibilita a chegada pelos canaliculos aos osteócitos de nutrientes e oxigênio trazidos pelos vasos sanguíneos.



Aspecto documentado de vários osteons (sistemas haversianos) no oso compacto

Pelos canais de Havers ou centrais e de Volkmann ou perforantes, passam vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam o tecido ósseo. Os osteócitos formam camadas concêntricas ao redor de cada canal central.

PROPRIEDADES

Como o sistema de canais leva O₂ e nutrientes aos osteócitos, é maior a taxa metabólica e também a capacidade de regeneração do tecido ósseo em comparação com o tecido cartilaginoso.

O periosteio, de tecido conjuntivo denso, fibroso, externamente, cobre o osso e contém células mesenquimais em sua camada interna, que podem se diferenciar em osteoblastos. Essa camada é osteogênica, gerando novas camadas ósseas, permitindo o crescimento do osso em diâmetro.

O cilindro central do osso (diáfise) é um tubo de osso compacto, oco, preenchido por medula óssea amarela, gordurosa, o tutano. Osteoclastos secretam ácidos que dissolvem sais de cálcio e collagenase que digere colágeno, destruindo a parte interna do osso e aumentando a cavidade medular.

Medula óssea vermelha hematopoiética (produtora de células sanguíneas e linfáticas) ocupa as regiões de osso esponjoso nas epífises. Cartilagem articular hialina reveste a superfície das epífises (extremidades) dos ossos longos.

Próximo às epífises uma cartilagem hialina de conjugação, de crescimento em comprimento ou metáfise, é observada desde o nascimento até ossificar, ao final da adolescência, e se tornar uma linha epifisal quando o osso não cresce mais. É uma das poucas regiões do esqueleto ainda não ossificadas ao nascimento. Outra é a moleira nos ossos chatos do crânio.

(a) Úmero (osso do braço) parcialmente seccionado

(b) Fotografia de uma porção de um fêmur (osso da coxa) parcialmente seccionado

RESUMO DAS FUNÇÕES DO TECIDO ÓSSEO

1. Sustenta os tecidos moles e fornece fixação para muitos músculos esqueléticos.
2. Protege os órgãos internos.
3. Fornece movimento em conjunto com os músculos esqueléticos.
4. Armazena e libera minerais, especialmente cálcio e fósforo.
5. Armazena medula óssea vermelha que produz os glóbulos sanguíneos.
6. Armazena medula óssea amarela (principalmente gordurosa), que é uma reserva de energia.

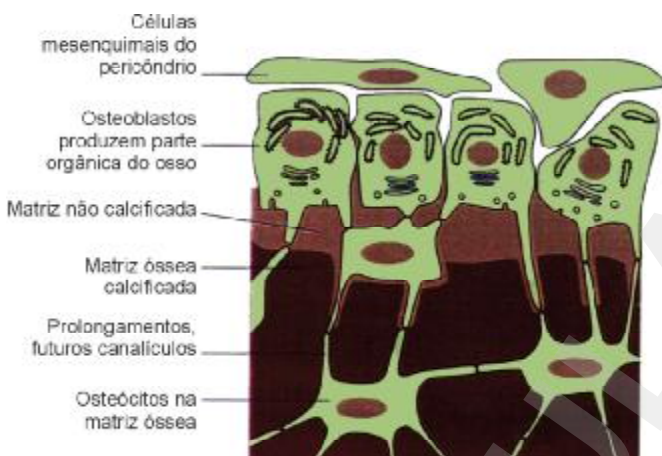
Anatomia de um osso longo.



OSSIFICAÇÕES INTRAMEMBRANOSA E ENDOCONDRA

Ossos chatos como os da abóboda craniana ou do esterno têm osso compacto em ambas as superfícies externas e osso esponjoso com medula óssea vermelha entre elas. Sua ossificação é intramembranosa, resultando da deposição de sais de cálcio na matriz de uma membrana conjuntiva (de tecido conjuntivo propriamente dito).

A maioria dos ossos tem ossificação endocondral, a partir de um molde (esqueleto) cartilaginoso. A deposição de sais de cálcio (ação da fosfatase alcalina) na matriz acarreta a degeneração da cartilagem e sua morte, ao mesmo tempo em que há invasão de osteoblastos e origem de tecido ósseo sobre o molde cartilaginoso degenerado.



A cartilagem se desagrega e é invadida por osteoblastos que fabricam o osso definitivo. O pericôndrio se transforma em periosteio.

FUNÇÕES DO ESQUELETO NOS VERTEBRADOS

O esqueleto é responsável pela sustentação do corpo além de possuir regiões para a inserção de músculos responsáveis pela parte ativa do movimento.

Sua função protetora fica bem clara na coluna vertebral protegendo a medula espinhal; no esterno em relação aos órgãos torácicos e no crânio protegendo o encéfalo.

Há produção de sangue pelos tecidos hematopoiéticos da medula óssea vermelha das epífises dos ossos longos e do interior de ossos chatos.

Seu papel de reserva fica evidente na presença de fosfato necessário à regeneração de ATP e de cálcio com seus importantes papéis, seja na coagulação do sangue, na contração dos músculos ou na regulação da sensibilidade nervosa.

A mineralização óssea e dentária e a hipocalcemia resultam da ação do hormônio calcitonina ou tireocalcitonina da tireoide e o inverso resulta da ação da paratirina ou paratormônio das paratireoides, que ativam osteoclastos.

O crescimento e a manutenção do osso dependem ainda do GH ou hormônio do crescimento da hipófise, de hormônios sexuais (estrógenos e testosterona) e da vitamina D (calciferol).

CUIDADO COM OS OSSOS

Os nossos ossos se renovam continuamente, mesmo depois que o nosso crescimento cessa. Constantemente chegam novas moléculas de colágeno e novos sais de cálcio para substituir os antigos. Assim, os ossos são reconstruídos, tipicamente os mais utilizados.

Exercícios físicos fortificam tanto músculos quanto ossos. A perda de massa óssea, de ossos pouco usados, aumenta a chance de fraturas. O enfraquecimento ósseo, a osteoporose, é frequente nas mulheres após a menopausa e pode resultar da queda de estrógenos. A reposição hormonal pode ser feita sob recomendação médica. Evitar a vida sedentária e praticar exercícios físicos adequados à idade são recomendados.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNIRIO-RJ) Durante o verão, podemos ouvir, com frequência, o canto das cigarras, que é um som emitido pelos machos para atrair as fêmeas ao acasalamento. Nesse mesmo período, observamos exoesqueletos de cigarras presos às árvores, que popularmente são mencionados como cigarras “estouradas” de tanto cantar. Sabe-se que, na verdade, é o resultado do crescimento que ocasiona as “mudas” nos insetos.

O hormônio responsável pelas “mudas” nos insetos é o (a):

- (A) ferormônio;
- (B) ácido abscísico;
- (C) auxina;
- (D) ecdisona;
- (E) adrenalina.

02. (UFRS) Deixando-se um osso de galinha imerso numa solução fraca de ácido clorídrico, depois de três dias, ao retirá-lo, constata-se que ele:

- (A) adquire maior consistência, porque o ácido clorídrico reage com o cálcio do osso, formando cloreto de cálcio, que se solidifica;
- (B) permanece totalmente escuro pela deposição de uma camada de cloreto de cálcio;
- (C) reveste-se de uma membrana fibrosa de osseína;
- (D) torna-se flexível, porque o HCl destrói os sais de cálcio;
- (E) destrói-se completamente, corroído pelo ácido.

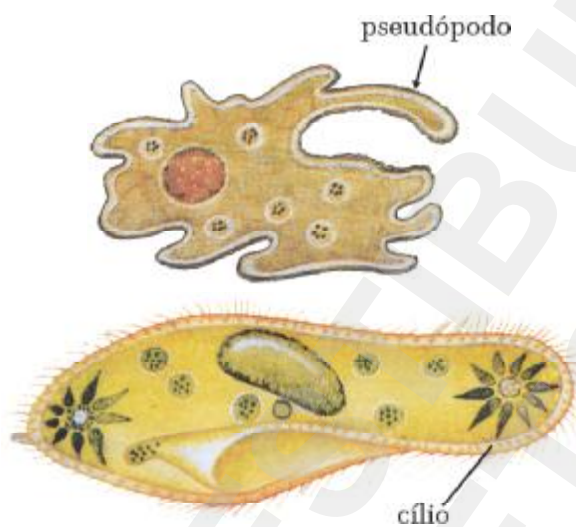
Movimentação

“O verdadeiro revolucionário é guiado por grandes sentimentos de amor. É impossível pensar em um revolucionário autêntico sem esta qualidade. Talvez este seja um dos grandes dramas do líder: ele deve unir a um espírito tranquilo uma mente fria e tomar decisões dolorosas sem contrair um único músculo.”

(Ernesto Guevara)

MECANISMOS BÁSICOS

Podemos considerar três formas e mecanismos básicos de movimentação nos animais: a movimentação ameboide, semelhante à das amebas (protozoários, reino Protista); as movimentações ciliar e flagelar, por cílios ou flagelos também presentes no paramécio e no tripanossoma, respectivamente (protozoários, reino Protista), e a movimentação muscular responsável pela locomoção dos animais, transporte de alimentos pelo tubo digestório, propulsão de sangue e outros.



Movimentações ameboide (A) e ciliar (B).

AMEBOIDE

A movimentação ameboide resulta do deslizamento de filamentos de proteínas actina e miosina, com gasto de energia (de ATP), que acarretam deslocamento de citoplasma e formação de pseudópodos (os falsos pés) que possibilitam a movimentação das células.

Essa movimentação também é responsável pelo deslocamento dos leucócitos (como os neutrófilos) e macrófagos, células fagocitárias de defesa, para os locais de infecção.

CILIAR

A movimentação dos cílios do epitélio ciliado dos moluscos bivalves movimenta água através das brânquias; do epitélio ciliado das vias respira-

tórias de vertebrados pulmonados expulsa muco, com partículas estranhas aderidas, evitando que impurezas cheguem aos pulmões; e do epitélio ciliado das tubas uterinas (Trompas de Falópio) movimenta ovócitos II (ou zigotos e mórulas, se houver fecundação) dos ovários ao útero.

FLAGELAR

A movimentação dos flagelos dos coanócitos, células flageladas de esponjas, desloca e filtra correntes de água que atravessam o corpo desses animais, retendo nutrientes; das células-flama, células flageladas das protonefírias (do sistema excretor) de platelmintos, cria correntes de líquidos que expulsam excretas dos tecidos; e dos espermatozoides, células flageladas que são gametas masculinos, desloca o espermatozoide em meio ao esperma.

MUSCULAR

A movimentação muscular depende da capacidade de os músculos exercerem força através de sua contração, com encurtamento de suas fibras.

Nos INVERTEBRADOS

Nos platelmintos, nematódeos, anelídeos e moluscos, que não possuem esqueleto rígido ou nos quais ele é basicamente protetor como nos moluscos, o movimento resulta de contrações associadas de dois tipos de musculatura: a circular (diminui ou aumenta o diâmetro do animal ao se contrair ou relaxar e, conseqüentemente, aumenta ou diminui o comprimento do corpo) e a longitudinal (promove movimentos de curvatura ao se contrair).

Lombrigas (nematódeos) não têm músculos circulares; por isso, não esticam ou encolhem, apenas se curvam.

Muitos invertebrados têm, ainda, músculos transversais que ampliam a variedade de movimentos.

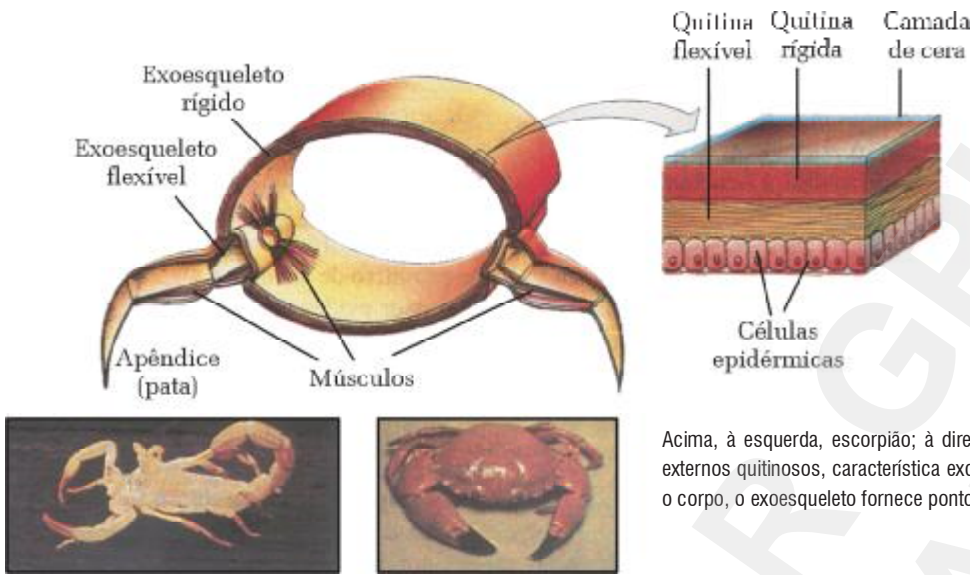
Artrópodos e outros invertebrados têm musculatura estriada, capaz de contrações rápidas, presa ao exoesqueleto e aos apêndices locomotores, possibilitando eficientes movimentos de asas e patas.

Nos VERTEBRADOS

Os vertebrados possuem três tipos de músculos, que diferem entre si pelas características de suas células e pela sua localização no organismo: estriado esquelético, liso ou não-estriado e estriado cardíaco.

O estriado esquelético está ligado ao esqueleto e tem contração voluntária. O músculo liso é encontrado na parede de órgãos ocos (tubo digestivo, útero, artéria e brônquios) e tem contração involuntária. Em muitos invertebrados é o único. O estriado cardíaco forma o miocárdio (parede do coração) e tem contração involuntária.

Nos vertebrados, os músculos esqueléticos são muito eficientes e trabalham juntamente com os ossos, que servem de alavanca para os músculos, nos movimentos de locomoção.

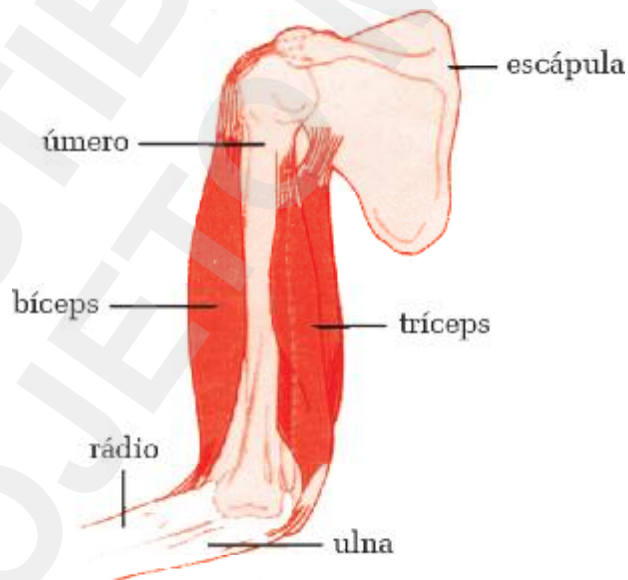


Acima, à esquerda, escorpião; à direita, caranguejo. Ambos têm exoesqueletos externos quitinosos, característica exclusiva do filo *Arthropoda*. Além de proteger o corpo, o exoesqueleto fornece pontos de apoio aos músculos.

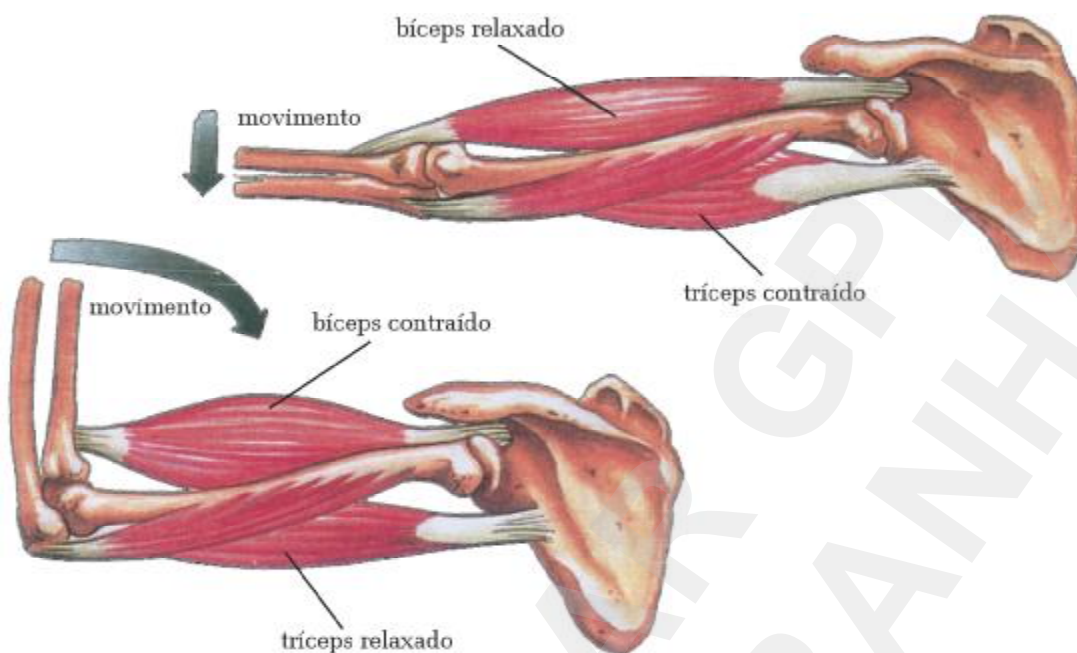
TECIDOS MUSCULARES

Os tecidos musculares são formados por células alongadas, as fibras musculares, juntas por tecido conjuntivo (coesão), com filamentos citoplasmáticos, proteicos, de actina e miosina, deslizantes, contráteis, formando as miofibrilas, capazes de contração com gasto de energia (ATP) e de condução do estímulo contrátil.

São funções do tecido muscular: a parte ativa da movimentação do corpo; a sustentação ativa (o tônus muscular que mantém o esqueleto em posição); a propulsão de líquidos (peristaltismo e contrações cardíacas); a produção de calor (inclusive pela semicontração de músculos antagonistas) e a reserva proteica.



Os músculos, prendendo-se aos ossos através dos tendões, possibilitam os movimentos do corpo. Bíceps e tríceps são músculos antagonistas.



Movimentos de flexão e extensão provocados por um par de músculos antagonistas: o bíceps e o tríceps.

Músculo é um conjunto de células ou fibras musculares, cada uma delas com um conjunto de miofibrilas. É responsável por cerca da metade do peso do nosso corpo.

Músculo Liso

O músculo liso ou visceral é de contração involuntária e lenta, controlada pelo sistema nervoso autônomo ou neurovegetativo e por hormônios. É encontrado no tubo digestivo (peristaltismo desloca o alimento), no útero (durante a gravidez o útero aumenta de tamanho devido à hipertrofia das células musculares lisas e à formação de novas células musculares por proliferação e diferenciação), na bexiga (ajuda a eliminar a urina), na tuba uterina (trompa de Falópio), em artérias e veias, pupilas, brônquios e bronquíolos (controla o diâmetro) e, ainda, preso aos pelos e cabelos do corpo (ericação). Ao redor das glândulas determina eliminação de secreções.

A célula ou fibra muscular lisa é fusiforme, com núcleo único (uninucleada) central e miofibrila lisa (homogênea, sem estrias transversais), com actina e miosina, de contração mais lenta e mais fraca que nos músculos estriados.



Músculo liso.

MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO

O músculo estriado esquelético é de contração voluntária e rápida (permitindo reação aos estímulos do ambiente), controlada pelo sistema nervoso central.

Encontrado no bíceps, tríceps e muitos outros músculos esqueléticos, constitui a “carne” dos animais. São cerca de 600 músculos, a maioria presa aos ossos. Encontram-se ainda no abdômen (sustentam vísceras), sob a pele do rosto (expressões fisionômicas e movimento dos olhos) e outros.

Nos músculos estriados vistos em corte transversal, percebe-se grande número de células ou fibras musculares estriadas paralelas envoltas por tecido conjuntivo; o epimísio, em volta de todo o músculo, o perimísio, envolvendo grande número de fibras; e o endomísio individualizando cada fibra muscular.

FIBRA MUSCULAR ESTRIADA

A célula ou fibra muscular estriada é cilíndrica e muito longa. Resulta da fusão de mioblastos (células embrionárias) e tem muitos núcleos periféricos. Apresenta membrana plasmática (sarcolema), hialoplasma ou citossol (sarcoplasma), muitas mitocôndrias (sarcossomas) e muito retículo endoplasmático (retículo sarcoplasmático).



estrias

Suas numerosas miofibrilas são estriadas com as proteínas actina e miosina organizadas em discos claros e escuros.

Músculo estriado esquelético.



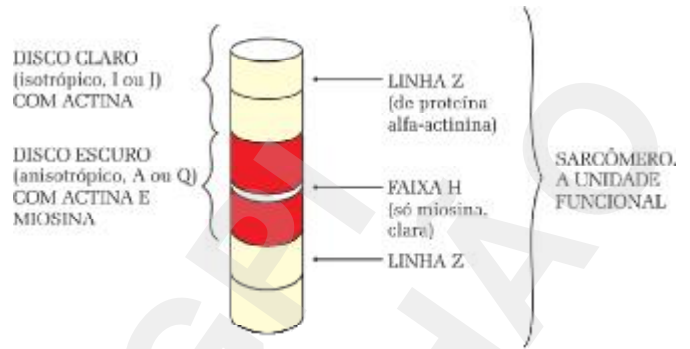
Contém grãos de glicogênio, um polímero da glicose que armazena energia (reserva energética), e mioglobina (proteína que armazena O_2), em maior quantidade na carne vermelha (de fibras lentas e contração forte) que na carne branca (de fibras rápidas).

Grande atividade muscular acarreta maior volume do músculo devido ao aumento do número de fibrilas (miofibrilas) nas células e não de fibras (células musculares).

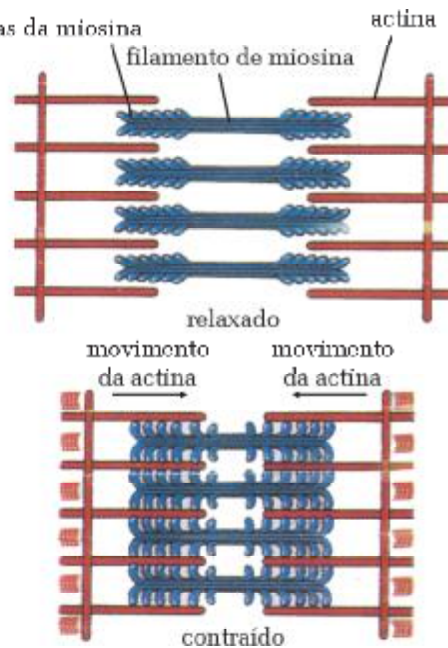
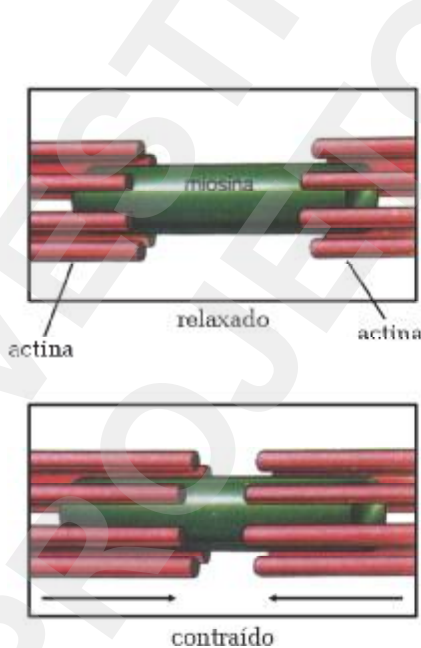
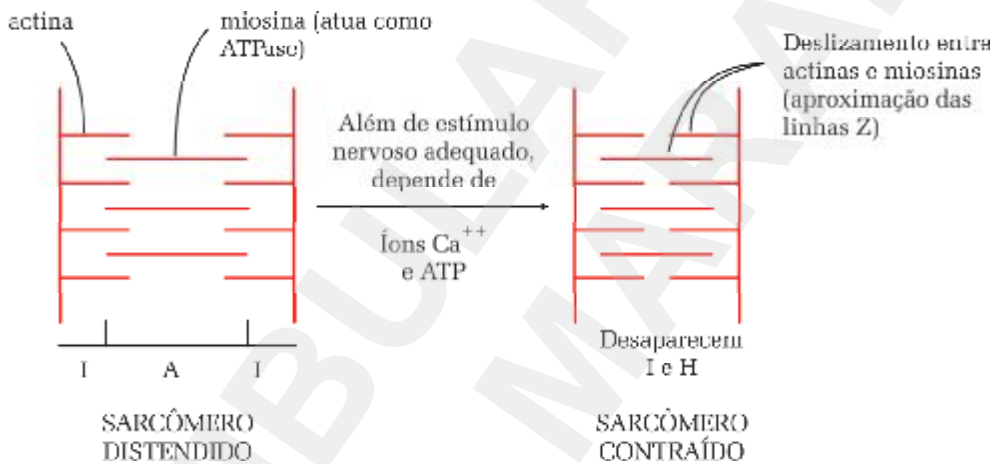
A fibra muscular estriada não se reproduz (não realiza mitoses durante a vida devido à grande especialização), podendo, no entanto, crescer e recuperar pequenas partes lesadas. A fibra morta é substituída por tecido conjuntivo cicatricial.

MIOFIBRILA ESTRIADA

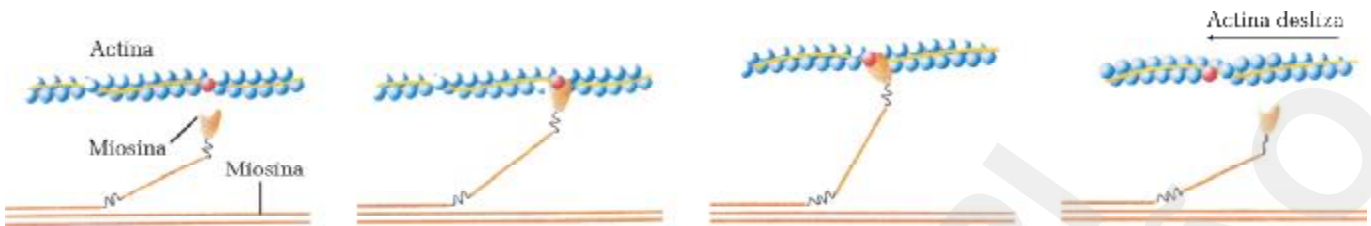
Cada miofibrila é constituída por um arranjo regular de microfilamentos de actina (finos) e de miosina (grossos), formando as estrias transversais, claras e escuras.



Sarcômero é a unidade contrátil dos músculos estriados. Um sarcômero é delimitado por duas linhas Z consecutivas, às quais se prendem microfilamentos de actina. Na região mediana do sarcômero, ficam os microfilamentos de miosina.



Contração do sarcômero e movimentação das moléculas de actina e miosina.



Na contração, as projeções da miosina se prendem à actina e se movimentam em direção ao centro, arrastando o filamento de actina. A miosina solta-se então da actina e vai se ligar em outro ponto do filamento. O movimento e o deslizamento da miosina com a actina consomem energia do ATP.

Para que ocorra a contração dos sarcômeros de cada fibrila, além do estímulo nervoso são ainda necessários íons cálcio (Ca^{++}) e energia (ATP). A regeneração do ATP, que é constantemente usado na atividade muscular, ocorre por respiração aeróbia (predominante nas atividades esportivas de resistência) e por fermentação láctica e hidrólise da fosfocreatina (ambas anaeróbias, predominantes nas atividades esportivas de explosão).

Os filamentos de miosina que atuam como ATPase (são capazes de usar, diretamente, a energia das moléculas de ATP) ligam-se aos filamentos de actina, movem suas saliências ("cabeças" de miosina) como alavancas e deslocam os filamentos de actina, tracionando as linhas Z para o meio do sarcômero, encurtando-o e fazendo desaparecer os discos claros (I) e a faixa H.

Cálcio (Ca^{++}) é liberado por bolsas do retículo endoplasmático não granuloso (retículo sarcoplasmático), que se despolarizam devido ao impulso nervoso, e participa da união de miosinas e actinas. ATP fornece a energia para o giro das cabeças das miosinas (energia para a contração).

às actinas, determinando um estado de contratura denominado rigidez cadavérica, que depois cede em consequência da desnaturação proteica (destruição das proteínas por enzimas lisossomiais), que ocorre de 15 a 25 horas depois.

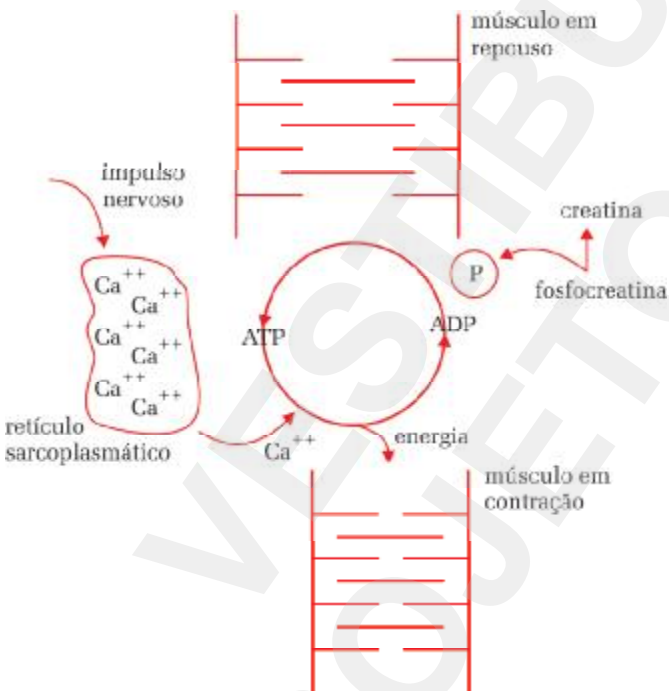
Fosfocreatina é doador de fosfato energético (é um fosfágeno) para a regeneração do ATP nos músculos dos vertebrados. No curso de uma atividade física, a fosfocreatina é hidrolisada e cede fosfato para a regeneração dos ATP que estão sendo gastos.

Após a atividade, parte dos ATP gerados pela respiração celular cede fosfato para a regeneração da fosfocreatina, recompondo o pequeno estoque do regenerador de ATP. O organismo está preparado para nova atividade.

Podemos dizer que o sarcômero em repouso está "rico" em ATP e fosfocreatina (embora seus estoques sejam mínimos) e o sarcômero exausto é muito pobre neles ("rico" em ADP e creatina). A falta de energia impedindo o relaxar do músculo (falta de ATP e da bomba de Ca^{++}) pode acarretar a contração mantida e dor (cãibra), com acúmulo de ácido láctico. Esforço extremo numa contração muscular continuada, circulação restrita causada por roupa apertada ou contração estática prolongada, entre outros, podem resultar em cãibra.

A hidrólise da fosfocreatina que oferece energia rápida é muito importante em atividades físicas de curtíssima duração que exigem movimentos bruscos e explosivos como saltos, levantamento de pesos e arremessos.

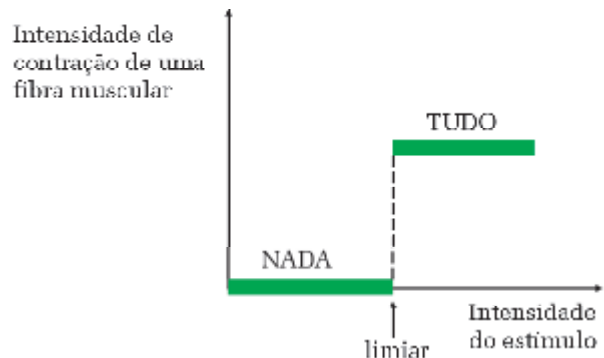
O processo de contração muscular é muito rápido, podendo ocorrer cerca de 75 vezes por segundo e encurtar aproximadamente 35% o comprimento da fibra muscular.



LEI DO TUDO OU NADA

A lei do tudo ou nada da contração muscular afirma que, se o estímulo é suficiente, todos os sarcômeros de todas as miofibrilas se contraem simultaneamente, acarretando a contração total da fibra muscular.

Estímulos fracos não causam contração (nada) e estímulos superiores a um determinado limiar (determinado valor) causam contração sempre com a mesma e máxima intensidade.



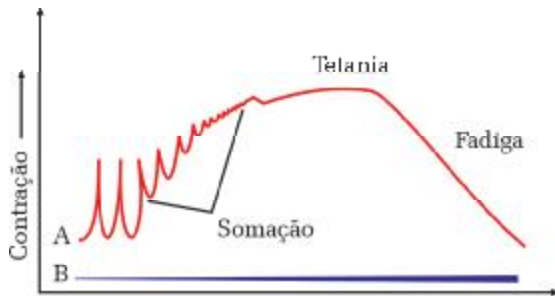
Para que a fibra muscular volte ao estado relaxado, Ca^{++} é bombeado ativamente (com gasto de ATP) de volta para o REL (RENG) e ATP se liga às cabeças da miosina (agora separadas dos filamentos de actina) e aguarda uma futura hidrólise.

Por este motivo, em cadáveres, apenas por algumas horas, devido à falta de ATP que não pode mais ser regenerado e com a consequente interrupção do transporte ativo de Ca^{++} , as miosinas permanecem unidas



A diferença entre uma contração muscular forte e uma fraca resulta do número de fibras musculares que se contraem. Essa capacidade de modular a intensidade de uma contração chama-se somação espacial ou recrutamento.

Uma estimulação exageradamente contínua (sucessiva) que provoque o máximo de contração, não havendo tempo para o músculo relaxar (há fusão de contrações superpostas), pode acarretar tetania (contração persistente) e, se demorada, fadiga muscular.



A) Contração obtida. B) Estímulos aplicados.

MÚSCULO ESTRIADO CARDÍACO

O músculo estriado cardíaco (ou miocárdio) do coração tem contração involuntária e rítmica (não sustentada), gerada por ele próprio (miogênica), mas influenciada pelo sistema nervoso autônomo.

A célula ou fibra muscular estriada cardíaca é ramificada com núcleo único e central, muitas mitocôndrias e miofibrilas (sarcômeros e estrias) idênticas às dos músculos esqueléticos.

Logo após uma contração da musculatura estriada cardíaca, o músculo se torna quase completamente relaxado antes que um segundo estímulo seja eficaz. Isto explica por que o miocárdio normal não pode desenvolver tetania.

As ramificações das células se unem por discos intercalares (escalariformes) com interdigitações e desmossomas para adesão e nexos ou junções comunicantes que permitem passagem de íons e espalhamento rápido da excitação entre as células do coração.

Fibras cardíacas não se dividem nem regeneram. O tecido morto é substituído por cicatriz de tecido conjuntivo.

CARNE VERMELHA E CARNE BRANCA

Fibras estriadas esqueléticas podem ser de contração rápida e de contração lenta. A de contração rápida tem resposta rápida, forte, em curto tempo. A de contração lenta sustenta a contração por mais tempo.

As de contração lenta têm mais mitocôndrias, maior irrigação sanguínea e respiração aeróbia por mais tempo (rendimento energético maior do que na anaeróbia), daí a contração prolongada. Têm, ainda, muita mioglobina que retira oxigênio da hemoglobina.

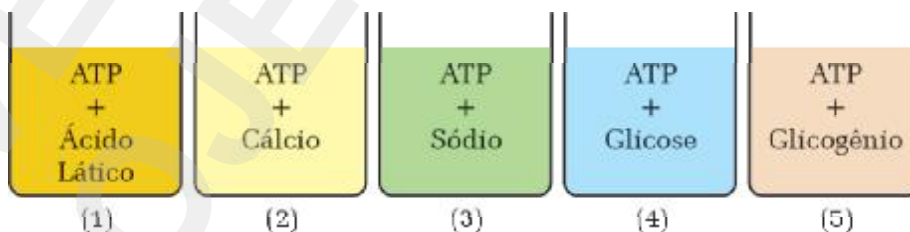
Cada músculo tem fibras estriadas dos dois tipos em proporções diferentes, o que determina a maior ou menor capacidade de contração, e isso pode interferir na proporção (hereditariedade também influi): corredor de 100 metros rasos tem mais fibras de contração rápida e maratonista tem mais fibras de contração lenta.

Alguns animais têm músculos com um só tipo de fibras: músculos do peito da galinha são só de contração rápida (para bater asas na fuga), os da perna são de contração lenta (para andar o dia inteiro). A carne do peito é branca e a das pernas é vermelha (muita mioglobina).

Mamíferos aquáticos que mergulham em busca de alimento, sem poder respirar por muito tempo, se valem da capacidade de uma mioglobina armazenar oxigênio. É o caso do golfinho, da baleia e outros.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UERJ) Com o objetivo de demonstrar em laboratório a importância de certos fatores no processo de contração da célula muscular estriada, um pesquisador colocou células musculares em recipientes com solução fisiológica à qual diferentes fatores foram adicionados, conforme está representado no esquema abaixo:



O número que indica o recipiente onde se observou a contração muscular é:

- (A) 1
- (B) 2
- (C) 3
- (D) 4
- (E) 5



Defesas e Sistema Imune

“Médicos só podem curar as doenças que são curáveis.”

Infecções e Infestações

Nós compartilhamos o ambiente com milhares de outras formas de vida, incluindo vírus, bactérias, fungos, protozoários e vermes, muitos deles organismos parasitas ou patógenos, causadores de doenças. Classicamente, infecções são causadas por microrganismos e infestações são causadas por organismos macroscópicos; para ambos os casos, contamos com mecanismos de defesa específicos.

Vias de Penetração

Os patógenos podem penetrar no organismo através das superfícies corporais (da pele por picadas, ferimentos e agulhadas ou através das finas mucosas pelo contato com o ar inalado, água e alimentos ingeridos e contatos sexuais).

Defesas não Específicas

Contamos com barreiras contra os patógenos que podem ser: mecânicas ou físicas, como a pele e a mucosa ciliada das vias respiratórias; químicas, como a acidez (principalmente da pele e mucosas estomacal e vaginal) e as lisozimas (enzimas da saliva, lágrima e suor, que destroem as paredes celulares de muitas bactérias), além da reação inflamatória que inclui defesa fagocitária realizada por macrófagos e neutrófilos que endocitam corpos estranhos.

Todos esses mecanismos gerais de defesa são inespecíficos e não dão imunidade.

Inflamação

A inflamação é um mecanismo de defesa não específico, que, portanto, não gera imunidade. Compreende uma série de eventos que acarretam o desenvolvimento da resposta inflamatória.

As principais características do processo inflamatório são: calor (quentura), rubor, vermelhidão, turgor (inchaço), dor e função lesada.

A resposta inflamatória é composta por duas fases: a inflamação, que permite a destruição, diluição e isolamento dos agentes e células lesadas dos tecidos próximos, e o reparo que se inicia durante a fase ativa da inflamação, terminando após a neutralização do agente lesivo.

Histamina, Vermelhidão e Calor Local

Quando um tecido é invadido por organismos causadores de doenças ou patógenos, como uma bactéria que atravessando o epitélio chega ao conjuntivo, as células que são danificadas, os mastócitos do tecido conjuntivo e os basófilos do sangue liberam histamina, uma substância vasodilatadora que permite um maior fluxo de sangue para a área infectada, o que justifica a vermelhidão e quentura (calor) locais.

Maior Permeabilidade Capilar e Edema

Os capilares dilatados ficam mais permeáveis, o que leva à maior passagem de água para os tecidos atingidos, causando edema e, em consequência, dor.

Parte do plasma que saiu do sangue coagula-se em torno do local, isolando-o do resto do corpo e, assim, evitando a disseminação de germes.

Diapedese e Migração de Leucócitos

Através dos poros dilatados dos capilares passam, por diapedese, glóbulos brancos (leucócitos) fagocitários (primeiro os neutrófilos e depois os monócitos) que, atraídos para o local da infecção, utilizam seu movimento ameboide. A fagocitose por neutrófilos e monócitos (que se transformam em macrófagos no local) tende a destruir os patógenos, digerindo-os com seus lisossomas. Bactérias são também destruídas por peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais livres (formados por átomos de oxigênio sem um elétron) produzidos por neutrófilos.

O combate entre fagócitos e patógenos resulta em morte celular (leucócitos vítimas de toxinas bacterianas) formando o pus, que contém também restos de tecidos lesados.

Febre e Recuperação

No curso da inflamação, substâncias (pirógenos) liberadas no local por células (como os leucócitos), via sangue, estimulam o centro termorregulador no hipotálamo e a temperatura do corpo aumenta. A febre reduz a atividade viral e acelera a produção de anticorpos. Uma febre baixa, não longa, auxilia na recuperação do organismo.

Se a resposta inflamatória não contiver a infecção, a reação à agressão passa a depender da resposta imune, que envolve mecanismos específicos e mais sofisticados, que serão vistos adiante.

Local do Parasitismo

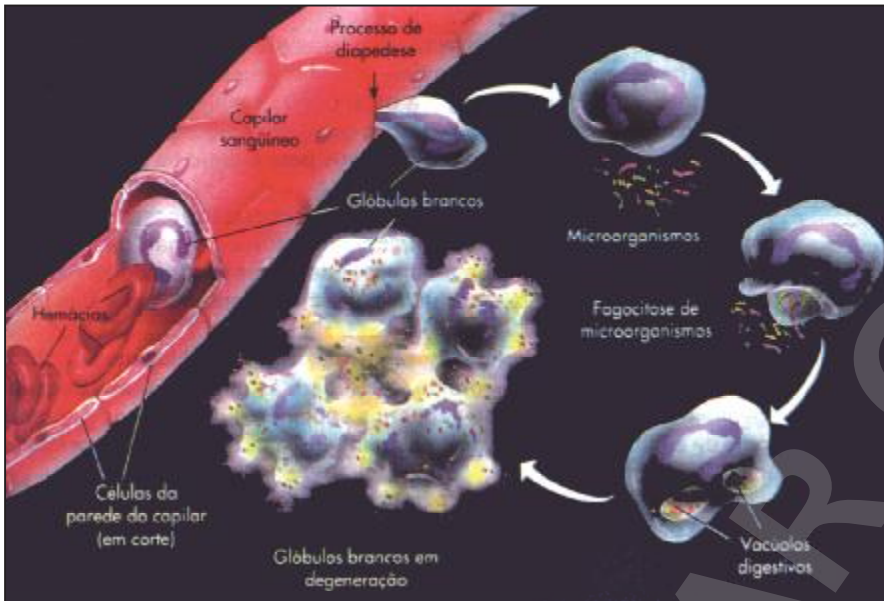
Todos os vírus, algumas bactérias e alguns protozoários são parasitas intracelulares. O organismo, para se defender de infecções, precisa reconhecer e destruir as células infectadas e os parasitas quando em trânsito.

Muitas bactérias e outros parasitas maiores, como protozoários, fungos e vermes, se alojam nos líquidos ou fluidos corporais, nos espaços extracelulares e aí devem ser combatidos.

Defesas Específicas

Além das defesas não específicas (diferentes tipos de barreiras e reações inflamatórias), possuímos defesas específicas que dependem da ação de leucócitos linfócitos e geram imunidade.

Todas as defesas contra patógenos dependem da habilidade do organismo em reconhecer o que lhe é próprio (*self*) e o que lhe é estranho (*non self*). Os organismos são bioquimicamente únicos; suas superfícies celulares têm glicoproteínas e glicolípideos que variam de acordo com a espécie e com os indivíduos. Cada organismo reconhece e aceita



suas macromoléculas e estranha as de outros organismos. Quando há uma infecção bacteriana em nosso corpo, certos tipos de glóbulos brancos saem dos capilares sanguíneos e se deslocam até o local infectado, onde fagocitam ativamente os agentes invasores.

Antígenos

Antígenos ou imunógenos são macromoléculas de um patógeno interpretadas como estranhas e capazes de desencadear resposta imunológica, como aloenxertos teciduais (enxertos de doadores não idênticos, da mesma espécie), microrganismos ou substâncias do meio ambiente, como proteínas de pólen, plantas ou alimentos.

Em um único patógeno, muitas moléculas podem ser antigênicas, e cada uma pode provocar uma resposta imune particular. Estas moléculas podem ser, quimicamente, proteínas, glicoproteínas, DNA, RNA, entre outras.

Imunidade

A resposta imune serviu para permitir a um organismo distinguir os componentes próprios dos componentes não-próprios.

Formas primitivas de rejeição e fagocitose estão presentes em invertebrados, mas respostas imunológicas verdadeiras, com especificidade e memória, estão presentes apenas em vertebrados.

Imunidade nos Invertebrados

Em nenhuma espécie de invertebrado ou de protozoário (Protista) foram identificadas moléculas com estrutura funcional e físico-química semelhante às imunoglobulinas de vertebrados. No entanto, os invertebrados demonstram formas primitivas de fagocitose e rejeição a enxertos.

Imunidade nos Vertebrados

Todas as espécies de vertebrados sintetizam anticorpos e apresentam memória imunológica. Os anticorpos surgem nos agnatos. A imunidade celular é altamente desenvolvida e imunologicamente específica em todos os vertebrados.

Sistema Imunológico

A pele, a fagocitose e a inflamação são mecanismos não específicos de defesa, pois combatem qualquer patógeno invasor, enquanto o sistema imunológico é responsável pelos mecanismos específicos de defesa.

Imunológico, imunitário ou imune é o sistema que combate especificamente cada tipo de invasor. As principais células que atuam nesse combate são os linfócitos T ou células T e os linfócitos B ou células B.

Linfócitos são produzidos pela medula óssea vermelha. Células T são produzidas a partir de células da medula que passam pelo timo, amadurecem e se tornam ativas (capazes de reagir a antígenos), quando então se dirigem a várias partes do sistema linfático (baço, gânglios linfáticos ou linfonodos e outros). Células B são produzidas e amadurecem na medula, dirigindo-se depois aos tecidos linfáticos, onde podem se transformar em plasmócitos e produzir anticorpos, caso encontrem um antígeno específico.

Medula óssea vermelha e timo são considerados órgãos imunitários primários, enquanto gânglios linfáticos ou linfonodos e baço são órgãos imunitários secundários.

Linfócitos B

Os linfócitos B fazem parte do sistema imune, atuando na imunidade humoral mediada por anticorpos ou imunoglobulinas, que são proteínas específicas que combatem patógenos fora das células, tanto os que são extracelulares e ocupam espaços intercelulares, quanto os que são intracelulares, como os vírus, e estão transitando entre uma célula e outra.

Um humano saudável produz, na medula óssea vermelha, milhões de células B, cada grupo com um tipo específico de receptor de antígenos em sua superfície.



Resposta Primária

Quando um linfócito B tem o primeiro contato com um antígeno específico, complementar a seu receptor, ele se ativa em um intervalo de tempo de aproximadamente uma semana, e a partir de então ocorrem mitoses (reprodução celular) e produção de uma população de células clones (idênticas) que se diferenciam (transformam) em plasmócitos, células maiores e grandes produtores e secretores do seu tipo de proteína receptora, agora chamada anticorpo. Dessa forma, o antígeno seleciona o grupo de linfócitos B que será ativado.



Estrutura da molécula de um anticorpo.

A união do anticorpo com o antígeno aglutina os patógenos, evitando que se espalhem pelo organismo e facilitando a ação de leucócitos e macrófagos. Há anticorpos que rompem a membrana do patógeno e outros que recobrem partes tóxicas dele. Anticorpos ativam, ainda, complementos, que são proteínas capazes de atrair leucócitos, ativar basófilos e romper moléculas de patógenos, além de neutralizar toxinas.

Células B de Memória

Alguns linfócitos B que foram ativados, isto é, que pertencem à população de células clones ativadas, não se diferenciam (transformam) em plasmócitos. São linfócitos B de memória prontos para se multiplicarem e se diferenciarem em plasmócitos, se tiverem um novo contato com o mesmo patógeno.

Resposta Secundária

Caso haja um novo contato com o mesmo patógeno, células B de memória se multiplicam, se diferenciam em plasmócitos e produzem anticorpos específicos contra esse patógeno. A resposta secundária não é só mais rápida como produz mais anticorpos (é mais intensa) que a resposta primária.

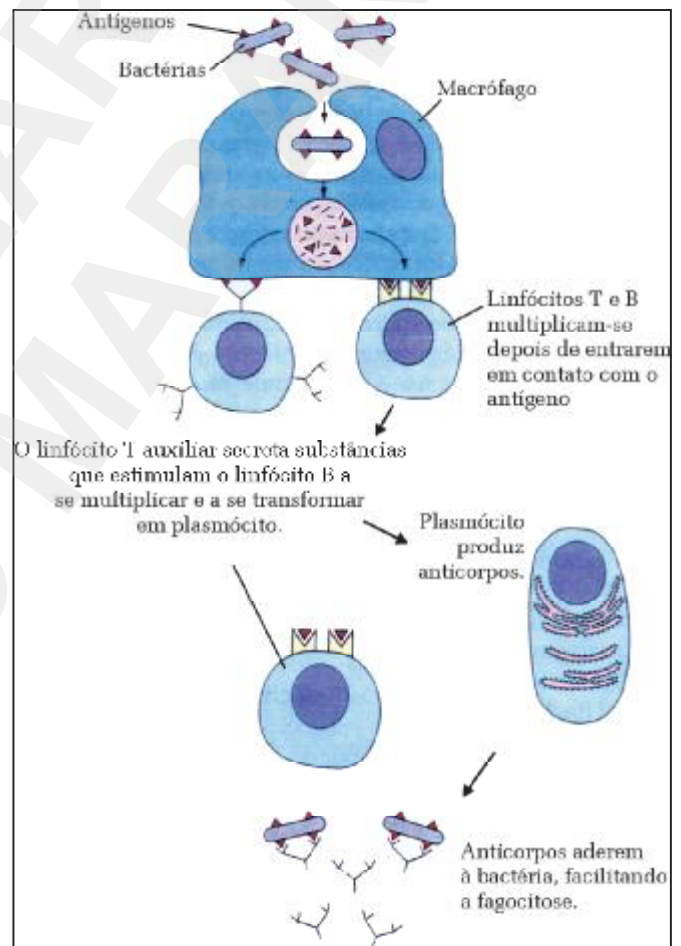


O intervalo de tempo entre o contato com o antígeno e a detecção de anticorpos na circulação é chamado de fase *lag* ou latente. Na resposta secundária, o período latente é encurtado e os níveis de anticorpos aumentam rapidamente até um patamar mais elevado, permanecendo detectáveis no soro por muito mais tempo. Essa resposta mais rápida deve-se à presença de células B e T de memória, geradas durante a resposta primária.

Linfócitos T

Os linfócitos T fazem parte do sistema imune atuando na imunidade mediada por células. São capazes de destruir células invadidas por patógenos, de ativar outros linfócitos e de suprimir a produção de anticorpos após a destruição do invasor.

Cada tipo de linfócito T é capaz de executar uma função definida. São eles: os linfócitos T citotóxicos (T_c e NK ou natural killer), o linfócito T auxiliar ou auxiliador (T_h ou helper), o linfócito T supressor e a célula T de memória.



Macrófago é uma célula apresentadora de antígenos. O linfócito T auxiliar estimula a multiplicação de linfócitos T e de linfócitos B.

Linfócitos T Auxiliares

Células contendo patógenos, como macrófagos que os fagocitam, expõem fragmentos (antígenos) desse invasor em sua membrana plasmática, funcionando como células apresentadoras de antígenos.

Ao circularem pelo sangue e pela linfa, possibilitam que linfócitos T com receptor adequado reconheçam esses antígenos.



Nesse caso, o linfócito T auxiliar secreta substâncias (interleucinas, linfocinas) que ativam a resposta imune, estimulando a multiplicação tanto do próprio linfócito T auxiliar como de outros linfócitos T e B.

Os vírus HIV, causadores da imunodeficiência adquirida humana (Aids ou SIDA), atacam os linfócitos T auxiliares.

Linfócitos T Citotóxicos

Os linfócitos T citotóxicos combatem patógenos, como vírus, dentro das células, destruindo-as. Essas células são reconhecidas pelos linfócitos, pois exibem antígenos do vírus na superfície, como ocorre com os macrófagos.

As células T citotóxicas aderem às células infectadas e destroem sua membrana, perfurando-a. Produzem, ainda, substâncias que lesam lisossomos provocando autólise da célula e destruição do ácido nucleico viral.

Esse grupo de linfócitos parece ser capaz de reconhecer e destruir células cancerosas e é o principal responsável pela rejeição de transplantes de órgãos.

Linfócito T Supressor

Esse tipo de linfócito suprime a resposta do sistema imunológico à invasão de um patógeno, quando o combate se encerra.

Células T de memória

Essas células estão sempre a postos para se diferenciar nos outros linfócitos T, se o mesmo antígeno invadir novamente o organismo.

Imunização

Uma pessoa tem imunidade contra uma doença infecciosa quando possui linfócitos de memória resultantes de contato com antígenos causadores dessa doença. Em um novo contato, o patógeno não consegue se reproduzir e causar a doença, pois é logo destruído.

É importante considerar que patógenos que sofrem constantes mutações, como o vírus da gripe, alteram as proteínas de sua superfície e deixam de ser identificados pelas células de memória, altamente específicas.

Imunização ativa

A imunização ativa resulta do contato do organismo com um determinado antígeno e da consequente formação de anticorpos que serão produzidos com maior rapidez e em maior intensidade em um novo contato com o mesmo antígeno.

É ativa porque o próprio organismo fabrica anticorpos contra o patógeno. Pode ser natural, decorrente de uma infecção, ou artificial, por vacinação.

Vacinação

Vacinar um indivíduo é injetar antígenos mortos ou atenuados para que o organismo reaja, sem ficar doente, produzindo anticorpos específicos. Tem a finalidade de prevenir uma doença, embora algumas vacinas sejam dadas ao doente para aumentar suas defesas.

Como o tempo que os anticorpos permanecem no organismo é variável, algumas vezes é necessária mais de uma dose de vacina para atingir o volume de anticorpos desejável. A dose suplementar de antígenos é chamada reforço.

A vacina contra a febre tifoide, de patógenos mortos, gera pequena imunidade; a Sabin contra a poliomielite ou paralisia infantil, de patógenos vivos

atenuados, é perigosa para embriões e imunodeprimidos. As vacinas contra o tétano e o botulismo são de toxinas alteradas e as mais modernas vacinas são de DNA que, utilizando o material genético, podem estimular continuamente o sistema imunológico.

Imunização passiva

Na imunização passiva, o organismo recebe anticorpos prontos, produzidos por outro organismo. É de curta duração, persistindo apenas enquanto houver um nível adequado de anticorpos.

Pode ser natural, na transferência de anticorpos da mãe para o embrião pela placenta e da mãe para o bebê através do leite e do colostro (secreção produzida pelas glândulas mamárias nos primeiros dias após o parto, que parece “aguada” por ter menos gordura), que disponibiliza grandes concentrações de imunoglobulinas para o neonato.

A proteção do leite materno reduz infecções, inclusive gastrointestinais, na criança. A maioria das células no leite materno são macrófagos e granulócitos, mas pequenos números de linfócitos T e B também estão presentes. A resposta imune no neonato é imatura, em comparação com a resposta completa desenvolvida no adulto imuno-competente.

É interessante observar que a gravidez precisa estar associada à supressão de diversas funções imunológicas humorais e celulares para poder acomodar o feto, ou seja, para que este não sofra tão intensamente todas as reações dedicadas a enxertos não-próprios.

A imunização passiva também pode ser artificial, na injeção de soro com anticorpos.

Soroterapia

A soroterapia tem efeito curativo em situações que necessitam de defesa rápida, quando não há tempo para o organismo formar anticorpos. É o caso de ferimento suspeito de conter bacilo do tétano, vírus da raiva ou veneno de cobra devido à grande velocidade de proliferação do patógeno ou ao alto teor tóxico do veneno.





Soro é um líquido obtido a partir do sangue de um animal, rico em anticorpos, para neutralizar rapidamente os antígenos, enquanto o indivíduo começa a produzir seus próprios anticorpos. São usados cavalos, coelhos e outros animais que recebem doses progressivamente maiores, mas não mortais, de antígenos e produzem muitos anticorpos. O soro é, então, retirado e armazenado para ser usado em indivíduos com certas infecções graves ou picada de animais venenosos.

Alergias

Quando um organismo é invadido por uma proteína estranha, plasmócitos produzem anticorpos contra esse antígeno. Esses anticorpos ligam-se à superfície de basófilos e mastócitos e, num segundo encontro, os antígenos aos anticorpos, o que leva a uma ruptura da membrana e à liberação de histamina, heparina e outras substâncias que provocam as reações alérgicas. Eosinófilos freiam essas reações.

Na alergia há uma produção exagerada de um tipo de anticorpo, a imunoglobulina E ou Ig E contra alérgenos (antígenos do pólen, de penas, poeiras, cosméticos, medicamentos e certos alimentos) que podem ser inalados, ingeridos, ter contato com a pele ou entrar por inoculação sanguínea.

Se a pessoa alérgica tem um primeiro contato com o alérgeno, produz muitas Ig E que acabam se prendendo à membrana plasmática de basófilos e mastócitos e num segundo encontro o alérgeno encaixa-se no Ig E e desencadeia o processo inflamatório. A histamina dilata vasos sanguíneos, estimula produção de muco e em alguns casos contração de músculos lisos das vias aéreas. Pode resultar em coceira na pele, nariz coçando e pingando, olhos lacrimejando ou falta de ar, como acontece na asma alérgica.

Alergia é causa de doenças, como: urticária (erupções na pele com manchas vermelhas e brancas), febre do feno (alergia ao pólen de determinadas plantas); de muitos eczemas (inflamação não infecciosa da pele, com vermelhidão); de muitas rinites (inflamações da mucosa nasal) e de asma.

Defesas Linfáticas

As tonsilas ou amígdalas são constituídas por um aglomerado de nódulos linfáticos (acúmulo de linfócitos) que interceptam patógenos (germes) que invadem as vias digestória e respiratória.

Os patógenos que vencem o tecido epitelial também encontram nódulos linfáticos no tecido conjuntivo propriamente dito.

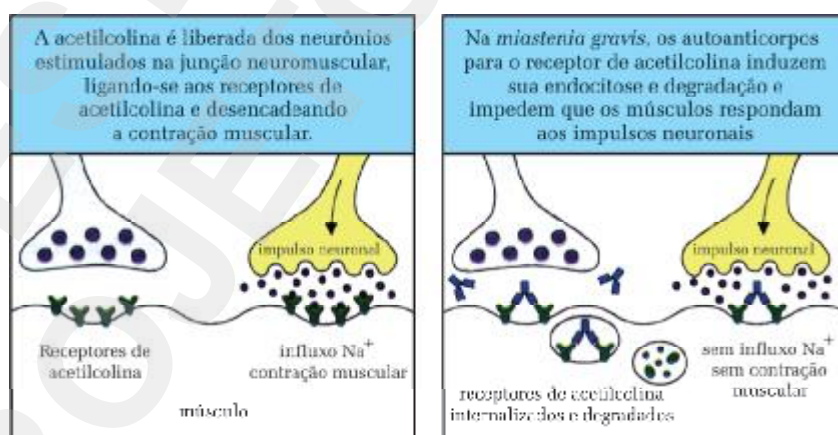
Os germes que atingem vasos sanguíneos ou linfáticos têm que passar, respectivamente, pelo baço ou por gânglios linfáticos (linfonodos).

Em certas infecções, dependendo da intensidade e do local, gânglios linfáticos localizados na virilha, na axila ou no pescoço podem ficar inchados e doloridos (“íngua”). Os gânglios removem patógenos da linfa e depositam linfócitos nos vasos.

O timo, além de produzir hormônios (timosina) que estimulam outros órgãos linfáticos, é o local onde o linfócito T se especializa.

Doenças Autoimunes

Chamamos doenças autoimunes aquelas em que o organismo produz anticorpos que destroem as suas próprias células. É o que ocorre no vitiligo (anticorpos destroem melanócitos); no diabetes infantil (destruição das células β das ilhas pancreáticas, produtoras de insulina); na *miastenia gravis* (destruição dos receptores de acetilcolina levando à fraqueza muscular); na artrite reumatoide (destruição de células da membrana sinovial de articulações como as dos dedos) e no lúpus eritematoso sistêmico em que as destruições podem ocorrer em qualquer órgão do corpo.



Asma alérgica depende de predisposição genética e contato com o alérgeno. Uma crise (de asma) pode ser desencadeada por poluição, estresse e desequilíbrios hormonais.

Em nosso país, os ácaros, carrapatos microscópicos veiculados por poeira, são os principais causadores de alergia respiratória.

Quando o alérgeno penetra no organismo através de picadas de insetos ou injeções em pessoas sensibilizadas, a reação, de tão intensa, pode causar a morte. É o chamado choque anafilático.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) São células importantes da defesa imunológica:

- (A) plaquetas, eritrócitos e linfócitos;
- (B) eritrócitos, linfócitos e neutrófilos;
- (C) linfócitos, neutrófilos e macrófagos;
- (D) neutrófilos, macrófagos e plaquetas;
- (E) macrófagos, plaquetas e eritrócitos.

02. (UFMG) Dois leõezinhos recém-nascidos, abandonados pela mãe, correm risco de vida. O diretor do zoológico explica que “o problema não é só falta de carinho, mas sim a falta de colostro, o que significa para os leõezinhos uma condenação sumária”. (Folha da Tarde, SP)

O colostro, referido no texto, é insubstituível na função de:

- (A) dar energia aos recém-nascidos.
- (B) hidratar os leõezinhos.
- (C) conferir imunidade inicial.
- (D) estimular o instinto de caça.
- (E) desenvolver a agressividade.

03. (UNIRIO-RJ) Nosso corpo está sempre sendo ameaçado de invasão por substâncias estranhas e por uma variedade enorme de microrganismos. Toda vez que isso acontece, além de nossos mecanismos gerais de defesa, acionamos nosso sistema imune constituído por diferentes tipos de glóbulos brancos e por órgãos imunitários que, primariamente, são:

- (A) fígado e baço.
- (B) fígado e gânglios linfáticos.
- (C) tonsilas e pâncreas.
- (D) pâncreas e medula óssea.
- (E) medula óssea e timo.

04. (UFF-RJ) A endocitose é um mecanismo normalmente utilizado para a nutrição. Entretanto, algumas células também utilizam este mesmo mecanismo para outras funções.

Assinale a opção em que todas as células mencionadas são capazes de utilizar a endocitose como mecanismo de defesa.

- (A) neutrófilo, hemácia, histiócito e basófilo;
- (B) basófilo, neutrófilo, eosinófilo e micróglia;
- (C) histiócito, macrófago, micróglia e eosinófilo;
- (D) macrófago, neutrófilo, basófilo e megacariócito;
- (E) megacariócito, mastócito, macrófago e micróglia.

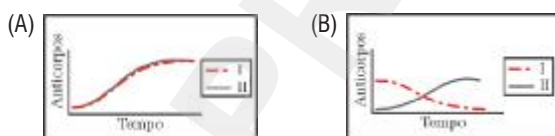
05. (UNICAMP-SP) A alergia é uma hipersensibilidade desenvolvida em relação a determinadas substâncias, os alergênicos, que são reconhecidas por um tipo especial de anticorpo. A reação alérgica ocorre quando as moléculas do alergênico:

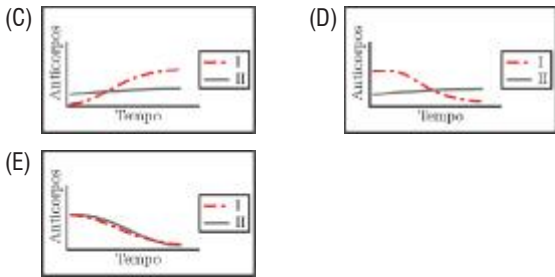
- (A) ligam-se a moléculas do anticorpo presas à membrana dos mastócitos, que reagem liberando histaminas.
- (B) desencadeiam, nos gânglios linfáticos, uma grande proliferação de linfócitos específicos.
- (C) são reconhecidas pelas células de memória, que se reproduzem e fabricam grande quantidade de histaminas.
- (D) ligam-se aos anticorpos e migram para os órgãos imunitários primários onde são destruídas.
- (E) são fagocitadas pelos mastócitos e estimulam a fabricação das interleucinas.

06. (ENEM) A variação da quantidade de anticorpos específicos foi medida por meio de uma experiência controlada, em duas crianças, durante um certo período de tempo. Para a imunização de cada uma das crianças foram utilizados dois procedimentos diferentes:

- Criança I: aplicação de soro imune.
- Criança II: vacinação.

O gráfico que melhor representa as taxas de variação da quantidade de anticorpos nas crianças I e II é:

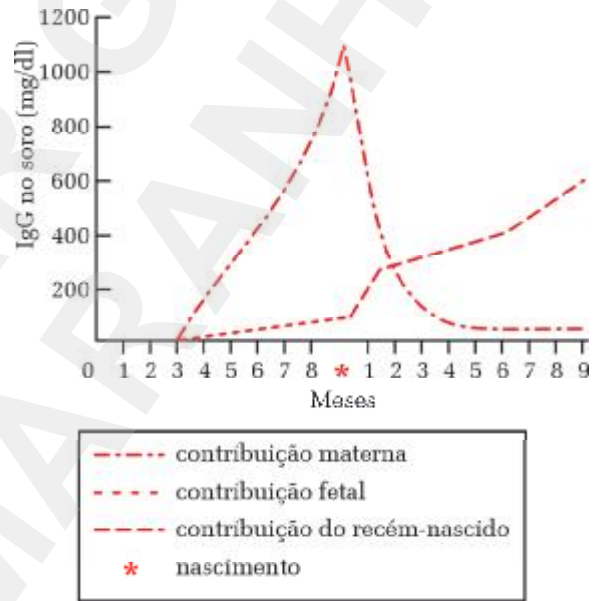




07. (UERJ) A produção de imunoglobulinas por células do sistema imunitário constitui um dos mecanismos de defesa do organismo contra infecções.

O gráfico abaixo demonstra os níveis de imunoglobulina G (IgG) no soro do feto e do recém-nascido:

Os resultados permitem chegar à seguinte conclusão em relação a esse soro:



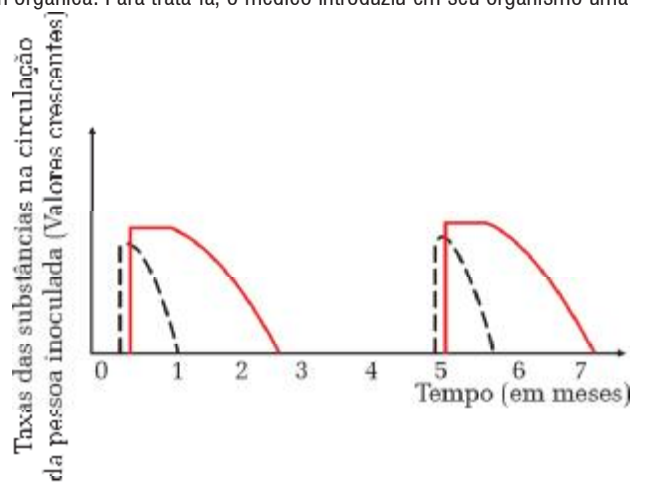
- (A) Na época do nascimento há presença de IgG materna.
- (B) Durante a gestação diminuem os níveis de IgG fetal.
- (C) Durante a gestação os níveis de IgG independem da produção fetal.
- (D) Após o nascimento diminuem os níveis de IgG produzida pelo recém-nascido.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRJ) Uma pessoa foi contaminada por uma substância tóxica, de origem orgânica. Para tratá-la, o médico introduziu em seu organismo uma substância específica.

Cinco meses depois desse evento, a pessoa foi novamente contaminada e outra vez a substância específica foi usada, pelo médico, como medicamento.

O gráfico ao lado reproduz os dois momentos em que ocorreram as contaminações. A linha pontilhada representa a substância tóxica, enquanto a linha contínua representa a substância específica:



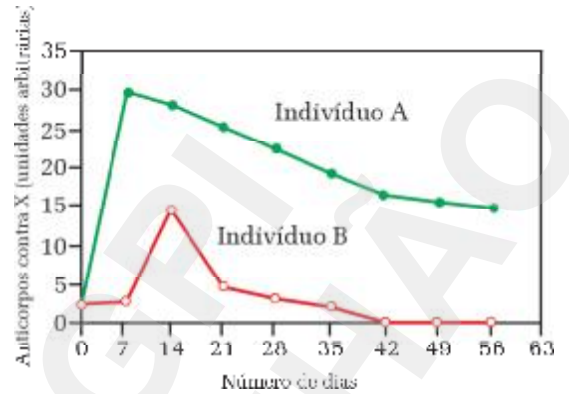
A substância específica de combate, inoculada no paciente, é um soro ou uma vacina? Justifique sua resposta.

02. (UFRJ) As curvas abaixo mostram a produção de anticorpos específicos de dois indivíduos inoculados com antígenos protéicos do vírus



X no dia 0. Com base nas respostas de cada um deles ao antígeno, suspeitou-se que um dos indivíduos fosse originário de uma região onde a infecção pelo vírus X atinge grande número de indivíduos:

Qual dos dois indivíduos é originário da região com alta incidência do vírus X? Justifique.

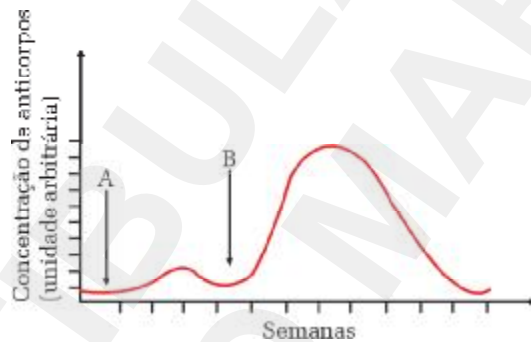


03. (PUC-RJ) Nosso organismo produz uma série de substâncias imunológicas, em resposta a substâncias ou agentes estranhos que nele penetram.

- (A) Como são comumente denominadas essas substâncias imunológicas? O que são quimicamente essas substâncias?
- (B) Um estudante afirmou que estas substâncias imunológicas estão normalmente presentes em uma vacina. Você concorda? Justifique sua resposta.

04. (UFRJ) O gráfico a seguir representa a resposta imune (produção de anticorpos específicos) de um organismo em função da presença de um determinado antígeno:

Em A e em B aplicaram-se doses idênticas de antígenos e mediu-se, depois de cada aplicação, a concentração de anticorpos produzidos pelo organismo.



- (A) Em que tipo de medida preventiva contra doenças infecciosas se baseia o mecanismo acima?
- (B) A partir dos resultados apresentados no gráfico, explique como funciona a medida preventiva em questão.

ANOTAÇÃO





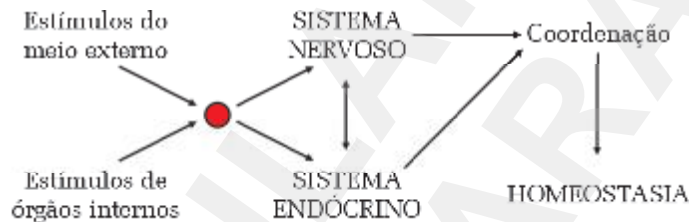
Coordenação Nervosa

COORDENAÇÃO NERVOSA E HORMONAL

Os sistemas nervoso e endócrino (hormonal) fazem integração entre os diversos sistemas de um organismo complexo (sistemas integrados) objetivando a sintonia funcional nos diversos níveis de organização (de moléculas, células, tecidos, órgãos, sistemas e organismos) para manutenção da homeostasia (manutenção do meio interno constante, em equilíbrio), através de um conjunto de reações que visam a manter as várias partes do organismo no ponto ótimo (ideal) de funcionamento, ou próximo dele, apesar das variações externas e internas.

Essa coordenação depende de mensagens, responsáveis por fazer a comunicação entre as várias partes do corpo, e que são liberadas por sistemas mensageiros de comunicação. As mensagens do sistema nervoso são de natureza eletroquímica (os impulsos nervosos), conduzidas por neurônios e as mensagens do sistema endócrino são de natureza química (os hormônios) transportadas pelo sangue.

Nas plantas, os hormônios são conduzidos pela seiva, no interior dos vasos, ou passam célula a célula.



COORDENAÇÃO NERVOSA

Os impulsos nervosos acarretam respostas mais rápidas (instantâneas) e breves (fugazes): um nervo excita um músculo, este se contrai e fim, a não ser que haja outro estímulo após a latência.

A ação é localizada: um nervo leva o impulso nervoso diretamente a um certo músculo ou glândula e não a outro; este impulso age estimulando ou inibindo, através de ação na membrana plasmática das células, um determinado processo.

A atuação do sistema nervoso é, portanto, útil para ações rápidas, breves e localizadas, como pensar e escrever.

COORDENAÇÃO HORMONAL

Os hormônios culminam em respostas mais lentas e duradouras (algumas são cíclicas). Após chegarem ao alvo, continuam circulando e agindo por algum tempo. Controlam diversos processos, como crescimento e gestação, que levam mais tempo para se completarem. Há exceções, em que as ações são mais rápidas, como o controle hormonal da digestão e os efeitos da adrenalina.

A ação hormonal é mais ampla, os hormônios circulam pelo corpo e podem atuar em todas as células-alvo, que são aquelas que possuem receptores específicos. Há casos em que a recepção da mensagem pode não ocorrer por falha nos receptores.

A atuação dos hormônios pode ser na membrana plasmática, através de uma proteína receptora, e atuação de uma enzima ativa que inicia uma série de reações químicas, como no caso da adrenalina e da insulina.

Outros hormônios penetram na célula, vão ao núcleo e ativam certos genes que, por transcrição e tradução, formam proteínas específicas que desenvolvem certa ação metabólica. É o caso dos hormônios esteroides (sexuais e da córtex suprarrenal).

A integração entre os sistemas endócrino e nervoso é bem caracterizada, ao se considerar que a hipófise, principal glândula do sistema endócrino, é comandada por uma parte do sistema nervoso, o hipotálamo.

TECIDO NERVOSO

Parte do tecido nervoso é formado por células nervosas que são os neurônios (há aproximadamente 100 bilhões em nosso sistema nervoso), com prolongamentos: axônio (sempre um) e dendritos (um ou mais) que podem atingir um metro de comprimento ou mais. Os neurônios são capazes de receber e conduzir estímulos (impulso nervoso) de natureza eletroquímica e não se reproduzem após a vida embrionária (alguns neurônios de aves podem se reproduzir em certos períodos do ano).

Parte equivalente do tecido nervoso é constituído por células da glia (neuróglia) ou gliócitos que ocupam os espaços intercelulares, já que não há substância intercelular nem tecido conjuntivo no sistema nervoso central. A neuróglia nutre, protege e sustenta os neurônios.

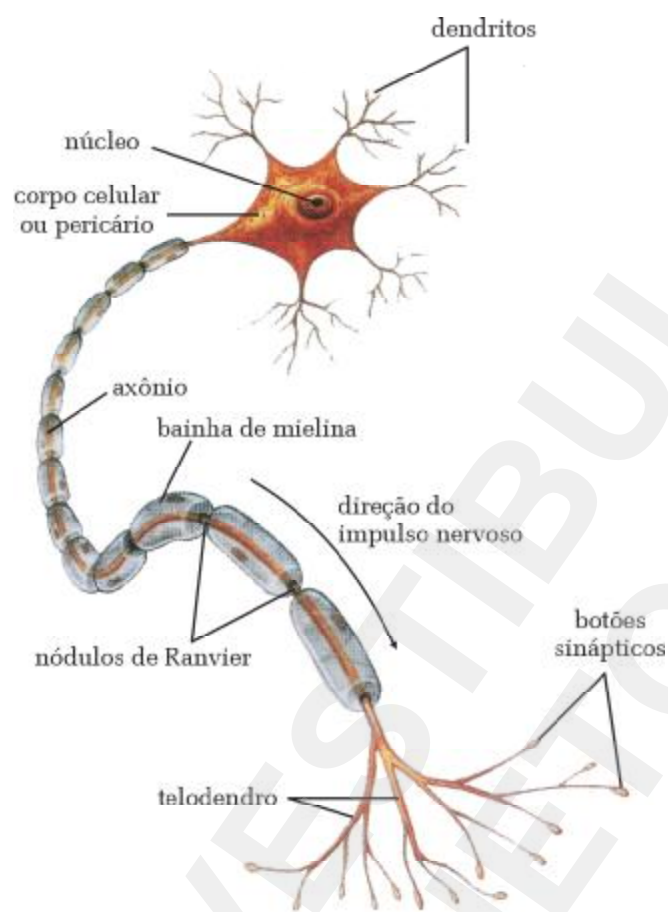


FUNÇÕES

O tecido nervoso origina, recebe e conduz estímulos possibilitando a adaptação ao meio, coordenação de atividades e homeostasia. Os estímulos têm origem na superfície do corpo, em órgãos internos, em músculos, tendões e ligamentos.

TIPOS DE NEURÔNIOS

A maioria dos neurônios é multipolar (um axônio e vários dendritos), mas há neurônios bipolares (um axônio e um dendrito) e outros.



A estrutura do neurônio multipolar. Há abundante retículo endoplasmático granuloso (corpúsculos de Nissl), complexo golgiense e mitocôndrias, muito sensíveis à deficiência de oxigênio. Corpo celular e dendritos recebem estímulos e axônio conduz estímulos. Telodendro (ramificação do axônio) faz contato funcional com outro neurônio (sinapse) através de suas terminações (botões sinápticos).

As proteínas fabricadas no retículo endoplasmático granuloso do corpo celular do neurônio podem se deslocar para o axônio e substituir proteínas gastas. Podem, ainda, participar da regeneração dos prolongamentos dos neurônios (que pode acontecer dentro de certos limites) quando o corpo celular não está danificado.

NERVOS

Nervo é um conjunto de fibras nervosas envoltas por tecido conjuntivo: epineuro, em torno do nervo todo; perineuro, separando grupos de células ou fibras nervosas e endoneuro, envolvendo cada fibra.

FIBRAS NERVOSAS

Fibras nervosas são geralmente longos axônios (às vezes dendritos) que conduzem o impulso nervoso à distância. Sensitivas ou aferentes trazem estímulos para os centros nervosos e motoras ou eferentes levam estímulos dos centros nervosos para músculos ou glândulas.

As fibras nervosas podem ser mielinizadas ou não. Fibras mielinizadas, com a mielina produzida por células de Schwann, ou oligodendrócitos ocorrem no sistema nervoso periférico. A mielina é uma substância gordurosa, que confere cor branca aos nervos e a certas regiões do cérebro (internas) e da medula (externas).

Fibras mielinizadas com células de Schwann do sistema nervoso periférico têm bainha de mielina (lipídica) que é isolante elétrico e aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso. O conjunto de células de Schwann é chamado neurilema.



Esclerose múltipla é uma doença degenerativa com deterioração da bainha de mielina e perda da coordenação nervosa.

Fibras mielinizadas sem célula de Schwann ocorrem na parte branca do sistema nervoso central. Neste caso, a mielina é produzida por oligodendrócitos da neurógliia.

Fibras amielínicas ocorrem no sistema nervoso autônomo (simpático). Neste caso, uma única célula de Schwann rodeia vários axônios sem fazer mielina.

IMPULSO NERVOSO

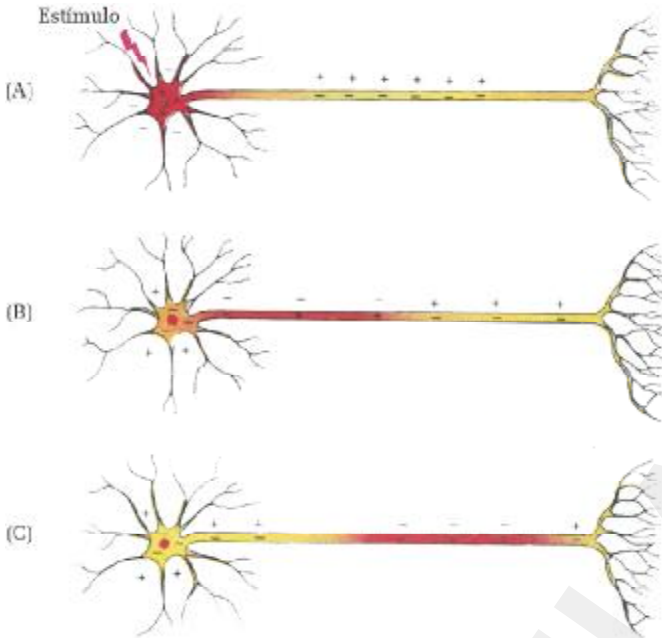
Receptores diversos adequados a cada forma de energia captam estímulos do ambiente nos animais e disparam impulsos nervosos.

Impulso nervoso é uma inversão da polaridade (potencial de ação) gerada por um estímulo, no corpo celular ou em dendritos neuronais, que se propaga pela membrana plasmática do neurônio seguida da reversão da polaridade.

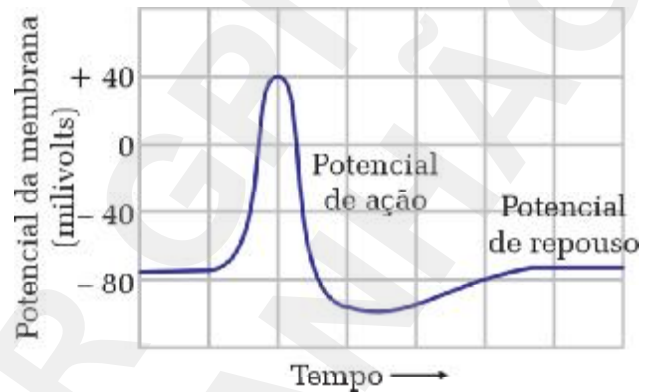
Funcionalmente, tem sempre o mesmo sentido: dos dendritos (e corpo celular) para o axônio. Sua natureza eletroquímica se justifica pela variação da carga elétrica da membrana plasmática (eletro) e pela atuação de mediadores químicos ou neurotransmissores que atuam nas sinapses (química).



Usaremos o exemplo das fibras amielínicas, como os axônios dos invertebrados, cuja velocidade do impulso nervoso é de cerca de 1m/s ao longo da membrana plasmática do neurônio.



Potencial de ação vai propagando o estímulo na forma de impulso nervoso. Abrem-se canais de sódio na região adiante, enquanto a região que estava em potencial de ação retorna ao repouso, primeiro pela abertura temporária de canais de potássio e saída de K^+ e, após, por ação da bomba de sódio e potássio com saída de Na^+ e entrada de K^+ com gasto de energia (ATP).



Diferenças no potencial da membrana: potencial de repouso e potencial de ação.

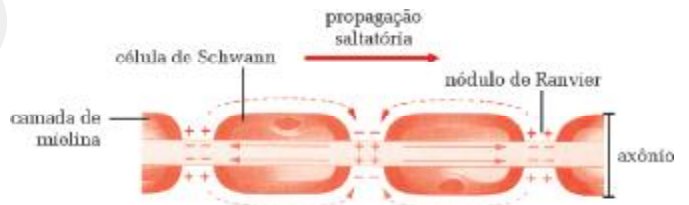
Cada impulso mobiliza poucos íons e o neurônio pode conduzir de 50 mil a 1 milhão de impulsos. Só então é necessário um período de repouso para restabelecer a concentração de íons dentro e fora da célula.

Xilocaína e outros anestésicos fecham os canais de sódio e de potássio da membrana. O impulso não se forma e a dor não é transmitida.

CONDUÇÃO SALTATÓRIA

Nas fibras mielínicas, a velocidade do impulso nervoso é de 100m/s ou mais, nas fibras grossas. Como há um envoltório descontínuo de mielina, isolante elétrico, e nós de Ranvier, sem mielina, o impulso nervoso salta em grande velocidade, de um nó de Ranvier a outro na maioria dos axônios de vertebrados.

O processo é semelhante, mas as alterações elétricas ocorrem apenas nos nós de Ranvier (condução saltatória), enquanto as fibras amielínicas não fazem condução saltatória, e sim contínua, mais lenta.



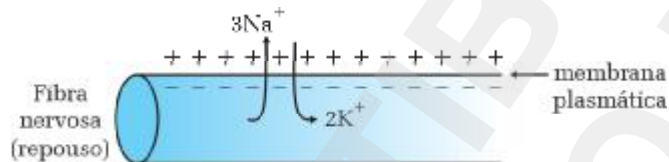
Propagação saltatória: despolarização da membrana só nos nódulos (nós) de Ranvier.

Neurônios obedecem à lei ou princípio do tudo ou nada. Se o estímulo é suficiente para atingir o limiar excitatório (é suficiente e basta), dispara o impulso nervoso (o mesmo para qualquer intensidade de estímulo); caso contrário, o impulso não ocorre. Entre um impulso e outro há um período de latência e nesse intervalo, o estímulo é ineficaz (período refratário).

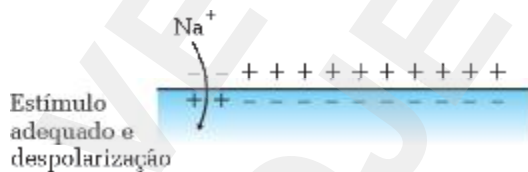
A diferença entre um estímulo forte, como uma pancada, e um estímulo fraco, como um leve toque, está no número de neurônios estimulados.

SINAPSE

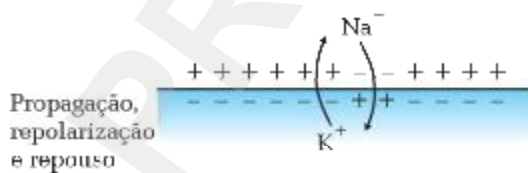
Sinapse é o contato funcional entre as terminações nervosas (botões sinápticos) do axônio de um neurônio e a membrana plasmática de outro neurônio, de uma célula muscular ou de uma célula glandular.



Bomba de sódio e potássio mantém a polaridade elétrica, diferença de potencial de cerca de 70 milivolts ou mV (o potencial de repouso), com gasto energético (ATP), expulsando mais Na^+ do que absorvendo K^+ . Carga negativa é dada por íons fosfato, íons bicarbonato e proteínas em maior concentração no meio intracelular.



Estímulo adequado (químico, elétrico ou mecânico) provoca abertura de canais de sódio (proteínas de membrana) e a difusão de Na^+ para dentro da célula inverte localizadamente a polaridade elétrica, diferença de potencial de cerca de 35mV (potencial de ação).





O neurônio pré-sináptico lança neurotransmissores, neuro-hormônios, mensageiros químicos ou mediadores químicos na fenda sináptica (espaço entre as células), capazes de se acoplar a receptores específicos na célula pós-sináptica. São conhecidos cerca de cem neurotransmissores diferentes.

É o caso da sinapse que ocorre entre neurônios, transmitindo o impulso nervoso do neurônio pré para o neurônio pós-sináptico.

O neurotransmissor é logo degradado, evitando o prolongamento de sua ação. As moléculas menores, resultantes da degradação, são utilizadas pelos neurônios para a síntese de mais mensageiros químicos.

As sinapses estabelecem a mão única no sistema nervoso, já que os mediadores químicos estão acumulados apenas no final do axônio. Uma fibra nervosa isolada pode conduzir os estímulos em ambas as direções. O mediador químico mais comum é a acetilcolina, que logo após a excitação é destruída pela enzima acetil-colinesterase.

Mensageiros químicos podem agir estimulando ou inibindo neurônios. A inibição resulta da saída de K^+ , que polariza mais o neurônio fazendo-o menos excitável. O impulso nervoso só é deflagrado se o somatório de impulsos enviados a um neurônio por vários neurônios for maior do que o limiar de excitação.

Nossas sinapses são quase todas de natureza química, necessitando de mediadores químicos para ultrapassar a fenda sináptica. A sinapse elétrica, de neurônio a neurônio, sem mediador químico (campo elétrico), ocorre no sistema nervoso central para respostas rápidas. Neste caso, os neurônios se unem uns aos outros por nexos, junções comunicantes que deixam passar íons e o impulso passa direto, sem a necessidade de mediador químico.

PLACA MOTORA

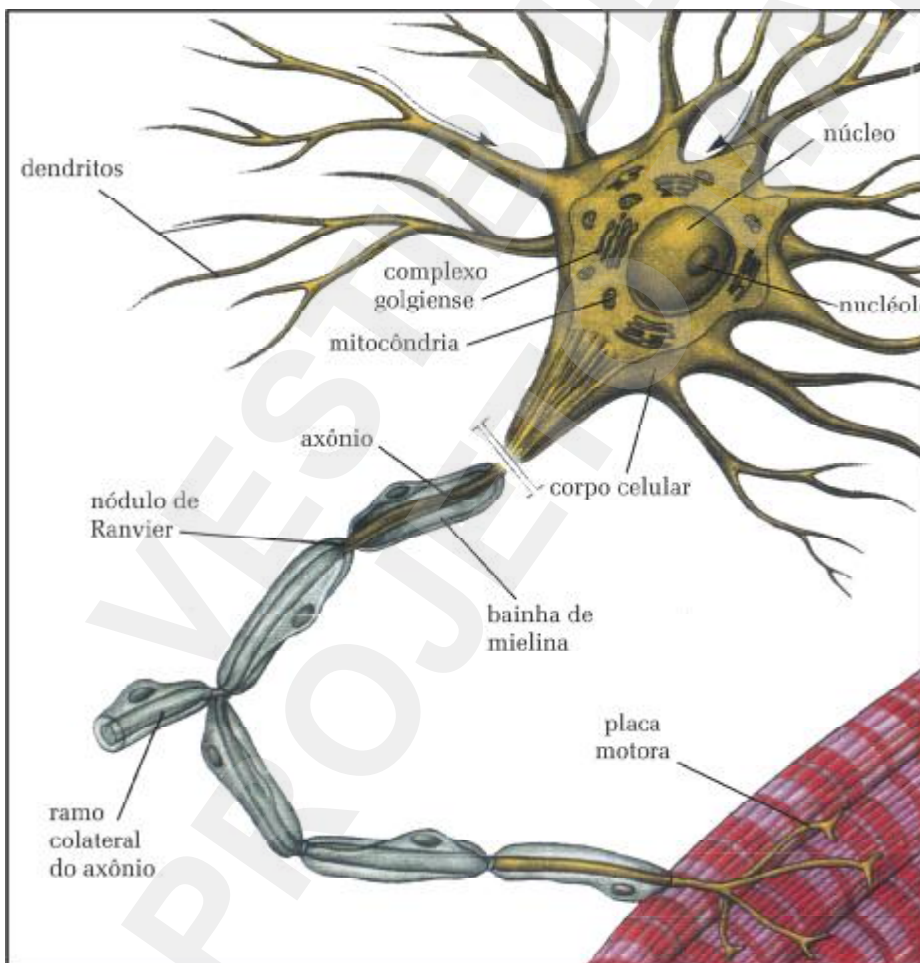
Sinapse neuromuscular ou placa motora é o contato funcional entre o axônio de um neurônio e a fibra muscular estriada.

Mediadores químicos desencadeiam a contração muscular. Do mesmo modo, ocorre entre neurônios e glândulas que respondem secretando substâncias.

Curare, um veneno que alguns índios usam em suas flechas, bloqueia os receptores de acetilcolina na placa motora e o impulso não é transmitido. A vítima morre de asfixia, com a paralisação do diafragma e dos músculos respiratórios.

As sinapses, incluindo as placas motoras e o sistema nervoso autônomo parassimpático, são colinérgicos, liberam acetilcolina. O sistema nervoso autônomo simpático é adrenérgico: libera nor-adrenalina, semelhante à adrenalina. No encéfalo há neurotransmissores como serotonina, dopamina, endorfinas e outros.

Já se conhecem cerca de 100 mediadores diferentes, capazes de levar mensagem entre as células, inclusive um gasoso, o óxido nítrico. O neurotransmissor pode excitar ou inibir, dependendo do receptor. A acetilcolina, por exemplo, excita o músculo esquelético (contração) e inibe o músculo cardíaco (relaxamento).



Esquema de um neurônio mostrando o corpo celular e a ponta ramificada de seu axônio na fibra muscular estriada (placa motora). O mediador químico é a acetilcolina.



APRENDIZAGEM E MEMÓRIA

Na aprendizagem (e na memória), há mudanças nas sinapses e nos neurônios. O uso de certos circuitos nervosos provoca um aumento tanto na quantidade de neurotransmissores liberados quanto o número de receptores de mediadores.

O registro de novas informações no cérebro acarreta, ainda, crescimento das terminações de neurônios reforçando certas conexões.

Na memória de curto prazo, a informação é estocada temporariamente no cérebro e nos permite lembrar de algo por pouco tempo. Na memória a longo prazo, a informação pode ser armazenada de forma mais ou menos permanente. A de curto prazo pode ir ou não para a de longo prazo. A de curto prazo é, para alguns, de natureza elétrica, comum (circuito de neurônios no cérebro). A de longo prazo envolveria a formação de novas conexões entre neurônios ou reforço dos já existentes, inclusive com crescimento de novas terminações de neurônios.

Cocaína, droga extraída da folha da coca, impede a destruição enzimática da dopamina e o LSD (dietilamina do ácido lisérgico), alucinógeno extraído de cogumelos, liga-se aos receptores de serotonina.

NEURÓGLIA

Neuróglia ou glia é constituída por células (gliócitos) que fazem o papel do tecido conjuntivo de outros órgãos. É o caso dos oligodendrócitos, que formam a bainha de mielina e fazem sustentação; da micróglia de ação macrófágica (defesa fagocitária); dos astrócitos para nutrição e sustentação e das células ependimárias que revestem cavidades onde circula o líquido cefalorraquidiano (líquor).

TIPOS DE SISTEMAS NERVOSOS

Os principais tipos de sistemas nervosos são: o sistema nervoso difuso em cnidários, o sistema nervoso ganglionar ventral de platelmintos, nematelmintos, anelídeos, artrópodos e moluscos e o sistema nervoso cérebro-espinhal dos vertebrados. Esponjas não possuem células nervosas típicas e muito menos sistema nervoso.

DIFUSO

O sistema nervoso difuso, típico de cnidários, é formado por uma rede de neurônios com centralização zero (sem gânglios ou qualquer outro tipo de centralização, e ausência de cabeça).

O estímulo recebido em um ponto se espalha por todo o corpo, sem coordenação. As respostas são difusas e pouco eficientes, mas suficientes para animais fixos ou pouco móveis, com simetria radiada.

GANGLIONAR VENTRAL

Gânglios nervosos são aglomerados de neurônios que constituem uma forma de centralização inicial do sistema nervoso, possibilitando maior coordenação nervosa em invertebrados mais ativos, em geral com simetria bilateral.

Em platelmintos, é simples: são dois gânglios anteriores principalmente associados a olhos e músculos e deles saem dois finos cordões nervosos ventrais que se ramificam pelo corpo.

Em anelídeos o sistema é mais complexo. São dois grandes gânglios cerebroides dorsais com muitos neurônios. Deles sai dupla cadeia ganglionar ventral. Possuem um par de gânglios por segmento, autônomos em relação aos cerebroides, que atuam como arcos reflexos locais (em cada segmento).

Dentre os invertebrados, em artrópodos e moluscos, a centralização nervosa é máxima. Neles, grande número de gânglios da cadeia ventral se incorpora aos gânglios cerebroides. Estes aumentam não só de tamanho, mas também o seu domínio sobre o corpo.

Próximo aos gânglios cerebroides, aglomeram-se estruturas sensoriais, que originam evolutivamente na região anterior do corpo uma cabeça (cefalização). Essa evolução da cabeça permitiu respostas localizadas e mais eficientes.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01 (UNIFICADO-RJ) Dejetos Tóxicos

“A Feema vai investigar 15 empresas que produzem cianeto, veneno de ação rápida, despejado em um aterro clandestino em Caxias (Baixada Fluminense). O produto provocou a morte de uma criança de 1 ano e 7 meses e deixou sua irmã de 4 anos em estado grave. As duas brincavam num terreno baldio e ingeriram o produto pensando que fosse sal” (noticiado no JB em 24/06/2000).

Na verdade, o produto tóxico é o ácido cianídrico (HCN), que inibe os processos oxidativos das células.

O cianeto também é usado frequentemente como agente raticida, assim como outras substâncias químicas extremamente tóxicas. Recentemente, porém, uma substância derivada de uma planta subtropical tem sido considerada como raticida ecologicamente correto, pois age mais lentamente, permitindo sua remoção do organismo pela indução do vômito, o que a torna menos tóxica.

A reação do vômito é considerada um ato reflexo, ou seja, uma resposta involuntária, em que um estímulo químico pode desencadear movimentos peristálticos, levando à eliminação do conteúdo gástrico. Os roedores não possuem este reflexo, mas outros animais o possuem de forma bem exacerbada, como é o caso de alguns cães selvagens. Nesses animais, este reflexo é desencadeado pelos filhotes que farejam e lambem insistentemente o focinho e a mandíbula da mãe ou do pai, fazendo com que estes regurgitem o alimento recém-ingirido para, então, alimentá-los. O sistema que é capaz de captar estímulos e desencadear uma resposta reflexa de movimento é o:

Tipos de Sistema Nervoso

CÉREBRO-ESPINHAL

O sistema nervoso cérebro-espinhal dos vertebrados é constituído pelo Sistema Nervoso Central (SNC), formado por encéfalo e medula espinhal, e pelo Sistema Nervoso Periférico (SNP), formado por nervos e gânglios nervosos.

SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC)

O sistema nervoso central é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal. O encéfalo está dentro do crânio e a medula espinhal ou raquidiana está dentro da coluna vertebral. Ambos são envolvidos por três membranas: dura-máter, aracnoide e pia-máter.

MENINGES

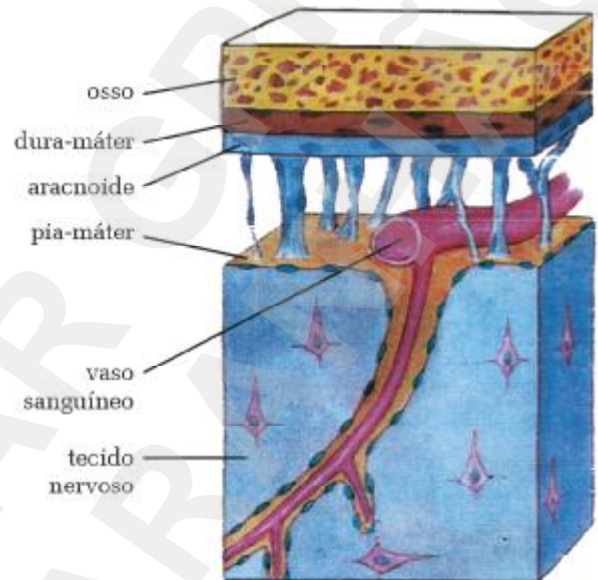
A dura-máter, mais externa, é uma conjuntiva fibrosa protetora. A intermediária, aracnoide, também conjuntiva, fibrosa e protetora, forma um espaço subaracnoide, com líquido cefalorraquidiano ou líquor (que amortece os movimentos do corpo), e a mais interna, pia-máter, epitelial, nutridora, acompanha os vasos sanguíneos que percorrem o sistema nervoso central.

ENCÉFALO

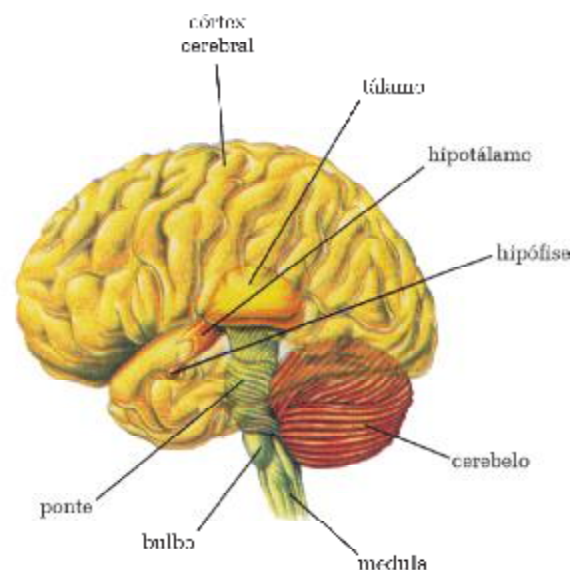
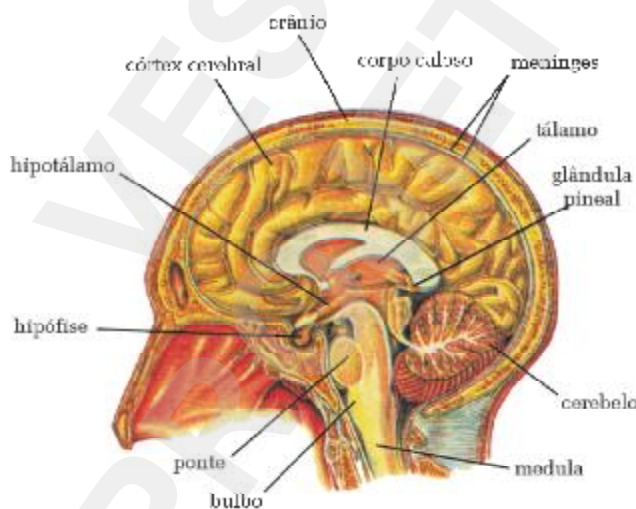
O encéfalo dos vertebrados evoluiu com uma redução relativa das regiões relacionadas com a sensibilidade e a resposta automática reflexa ao exterior e com aumento do número de interneurônios e seus circuitos.

Nos peixes, a região olfativa e óptica ocupa a maior parte do cérebro e nos mamíferos esta região ocupa muito pouco do cérebro.

Nos mamíferos, o córtex cerebral tem circunvoluções (giros, são girencéfalos) que aumentam a área ocupada, enquanto os demais vertebrados são lisencéfalos (têm cérebro liso).



Meninges, membranas protetoras do sistema nervoso dos vertebrados.



Uma vista lateral e um corte mediano do encéfalo mostram seus principais componentes.



ENCÉFALO HUMANO

O encéfalo recebe informações de órgãos sensoriais; recebe, integra, relaciona e compara informações vindas de vários órgãos com outras armazenadas na memória e envia mensagens para os órgãos efetores, controlando as reações do organismo. Responsável por emoções, imaginações, prevê, resolve e responde por todas as formas de pensamento abstrato.

O encéfalo humano é dividido em quatro partes: cérebro, cerebelo, ponte ou protuberância e bulbo.

CÉREBRO

O cérebro tem duas metades (hemisférios cerebrais) unidas por fibras mielinizadas (do corpo caloso).

A parte externa do cérebro (córtex cerebral) é cinza (devido ao corpo celular dos neurônios e neuróglia), tem circunvoluções e é o local de toda a complexa vida mental humana (inteligência, sonhos, memória, fala e outros).

A parte interna é branca (fibras e neuróglia), com fibras mielinizadas dos interneurônios (do córtex cerebral) que a comunicam com as outras partes do encéfalo.

O cérebro funciona como um todo integrado, mas as funções sensoriais e motoras têm um certo grau de localização, recepção e emissão.

A sensibilidade e a motricidade de um lado do corpo são coordenadas pelo hemisfério cerebral do lado oposto. Assim, o comando da mão esquerda é feito pelo lado direito do cérebro.

A imagem captada pela retina do olho e conduzida pelo nervo óptico é processada na região posterior do cérebro.

Pessoas com lesões em um hemisfério podem, através de treinamento, recuperar parte da capacidade perdida, já que cada hemisfério possui potencial para exercer as funções do outro hemisfério.

CEREBELO

O cerebelo, de localização posterior parcialmente coberto pelo cérebro, com circunvoluções, controla o equilíbrio estático e dinâmico (movimentos) do corpo, com grande automatismo. Trabalha em conjunto com o cérebro.

PROTUBERÂNCIA

Na protuberância ou ponte há um grande cruzamento de fibras nervosas (de um lado para outro) provenientes dos hemisférios cerebrais. Por ela passam, ainda, as fibras nervosas que ligam o cérebro à medula espinhal.

BULBO

O bulbo raquidiano, que continua pela medula espinhal, controla ritmos (frequências) cardíaco e respiratório e a pressão do sangue. Controla também os reflexos, como salivação, espirro, tosse e o ato de engolir.

ALGUNS PROBLEMAS DO SISTEMA NERVOSO

Esquizofrenia é uma doença mental grave, com alucinações, perda de contato com a realidade, isolamento social e desorganização de pensamento. Há um aumento do mediador químico dopamina presente em certas regiões do cérebro, além de lesões nos lobos temporal e frontal.

Depressão é uma doença mental caracterizada por tristeza e apatia, sem causa aparente e perda progressiva de interesse pela vida. Pode haver abandono do trabalho, das relações sociais e da vida. Há redução da serotonina, além de alterações na região pré-frontal e na amígdala cerebral.

Epilepsia resulta de uma descarga excessiva de impulsos nervosos em grupos de neurônios do cérebro que pode levar ao ataque epilético, com desmaio, convulsões, ausências (parece estar dormindo de olhos abertos) e outros.

Doenças degenerativas, em consequência da morte de células nervosas, são mais frequentes nos idosos. É o caso da doença de Parkinson, em que a pessoa apresenta rigidez e tremores musculares incontroláveis; da doença de Alzheimer, de possível origem genética, em que há progressiva perda de memória, da capacidade de coordenação muscular e do raciocínio; e da coreia de Huntington, de origem genética, com perda de coordenação motora, da memória e da capacidade intelectual.

MEDULA ESPINHAL HUMANA

A medula espinhal humana é um cordão nervoso (substância branca, com as fibras nervosas, externa; e cinza, com corpos celulares dos neurônios, interna) no canal vertebral, que vai do bulbo até a primeira ou segunda vértebra lombare. Emite os nervos espinhais ou raquidianos, ao longo do seu trajeto, que emergem da coluna através de orifícios entre as vértebras. Pela parte ventral da substância branca saem prolongamentos dos neurônios motores e pela região dorsal entram prolongamentos dos neurônios sensitivos, cujos corpos celulares estão no interior de gânglios nervosos dorsais.

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO (SNP)

O sistema nervoso periférico é formado por nervos e gânglios nervosos. Os nervos são de dois tipos: cranianos, ligados ao encéfalo, e raquidianos, ligados à medula espinhal.

NERVOS CRANIANOS

Os nervos cranianos são doze pares em répteis, aves e mamíferos. São sensitivos como o auditivo, motores como o óculo-motor e mistos como o facial. Estão relacionados à cabeça, pescoço e ombros (exceto o nervo vago, 10º par craniano). Peixes e anfíbios têm apenas os dez primeiros pares. Os nervos cranianos emergem da parte ventral (inferior) do encéfalo.

NERVOS RAQUIDIANOS

Os nervos raquidianos ou espinhais são 31 pares no homem, mistos, com duas raízes. A raiz posterior (dorsal) é sensitiva, com um gânglio que é o local dos corpos celulares dos neurônios sensitivos. A raiz anterior (ventral) é motora, com axônios dos neurônios motores que estão dentro da medula. As duas raízes logo se juntam, próximo à medula e o nervo emerge da coluna vertebral já misto.

Neurônios intercalares, associativos ou interneurônios, na substância cinza da medula, fazem conexões com outros neurônios medulares e encefálicos.



SISTEMA NERVOSO SOMÁTICO E SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

Do ponto de vista funcional, o sistema nervoso pode ser dividido em sistema nervoso somático e sistema nervoso autônomo. O somático promove ações conscientes, voluntárias, pois comanda os músculos esqueléticos (controla a vida de relação com o ambiente). O autônomo coordena atividades involuntárias (vegetativas, vida vegetativa), pois controla ações de músculos lisos, do músculo cardíaco e de tecidos glandulares.

SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

O sistema nervoso autônomo, vegetativo ou neuro-vegetativo é a parte do sistema nervoso periférico especializada no controle das funções vegetativas (automáticas, de manutenção), como: digestão, respiração e circulação. O sistema nervoso autônomo é responsável, juntamente com os hormônios, pelo controle da homeostasia.

O controle consciente, voluntário, do córtex cerebral sobre essas funções é praticamente nulo. Não podemos alterar o ritmo cardíaco ou o peristaltismo intestinal voluntariamente; podemos alterar (e até parar por algum tempo) o ritmo respiratório. O duplo controle respiratório é importante, principalmente em mamíferos e particularmente na espécie humana para a emissão de sons e para a fala.

Exclusivamente motor, o sistema nervoso autônomo funciona com dois sistemas antagonísticos: o simpático que libera nor-adrenalina (adrenérgico) em suas terminações sinápticas nos órgãos efetores, e o parassimpático, que libera acetilcolina (colinérgico). Cada órgão vegetativo tem dupla inervação, na qual um nervo excita e o outro inibe. No coração, o simpático excita e o parassimpático inibe; no intestino, o simpático inibe e o parassimpático excita.

SIMPÁTICO E PARASSIMPÁTICO

As fibras do Sistema Nervoso Simpático (SNS) saem da região medial, da medula espinhal, e as do Sistema Nervoso Parassimpático (SNP) saem do bulbo (junto com os últimos nervos cranianos, principalmente o vago) e do final da medula espinhal.

O simpático faz conexão com corpos celulares de neurônios em gânglios (simpáticos) próximos à medula nervosa, fora dos órgãos. Gânglios parassimpáticos localizam-se nos próprios órgãos (tecido efector) ou próximos a ele.

O simpático estimula reações a situações emergenciais, de ação, de esforço (correr, lutar, amar...), resultando aceleração cardíaca e respiratória, elevação da glicemia, dilatação pupilar, inibição de movimentos peristálticos e outros. O parassimpático atua em situações de repouso como digestão, micção, diminuição do ritmo circulatório e outros.

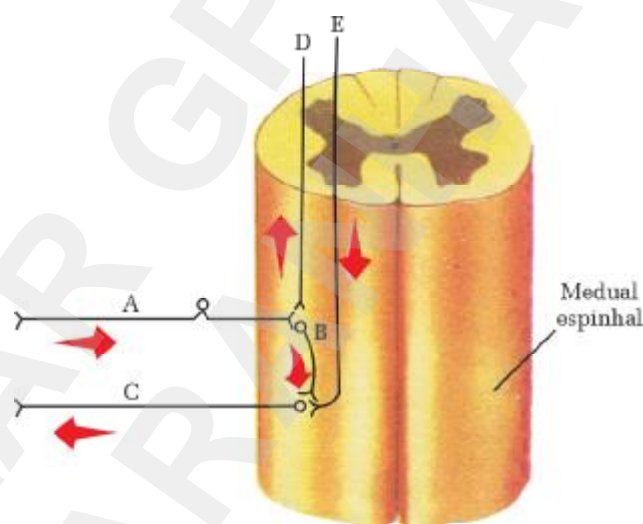
O simpático tem sinergismo com a medula supra-renal. Se tomarmos um susto, o simpático acelera o coração (reação nervosa, imediata) e ativa a medula supra-renal que produz adrenalina e prolonga o efeito (reação hormonal, tardia). Por isso, passado o susto, o coração continua acelerado por algum tempo.

Muitas ações que podem ser voluntárias se processam na maior parte do tempo involuntariamente. É o caso do ritmo respiratório, piscar dos olhos, movimentos musculares quando andamos e outros.

Algumas ações (como a deglutição) têm início voluntário e depois continuam involuntariamente.

ARCO REFLEXO

Arco reflexo é a unidade funcional do sistema nervoso e conta com, pelo menos, dois neurônios, como no reflexo rotuliano do joelho: um sensitivo ou aferente, que recebe e conduz o estímulo para o SNC e outro motor ou eferente, que conduz o estímulo para um órgão efector (músculo ou glândula). Frequentemente, há neurônios intercalares, intermediários, associativos ou interneurônios (especialmente no córtex cerebral humano).



Neurônio sensorial (A); neurônio de associação (B); neurônio motor (C); área sensorial do cérebro (D); e área motora do cérebro (E).

ATOS REFLEXOS

O arco reflexo é a base de nossos atos (atitudes) reflexos, respostas automáticas, involuntárias, conscientes ou inconscientes, inatas ou aprendidas (condicionadas) a determinados estímulos.

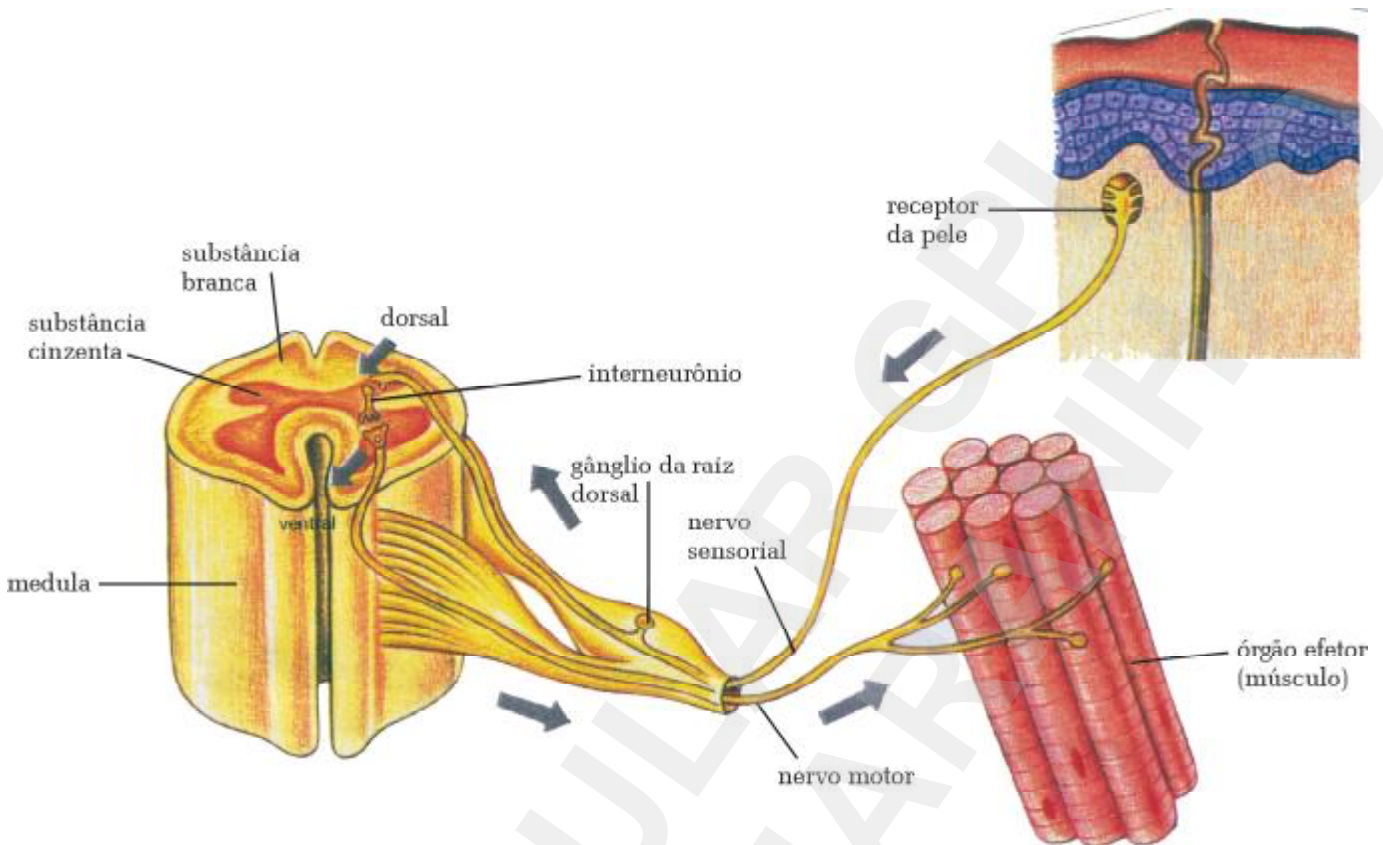
A contração da pupila, quando iluminada subitamente; o espirro e a tosse, quando um objeto estranho entra em nossas vias aéreas; a secreção de suco gástrico, quando o alimento chega ao estômago são reflexos inatos, já nascemos com eles. É o que ocorre quando um cão cai na água, pela primeira vez, e faz os movimentos necessários à natação.

Alguns neurônios intercalares podem levar o impulso ao cérebro, o que permite a consciência do que ocorreu, mas, frequentemente, isso ocorre depois que a resposta foi feita. O arco reflexo que vai à medula e volta é mais rápido do que o caminho que leva o estímulo ao cérebro, o que, muitas vezes, é indispensável à sobrevivência do indivíduo.

REFLEXO CONDICIONADO

Comportamentos instintivos ou inatos não precisam ser aprendidos, nascem conosco. Durante a vida, animais adquirem novos reflexos, os condicionados. Ao se colocar carne na boca de um cão, ele saliva (reflexo inato). Ao soar, repetidas vezes, uma campainha antes de fornecer comida ao cão, ele passa a salivar sempre que ouve a campainha (reflexo condicionado).

Os reflexos condicionados têm um papel importante na aprendizagem dos animais e do próprio homem.



Um reflexo cutâneo medular: um dedo espetado por um alfinete faz os músculos do braço se contraírem automaticamente. Três neurônios: sensitivo, inter-neurônio e motor.

SISTEMA NERVOSO, MUITO A APRENDER?

Tomógrafos são uma espécie de aparelhos de raios X sofisticados, ligados a sensores eletrônicos e a computadores capazes de mostrar fatias bem finas do corpo, permitindo identificar precisamente tumores, hemorragias e outros problemas.

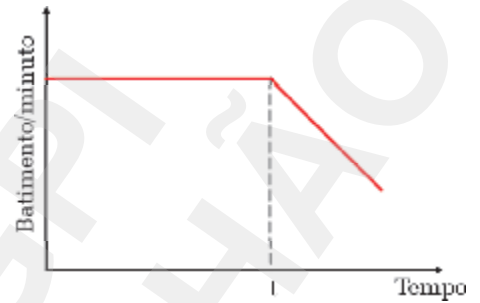
Aparelhos de ressonância magnética fazem vibrar átomos de hidrogênio do corpo através de campos magnéticos, tendo grande importância nas cirurgias cerebrais.

Tomografia por emissão de pósitrons (PET, positron-emission tomography) permite observar as regiões cerebrais em atividade. Injeta-se glicose com radiação (radioativa) fraca, de curta duração, que ao chegar ao cérebro concentra-se nas regiões de maior consumo de energia (mais ativas). Assim são localizadas as regiões que entram em atividade quando ocorrem emoções ou lembranças, durante a aprendizagem ou em determinadas doenças mentais.

Eletroencefalograma (EEG) é um registro da atividade elétrica do cérebro através de eletrodos presos à cabeça. Pode detectar tumores e certas doenças como a epilepsia. Mostra que há atividade elétrica no cérebro durante o sono, embora mais lenta que na vigília. A cada hora e meia, aproximadamente, a atividade elétrica aumenta por cerca de dez minutos, como na vigília; há movimentos nos olhos e se a pessoa for acordada nesse momento pode relatar o que estava sonhando, o que normalmente não ocorre nos outros momentos.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFF-RJ) Em experiência na qual a preparação do coração de um mamífero foi mantida imersa numa solução adequada, mediu-se, continuamente, a frequência dos batimentos cardíacos. No instante t, executou-se um procedimento que alterou esta frequência, como demonstra o gráfico ao lado:



O procedimento capaz de causar a alteração do ritmo cardíaco representada no gráfico é a:

- (A) estimulação de nervos sensitivos.
- (B) estimulação do nervo simpático.
- (C) estimulação do nervo vago.
- (D) adição de adrenalina à solução.
- (E) adição de um anticolinérgico à solução.

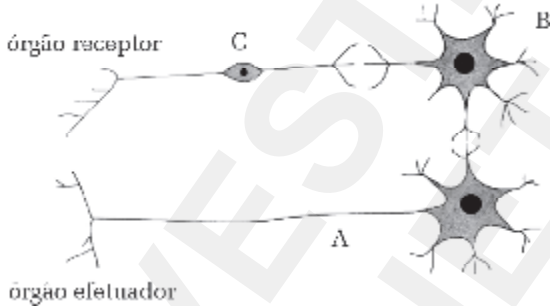
02. (PUCC-SP) Um macaco, que tem uma lesão no bulbo (miencéfalo), apresenta distúrbios:

- (A) na respiração.
- (B) na audição.
- (C) na visão.
- (D) no sono.
- (E) na temperatura corporal.

03. (FATEC-SP) Uma doença degenerativa do cerebelo humano provocará alterações, provavelmente:

- (A) nos movimentos respiratórios.
- (B) no equilíbrio do corpo.
- (C) na memória e no raciocínio.
- (D) na visão e na audição.
- (E) nos batimentos cardíacos.

04. (UA-AM) No esquema ao lado, A, B e C são, respectivamente, neurônios:



- (A) motor, associativo e sensorial.
- (B) sensorial, motor e associativo.
- (C) sensorial, associativo e motor.
- (D) motor, sensorial e associativo.

05 (UNICAMP-SP) Para se observar corpos de neurônios, o melhor seria fazer cortes histológicos com material colhido a partir de:

- (A) nervos raquianos.
- (B) nervos cranianos.
- (C) massa branca da medula.
- (D) medula óssea.
- (E) córtex cerebral.



06 (VUNESP-SP) Quando você termina de jogar uma partida de futebol, com 90 minutos de duração, você nota que há um aumento do número de batidas de seu coração por minuto. O responsável por isso é o sistema nervoso:

- (A) somático.
- (B) autônomo simpático.
- (C) autônomo parassimpático.
- (D) periférico.
- (E) autônomo somático.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01 (PUC-SP) O sistema nervoso autônomo, controlador das atividades involuntárias de nosso organismo, é dividido em duas partes, que têm ação antagonica.

- (A) Como são denominadas essas duas partes do sistema nervoso autônomo?
- (B) Dê um exemplo que ilustre o antagonismo apresentado pelas duas partes em questão.

02 (FUVEST-SP) Os batimentos do coração são involuntários e estão sob o controle do sistema nervoso.

- (A) Qual o ramo do sistema nervoso que executa esse controle?
- (B) Cite um outro órgão muscular do corpo que é controlado por esse mesmo ramo nervoso.

03 (FUVEST-SP) Descreva a sucessão de eventos que ocorre a partir do momento em que um indivíduo sofre uma leve pancada no tendão do joelho, quando está sentado e com a perna pendendo livremente, até a reação consequente.

04 (UFF-RJ) Os anfíbios têm sido amplamente utilizados para o estudo da fisiologia do sistema nervoso periférico. Sabe-se que a administração de um anestésico local, aplicado em nervo periférico de uma perna de rã, evita a geração e a transmissão do impulso nervoso.

- (A) Assinale, nos parênteses correspondentes, toda opção que indica uma alteração produzida pela atuação de um anestésico local, se aplicado da forma considerada acima:
 - () diminuição da contração muscular;
 - () estímulo à liberação de nor-adrenalina pela terminação nervosa;
 - () diminuição da liberação de acetilcolina pela terminação nervosa.
- (B) Explique cada escolha feita no item anterior.

ANOTAÇÃO





Coordenação Hormonal

COORDENAÇÃO POR MENSAGEIROS QUÍMICOS

Vários sistemas de comunicação estão envolvidos na coordenação das mais diversas atividades celulares, dos tecidos e órgãos do nosso organismo. Dentre esses mecanismos de comunicação e controle, deve-se destacar o nervoso e o endócrino.

O sistema nervoso atua através da liberação de substâncias químicas (neurotransmissores) nas fendas sinápticas, tendo, portanto, ação local para controlar a função celular.

Já no sistema endócrino, glândulas secretoras endócrinas liberam no sangue circulante substâncias químicas específicas que influenciam as funções celulares em outros locais do corpo.

PRODUÇÃO DE HORMÔNIOS

A produção dos hormônios, frequentemente, é realizada num conjunto de glândulas com atividade endócrina, constituindo o sistema endócrino. Estas glândulas liberam hormônios endereçados a sítios específicos, chamados células-alvo, que são lançados na circulação sanguínea ou na hemolinfa de alguns animais.

MENSAGEIROS QUÍMICOS

Hormônios são substâncias químicas orgânicas e de composição variada; são ativadores de enzimas ou indutores de transcrição de DNA.

A presença de um hormônio pode, por exemplo, iniciar cadeias de reações químicas, com sequência de eventos em cascata (a primeira reação desencadeia a segunda que desencadeia a terceira e assim por diante) em que a produção de substâncias cresce a cada etapa. É por isso que pequeníssimas quantidades de hormônios podem produzir grandes efeitos (amplificação hormonal).

RECEPTORES ESPECÍFICOS

Hormônios de natureza proteica, como é o caso da insulina do pâncreas, encaixam-se em receptores específicos presentes na superfície da membrana das células-alvo. Já hormônios de natureza lipídica, como a testosterona, atravessam a membrana plasmática e encontram seus receptores no interior das células-alvo.

O que define se uma célula é ou não é alvo para um certo hormônio é o conjunto de receptores que essa célula possui. Isto significa que uma célula-alvo para determinado hormônio não percebe a passagem de outros, para os quais não tem receptores específicos. Isto explica como um hormônio produzido numa glândula distante do seu local de ação pode exercer seus efeitos em uma célula-alvo.

Alguns hormônios são capazes de afetar a maioria das células do corpo. É o caso do hormônio do crescimento (da hipófise anterior), que

provoca o crescimento em quase todas as partes do corpo, enquanto a tiroxina (da tireoide) aumenta a velocidade de muitas reações químicas em quase todas as células do organismo.

Sofrendo a ação dos hormônios, as células-alvo modificam seu metabolismo.

ESTRUTURA QUÍMICA E SÍNTESE DE HORMÔNIOS

Existem três classes gerais de hormônios: proteínas e polipeptídeos, que incluem os hormônios produzidos pelas hipófises anterior e posterior (neste caso, rigorosamente pelo hipotálamo), pelo pâncreas, pelas glândulas paratireoides, entre outros; esteroides, secretados pelo córtex adrenal, pelos ovários, pelos testículos e pela placenta e derivados do aminoácido tirosina, secretados pela tireoide e pela medula adrenal.

AÇÃO HORMONAL

Alguns hormônios, como a adrenalina e a nor-adrenalina, são secretados dentro de poucos segundos após a estimulação da glândula, podendo exercer sua ação plenamente dentro de poucos segundos a minutos.

As ações de outros hormônios, como a tiroxina e o hormônio do crescimento, podem necessitar de vários meses para exercer seu efeito total.

Cada um dos hormônios tem seu próprio início e duração de ação, cada um adaptado para o desempenho de sua função específica de controle.

FEEDBACK

Apesar das concentrações plasmáticas de hormônios poderem flutuar dependendo de diversos estímulos que ocorrem durante o dia, existe um controle rigoroso, exercido por mecanismos de feedback.

Feedback, retroalimentação ou retroação é o fato de a resultante de um processo (efeito provocado) controlar o próprio processo (causa).

Feedback positivo (quanto mais efeito, mais causa; ou quanto menos efeito, menos causa) é quando o efeito reforça a causa, aumentando o efeito; é pouco comum e pode levar à extinção ou à saturação do efeito.

Feedback negativo (quanto mais efeito, menos causa e vice-versa) é quando o efeito inibe a causa, levando a um equilíbrio dinâmico, uma espécie de autorregulação, que favorece a homeostasia.

Na maioria dos casos o controle é exercido por mecanismos de feedback negativo, que garantem um nível adequado de atividade do hormônio no tecido-alvo.

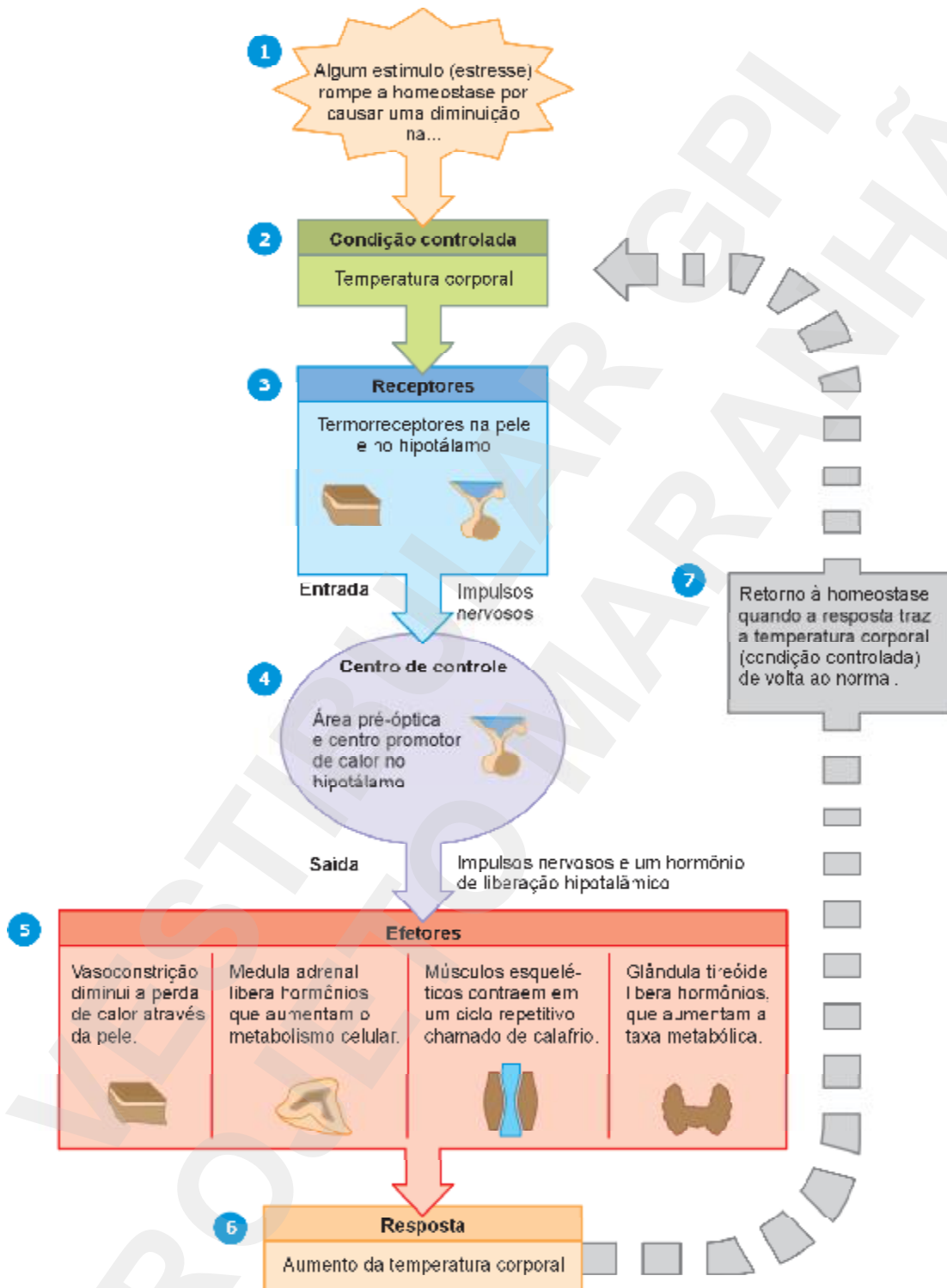
Quando o estímulo determina a liberação do hormônio, as condições ou produtos que resultam da ação desse hormônio tendem a suprimir sua liberação adicional.

A variável controlada em quase todos os casos é o grau de atividade do tecido-alvo, e não a secreção do hormônio.

Consequentemente, apenas quando a atividade do tecido alvo aumenta até um nível apropriado é que os sinais de feedback para a glândula endócrina ficam suficientemente potentes para diminuir a secreção do hormônio.



A regulação dos hormônios por feedback pode ocorrer em diversos níveis, incluindo as etapas de transcrição e tradução envolvidas na síntese do hormônio, bem como as etapas envolvidas no processamento e liberação do hormônio armazenado.



Observe como funciona o mecanismo de feedback em uma situação de aumento da temperatura corporal.



PRINCIPAIS GLÂNDULAS ENDÓCRINAS

As principais glândulas endócrinas humanas são: hipófise, hipotálamo, epífise (pineal), tireoide, paratireoides, suprarenais, ovários, testículos e pâncreas.

PRINCIPAIS HORMÔNIOS E SUAS FUNÇÕES

A tabela a seguir aponta os principais hormônios do corpo humano, local de secreção e ação, fornecendo uma visão geral do sistema endócrino.

Tabela 1 – Principais Hormônios do Sistema Endócrino

Hormônios	Sigla	Estrutura química	Onde é secretado?	Como atua?
Hormônio de liberação da tireotrofina	TRH	Peptídeo	Hipotálamo	Estimula a secreção de TSH e de prolactina.
Hormônio de liberação da corticotrofina	CRH	Peptídeo		Produz a liberação do ACTH.
Hormônio de liberação do hormônio do crescimento	GHRH	Peptídeo		Induz a liberação do hormônio do crescimento.
Hormônio inibitório do hormônio do crescimento (somatostatina)	GHIH	Peptídeo		Inibe a liberação do hormônio do crescimento.
Hormônios de liberação das gonadotrofinas	GnRH	Peptídeo		Estimula a liberação de LH e FSH.
Hormônio do crescimento	GH	Peptídeo	Hipófise anterior	Estimula a síntese proteica, permitindo o crescimento global do organismo.
Hormônio tireoestimulante	TSH	Peptídeo		Estimula a síntese e a secreção de T ₃ e T ₄ .
Hormônio adrenocorticotrófico	ACTH	Peptídeo		Estimula a síntese e a secreção de hormônios adrenocorticais (Aldosterona, cortisol e androgênicos)
Prolactina	-----	Peptídeo		Estimula o desenvolvimento de mamas e a secreção de leite.
Hormônio foliculo estimulante	FSH	Peptídeo		Masculino: Promove a maturação de espermatozoides nos testículos. Feminino: Promove o crescimento dos folículos nos ovários.
Hormônio Luteinizante	LH	Peptídeo		Masculino: Estimula a síntese de testosterona pelas células de Leydig. Feminino: Promove a ovulação, a formação do corpo lúteo e a síntese ovariana de progesterona e estrogênicos.
Hormônio antidiurético (vasopressina) carência: diabetes insípida	ADH	Peptídeo	Hipófise posterior (síntese no hipotálamo)	Age nos túbulos e ductos coletores, aumentando a reabsorção de água no néfron, elevando a pressão arterial.
Ocitocina	-----	Peptídeo	Hipófise posterior (síntese no hipotálamo)	Estimula a ejeção de leite e as contrações uterinas.
Tiroxina e Triiodotironina	T ₄ e T ₃	Esteróide	Tireoide	Estimula o metabolismo celular como um todo.
Calcitonina	-----	Peptídeo		Estimula a absorção de cálcio pelo tecido ósseo.
Peptídeo natriurético atrial	ANP	Peptídeo	Coração	Reduz a absorção de sódio e de água no néfron, reduzindo a pressão arterial.
Aldosterona	-----	Esteróide	Córtex adrenal	Atua no néfron, aumentando a reabsorção de sódio e água, elevando a pressão arterial.
Testosterona	-----	Esteróide	Testículos	Age promovendo o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários e do sistema reprodutor masculino.
Estrogênicos	-----	Esteróide	Ovários	Estimula o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários e do sistema reprodutor feminino.
Progesterona	-----	Esteróide		Promove desenvolvimento do tecido secretor mamário, além de preparar o endométrio para a nidadação.
Gonadotrofina coriônica	βHCG	Peptídeo	Placenta	Estimula o crescimento do corpo lúteo, assim como a secreção de estrogênio e progesterona pelo mesmo.
Adrenalina	-----	Amina	Medula adrenal	Prepara o organismo para situações de luta ou fuga (aumentando a frequência cardíaca, causa vasoconstricção periférica, dilata os brônquios, entre outros).



Insulina (carência: diabetes mellitus)	-----	Peptídeo	Pâncreas (células β)	Aumenta a permeabilidade das membranas celulares à glicose, permitindo sua entrada na célula.
Glucagon	-----	Peptídeo	Pâncreas (células α)	Estimula a gliconeogênese, aumentando a síntese e a liberação de glicose pelo fígado.
Hormônio Paratireóideo	PTH	Peptídeo	Paratireoide	Aumenta a absorção de cálcio pelo intestino e pelos rins, estimulando a liberação de íons cálcio do tecido ósseo e elevando a concentração deste íons no sangue.
Eritropoietina	-----	Peptídeo	Rins	Age na medula óssea, estimulando a produção de hemácias.
Renina	-----	Peptídeo		Converte o angiotensinogênio (produzido no fígado) em angiotensina I, que é convertida em angiotensina II. Esta última causa vasoconstrição e eleva a pressão arterial.

INTEGRAÇÃO NERVOSO E ENDÓCRINO

A hipófise (antigamente conhecida como pituitária) é uma pequena glândula (0,5g e aproximadamente 1,0cm de diâmetro) de origem ectodérmica, que fica localizada no interior do crânio.

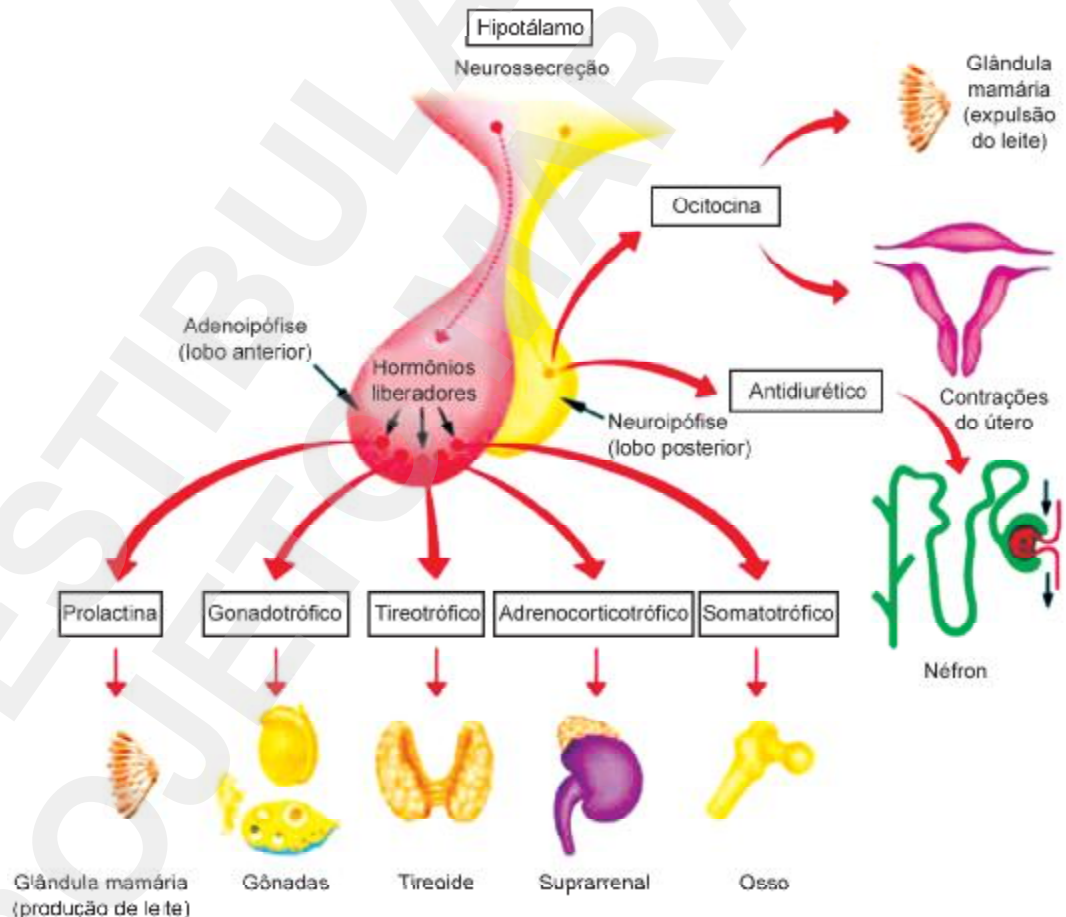
Conhecida como glândula mestra e principal glândula do organismo, controla várias outras glândulas, assim como é controlada pelo sistema nervoso através do hipotálamo. Este é o principal elo de ligação entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. O hipotálamo tem células neurosecretoras, que são neurônios especializados para produzir e liberar hormônios.

O hipotálamo recebe sinais de muitas fontes do sistema nervoso.

Dessa forma, quando o indivíduo é exposto à dor, parte do sinal da dor é transmitida ao hipotálamo.

Da mesma forma, quando uma pessoa tem pensamentos fortemente depressivos ou excitantes, parte do sinal é transmitido ao hipotálamo.

O hipotálamo, portanto, é uma espécie de centro coletor de informações relativas ao "bem-estar" interno do corpo e grande parte dessa informação é utilizada para controlar as secreções de muitos hormônios hipofisários de importância sistêmica.



Visão estrutural do sistema endócrino.

HORMÔNIOS NOS INVERTEBRADOS

Diversos hormônios – geralmente ligados à reprodução, ao desenvolvimento e à regeneração – são encontrados também nos invertebrados. A maioria deles é produzida por células nervosas – as células neurosecretoras –, que lançam produto no sangue. Os invertebrados mais complexos já apresentam agrupamentos de células formando glândulas endócrinas clássicas.



Nos insetos, por exemplo, encontramos a ecdisona, um hormônio esteroide que determina a muda ou ecdise (troca do exoesqueleto). À medida que um inseto cresce, a pressão do exoesqueleto sobre os tecidos aumenta. Esse aumento da pressão é percebido pelo cérebro (formado pela fusão dos gânglios cerebroides), que produz um hormônio capaz de estimular as glândulas protorácicas – localizadas no primeiro segmento do tórax. Essas glândulas produzem então a ecdisona, que, por sua vez, determina a secreção de enzimas que digerem o exoesqueleto, facilitando sua troca por ocasião da muda. Além disso, a ecdisona induz também as células da epiderme a produzirem um novo exoesqueleto.

A metamorfose do inseto é controlada pelo hormônio ecdisona e pelo hormônio juvenil, este fabricado por um par de glândulas localizadas atrás do cérebro: as glândulas *corpora allata*. Fatores externos, como temperatura ambiental, quantidade de comida e luz, interferem na quantidade de hormônios produzidos, influenciando na metamorfose.

BIBLIOGRAFIA:

- Corpo Humano – Gerard Tortora e figura 1;
- <http://www.afh.bio.br/img/hipofise.jpg> e figura 2;
- Tratado de Fisiologia Médica – Gyuton & Hall;
- Biologia – Frederico, Octacílio e Ruben.

**EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**

01. (FUVEST-SP) Considere as seguintes funções do sistema endócrino:

- 1) Controle do metabolismo de açúcar;
- 2) Preparação do corpo para situações de emergência; e
- 3) Controle de outras glândulas endócrinas.

As glândulas que correspondem a essas funções são, respectivamente:

- (A) salivar, tireóide, hipófise;
- (B) pâncreas, hipófise, tireóide;
- (C) tireóide, salivar, adrenal;
- (D) salivar, pâncreas, adrenal;
- (E) pâncreas, adrenal, hipófise.

02. (UFRS-RS) Se analisarmos o sangue de uma pessoa em situação de emergência ou perigo, ou num momento de raiva ou susto, poderemos identificar o aumento do hormônio:

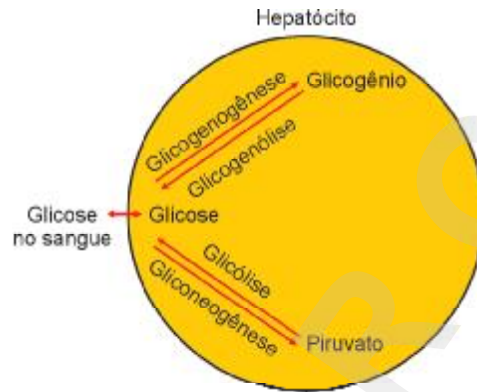
- (A) tiroxina;
- (B) corticotrofina;
- (C) gonadotrofina;
- (D) ocitocina;
- (E) adrenalina.

03. (VUNESP-SP) Um paciente adulto procurou um endocrinologista porque estava com baixo peso, metabolismo basal muito alto, nervosismo e globo ocular saliente (exoftalmia). A disfunção hormonal que poderia ser responsável pelo quadro apresentado pelo paciente envolve:

- (A) o pâncreas;
- (B) a paratireóide;
- (C) a adrenal;
- (D) a tireóide;
- (E) a suprarrenal.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UERJ-RJ) O esquema a seguir refere-se a algumas etapas metabólicas encontradas no citoplasma das células hepáticas de mamíferos



- (A) Cite as duas etapas, dentre as representadas, que são estimuladas pela ação da insulina.
- (B) Indique a consequência da ação da insulina sobre a taxa de glicose circulante no sangue.

02. (UNICAMP-SP) Em 1920, F. Banting e C. Best, na Universidade de Toronto, obtiveram a cura de cães que apresentavam altos níveis de glicose no sangue, tratando-os com extrato de uma glândula.

Indique o hormônio e a glândula envolvidos no tratamento dos cães.

03. (ESAL-MG) Um indivíduo que apresenta alterações na produção de ADH elimina grandes quantidades de urina muito diluída, e por conseguinte ingere grandes quantidades de água. Explique o fenômeno e dê o nome do quadro patológico descrito.

04. (PUC-SP) A análise laboratorial de duas amostras de urina (A e B), obtidas de indivíduos diferentes, revelou a seguinte composição química:

A – normal

- ácido úrico
- água
- ureia
- cloreto de sódio
- creatinina

B – anormal

- ácido úrico
- água
- ureia
- glicose
- cloreto de sódio
- creatinina

- (A) Considerando a fisiologia renal, como você explica a alteração da composição da urina, revelada pela análise, para uma das amostras?
- (B) Cite a glândula e o respectivo hormônio responsáveis pela composição anormal da urina.



05 (VUNESP-SP) Considere os itens I, II e III abaixo:

- I. As glândulas endócrinas atuam independentemente entre si.
- II. O funcionamento das glândulas endócrinas é subordinado a uma das menores glândulas do corpo humano, situadas no interior da caixa craniana.
- III. Por sua vez, esta última glândula atua sob o controle de uma estrutura que é mediadora entre o sistema nervoso e o sistema glandular endócrino.

Cite:

- (A) Duas glândulas endócrinas relacionadas com o item I.
- (B) a glândula a que se refere o item II.
- (C) a estrutura a que se refere o item III.

06. (FUVEST-SP) O seguinte texto foi extraído do folheto “Você tem diabetes? Como identificar”, distribuído pela empresa Novo Nordisk: “A glicemia (glicose ou açúcar no sangue) apresenta variações durante o dia, aumentando logo após a ingestão de alimentos e diminuindo depois de algum tempo sem comer. A elevação constante de glicose no sangue pode ser sinal de diabetes [...]”

- (A) Por que nos não diabéticos a glicemia aumenta logo após uma refeição e diminui entre as refeições?
- (B) Explique por que uma pessoa com diabetes mellitus apresenta glicemia elevada constante.

07. (UFOP-MG) Leia o texto abaixo:

O estresse pode ser considerado uma doença que atinge pessoas que vivem em constante tensão emocional. Seus sintomas são, em parte, devidos aos altos níveis circulantes de adrenalina, um hormônio da suprarrenal, que provoca efeitos como taquicardia, sudorese e aumento da capacidade de atenção.

Com base no texto e em seus conhecimentos, responda:

- (A) A qual sistema do organismo pertence a suprarrenal?
- (B) Quais seriam as funções básicas desse sistema?
- (C) Quais seriam alguns efeitos benéficos da liberação de adrenalina na circulação, em situações de grande tensão emocional?

ANOTAÇÃO



Genética

A Biologia contada de uma outra forma...

Você já parou para pensar por que todas as pessoas saudáveis nascem com 4 membros articulados, olhos e orelhas implantados no mesmo lugar? Que mecanismos controlam essa regularidade? Onde ocorrem as falhas quando nascem crianças com alguma deficiência?

HEREDITARIEDADE

Genética é o ramo da Biologia que se dedica a entender os mecanismos que controlam a hereditariedade, ou seja, aquilo que é transmitido através do material genético, bem como que fatores são responsáveis pelas variações que se observam entre indivíduos geneticamente semelhantes.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS EM GENÉTICA

Para estudar genética, é importante estar familiarizado com alguns termos e expressões, a saber:

Caráter ou Característica

É tudo aquilo que é expresso por um indivíduo. Pode ser a capacidade de escrever com a mão direita ou esquerda, a altura, os traços de personalidade e comportamento, por exemplo. Geralmente é utilizado para caracterizar o tipo de situação a ser analisada, uma vez que uma característica pode ser:

Hereditária:

Quando é transmitida pelo material genético, como o sexo, a posição dos olhos no rosto, o número de membros do corpo, o grau de miopia, a posição dos dentes na boca, entre outros.

Congênita:

É aquela produzida no indivíduo como consequência de um fator externo, ainda na vida embrionária, intra-uterina, como no caso de uma gestante portadora de sífilis não-tratada, que pode gerar um bebê geneticamente normal, mas que nasce cego ou com o coração fora da cavidade torácica, por exemplo.

Adquirida:

É aquela que se manifesta no indivíduo a partir de uma ação ambiental, após o nascimento, como a amputação de um membro, por exemplo.

Genótipo

Genótipo é a coleção de todos os genes de um indivíduo. Estão guardados no núcleo de praticamente todas as células do corpo, herdados dos gametas dos pais durante a formação do zigoto. É o conjunto de genes presentes nos 46 cromossomos (no caso dos humanos), sem considerar qualquer relação entre eles.

Alguns genes não são nucleares, estão no material genético (DNA) das mitocôndrias e são, regra geral, de origem exclusivamente materna, já que as mitocôndrias dos espermatozoides, não participam da fertilização.

Fenótipo

O fenótipo representa o resultado da ação do meio ambiente sobre o genótipo. Uma pessoa que tenha um potencial genético para medir 1,80 m, por exemplo, e que tenha tido uma infância com restrições alimentares determinantes na fase de crescimento não atingirá aquilo que seria possibilitado pelos genes, como consequência de uma ação externa (do meio ambiente).

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Meio Ambiente}$$

Norma de Reação

Norma de reação significa a amplitude de possibilidades fenotípicas a partir da interação entre o genótipo e o meio ambiente. A desnaturação de uma enzima por elevação de temperatura (fator ambiental sobre a expressão do genótipo) pode alterar a coloração da pele de determinados animais.

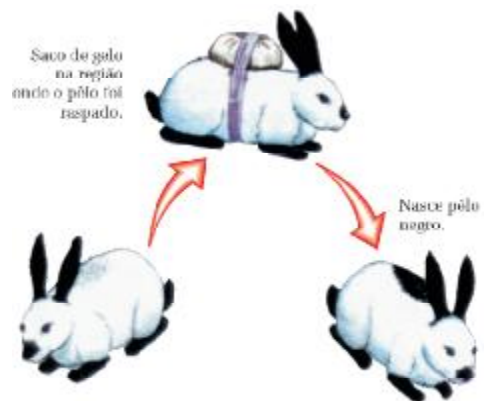
Kwashiorkor

É uma doença que se manifesta quando há ingestão de quantidades insuficientes de proteínas, mesmo numa dieta rica em calorias. É mais frequente nos países em desenvolvimento.

Essa doença é normalmente desencadeada a partir dos 12 meses de idade com a descontinuação da amamentação, mas pode surgir em qualquer altura do desenvolvimento da criança. O diagnóstico da doença baseia-se em dados da história clínica da criança aliado à avaliação do estado de nutrição.

A palavra Kwashiorkor tem origem africana e significa "primeira criança – segunda criança", principalmente porque a doença geralmente ocorre na primeira criança quando nasce uma segunda, que vai substituí-la na amamentação, que antes garantia uma dieta adequada. A criança, então, é desmamada com a transição da alimentação materna para uma dieta com alto teor de hidratos de carbono e baixa quantidade de proteínas, num momento crítico para o seu desenvolvimento. Geralmente há seqüelas, principalmente aquelas relacionadas a alguma incapacidade mental e subdesenvolvimento físico.

A presença do pigmento que dá cor negra às extremidades do coelho resulta da atividade de uma enzima que fica inativa em temperatura acima de 34°C. O corpo do coelho tem temperatura maior que isso, o que desnatura – e inativa – a enzima. As extremidades, como sabemos, são mais frias, e há expressão da enzima. Repare que, quando se raspa o pêlo de uma região da pele do coelho, e aplica-se gelo sobre o local, resfriando-o, o pêlo nasce preto.)



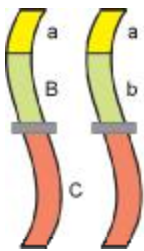


Dominância e Recessividade

Os genes, como sabemos, estão dispostos aos pares nos cromossomos homólogos, que são aqueles que são do mesmo tipo, com o mesmo tamanho, a mesma forma, a mesma posição do centrômero e dos genes alelos.

Genes alelos são aqueles que ocupam a mesma posição (mesmo locus) nos cromossomos do mesmo par (cromossomos homólogos) e estão relacionados à mesma função, podendo ser iguais ou diferentes. O número de genes em cada cromossomo é variável, assim como o tamanho e a posição de cada um.

Os genes exercem influência uns sobre os outros, seja um alelo sobre o outro do mesmo par de homólogos, seja do par de alelos sobre outro par de alelos, o que será discutido num outro momento.



Par de cromossomos homólogos. Cada um de nós possui 23 pares de cromossomos nas células somáticas (corporais), sendo 22 pares de cromossomos autossomos e 1 par de cromossomos sexuais ou alossomos, XX (na mulher) ou XY (no homem.).

Quando um gene consegue anular o efeito do seu alelo, dizemos que ele exerce um efeito de dominância, passando a ser chamado gene dominante. Ele se manifesta mesmo na presença de seu alelo, que não consegue anular seu efeito. O outro alelo passa a ser chamado, então, de gene recessivo, que não se manifesta na presença do alelo dominante. Frequentemente o gene recessivo é um gene defeituoso que não consegue expressar seu efeito. Pode, ainda, ser um gene mortal, letal, quando em homozigose.

Como assim?

A coloração da pele é condicionada por um alelo dominante **A**. O alelo **a** em homozigose (sem o alelo dominante **A**) causa albinismo, ou ausência de pigmentação da pele.



Fig. 3

(Sou A- Não sou albinista!)

Então se:



Repare que num cruzamento entre heterozigotos a proporção esperada é de 3 fenótipos dominantes para 1 recessivo.

É importante lembrar que um par de genes alelos pode ser formado por dois genes dominantes, dois genes recessivos (nesses dois casos dizemos que o indivíduo é puro ou homozigoto para a determinada característica) ou por um gene dominante e outro alelo recessivo (nesse caso o indivíduo é chamado híbrido ou heterozigoto). Essa composição é variável para cada par de alelos, como consequência da combinação entre os genes maternos e paternos na fecundação.

Convencionou-se que os genes dominantes devem ser representados por letras maiúsculas e os genes recessivos por letras minúsculas. Os genes de um mesmo par devem ser representados com a mesma letra, variando apenas se é maiúscula ou minúscula. Na maioria dos casos, a letra escolhida é aquela do traço recessivo, como a letra **a**, referente a albinismo, do exemplo anterior.

Fenocópia

Fenocópia é o resultado de alteração artificial de uma característica determinada geneticamente, como a cor do cabelo, por exemplo. Embora sejam alterações que podem ser permanentemente mantidas, não são hereditárias, pois os genes não são alterados, apenas seus produtos (sua expressão) o são.

Genealogias

As genealogias, também chamadas de árvore genealógica ou herodograma, são representações esquemáticas de uma família, em que uma (ou mais) características hereditárias são analisadas.

Essa análise é importante para determinar se a característica é dominante ou recessiva, se possui alguma relação com o sexo do indivíduo, ou para calcular a probabilidade de ocorrência de um determinado caráter em uma família, entre outros.

Alguns símbolos são universalmente utilizados para representar situações possíveis numa genealogia, a saber:

Símbolos	
	Sexo masculino
	Sexo feminino
	Indivíduo do sexo feminino com genótipo heterozigoto.
	Traço horizontal simples: casamento não consanguíneo.
	Traço horizontal duplo: casamento consanguíneo (os cônjuges são parentes próximos).
	Irmãdade: nessa figura estão representados três irmãos.
	Gêmeos univitelinos (originados de um mesmo zigoto). Têm o mesmo genótipo.
	Gêmeos fraternos ou dizigóticos (originados de zigotos diferentes). Não têm o mesmo genótipo. Não precisam, necessariamente, ser de sexos diferentes.
	Casamento sem descendentes.

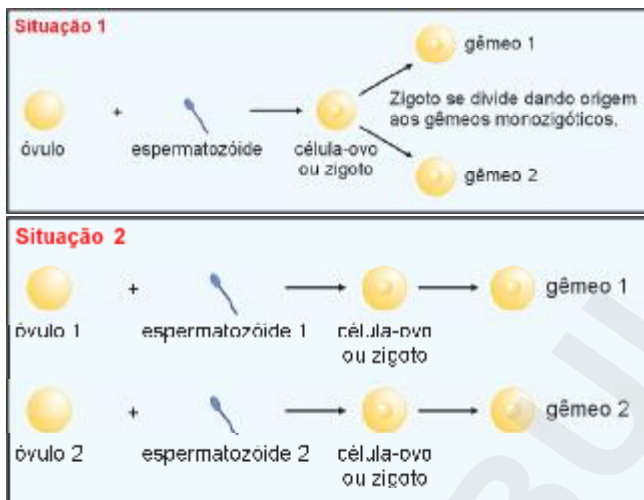


GENÉTICO OU AMBIENTAL

Mas o que de fato é genético e o que sofre influência do meio ambiente?

Os limites entre as características que são determinadas exclusivamente pelos genes e aquelas que sofrem influência ambiental são muito tênues. Existem métodos utilizados pelos estudiosos para avaliar a importância relativa dos genes e dos fatores ambientais na formação de uma característica. As variações de características entre gêmeos monozigóticos criados juntos e criados separados é um dos métodos mais comuns. Mas como são formados os gêmeos?

Gemelaridade



Existem dois mecanismos para a formação de gêmeos. Na situação 1, vemos de que maneira são formados os gêmeos monozigóticos ou univitelinos, ou ainda, gêmeos idênticos. Eles são resultado da fecundação de um óvulo e um espermatozoide, que depois de formarem um único zigoto há separação em algum momento da embriogênese, dando origem a dois indivíduos. Nesse caso, os irmãos dividem uma única placenta e são obrigatoriamente do mesmo sexo. Esse é um caso de clonagem natural.

Na situação 2, está representado o mecanismo de formação dos gêmeos dizigóticos ou bivitelinos, ou ainda, gêmeos fraternos. Nesse caso, dois ovócitos amadureceram num mesmo ciclo, e cada um deles foi fecundado por um espermatozoide diferente. É como se duas gestações diferentes ocorressem ao mesmo tempo. Os irmãos têm uma placenta cada um, e podem ser de sexos diferentes.

Os gêmeos monozigóticos, portanto, são geneticamente idênticos e qualquer diferença entre eles é consequência da influência do meio ambiente. Quanto maior a diferença de expressão de um determinado caráter entre eles, maior é a influência ambiental sobre este caráter, e vice-versa.

Agora entramos numa segunda fase do estudo de genética, uma vez que as noções primárias já foram comentadas. Se ainda houver alguma dúvida sobre a parte inicial, esclareça-a. Todo o conteúdo abordado até aqui será valioso para a compreensão dos tópicos seguintes.

MENDELISMO

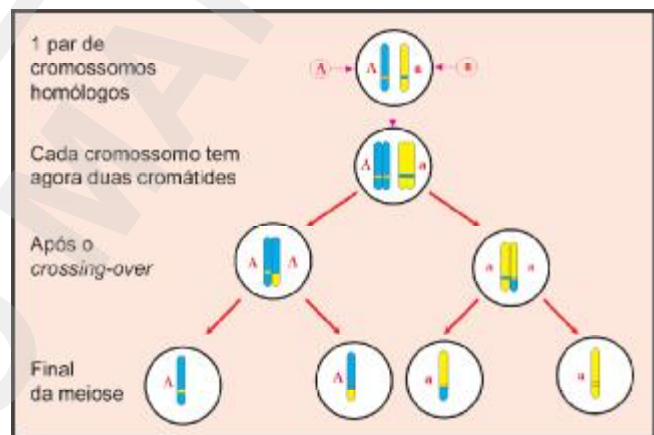
Muitos biólogos contribuíram de maneira valiosa para a evolução dos estudos em genética. O monge austríaco Gregor Mendel foi um dos pioneiros e seus estudos (modificados e adaptados às novas descobertas científicas e aprimoramento de recursos técnicos) são a base para a compreensão de diversos tópicos em genética até hoje.

Primeira Lei de Mendel

A Primeira Lei de Mendel, também chamada Lei da Segregação, da Separação dos Genes ou da Pureza dos Gametas, diz respeito à separação dos genes para a formação dos gametas. É claro que Mendel não dispunha de todos os recursos técnicos (como a microscopia eletrônica, por exemplo), para nortear seus estudos; portanto, suas conclusões sofreram adaptações de acordo com as novas descobertas.

Mendel concluiu a partir de seus estudos com ervilhas (ervilhas eram mais fáceis de cultivar, reproduziam-se rapidamente, o que agilizava as experiências), que cada caráter da ervilha (como a forma da semente e a cor, por exemplo) era condicionado por apenas um par de fatores, e que esses fatores separavam-se quando da reprodução, ou seja, estariam em unidade nos gametas.

Hoje sabemos que os fatores são os genes alelos, que se separam por ocasião da meiose e que estão em unidade nos gametas. Cada caráter, portanto, é condicionado por um par de genes alelos.



(Fig. 4. Representação esquemática da Primeira Lei de Mendel. Observe as transformações do par de cromossomos durante a meiose até a formação dos gametas. Os genes, portanto, em conformidade com as formulações de Mendel, segregam-se na formação dos gametas.)

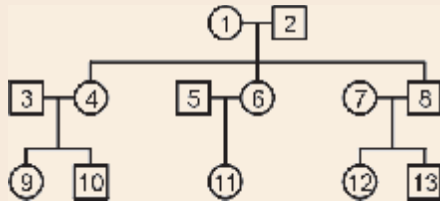
NÃO SE ESQUEÇA...

As questões dos concursos atuais aparecem, em sua maioria, de maneira contextualizada, e é fundamental que você tenha compreendido o conteúdo, em vez de tê-lo apenas decorado. Não passe para o ponto seguinte sem ter esgotado todos os anteriores. Só a perfeita compreensão de um tema vai ajudá-lo a resolver as questões com tranquilidade e certeza, garantindo seu bom rendimento.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UERJ) Uma mulher herdou uma doença em consequência de uma lesão ocorrida no DNA mitocondrial.

Observe o heredograma a seguir, no qual os membros da família dessa mulher estão identificados por números, sendo ela representada pelo número 1.



Sabe-se que as pessoas identificadas pelos números 3, 5 e 7 não apresentam este tipo de lesão do DNA. Indique os números correspondentes aos netos dessa mulher nos quais a doença não terá possibilidade de se manifestar. Justifique sua resposta.

SOLUÇÃO:

Os netos de números 12 e 13 não podem apresentar a lesão. Na formação do embrião, as mitocôndrias são originárias apenas do óvulo materno, já que os espermatozoides não contribuem com esta organela.

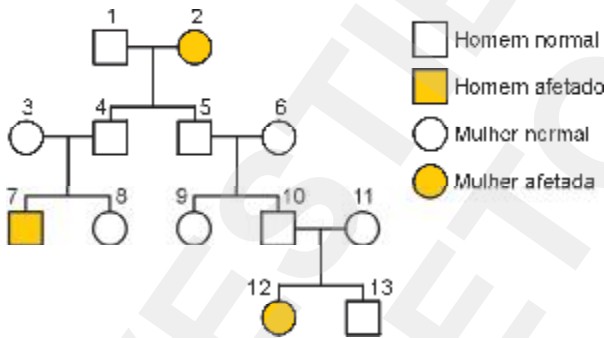
Dessa forma, todos os filhos e filhas de uma mulher normal (número 7) não podem manifestar a doença.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UCG-GO) Olhos castanhos são dominantes sobre os olhos azuis. Um homem de olhos castanhos, filho de pai de olhos castanhos e mãe de olhos azuis, casa-se com uma mulher de olhos azuis. A probabilidade de que tenham um filho de olhos azuis é de:

- (A) 25%
- (B) 50%
- (C) 0%
- (D) 100%
- (E) 75%

02. (UFPB) Pela análise da genealogia (heredograma) abaixo, referente ao albinismo, uma doença hereditária condicionada por um par de genes autossômicos recessivos, pode-se afirmar que:



- (A) o indivíduo número 8 não é portador do gene para o albinismo
- (B) todos os filhos do casal formado pelos indivíduos, números 10 e 11, são portadores do gene do albinismo
- (C) o indivíduo número 4 é heterozigoto com relação ao gene para albinismo
- (D) a probabilidade de o indivíduo número 8 ser homozigoto dominante com relação ao gene para albinismo é nula
- (E) o indivíduo número 13 é heterozigoto com relação ao gene para albinismo

03. (UNESP) Considerando-se que a cor da pelagem de cobaias é determinada por um par de alelos, que pode apresentar dominância ou

recessividade, foram realizados cruzamentos entre esses animais, conforme a tabela a seguir.

Cruzamentos		Nº de descendentes em uma ninhada	
		negros	brancos
I	branco x branco	0	7
II	branco x negro	5	4
III	negro x negro	8	0
IV	branco x branco	2	7
V	negro x branco	0	8

A análise da tabela permite concluir que:

- (A) no cruzamento I, os pais são heterozigotos
- (B) no cruzamento II, são observados dois fenótipos e três genótipos entre os descendentes
- (C) no cruzamento III, os genótipos dos pais podem ser diferentes
- (D) no cruzamento IV, os pais são heterozigotos
- (E) no cruzamento V, podem ocorrer três genótipos diferentes entre os descendentes

04. (UCG-GO) Um homem de aspecto exterior normal, casado com uma mulher normal, tem 11 filhos, todos normais. O seu irmão gêmeo, univitelino, tem 6 filhos normais e dois albinos. Qual o genótipo dos dois irmãos e das duas mulheres?

- (A) Irmãos (Aa), 1ª mulher (AA) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- (B) Irmãos (AA e Aa), 1ª mulher (Aa) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- (C) Irmãos (AA), 1ª mulher (AA) e 2ª mulher (Aa ou aa)
- (D) Irmãos (AA), 1ª mulher (AA ou Aa) e 2ª mulher (Aa)
- (E) Irmãos (Aa), 1ª mulher (Aa) e 2ª mulher (AA)

05. (FUVEST) No início do desenvolvimento, todo embrião humano tem estruturas que podem se diferenciar tanto no sistema reprodutor masculino

quanto no feminino. Um gene do cromossomo Y, denominado SRY (sigla de *sex-determining region Y*), induz a formação dos testículos. Hormônios produzidos pelos testículos atuam no embrião, induzindo a diferenciação das outras estruturas do sistema reprodutor masculino e, portanto, o fenótipo masculino.

Suponha que um óvulo tenha sido fecundado por um espermatozóide portador de um cromossomo Y com uma mutação que inativa completamente o gene SRY. Com base nas informações contidas no parágrafo anterior, pode-se prever que o zigoto:

- (A) será inviável e não se desenvolverá em um novo indivíduo
- (B) se desenvolverá em um indivíduo cromossômica (XY) e fenotipicamente do sexo masculino, normal e fértil
- (C) se desenvolverá em um indivíduo cromossômica (XY) e fenotipicamente do sexo masculino, mas sem testículos
- (D) se desenvolverá em um indivíduo cromossomicamente do sexo masculino (XY), mas com fenótipo feminino
- (E) se desenvolverá em um indivíduo cromossomicamente (XX) e fenotipicamente do sexo feminino

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UERJ) Num experimento, foram comparadas as características genóticas e fenóticas de células retiradas de um tecido de anfibio, ainda no estágio de girino, com as de células do tecido similar do mesmo indivíduo após atingir a idade adulta.

Explique por que, entre essas células:

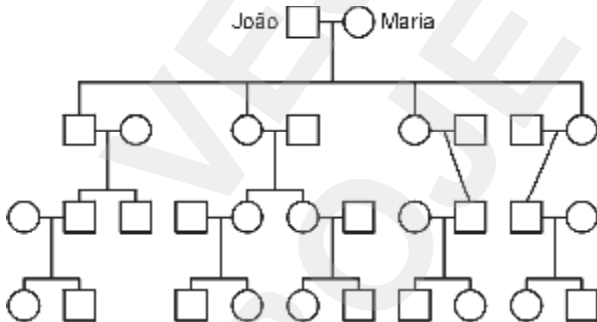
- (A) as características genóticas são iguais;
- (B) as características fenóticas são diferentes.

02. (UNICAMP) Gatos Manx são heterozigotos 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.)

03. (UERJ) Os conhecimentos atuais de biologia celular, biologia molecular e engenharia genética podem, muitas vezes, estabelecer com segurança o parentesco entre pessoas, mesmo quando elas pertencem a gerações afastadas entre si.

O heredograma abaixo mostra os descendentes do casal João e Maria.



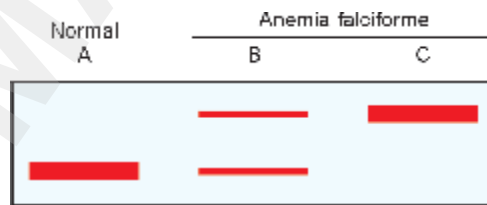
Atualmente, de toda essa família, apenas Maria e todos os seus bisnetos estão vivos, e se apresentaram para a identificação de herdeiros do casal citado. Por não haver documentos legais comprobatórios da relação de parentesco, nem ser possível a coleta de material genético dos membros

falecidos da família, foi utilizada, dentre outras, a técnica de identificação por meio do estudo do DNA extranuclear.

- (A) Bisnetos do sexo masculino e do sexo feminino que poderiam ser identificados com aproximadamente 100% de certeza, por técnicas que determinam a homologia entre amostras de DNA extranuclear, justifique sua resposta.
- (B) Netos e bisnetos de João e Maria que possuíram ou possuem o cromossomo Y idêntico ao de João? Justifique sua resposta.

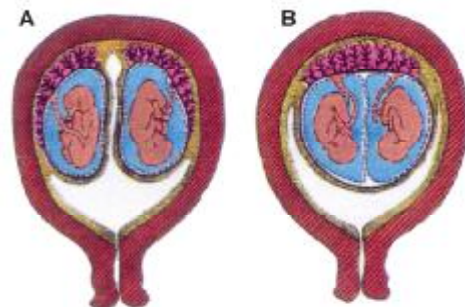
04. (UFRJ) A anemia falciforme é causada por uma mutação que produz uma alteração na seqüência de aminoácidos da hemoglobina. Essa alteração pode ser detectada pela técnica da eletroforese.

O diagrama abaixo mostra o resultado do fracionamento por eletroforese da hemoglobina extraída de três indivíduos: A, normal, B e C com anemia falciforme. Cada banda representa uma hemoglobina, alterada ou não.



Explique por que o indivíduo B apresenta os dois tipos de hemoglobina.

05. (UNICAMP) As figuras A e B representam o útero de duas mulheres grávidas de gêmeos.



- (A) Diferencie os tipos de gêmeos representados nas figuras A e B e explique como são originados.
- (B) Que sexo os fetos podem apresentar em cada um dos úteros?
- (C) O cordão umbilical liga o feto à placenta. Quais são as funções gerais da placenta?



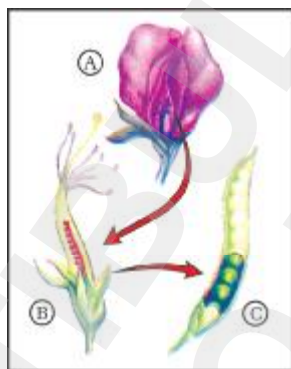
Monoibridismo e 1ª Lei de Mendel

“Assim como nosso atual conhecimento e nossa prática da Medicina baseiam-se em um sofisticado conhecimento da anatomia humana, da fisiologia e da bioquímica, lidar com a doença do futuro demandará uma compreensão detalhada da anatomia molecular, fisiologia e bioquímica do genoma humano... Precisaremos de um conhecimento mais detalhado sobre como os genes humanos são organizados e como eles funcionam e são regulados. Precisaremos também de médicos que conheçam a anatomia molecular e a fisiologia dos cromossomos e genes, como o cirurgião cardíaco conhece o funcionamento do coração.”

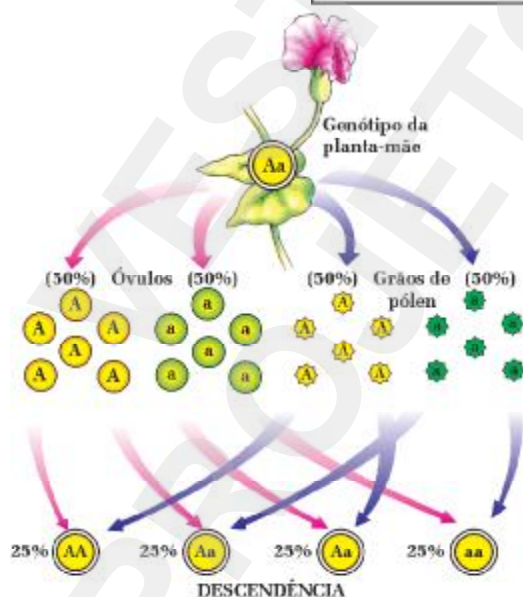
(Paul Berg)

MONOIBRIDISMO COM DOMINÂNCIA

Nesse caso, entre os genes alelos que controlam diferentes aspectos de um mesmo caráter existe uma relação de dominância, sendo um alelo dominante e o outro recessivo (dominância absoluta). Quando estes genes alelos coexistirem num genótipo heterozigoto, o fenótipo, ou seja, a manifestação do caráter, será determinado pelo alelo dominante, uma vez que o alelo recessivo, apesar de existir no genótipo, não se manifesta no fenótipo.



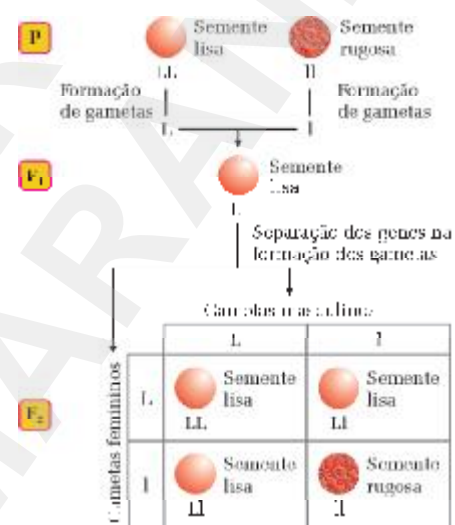
(As ervilhas da espécie *Pisum sativum*, utilizadas por Mendel em seus estudos. Em **A** está representada a flor da ervilha. Em **B**, os órgãos reprodutores da flor estão em tamanho aumentado. Em **C** está representado o fruto da ervilha.)



(A segregação dos genes em uma planta híbrida leva à formação de dois tipos de gametas. Estes se combinam ao acaso e originam a geração seguinte.)

Vamos exemplificar com o caráter forma da semente que, em ervilhas, pode ser lisa (dominante) ou rugosa (recessiva), nas gerações parental (P) e filhas (F₁ e F₂).

Genótipos	Fenótipos
LL	Lisa
Ll	Lisa
ll	Rugosa



A proporção fenotípica 3 : 1 na F₂ caracteriza a dominância absoluta.

Retrocruzamento

É o cruzamento do (F₁) com um dos parentais (P). É realizado com plantas e alguns animais de laboratório.

Autofecundação

É o cruzamento de indivíduos da (F₁) pertencentes à mesma planta.

Cruzamento-Teste

Para descobrir o genótipo de um organismo que apresenta variedade dominante de uma certa característica, promove-se o seu acasalamento com um organismo homozigoto recessivo. Se a descendência for toda de fenótipo dominante, o genótipo investigado é homozigoto; se for mista (1/2 dominante, 1/2 recessiva), o genótipo é heterozigoto.

Penetrância e Expressividade

Penetrância é a frequência de indivíduos que, possuindo o genótipo adequado, manifestam o efeito esperado ou o grau em que um gene dominante domina o seu alelo ou ainda a porcentagem de genótipos heterozigotos que determina fenótipo dominante.



A penetrância pode ser incompleta devido à ação de outros genes e de fatores ambientais.

Expressividade é o grau de intensidade na manifestação fenotípica de um gene penetrante, do mesmo modo, em consequência da ação de outros genes e de fatores ambientais.

NOÇÕES DE PROBABILIDADE

A genética é estatística e usa cálculo de probabilidades, e Mendel teve o grande mérito de perceber isso. A produção de um determinado tipo, geneticamente possível, de gameta nas meioses e a união de dois desses gametas na fecundação são acontecimentos ao acaso. Acontecimentos mutuamente exclusivos são aqueles em que a ocorrência de um implica não-ocorrência do outro; é o caso da probabilidade de nascer um menino.

$$P.M. = \frac{N^\circ \text{ de eventos esperados (}\sigma\text{)}}{N^\circ \text{ de eventos possíveis (}\sigma \text{ ou } \text{♀)}} = \frac{1}{2} = 0,5 = 50\%$$

Se a ocorrência de um evento não modifica as condições em que ele pode ocorrer, ela não altera a probabilidade de ele ocorrer de novo; é o caso de um casal que teve um filho do sexo masculino e, obviamente, a probabilidade de o segundo filho ser novamente um menino continua sendo de 50%.

Eventos Independentes (x)

A probabilidade de dois eventos independentes um do outro ocorrerem juntos é igual ao produto das probabilidades de eles ocorrerem separadamente. Qual a probabilidade de um casal heterozigoto para uma característica ter um menino com a característica recessiva?

Aa x Aa → 25% ou 1/4 de probabilidade de ter a característica recessiva (aa).

Menino ou menina → 50% ou 1/2 de probabilidade de ser menino.

Probabilidade total: 1/4 x 1/2 = 1/8 ou 12,5%.

Eventos Mutuamente Exclusivos (+)

A probabilidade de ocorrência de qualquer um de dois eventos mutuamente exclusivos é igual à soma das probabilidades de eles ocorrerem isoladamente. Qual a probabilidade de um casal ter 3 crianças sendo 1 menino e 2 meninas?

(A) Nesta ordem: 1/2 x 1/2 x 1/2 = 1/8 – a probabilidade de nascer σ ou ♀ é sempre 1/2.

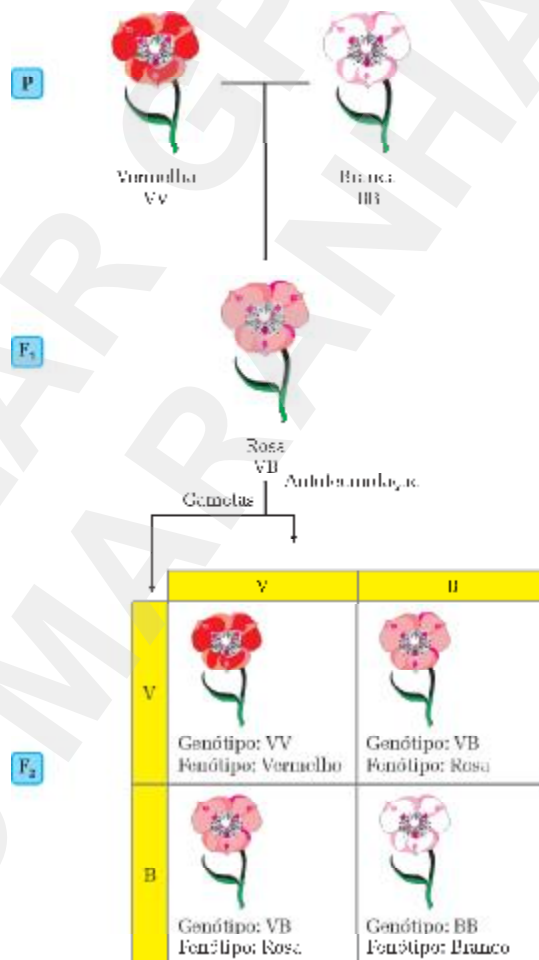
(B) Em qualquer ordem: $\sigma\text{♀♀} = 1/8 + \text{♀}\sigma\text{♀} = 1/8 + \text{♀♀}\sigma = 1/8$; como há 3 combinações possíveis, 1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8.

HERANÇA INTERMEDIÁRIA

É o tipo de herança determinado por um par de alelos em que não há dominância entre um e outro, e o heterozigoto apresenta um fenótipo intermediário em relação aos dois homozigotos (dominância intermediária). É o caso da cor das flores da “maravilha”.

Genótipos	Fenótipos
VV (Homozigoto)	Vermelha
VB (Heterozigoto ou Híbrido)	Rosa
BB (Homozigoto)	Branca

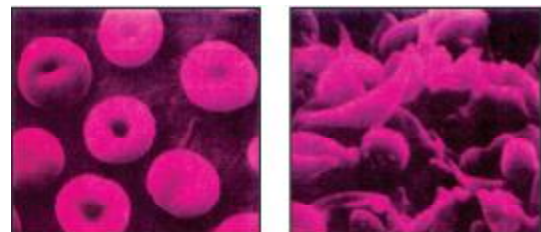
A herança da cor da flor de *Mirabilis jalapa* (“maravilha”) é um exemplo de ausência de dominância.



A proporção fenotípica 1 : 2 : 1 na F₂ caracteriza a dominância intermediária.

CO-DOMINÂNCIA

É o tipo de herança em que o heterozigoto apresenta manifestações tanto de um dos alelos quanto do outro e não-intermediárias.



(A anemia falciforme é uma doença hereditária, que se transmite por um mecanismo de co-dominância. Em I estão representadas hemácias normais e em II, hemácias falciformes. O heterozigoto apresenta ambas.)



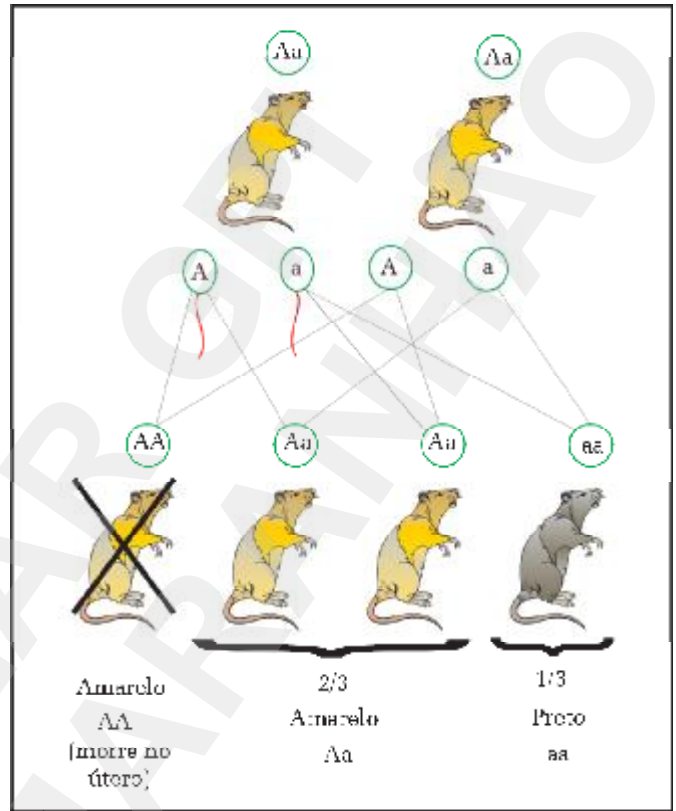
GENES LETAIS

A herança da cor do pêlo de camundongos é determinada por um par de alelos com relação de dominância completa. Todos os camundongos amarelos são heterozigotos, os “agutis” (selvagens) são homozigotos recessivos e não há camundongos amarelos homozigotos. Ao cruzar camundongos amarelos entre si, não se obtém a proporção mendeliana esperada de 3 : 1, e sim 2 : 1.

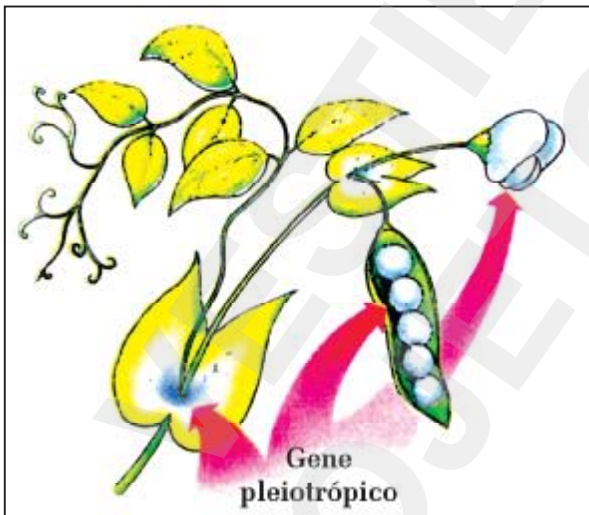
O motivo é que o indivíduo AA chega a se formar, mas morre no útero antes de nascer. Assim, o gene A em dose dupla é letal, ou seja, provoca a morte dos indivíduos.

(Um caso de gene letal. Este é, também, um caso de pleiotropia (um gene determinando dois ou mais caracteres). O gene A é dominante para cor do pêlo amarelo e recessivo para a letalidade, e o gene a é recessivo para cor do pêlo preto e dominante para sobrevivência.)

Genes letais completos são aqueles que matam antes do período reprodutivo. Já os genes semiletais ou letais incompletos permitem que o indivíduo atinja a idade reprodutiva.



PLEIOTROPIA



Pleiotropia ou pleiotropismo é o fato de um gene poder influir em dois ou mais caracteres. É o caso da drosófila, na qual um mesmo gene determina o tamanho da asa, a velocidade de crescimento e a fecundidade.

(Um único gene pode influir em mais de uma característica.)

FATORES MENDELIANOS E ERVILHAS

Diversos cientistas trabalharam para identificar as estruturas que Mendel chamou de “fatores”. Concluiu-se que, a partir do estudo do movimento dos cromossomos na meiose, os fatores de Mendel estariam nos cromossomos, uma vez que a distribuição dos cromossomos na meiose era compatível com a dos fatores de Mendel.

Um dos motivos principais que contribuiu para o sucesso dos trabalhos de Mendel foi o material biológico escolhido. As plantas da ervilha *Pisum sativum* reúnem certas características importantes para que um organismo seja considerado útil em experimentações genéticas, como a ocorrência natural de autofecundação, a existência de caracteres bem definidos e a facilidade de cultivo, com gerações curtas e muitos descendentes por geração.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(FUVEST-SP) Uma anomalia genética autossômica recessiva é condicionada por uma alteração da seqüência do DNA. Um homem portador dessa anomalia apresenta a seqüência **timina-citosina-timina** enquanto sua mulher, que é normal, apresenta a seqüência **timina-adenina-timina**. A análise do DNA de um filho do casal mostrou que ele é portador tanto da seqüência de bases do pai quanto da mãe.

- (A) O filho terá a doença? Por quê?
 (B) Qual a probabilidade de um outro filho do casal apresentar as duas seqüências iguais às da mãe?

Solução:

- (A) Não. O filho do casal será heterozigoto, e a anomalia em questão é autossômica recessiva.
 (B) 0%; sendo o pai homozigoto recessivo (TCT), todos os filhos do casal terão obrigatoriamente uma das fitas herdadas do pai.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNIFICADO – RJ) No homem, a sensibilidade ao gosto amargo da substância P. T. C. é devida a um gene dominante **A**, e a insensibilidade ao alelo recessivo **a**. Assim, os indivíduos **AA** e **Aa** são sensíveis ao P. T. C., enquanto os **aa** são insensíveis. Se uma mulher sadia **aa** resolver ter um filho com um homem sadio **Aa**, seu óvulo terá a seguinte probabilidade de ser fecundado por um espermatozóide contendo o gene **A**:

- (A) 0% (D) 75%
 (B) 25% (E) 100%
 (C) 50%

02. (FUVEST – SP) Cultivaram-se plantas com corolas vermelhas, através de cruzamento e autopolinização, durante cinco anos, o que deu origem, exclusivamente, a indivíduos com corolas vermelhas. Para a cor da corola, pode-se concluir que:

- (A) os genes são dominantes
 (B) os genes são recessivos
 (C) os genes são co-dominantes
 (D) as plantas são homozigóticas
 (E) as plantas são heterozigóticas

03. (PUC – SP) Moscas de asas longas cruzadas entre si fornecem moscas com asas vestigiais. Para determinarmos se uma mosca de asa longa é homozigota ou heterozigota quanto ao par de genes que condicionam este caráter, o procedimento correto é analisar a prole resultante do cruzamento desta mosca com outra de:

- (A) asa vestigial (D) fenótipo igual ao seu
 (B) asa longa (E) fenótipo dominante
 (C) genótipo igual ao seu

04. (UFF – RJ) O gene pleiotrópico é aquele que:

- (A) está ligado ao cromossomo x
 (B) atua como recessivo em relação ao seu alelo
 (C) atua como dominante em relação ao seu alelo
 (D) atua sobre diferentes caracteres
 (E) atua no controle de um único caráter

05. (UERJ – RJ) Sabe-se que a transmissão hereditária da cor das flores conhecidas como copos-de-leite se dá por herança mendeliana simples, com dominância completa. Em um cruzamento experimental de copos-de-leite vermelhos, obteve-se uma primeira geração – F_1 – bastante numerosa, numa proporção de 3 descendentes vermelhos para cada branco (3:1). Analisando o genótipo da F_1 , os cientistas constataram que apenas um em cada três descendentes vermelhos era homozigoto para essa característica.

De acordo com tais dados, pode-se afirmar que a proporção genotípica da F_1 desse cruzamento experimental foi:

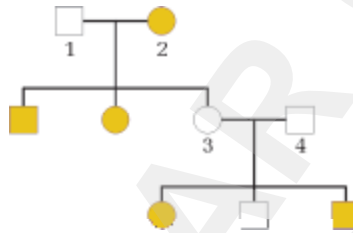
- (A) 4 Aa (C) 3 AA : 1 Aa
 (B) 2 Aa : 2 aa (D) 1 AA : 2 Aa : 1 aa



06. (PUC – RJ) Mendel cruzou duas variedades de *Mirabilis jalapa*, uma com flores vermelhas e outra com flores brancas. Na geração F₁ todas as flores eram rosas. Indique qual será o resultado do cruzamento da variedade de flores rosas (F₂):

	Flores Brancas	Flores Vermelhas	Flores Rosas
(A)	25%	25%	50%
(B)	25%	50%	25%
(C)			100%
(D)		50%	50%
(E)	50%	25%	25%

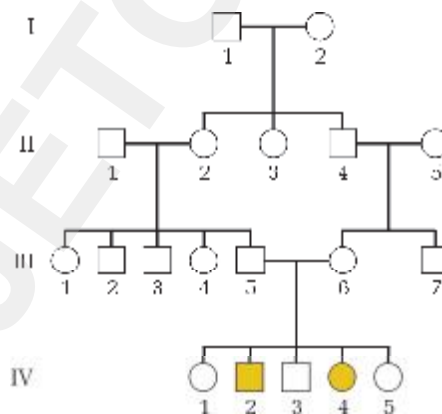
07. (UFRS – RS) Na espécie humana há um tipo de surdez hereditária que é determinada por um par de genes. No heredograma ao lado, as pessoas surdas estão representadas por ■ e ●:



A análise da genealogia permite afirmar os genótipos das pessoas enumeradas e o tipo de gene que causa a anomalia. Com base nessa afirmação, assinale a opção correta:

	Individualismo				Gene
	1	2	3	4	
(A)	ss	Ss	ss	ss	dominante
(B)	SS	ss	SS	SS	dominante
(C)	Ss	SS	Ss	Ss	dominante
(D)	SS	ss	Ss	SS	recessivo
(E)	Ss	ss	Ss	Ss	recessivo

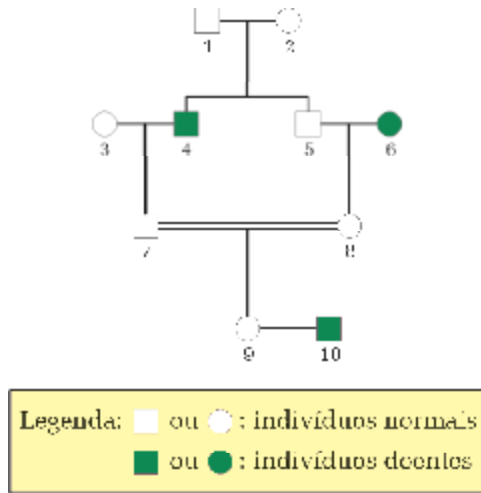
08. (UFF – RJ) Na espécie humana há um tipo de doença hereditária muito rara denominada Aquiropodia, que é determinada por um par de genes. No heredograma ao lado, os aquirópodos estão representados por ● e ■:



Com base na análise do heredograma, assinale a afirmativa INCORRETA:

- (A) Pode-se dizer que a Aquiropodia é condicionada por um alelo recessivo **a**.
- (B) Pode-se assumir que os indivíduos **II. 1** e **II. 5** possuem o genótipo **AA**, já que a condição herdada em análise é muito rara.
- (C) Não é possível ter certeza sobre o genótipo de alguns indivíduos, como é o caso dos indivíduos **II. 3** e **III. 5**.
- (D) Os pais dos aquirópodos são primos.
- (E) O genótipo dos indivíduos **IV. 2** e **IV. 4** é **aa**.

09. (UFF – RJ) O heredograma abaixo esquematizado se refere à herança de uma doença autossômica, transmitida segundo o que determina a Primeira Lei de Mendel:



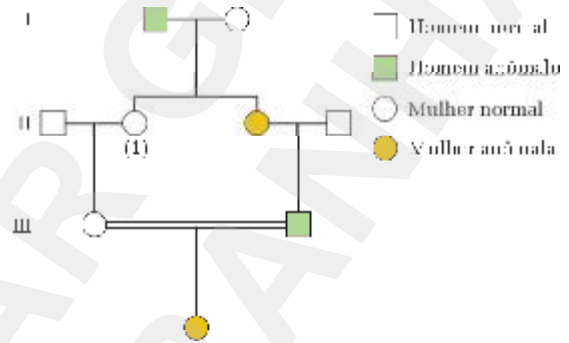
Feita a análise genotípica do heredograma em estudo, com relação à condição fenotípica da prole do casal formado pelos indivíduos 9 e 10, constata-se que há duas possibilidades em relação ao genótipo do referido casal:

- 1ª) permite gerar filhos normais e doentes; e
- 2ª) permite gerar apenas filhos normais.

A probabilidade de que o referido casal tenha genótipo que só permita gerar filhos normais é:

- (A) 1/4
- (B) 1/3
- (C) 1/2
- (D) 2/3
- (E) 3/4

10. (UNIRIO – RJ) Observe atentamente a genealogia abaixo. O caráter em questão é autossômico dominante e raro na população. O gene em consideração é de penetrância completa:



A chance de II (1) ser recessivo é de:

- (A) 2/3
- (B) 1/2
- (C) 1/4
- (D) 3/4
- (E) 1

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRJ – RJ) Uma determinada doença é transmitida por um gene autossômico (não está nos cromossomos sexuais) que codifica uma enzima. Indivíduos doentes caracterizam-se pela ausência de atividade enzimática no sangue (0 unidade/mL). A atividade da enzima, em indivíduos normais, é de 100 unidades/mL no sangue. Um homem e uma mulher, cada um com uma atividade enzimática de 50 unidades/mL, tiveram quatro filhos. Em um dos filhos, a atividade da enzima é de 100 unidades/mL, em outro é de 50 unidades/mL, e nos outros dois a atividade é ausente (0 unidade/mL).

- (A) Obedecida a proporção mendeliana clássica, qual seria a distribuição fenotípica entre os filhos do casal?
- (B) Como você explica a diferença entre a proporção obtida nesse caso e a proporção prevista na teoria mendeliana clássica?

02. (UFRJ – RJ) Em rabanetes, a forma da raiz é determinada por um par de genes alelos. Os fenótipos são três: arredondado, ovalado ou alongado.

Cruzamentos entre plantas de raízes alongadas com plantas de raízes arredondadas produziram apenas indivíduos com raízes ovaladas.

Em cruzamentos desses indivíduos ovalados entre si, foram obtidas quatrocentas sementes que foram plantadas em sementeiras individuais. Antes que as sementes germinassem, as sementeiras foram distribuídas a diversas pessoas; você recebeu uma delas.

- (A) Qual a relação de dominância entre os caracteres em questão?
- (B) Qual a probabilidade de que, na sua sementeira, venha a se desenvolver um rabanete de raiz ovalada? Justifique a sua resposta.

03. (UNIRIO – RJ) A cor cinza da pelagem de ratos pode ser alterada por um gene dominante (A) para uma cor amarelada. Em cruzamentos sucessivos em laboratório entre ratos amarelos, sempre aparecem, na prole, ratos de cor cinza. Além disso, nesses cruzamentos entre ratos amarelos verificam-se dois fatos: o tamanho da prole é 25% menor que entre ratos de cor cinza, e constata-se também a existência de mortos.

A tabela abaixo mostra os resultados de vários cruzamentos feitos em laboratórios:

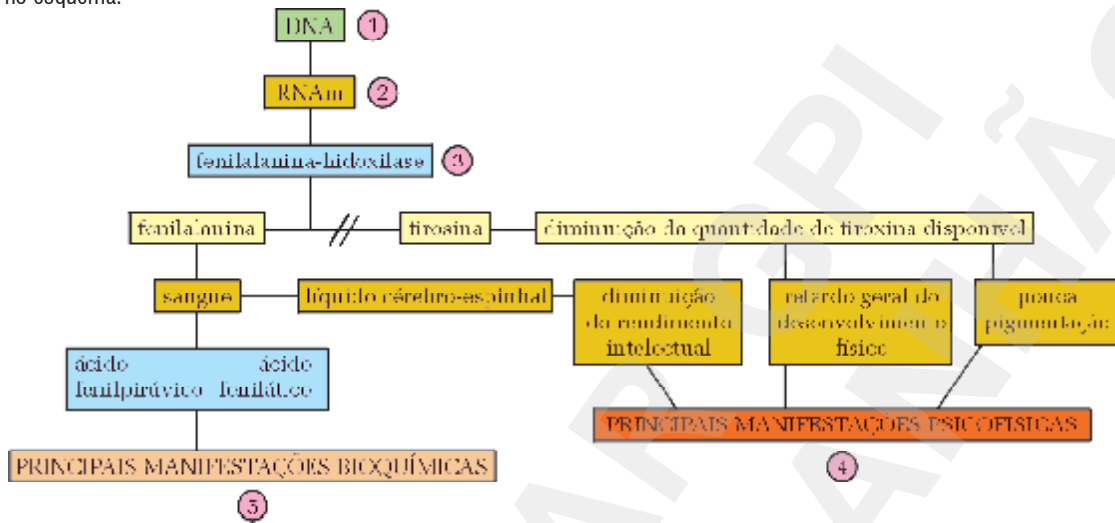
Pais	Nº de Filhos	Fenótipos da Prole
Cinza x Cinza	12	100% cinza
Cinza x Amarelo	12	1/2 amarelo; 1/2 cinza
Amarelo x Cinza	12	1/2 amarelo; 1/2 cinza
Amarelo x Amarelo	8	2/3 amarelo; 1/3 cinza

Qual deve ser o genótipo dos embriões mortos? Justifique sua resposta.



04. (UNIRIO – RJ) O esquema abaixo representa os mecanismos bioquímicos verificados na fenilcetonúria, uma doença herdada como autossômica recessiva, que se caracteriza pela deficiência da fenilalanina-hidroxilase, enzima responsável pela conversão de fenilalanina em tirosina.

Baseado no esquema:

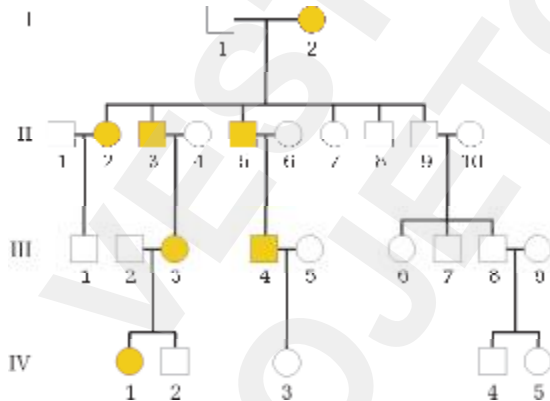


- (A) Cite a denominação deste fenômeno de múltipla expressão de um único gene
- (B) Conceitue genótipo e fenótipo
- (C) Classifique os itens, numerados de 1 a 5, como genótipo ou fenótipo
- (D) Cite o que se poderia fazer para impedir as manifestações fenotípicas deste gene

05. (UFRJ – RJ) Na espécie humana, a característica camptodactilia (dedos anormais) é causada por um gene dominante com 75% de penetrância. A penetrância é a proporção de genótipos que mostra o fenótipo esperado.

No cruzamento entre um heterozigoto para o gene da camptodactilia com um indivíduo normal, qual a proporção esperada de indivíduos com camptodactilia? Justifique sua resposta.

06. (UFF – RJ) O heredograma a seguir refere-se a um caso de braquidactilia. Identifique e justifique o tipo de herança:



07. (UNIRIO – RJ) A braquidactilia é um defeito condicionado por mecanismo autossômico dominante.

- (A) Construa a genealogia de um paciente afetado, sabendo que: ele é o quinto da irmandade; tem, por ordem de nascimento, um irmão e três irmãs, sendo a mais jovem afetada como ele; seu irmão é casado e tem dois filhos; seus pais são primos em primeiro grau e sua mãe é afetada.
- (B) Usando letras como símbolos, indique o genótipo do paciente, de sua mãe e de seu irmão.

08. Nos porquinhos-da-india, a pelagem negra é dominante sobre a pelagem branca. Um criador tem um lote de porquinhos-da-india negros, com o mesmo genótipo.

O que se deve fazer para descobrir se estes animais são homocigotos ou heterocigotos? Justifique sua resposta.

CONTEXTUALIZANDO

(UERJ) Em determinado tipo de camundongo, a pelagem branca é condicionada pela presença do gene **A**, letal em homocigose. Seu alelo recessivo **a** condiciona pelagem preta.

Para os filhotes vivos de um cruzamento de um casal de heterocigotos, esperam-se as seguintes proporções de camundongos de pelagem branca e preta, respectivamente:

- (A) 1/2 e 1/2
- (B) 1/4 e 3/4
- (C) 2/3 e 1/3
- (D) 3/4 e 1/4

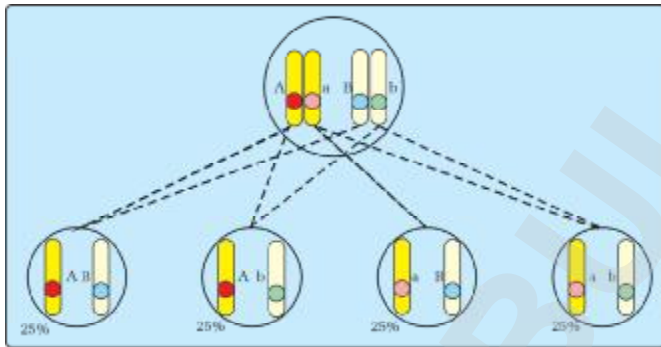
Di/Poliibridismo e 2ª Lei de Mendel

“Aprenda as teorias o máximo possível; esqueça-as diante do milagre da alma... esqueça-as diante do complexo da vida.”

(Jung)

SEGUNDA LEI DE MENDEL

Depois de ter estudado individualmente cada um dos sete pares de caracteres em ervilha, Mendel passou a estudar dois ou mais pares de cada vez e, ao término de suas experiências, apresentou os seus resultados, que passaram a ser chamados de 2ª Lei de Mendel (ou Lei da Distribuição Independente), assim enunciada:



(Fig. 1. Esquema da segregação independente dos caracteres. Em I, a célula é diplóide e em II, as células são haplóides.)

“Dois ou mais pares de alelos situados em diferentes pares cromossômicos, durante a gametogênese, segregam independentemente, formando todas as combinações possíveis com frequências iguais nos gametas.”

A 2ª Lei de Mendel estuda duas ou mais características ao mesmo tempo, determinadas por alelos situados em pares de cromossomos homólogos diferentes; portanto, tem validade para os casos de diibridismo, triibridismo ou poliibridismo de uma maneira geral.

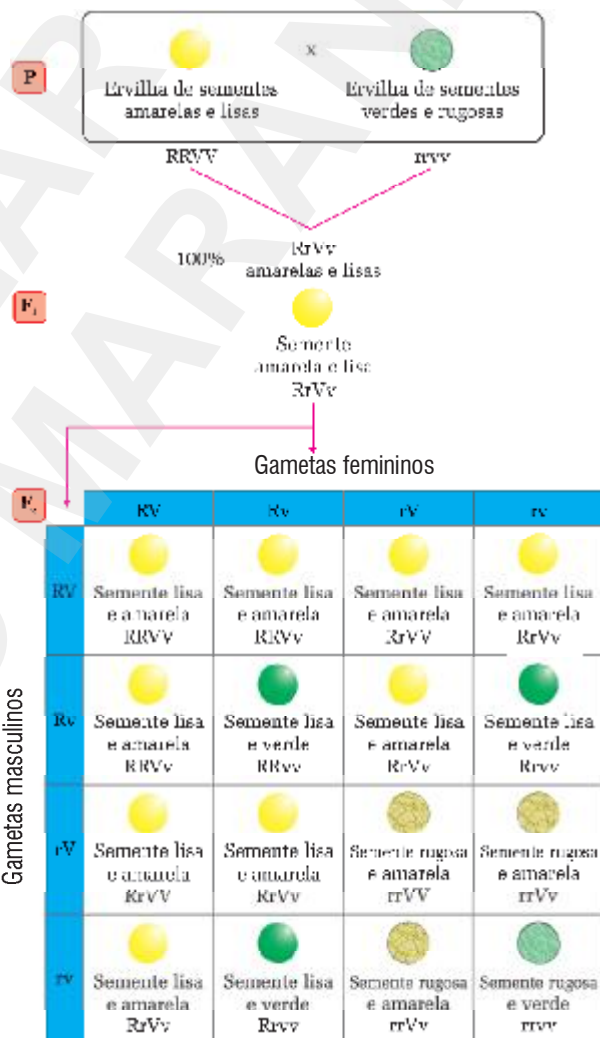
Dominância Absoluta

Cruzando-se ervilha amarela e lisa com ervilha verde e rugosa, ambas puras (homozigóticas) para os 2 caracteres, em F₁ todos os descendentes resultam amarelos e lisos, embora híbridos (heterozigóticos) para cor e aspecto.

Na segunda geração-filha (F₂), aparecem, entretanto, para cada grupo de 16 descendentes, 9 amarelas e lisas, 3 amarelas e rugosas, 3 verdes e lisas e uma verde e rugosa.

Obtém-se, então, a proporção de:

- 9 lisas e amarelas;
- 3 rugosas e amarelas;
- 3 lisas e verdes; e
- 1 rugosa e verde.





TRIIBRIDISMO

É o cruzamento onde se analisam três caracteres simultaneamente.

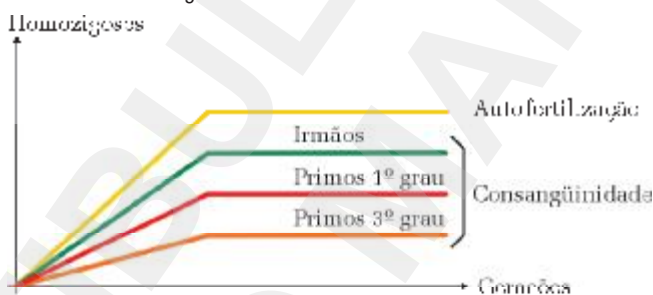
Dominância Intermediária

Nos casos de ausência de dominância, o raciocínio genotípico é exatamente o mesmo da dominância absoluta, variando apenas as proporções fenotípicas de acordo com a relação entre os pares de genes alelos.

DIIBRIDISMO E POLIIBRIDISMO	
Fórmulas	Ocorrências
n	Número de pares de genes para os quais há hibridismo.
2^n	Número de tipos de gametas formados pelos híbridos F_1 .
4^n	Número de combinações possíveis entre os gametas de F_1 .
2^n	Número de fenótipos diferentes em F_2 (dominância absoluta).
3^n	Número de genótipos diferentes em F_2 .

ENDOGAMIA E HETEROSE

Endogamia ou endocruzamento (*inbreeding*) é o cruzamento entre linhagens próximas, aumentando a probabilidade da ocorrência de homozigose de genes recessivos prejudiciais, que estavam em heterozigose.



Heterose ou vigor híbrido é o aumento do vigor ou da fertilidade dos híbridos em relação às linhagens cruzadas para produzi-los, já que a hibridação aumenta o número de heterozigotes e "sendo recessivos" muitos genes prejudiciais não se manifestam por estarem em presença dos dominantes respectivos.

CONSANGÜINIDADE: PROBLEMA?

A genética clínica está envolvida com o diagnóstico e a conduta de aspectos médicos, sociais e psicológicos das doenças hereditárias. É amplamente divulgado que a prole descendente da união entre consangüíneos (aqueles que têm um ou mais ancestrais comuns) tem um maior risco de apresentar anormalidades genéticas. Dois pontos principais devem ser esclarecidos: o risco relativo de prole anormal é realmente maior para genitores aparentados do que para não-aparentados; no entanto, permanece muito baixo: os dados de risco básico para qualquer anomalia é de 3% para qualquer filho de quaisquer genitores, e aumenta para aproximadamente 4,5% a 5% para a prole de primos de primeiro grau; e qualquer casal, consangüíneo ou não, que tem um filho com um distúrbio autossômico recessivo enfrenta um risco de recorrência de 25% em suas futuras gestações, independentemente de qual fosse o seu risco antes de ter um filho afetado.

A consangüinidade aumenta as chances de genes prejudiciais, geralmente raros e recessivos, encontrarem-se em homozigose, determinando a doença.

BIBLIOGRAFIA

- *Biologia no Terceiro Milênio* – José Luis Soares e figuras 1 e 2.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandznajder.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNIFICADO – RJ) Quantos tipos de gametas diferentes fornece um indivíduo de genótipo AaBbCcDD?

- (A) 4
- (B) 6
- (C) 8
- (D) 16
- (E) 32

02. (FUVEST – SP) A proporção esperada de indivíduos duplo-heterozigotos para dois pares de genes de um casal, também duplo-heterozigoto, é de:

- (A) 1/2
- (B) 1/4
- (C) 3/8
- (D) 1/16
- (E) 2/16

03. (UERJ – RJ) Utilize os seguintes símbolos para responder à questão ao lado:

Em cachorros, a cor preta do pêlo é dominante sobre o albino e o pêlo curto é dominante sobre pêlo longo. Se estes efeitos são causados por dois genes que se segregam independentemente, escreva os genótipos mais prováveis para os pais dentro dos parênteses, em cada um dos cruzamentos mostrados na tabela abaixo:

Fenótipo Parental () ()		Nº de indivíduos com diferentes fenótipos na prole			
		preto curto	preto longo	albino curto	albino longo
(A)	preto curto x preto curto	89	31	29	11
(B)	preto curto x preto longo	18	19	0	0
(C)	albino curto x albino curto	0	0	28	9
(D)	preto longo x preto longo	0	32	0	10
(E)	preto curto x preto longo	30	31	9	11

04. (FUVEST – SP) Se a mitose ocorre em uma célula de genótipo AaBbCc, em que os três pares de genes estão em pares de cromossomos distintos, os genótipos das células resultantes serão:

- (A) ABC, ABc, aBC, AbC, Abc, abC, abc
- (B) ABC, abc
- (C) Aa, Bb, Cc
- (D) AABbCC, aabbcc
- (E) AaBbCc

05. (FUVEST – SP) Se a meiose ocorre numa célula de genótipo AaBbCc, em que os três pares de genes estão em pares de cromossomos separados, quais serão os genótipos das células resultantes?

- (A) Aa, Bb e Cc
- (B) ABC e abc
- (C) ABC, ABc, aBC, aBc, AbC, Abc, abC e abc
- (D) AaBbCc
- (E) AABbCC e aabbcc



06. (PUC – SP) Uma abelha-rainha tem os seguintes pares de genes alelos que se segregam independentemente: AaBbDdEe.

Sabendo-se que os zangões surgem de óvulos que se desenvolvem por partenogênese, quantos genótipos diferentes, relativos a esses quatro pares de genes, podem apresentar os zangões filhos dessa rainha?

- (A) um
- (B) dois
- (C) quatro
- (D) oito
- (E) dezesseis

07. (UNIFICADO – RJ) As afirmativas abaixo relacionam a Genética Mendeliana à Divisão Celular.

- I. As 1ª e 2ª Leis de Mendel abordam o comportamento dos genes na formação dos gametas; logo, estão relacionadas com o comportamento cromossômico na meiose.
- II. Dois pares de genes se segregam independentemente, se estiverem localizados em cromossomos diferentes.
- III. A Lei da Segregação Independente (2ª Lei) está relacionada às conseqüências do arranjo, ao acaso, de pares de cromossomos homólogos na placa metafásica, na meiose.

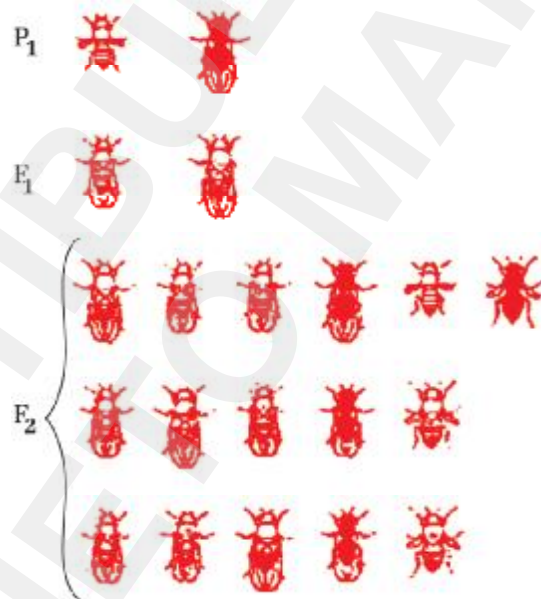
Está(ão) correta(s):

- (A) somente I
- (B) somente I e II
- (C) somente I e III
- (D) somente II e III
- (E) I, II e III

Cor do pêlo { A → preto
 a → albino

Comprimento do pêlo { L → curto
 l → longo

08. (UNIRIO – RJ) A mosca-das-frutas, *Drosophila melanogaster*, pode apresentar asas vestigiais ou longas e corpo cinza ou ébano. Cruzando-se um macho de corpo cinza e asas vestigiais com uma fêmea de corpo ébano e asas longas (parentais – P₁), obteve-se F₁, que deu origem a F₂ através da autofecundação, como mostra a figura a seguir:



Após a análise dos resultados dos cruzamentos, foram feitas as afirmativas a seguir:

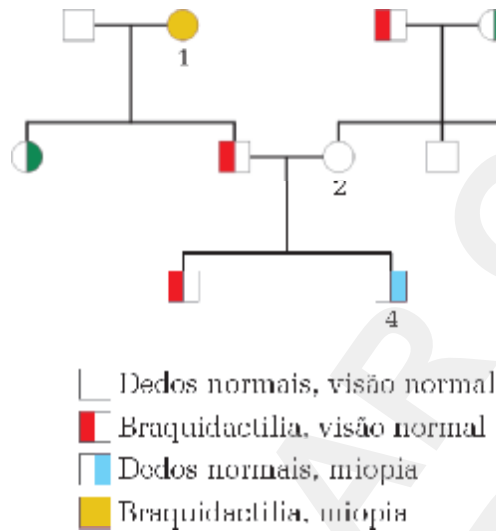
- I. A probabilidade de ocorrência do mesmo genótipo dos indivíduos de F₁ em F₂ é de 4/16.
- II. Os genes para cor do corpo e para tipo de asa estão localizados num mesmo cromossomo.
- III. Em F₂, a probabilidade de ocorrência de homozigose dominante é a mesma de homozigose recessiva.
- IV. O gene para corpo ébano só está presente na geração P₁ e em parte de F₂.
- V. Os genes para cor do corpo e forma das asas segregam-se independentemente durante a formação dos gametas.

As afirmativas corretas são:

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



09. (UNIRIO – RJ) Braquidactilia é um defeito hereditário condicionado por um gene dominante, pelo qual o indivíduo nasce com os dedos mais curtos que o normal. Miopia é uma dificuldade que o indivíduo tem de enxergar objetos distantes e é um tipo de herança recessiva. O heredograma abaixo representa uma família em que estas falhas genéticas podem ser observadas:



Assinale a alternativa que indica os genótipos possíveis dos indivíduos numerados de 1 a 4:

	Indivíduo			
	1	2	3	4
(A)	Bbmm	bbMm	Bbmm	bbmm
(B)	bbmm	BbMm	Bbmm	bbMm
(C)	BBmm	BBMM	bbmm	Bbmm
(D)	BbMM	bbMM	BBmm	bbMm
(E)	bbMm	Bbmm	Bbmm	BbMM

10. (UNIRIO – RJ) O desenvolvimento de alimentos transgênicos visa à criação de organismos mais resistentes às pragas e/ou com diferentes propriedades físico-químicas. No entanto, pelo fato de os alimentos transgênicos serem Organismos Geneticamente Modificados (OGM), têm surgido dúvidas e incertezas quanto às conseqüências do seu uso.

Um pesquisador cria uma forma transgênica do feijão contendo, ao mesmo tempo, resistência a um determinado inseticida e uma característica que diminui o tempo necessário de seu cozimento. Para isso, ele modifica, através de engenharia genética, dois genes situados em cromossomos diferentes. Dessa forma, ele obtém uma linhagem isogênica (de genes idênticos) contendo as alterações desejadas.

Entretanto, por um erro no laboratório, surgem plantas heterozigotas para estes dois genes. Suponha que os alelos modificados pelo pesquisador apresentem herança mendeliana e que são recessivos em relação ao alelo selvagem. Do resultado de um cruzamento entre a planta heterozigota e uma transgênica, espera-se que a proporção de plantas resistentes ao inseticida e que não possuam menor tempo de cozimento seja de:

- (A) 100%
- (B) 50%
- (C) 25%
- (D) 12,5%
- (E) 6,25%

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFSC – SC) Considerando o indivíduo Y com o genótipo AaBb, e o indivíduo X com o genótipo aaBb, é válido supor que:

- 01) o indivíduo X produzirá 3 tipos de gametas diferentes
- 02) o indivíduo Y produzirá 4 tipos de gametas diferentes
- 04) do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos homocigotos para os alelos A e B, simultaneamente
- 08) do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos homocigotos para os alelos a e b, simultaneamente
- 16) do cruzamento de X com Y poderemos obter indivíduos duplo-heterocigotos
- 32) do cruzamento de X com Y, espera-se serem metade dos indivíduos descendentes Aa e a outra metade aa

Soma ().

02. (UFRJ – RJ) Existe um tabu em relação aos casamentos consanguíneos (entre pessoas da mesma família) na espécie humana. Segundo esse tabu, os filhos desses casamentos seriam portadores de anomalias.

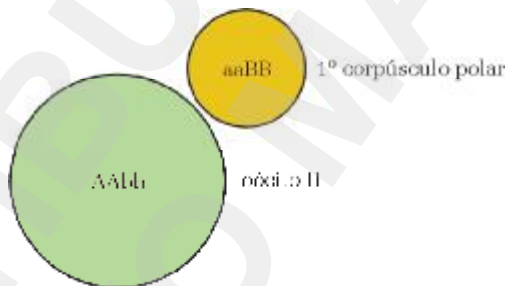
Na realidade, este fato não ocorre obrigatoriamente, mas a probabilidade do aparecimento de anomalias provocadas por certos genes prejudiciais é maior nesses filhos do que nos filhos de casamentos entre pessoas de famílias diferentes.

Explique o aumento da probabilidade de aparecimento dessas anomalias nos filhos de casamentos consanguíneos.

03. (UNICAMP – SP) Através da fecundação, reúnem-se em um indivíduo os cromossomos maternos M₁, M₂ e M₃ e os cromossomos paternos P₁, P₂ e P₃.

- (A) Qual o número diplóide do indivíduo?
- (B) Supondo que não ocorra permutação na meiose, quantos tipos diferentes de gametas ele poderá formar? Explique.

04. (UNICAMP – SP) Considere a figura abaixo, que representa o resultado da primeira divisão meiótica de uma célula feminina:



- (A) Indique o genótipo do embrião formado a partir da fecundação do óvulo resultante desta célula por um espermatozóide de um macho recessivo para os dois pares de genes considerados.
- (B) Quais os possíveis genótipos de outros filhos do mesmo casal?

05. (UERJ – RJ) Em uma determinada espécie vegetal foram analisadas duas características com segregação independente: cor da flor e tamanho da folha. Os fenótipos e genótipos correspondentes a essas características estão relacionados a seguir:

Cor da Flor		Tamanho da Folha	
Fenótipos	Genótipos	Fenótipos	Genótipos
vermelho	VV	largo	LL
róseo	VB	intermediária	LE
branco	BB	estreito	EE

Se uma planta de flor rósea, com folha de largura intermediária, for cruzada com outra de mesmo fenótipo, qual a probabilidade de se obterem:

- (A) plantas com flor rósea e folha de largura intermediária?
- (B) plantas simultaneamente homocigotas para as duas características?



Interação Gênica

“Que cadeia de reações leva de um fio torcido de DNA a uma risada estridente, a um pensamento, a uma doença, ao amor, à cor da pele, à inteligência? ...”

(Jonathan Weiner)

POLIMERIA

Pares de genes, com segregação independente, podem agir conjuntamente, na determinação de uma mesma característica fenotípica, caracterizando a polimeria ou interação gênica.

Genotipicamente, a interação gênica obedece a 2ª Lei de Mendel, embora fenotipicamente o resultado seja diferente.

GENES COMPLEMENTARES

Variedades de crista de galináceos são devidas à interação de dois pares de genes: **Rr** e **Ee**. O gene **R** condiciona a forma rosa, o gene **E**, a forma ervilha; a interação de ambos resulta na forma noz e a interação dos recessivos condiciona a forma simples. A tabela a seguir resume o que foi dito:

Genótipos	Fenótipos
R_E_	noz
R_ee	rosa
rrE_	ervilha
rree	simples

Não confundir interação gênica por genes complementares, que ocorre entre pares de alelos de pares diferentes de homólogos, com dominância intermediária, que ocorre entre alelos do mesmo par.

Surdez Hereditária

O tipo mais comum de surdo-mudez hereditária humana (mudez por não haver audição) depende de dois pares de alelos que se complementam, sendo cada um responsável pela formação de uma parte do aparelho auditivo; **D** e **E** são os genes que desenvolvem essas partes e **d** e **e** não desenvolvem.

Genótipos	Fenótipos
D_E_	Ouvido completo Audição normal
dd__ __ee	Ouvido incompleto Surdo-mudez

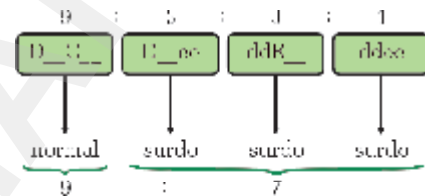
Indivíduos surdos:

- D_ee** Não forma o nervo acústico.
- ddE_** Não forma a cóclea.
- ddee** Não forma a cóclea nem o nervo acústico.

P: Normal **EEDD** x Surdo **ddee**
 F₁: 100% **DdEe** Normais
 Gametas: **DE De dE de**

♀ \ ♂	DE	De	dE	de
DE	DDEE	DDEe	DdEE	DdEe
De	DDEe	DDee	DdEe	Ddee
dE	DdEE	DdEe	ddEE	ddEe
de	DdEe	Ddee	ddEe	ddee

Na interação gênica da surdez hereditária, a proporção fenotípica em F₂ é:



EPISTASIA

Também chamada Criptomeria, a Epistasia é um caso de polimeria qualitativa em que um gene denominado Epistático inibe a ação de outro gene, chamado Hipostático, que não é seu alelo. O gene epistático também é chamado de gene supressor ou gene inibidor e pode ser dominante ou recessivo.

Cor de pelagem em cavalos é um caso de epistasia dominante; assim, o gene epistático atua mesmo em dose simples.

W = “inibe” a manifestação da cor (pêlo branco).
 w = “permite” a manifestação da cor.
 B = pêlo castanho.
 b = pêlo preto.

W___ = branco
 wwB_ = castanho
 wwbb = preto

Cor de pelagem em ratos é um caso de epistasia recessiva; assim, o gene epistático só atua em dose dupla (homozigose).

C = “permite” a manifestação da cor.
 c = “inibe” a manifestação da cor (pêlo branco).
 P = pêlo aguti.
 p = pêlo preto.

cc__ = branco
 C_P_ = castanho
 C_pp = preto

Não confundir epistasia, que ocorre entre pares de alelos de pares diferentes de homólogos, com dominância, que ocorre entre alelos do mesmo par.

HERANÇA QUANTITATIVA

Herança quantitativa, poligenia ou polimeria é devida a dois ou mais pares de alelos com genes cumulativos ou poligenes que têm efeitos fenotípicos iguais e ações acumulativas, isto é, quanto maior for a sua quantidade, mais intensa será a manifestação do caráter, variando de um mínimo a um máximo. Ocorre em caracteres mensuráveis, como: cor da pele, altura, peso, cor de olhos, produção de leite, produção de frutos e inteligência.

Cor da Pele Humana

A cor da pele humana é um caso de herança quantitativa em que os genes efetivos **A** e **B** produzem melanina, enquanto os genes **a** e **b** não produzem melanina.

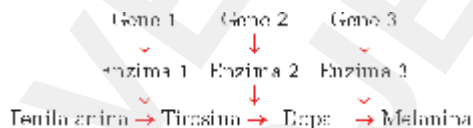
Genótipos	Fenótipos	Genes efetivos
aabb	branco	0
Aabb aaBb	mulato claro	1
AAbb aaBB AaBb	mulato médio	2
AABb AaBB	mulato escuro	3
AABB	preto	4

Na realidade, a cor da pele humana é condicionada por mais pares de alelos, embora, na prática, se considerem apenas dois, e ainda sofre influências como a da ação do meio, da espessura e transparência da pele e de outros pigmentos.

Albinismo

O albinismo na espécie humana resulta de um par de genes (**nn**) que impede a manifestação da cor (epistasia recessiva), independentemente dos genes que o indivíduo tiver para a cor da pele, já que o gene **N** permite a manifestação normal da cor.

Há vários tipos de albinismo porque a melanina é o produto final de uma cadeia de reações. O tipo mais comum de albinismo resulta de deficiência no último gene da cadeia.



Cor de Olhos na Espécie Humana

Classicamente, a cor dos olhos na espécie humana é condicionada por 2 pares de poligenes, permitindo 5 tonalidades diferentes: aabb = azul; Aabb ou aaBb = verde; AAbb, aaBB ou AaBb = castanho claro; AaBB ou AABb = castanho médio; AABB = castanho escuro. Para alguns autores, na realidade, a cor dos olhos humanos é determinada, pela ação simultânea, de 4 pares de poligenes, possibilitando 9 tonalidades diferentes, que seriam: azul claro, azul médio, azul escuro, cinza, verde, avelã, castanho claro, castanho médio e castanho escuro ou preto.

Número de Classes Fenotípicas

O número de classes fenotípicas na herança quantitativa é $F = 2n + 1$, em que **n** é o número de pares de genes.

Usando a cor da pele como exemplo, se $n = 2$; $F = 5$ e se $n = 4$; $F = 9$.

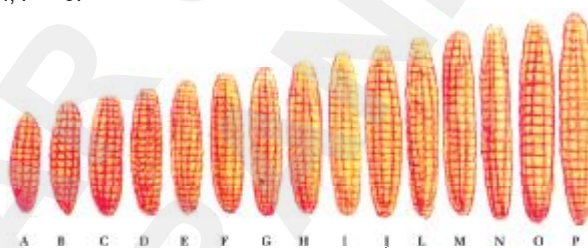


Fig. 2. Herança quantitativa no tamanho da espiga de milho. Os fenótipos extremos (A e P) são os menos numerosos na progênie. Os fenótipos intermediários (G, H, I) são os de maior frequência.

BIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO: ORIGEM

A biologia do desenvolvimento relaciona os processos genéticos, bioquímicos, celulares e fisiológicos através dos quais um embrião de uma célula origina um organismo inteiro. O aprimoramento do microscópio foi um dos fatores determinantes para a transformação da embriologia, uma ciência descritiva, em biologia do desenvolvimento, uma ciência integrativa baseada na manipulação experimental, como, por exemplo, a marcação de células, de modo que elas possam ser seguidas durante a embriogênese. A modernização da biologia do desenvolvimento deu-se através da introdução dos conceitos e das ferramentas de genética molecular. Através do estudo das mutações que causam anomalias de desenvolvimento e da capacidade de suprimir ou alterar a expressão de genes, torna-se possível identificar os genes importantes para o desenvolvimento normal e as vias que estes genes regulam.

BIBLIOGRAFIA

- *Biologia* – José Luis Soares e figura 1.
- *Biologia no Terceiro Milênio* – José Luis Soares e figura 2.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandznajder.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-RJ) A pigmentação da pele humana é condicionada por pares de genes com ausência de dominância. Suponhamos que apenas dois pares de genes estivessem envolvidos na cor da pele: o negro seria SSTT e o branco, sstt.

Um homem mulato, heterozigoto nos dois pares, tem 6 filhos com uma mulher mulata de genótipo igual ao seu.

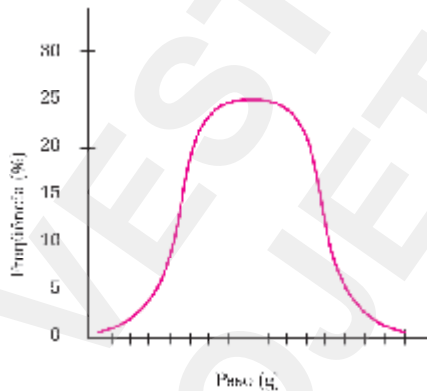
Sobre os filhos do casal, pode-se afirmar que:

- (A) todos são mulatos como os pais.
- (B) cada um deles tem uma tonalidade de pele diferente da do outro.
- (C) um ou mais deles podem ser brancos.
- (D) a probabilidade de serem negros é maior do que a de serem brancos.
- (E) 50% apresenta pele branca e 50%, pele negra.

02. (UNIRIO-RJ) As diferenças hereditárias entre os indivíduos de uma população podem ser classificadas em qualitativas e quantitativas. A esse respeito, assinale a opção **correta**:

- (A) Na herança de caracteres quantitativos, existe um grande contraste entre as características que um dado traço fenotípico pode apresentar.
- (B) Na herança de caracteres qualitativos, um dado traço de fenótipo apresenta-se sob grande variedade de formas, em geral, com pequenas diferenças entre si.
- (C) Altura, peso e cor da pele são exemplos de algumas características quantitativas do homem.
- (D) Os caracteres qualitativos, em sua maioria, sofrem grande influência do meio.
- (E) A altura não é uma característica hereditária, já que um indivíduo cresce menos, se não receber a alimentação adequada na infância.

03. (PUC-RJ) Numa determinada espécie de ser vivo, o peso é uma condição hereditária e sofre pouca influência do ambiente. Os fenótipos resultantes do cruzamento de dois indivíduos heterozigotos permitiu a construção do gráfico a seguir:



A análise do gráfico evidencia que geneticamente estamos diante de um caso de herança por:

- (A) dominância.
- (B) pleiotropia.
- (C) epistasia.
- (D) poligenes.
- (E) polialelia.

04. (UNIRIO-RJ) O esquema abaixo evidencia que a formação de melanina não depende apenas da ação de um gene. No processo ali representado, está ocorrendo a ação conjunta de dois genes:



Situações como essa são conhecidas como:

- (A) polialelia.
- (B) poligenes.
- (C) norma de reação.
- (D) interação gênica.
- (E) alelos múltiplos.

05. (FUVEST-SP) Em uma espécie de lhama, o comprimento dos pêlos varia de 10 em 10 cm, desde um mínimo de 20 cm até um máximo de 80 cm.

Sabendo-se que se trata de um caso de herança quantitativa, assinale a alternativa que indica o número correto de pares de genes envolvidos:

- (A) 3
- (B) 4
- (C) 6
- (D) 7
- (E) 10

06. (UNIFICADO-RJ) O princípio da 2ª lei de Mendel também se aplica aos casos de interação gênica, pois se aplica a genes:

- (A) localizados em cromossomos diferentes;
- (B) localizados nos mesmos cromossomos;
- (C) localizados nos cromossomos sexuais;
- (D) que determinam vários efeitos;
- (E) que determinam efeitos letais.

07. (PUC-RJ) A lei da segregação independente dos caracteres também é válida para os casos de interação gênica e pode ser relacionada com a seguinte fase da meiose:

- (A) Anáfase I.
- (B) Metáfase I.
- (C) Anáfase II.
- (D) Metáfase II.
- (E) Telófase.

08. (UNIRIO-RJ) Considerando-se um cruzamento de indivíduos com genótipos AabbCCdd x aaBCCdD, qual a probabilidade de aparecimento na F₁ de indivíduos com o genótipo AaBbCCdd?

- (A) 3/2
- (B) 4/32
- (C) 1/64
- (D) 1/32
- (E) 1/16

09. (FUVEST-SP) Suponha que existam dois pares de genes A e B que contribuem aditivamente e sem dominância para o crescimento da haste principal de um dado vegetal na seguinte proporção: A = 2; a = 1; B = 6; e b = 3. Do cruzamento de um indivíduo AABb com outro de constituição genética Aabb têm-se os descendentes com os seguintes valores:

- (A) AABb = 8, AAbb = 8, AaBb = 8, Aabb = 8.
- (B) AABb = 8, AAbb = 5, AaBb = 8, Aabb = 5.
- (C) AABb = 13, AAbb = 10, AaBb = 12, Aabb = 9.
- (D) AABb = 13, AAbb = 10, AaBb = 11, Aabb = 9.
- (E) AABb = 10, AAbb = 5, AaBb = 13, Aabb = 8.

Polialelia e Grupos Sangüíneos

“Pensamos nosso conjunto de genes como uma carta num envelope fechado que recebemos da geração anterior à nossa e transmitimos à seguinte sem abrir. Mas os genes não são assim de modo algum. A essência dessa mensagem é ser lida e relida, aberta e fechada continuamente, como cartas ou rolos abertos sob o dedo de prata de um ponteiro cerimonial, num incessante dar-e-tomar que é a essência da vida.”

(Jonathan Weiner)

ALELOS MÚLTIPLOS

Os alelos múltiplos são séries de genes (mais de dois) diferentes que ocorrem em uma população, ocupando lugares idênticos nos cromossomos homólogos (mesmo *locus*).

Toda a série alélica se originou de um inicial por mutações.

Só podem ocorrer dois genes da série em cada célula somática e, portanto, em cada indivíduo; assim, cada gameta transportará apenas um gene da série.

Cor da Pelagem em Coelhos

Em coelhos há quatro fenótipos diferentes em relação à cor da pelagem: aguti ou selvagem, chinchila, himalaia e albino.

A relação de dominância entre os genes nesta série é:

$$C > C^{ch} > C^h > C^a$$

C = selvagem; C^{ch} = chinchila; C^h = himalaia e C^a = albino.

Existem 4 fenótipos e 10 genótipos, diferentes na cor da pelagem em coelhos:

Fenótipos	Genótipos
Selvagem	CC, CC^{ch} , CC^h , CC^a
Chinchila	$C^{ch}C^{ch}$, $C^{ch}C^h$, $C^{ch}C^a$
Himalaia	C^hC^h , C^hC^a
Albino	C^aC^a



Aguti



Chinchila



Himalaia



Albino

Fig. 1. Os quatro fenótipos em relação à cor da pelagem em coelhos.

GRUPOS SANGÜÍNEOS ABO

Os grupos sangüíneos ABO dependem da diferente distribuição dos aglutinogênios (antígenos) **A** e **B** nas hemácias e das aglutininas (anticorpos) anti-A e anti-B no plasma. Em condições normais, nunca existem aglutinogênios e aglutininas do mesmo tipo, no mesmo indivíduo.

Este grupo é condicionado por três alelos, representados por I^A ou **A**, I^B ou **B** e *i* ou **O**. Entre os genes I^A e I^B há co-dominância e ambos são dominantes em relação a *i*.

$$(I^A = I^B) > i$$

I^A produz o antígeno **A** na membrana (no glicocálix) das hemácias; I^B produz o antígeno **B** e *i* não produz antígenos.

Genótipos	Antígeno ou Aglutinogênio nas hemácias	Anticorpo ou Aglutinina no plasma	Fenótipos (Grupos Sangüíneos)
$I^A I^A$ ou AA	A	Anti-B	A
$I^A i$ ou AO			
$I^B I^B$ ou BB	B	Anti-A	B
$I^B i$ ou BO			
$I^A I^B$ ou AB	A e B	não tem	AB
<i>ii</i> ou OO	não tem	Anti-A e Anti-B	O

A formação dos anticorpos Anti-A e Anti-B resulta da existência de antígenos ambientais semelhantes a **A** e **B**.

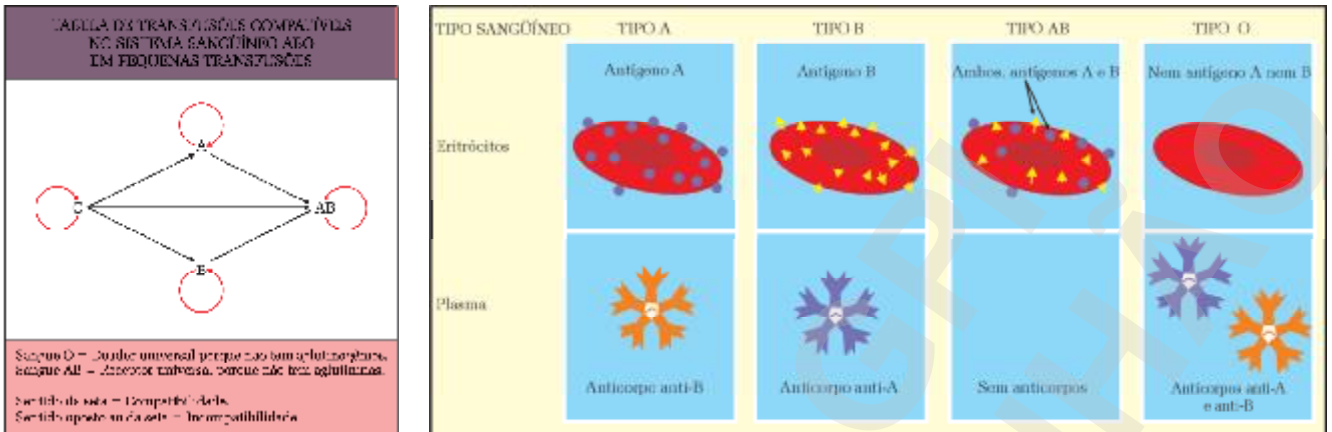


Fig. 2. Antígenos e anticorpos dos tipos sanguíneos ABO.

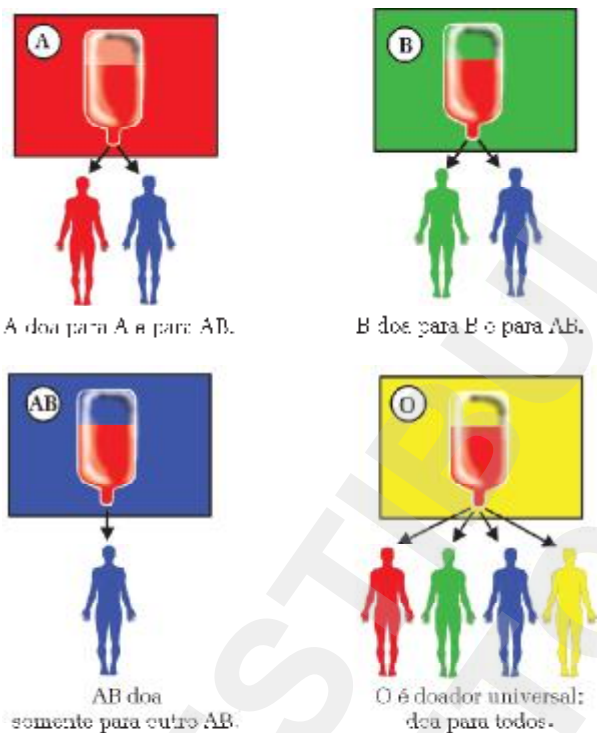
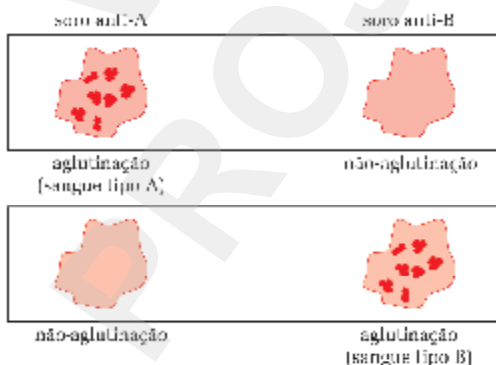


Fig. 3. Transfusões compatíveis em pequenas transfusões.

Determinação do ABO em lâminas

Resulta da aglutinação ou não observada no sangue do paciente em contato com soro Anti-A e soro Anti-B.



Só ocorre aglutinação quando	
As hemácias possuindo:	Encontram um plasma que contenha:
Aglutinogênio A	Aglutinina anti-A
Aglutinogênio B	Aglutinina anti-B

Nas transfusões incompatíveis, regra geral, a aglutinação no organismo do receptor é realizada pelas aglutininas do receptor sobre os aglutinogênios do doador; as aglutininas do doador não chegam a agir devido à diluição que sofrem, mas podem fazê-lo se for em grande quantidade. Assim, se o doador é **O** e o receptor é **AB**, pode haver problemas se muito sangue é transfundido.

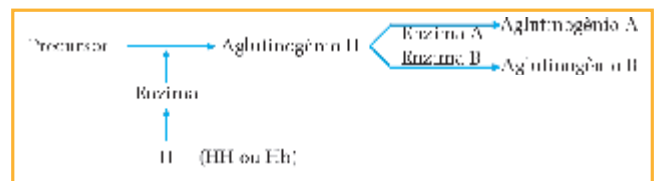
Nessas transfusões, as hemácias são aglutinadas pelos anticorpos e os aglomerados que se formam podem obstruir vasos e causar graves lesões e até a morte.

Frequência dos grupos sanguíneos ABO

Raças	O	A	B	AB
Negros	51%	28%	19%	2%
Brancos	48%	42%	8%	2%
Chineses	30,7%	25,1%	34,2%	10%
Índios americanos	97,4%	2,8%	não tem	não tem

Tipo Bombain

O gene **H** produz o antígeno **H** e é indispensável à produção dos antígenos **A** e **B**; já o indivíduo **hh** não produz antígenos **A** nem **B**, independentemente do genótipo para o sistema **ABO** (tipo Bombay ou Bombain).





Indivíduos HH e Hh com aglutinogênio H e genes

- I^A produz a enzima A e, assim, o aglutinogênio A.
- I^B produz a enzima B e, assim, o aglutinogênio B.
- i – não produz nem enzima A, nem B, não produzindo, portanto, aglutinogênios A e B.
- $I^A I^B$ – produzem enzimas A e B e, assim, os aglutinogênios A e B.

Indivíduos **hh** não produzem o aglutinogênio **H** e, em qualquer hipótese, não produzem os aglutinogênios **A** e **B**.

Falso **O** é o indivíduo **hh**, de fenótipo **O** e genótipo $I^A I^B$, $I^B I^B$, $I^B i$, $I^A I^A$ ou $I^A i$.

FATOR RH OU D

O fator Rh foi detectado primeiramente no sangue de macacos Rhesus, de cujo nome tiraram as duas primeiras letras para batizar o sistema. Posteriormente, comprovou-se a existência do fator Rh também no sangue humano.

As pessoas que possuem no seu sangue o aglutinogênio **Rh** ou **D** são chamadas de **Rh⁺** (Rh positivo). As que não possuem são **Rh⁻** (Rh negativo). Cerca de 85% das pessoas de cor branca são **Rh⁺**.

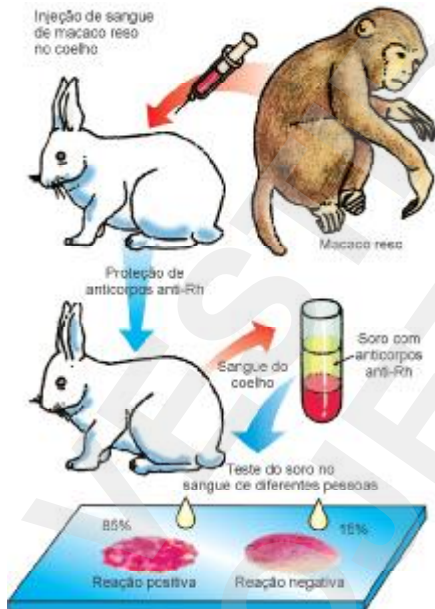


Fig. 4. Representação esquemática dos passos do experimento que permitiu a descoberta do fator Rh e dos tipos sanguíneos humanos Rh positivo (Rh⁺) e Rh negativo (Rh⁻).

Sistema sanguíneo Rh

Genótipos	Antígeno ou Aglutinogênio nas hemácias	Anticorpo ou Aglutinina no plasma	Fenótipos (Grupos Sanguíneos)
RR ou DD	Tem	Não produz Anti-Rh	Rh ⁺
Rr ou Dd			
rr ou dd	Não tem	Pode produzir Anti-Rh	Rh ⁻

Indivíduos Rh⁻ são doadores universais, já os Rh⁺ só podem doar para outros Rh⁺.

As pessoas Rh⁻ poderão produzir Anti-Rh desde que entrem em contato com o sangue de pessoas Rh⁺.

A primeira transfusão de sangue Rh⁺ não traz problemas para o Rh⁻, mas a segunda provoca aglutinação e até morte, pois já encontrará os anti-Rh produzidos em resposta à primeira transfusão.

As pessoas Rh⁻ que já possuem Anti-Rh no plasma são chamadas de sensibilizadas.

Doença Hemolítica do Recém-Nascido ou Eritroblastose Fetal

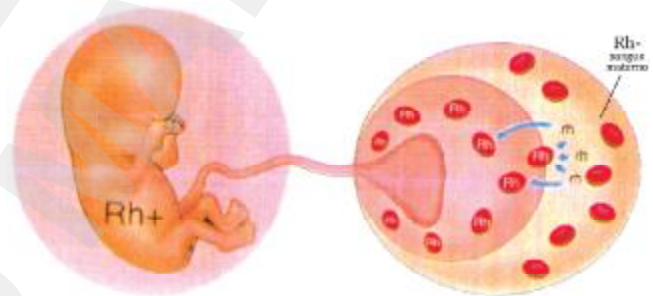


Fig. 5. Mecanismo da eritroblastose fetal produzida pelo fator Rh. O sangue de um feto Rh positivo, passando para o organismo materno, provocará a formação de anticorpos anti-Rh no sangue da mãe, se esta for Rh negativo. Os anticorpos passam livremente através da placenta, com capilares rompidos, provocando a aglutinação das hemácias do feto.

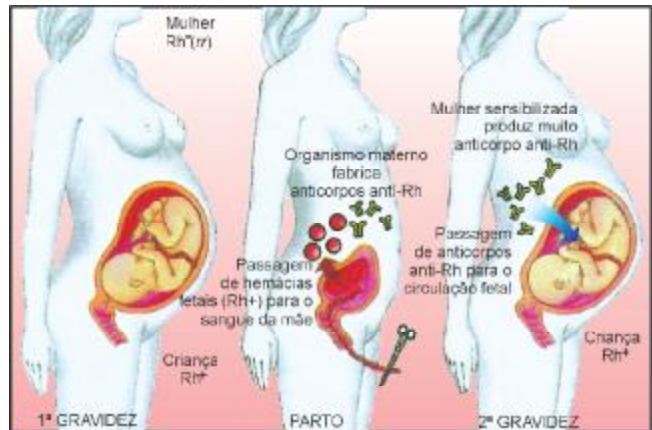


Fig. 6. Representação esquemática da sensibilização de uma mulher Rh⁻ por um feto Rh⁺ e do desenvolvimento da eritroblastose fetal em um segundo filho Rh⁺.



Esta doença consiste na destruição das hemácias do feto (Rh⁺) pelos anticorpos (anti-Rh) da mãe (Rh⁻), que ultrapassam lentamente a placenta, quando do rompimento de capilares.

A mulher poderá ter produzido esses anticorpos, devido a uma transfusão de sangue incompatível (Rh⁺), ou devido a uma gestação de criança Rh⁺, cujas hemácias passaram para a circulação materna, em geral, por ocasião do parto. Os anticorpos (anti-Rh) maternos formam-se lentamente, em geral, não atingindo o feto que os provocou, e sim os seguintes, desde que também Rh⁺.

É importante ressaltar que o próprio sistema ABO protege contra a eritroblastose, particularmente se o sangue da mãe for O⁻ e o da criança, A⁺, B⁺ ou AB⁺. As aglutininas anti-A e anti-B irão destruir qualquer hemácia fetal que possa penetrar na circulação materna, impedindo a sensibilização da mãe pelo fator Rh. Por isso, a ocorrência de eritroblastose fetal é de apenas, aproximadamente, 1 para 20 casos de feto Rh⁺ e mãe Rh⁻.

Em decorrência da destruição das hemácias, a hemoglobina, lançada no plasma, é transformada em bilirrubina no fígado. Devido à deposição deste pigmento em vários tecidos, o indivíduo apresentará tonalidade de pele amarelo-esverdeada (icterícia). Devido ao grande número de hemácias destruídas, ocorre anemia, cuja gravidade depende desse número destruído.

A eritroblastose poderá provocar a morte do feto (aborto) ou do recém-nascido, ou deixar seqüelas no sobrevivente, entre as quais, idiotias ou certas síndromes neurológicas congênitas, surdez, ou simplesmente icterícia e insuficiência hepática, que desaparecem sem comprometer a saúde futura da criança.

Como a maioria das hemorragias transplacentais ocorre na hora do parto, é possível evitar a sensibilização de mulher Rh⁻ quando o feto for Rh⁺. A passagem de hemácias do feto para a circulação materna é detectada, fazendo-se coloração de esfregaço de sangue materno, a qual revela presença de hemácias do feto. Neste caso, administra-se à mãe logo após o parto, intravenosamente, gamaglobulina ou soro anti-Rh, que elimina do sangue materno as hemácias fetais, evitando assim a sensibilização, prevenindo a doença em futuros fetos.

O tratamento da D.H.R.N. é feito através da transfusão substitutiva ou ex-sanguíneo transfusão. Substitui-se o sangue Rh⁺ da criança por um sangue Rh⁻, evitando desse modo a reação antígeno-anticorpo. Também costuma-se empregar a fotossensibilização. Neste caso, a criança é iluminada com lâmpada néon durante cerca de 24 horas: a luz néon destrói a bilirrubina responsável pelas manifestações da doença.

DHRN só ocorre em crianças Rh⁺ filhas de pai Rh⁺ e mãe Rh⁻.

GRUPOS SANGÜÍNEOS MN

Outros antígenos existentes no sangue são o M e o N. Para cada um deles há também um anticorpo natural: anti-M e anti-N, produzidos em pequena quantidade. Por isso, não se dá a eles a mesma importância nas transfusões. São utilizados em estudos antropológicos e em casos de esclarecimento de paternidade, quando os grupos ABO deixam margem a dúvida.

Entre os genes M e N há co-dominância e os indivíduos que têm os dois genes são do grupo MN.

Fenótipos	Genótipos
Grupo M	MM
Grupo MN	MN
Grupo N	NN

GENÉTICA MOLECULAR E SISTEMA ABO

Os antígenos dos grupos sangüíneos foram os primeiros casos de variação proteica geneticamente determinado. Os grupos sangüíneos ABO são consequência da ação de genes em um *locus* no cromossomo 9. Os três alelos (I^A, I^B e i ou A, B e O) são um exemplo de polialelismo ou multialelismo. São encontradas quatro diferenças de seqüências de nucleotídeos entre os alelos A e B que resultam em mudanças de aminoácidos que alteram a especificidade de uma proteína da superfície das hemácias.

Esta proteína é chamada de antígeno H e dependendo do gene (A ou B), um açúcar diferente (N-acetilgalactosamina e D-galactose, respectivamente) é adicionado à membrana da hemácia criando os antígenos A e B.

A formação dos anticorpos A e B é tida como sendo uma resposta à ocorrência natural de antígenos similares a A e a B, presentes no ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- *Biologia* – Clézio e Bellinello e figura 1.
- *Corpo Humano* – Gerard Tortora e figura 2.
- *Biologia no Terceiro Milênio* – José Luis Soares e figura 3.
- *Conceitos de Biologia* – Amabis e Martho e figuras 4 e 6.
- *Biologia do Ensino Médio* – Oswaldo Frota Pessoa e figura 5.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandzsnajder.
- *Biologia* – Frederico, Octacilio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



01. "Pessoas do grupo sangüíneo O têm cerca de duas vezes mais chances de desenvolver úlceras do que as com sangue tipo A ou B. Indivíduos com sangue A possuem moléculas "tipo A" e os que têm sangue B, moléculas "tipo B". Não há moléculas "tipo O". É justamente em virtude dessa ausência que as bactérias "preferem" pessoas com sangue tipo O."

(Folha de São Paulo, 19/12/1993)

As moléculas referidas no texto como "tipo A" e "tipo B" estão presentes, respectivamente, nas hemácias do sangue de pessoas dos grupos sangüíneos A e B, e ausentes nas hemácias de pessoas do grupo O. Essas moléculas são antígenos denominados:

- (B) Aglutininas. (C) Heparinas. (D) Fibrinogênios.
(E) Trombinas.

02. Na determinação dos tipos sangüíneos do sistema ABO, atuam três genes pertencentes a um mesmo *locus*: I^A, I^B e i. Sabendo-se que I^A e I^B são dominantes em relação a i e co-dominantes entre si, podemos supor que nas populações humanas encontraremos indivíduos de genótipos e fenótipos diferentes. Assinale a opção que contém, respectivamente, os números de fenótipos e genótipos possíveis nestas populações:

- (A) 3 e 3; (B) 3 e 6; (C) 4 e 4;
(D) 4 e 6; (E) 6 e 6.



03. Se os cônjugues têm sangue do tipo AB, os tipos possíveis de sangue dos filhos são:

- (A) A e AB. (B) A, AB e O. (C) A, B e AB.
 (D) A e B. (E) A, B e O.

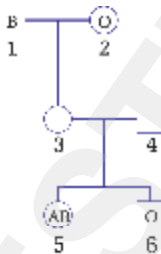
04. Dois casais desconfiam da troca dos seus bebês no berçário de um hospital. Os casais e os bebês foram submetidos à tipagem do sangue quanto ao sistema ABO. Os resultados foram colocados na tabela abaixo:

Pessoa	Tipo Sangüíneo
Bebê nº 1	O
Bebê nº 2	A
Sr ^a . Silva	B
Sr. Silva	AB
Sr ^a . Costa	A
Sr. Costa	B

Assinale a alternativa correta a respeito da relação entre os bebês e os casais:

- (A) O bebê nº 02 só pode ser filho do casal Costa.
 (B) O bebê nº 01 só pode ser filho do casal Silva.
 (C) O bebê nº 01 só pode ser filho do casal Costa.
 (D) O bebê nº 02 não pode ser filho do casal Costa.
 (E) Nenhum dos dois bebês pode ser filho de qualquer um dos dois casais.

05. Analise a genealogia abaixo, que indica os grupos sangüíneos de alguns indivíduos:



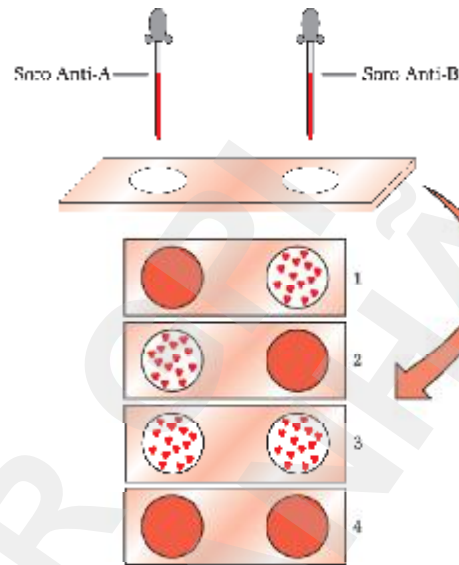
Podemos afirmar que:

- (A) o indivíduo 1 pode doar sangue para o 3.
 (B) o indivíduo 4 pode ser do grupo sangüíneo O.
 (C) o indivíduo 4 pode receber sangue do 5.
 (D) o indivíduo 3 pode doar sangue para o 6.
 (E) o indivíduo 5 pode doar sangue para os indivíduos 3 e 4.

06. Joana pode receber sangue de Maria, que só pode doar para Júlia, que é AB. Os tipos sangüíneos de Joana e Maria são, respectivamente:

- (A) O – O. (B) O – AB. (C) AB – O.
 (D) AB – AB.

07. Um conjunto de alunos, querendo saber a que grupo sangüíneo pertenciam, solicitaram ao professor o teste. Foram colhidas gotas de sangue dos alunos, uma lâmina para cada, e em cada uma colocou-se uma gota de soro anti-A e anti-B. O esquema abaixo mostra o resultado dos testes. Indique, na seqüência, os grupos sangüíneos mostrados nas lâminas:



- (A) grupo B, grupo O, grupo AB, grupo A;
 (B) grupo A, grupo O, grupo B, grupo AB;
 (C) grupo B, grupo AB, grupo O, grupo A;
 (D) grupo A, grupo AB, grupo O, grupo B;
 (E) grupo B, grupo A, grupo AB, grupo O.

08. A análise do sangue dos pais de João revelou que o sangue de seu pai possui aglutinogênio A e aglutina ao entrar em contato com o sangue de sua mãe.

Sabendo-se que João não pode doar sangue para seus pais, podemos concluir que o seu sangue:

- (A) não apresenta aglutinogênio de tipo algum.
 (B) não apresenta aglutininas.
 (C) apresenta aglutininas anti-A e anti-B.
 (D) é do tipo Rh⁻, sendo que seus pais são Rh⁺.
 (E) apresenta aglutinogênios A e B e fator Rh.

09. Numa certa população, os filhos de casais de sangue A⁺ duplo-heterozigotos somavam 1600 crianças. Assinale a opção que apresenta o número aproximado de cada tipo de sangue encontrado entre as 1600 crianças acima citadas:

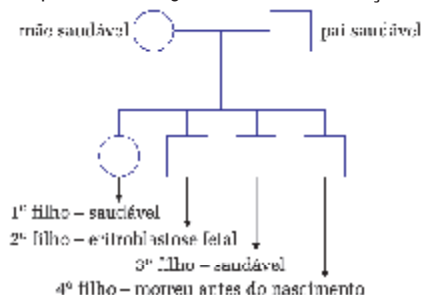
A ⁺	A ⁻	O ⁺	O ⁻
(A) 403	397	402	398
(B) 480	320	640	160
(C) 645	472	325	158
(D) 604	203	596	197
(E) 895	302	298	105

10. Uma certa doença é caracterizada pelo fato de ocorrer destruição de hemácias do feto ou recém-nascido, pois, quando da gestação, houve a produção de anticorpos anti-Rh pela mãe. Qual doença é essa e como pode ser detectada?

- (A) Eritroblastose fetal e pela incompatibilidade do sistema Rh.
 (B) Eritroblastose e pela transfusão de sangue.
 (C) Hemofilia e pela incompatibilidade do sistema ABO.
 (D) Hemofilia e pelo hemograma.
 (E) Anemia falciforme e pelo leucograma.



11. Uma família apresentou o seguinte histórico em relação ao fator Rh:



A análise do genograma mostra que o genótipo da família para a característica em questão é:

	pai	mãe	1º filho	2º filho	3º filho	4º filho
(A)	Dd	dd	Dd	Dd	dd	Dd
(B)	dd	Dd	dd	Dd	dd	Dd
(C)	dd	DD	DD	DD	dd	Dd
(D)	Dd	Dd	dd	dd	Dd	dd
(E)	Dd	dd	Dd	dd	Dd	dd

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. O sangue de Orlando aglutina quando colocado em presença de soro contendo imunoglobulinas ou aglutininas anti-A, e não aglutina quando colocado em presença de imunoglobulinas ou aglutininas anti-B. Orlando casa-se com Leila, que apresenta aglutinações inversas. O casal tem um filho cujo sangue não aglutina em nenhum dos dois tipos de soro.

- (A) Qual o genótipo dos pais?
- (B) Qual a probabilidade de esse casal ter uma criança cujo sangue aglutine nos dois tipos de soro? Justifique sua resposta.

02. A Srª. Rodrigues, suspeitando que seu filho havia sido trocado pelo da Srª Lopes, ambos nascidos no dia anterior, procurou a direção da maternidade a fim de dirimir sua dúvida. O exame do tipo sanguíneo das crianças e seus respectivos pais revelou o resultado a seguir:

	Rodrigues	Lopes
mãe	A Rh negativo	O Rh negativo
pai	O Rh positivo	A Rh negativo
filho	O Rh positivo	A Rh negativo

A análise do fator Rh permitiu à direção da maternidade concluir que a criança Rodrigues não poderia ser filha do casal Lopes, não tendo havido, portanto, troca.

Considerando-se que o sistema ABO é controlado por uma série de três genes alelos **I^A**, **I^B** e **i**, e o fator Rh pelo par **D** e **d**:

- (A) Demonstre, usando ou não um esquema, como a direção da maternidade chegou a essa conclusão.
- (B) Explique, através de um texto curto, por que essa mesma conclusão não poderia ter sido obtida através da análise do sistema ABO.

03. No quadro abaixo, as duas colunas da direita demonstram esquematicamente o aspecto *in vitro* das reações no sangue dos indivíduos de cada grupo sanguíneo ABO aos soros anti-A e anti-B:

Grupo Sanguíneo	Aglutinogênio	Aglutinina	Reação com	
			Soro anti A	Soro anti B
O	nenhum	a e b		
A	A	b		
B	B	a		
AB	A e B	nenhuma		

- (A) Explique o fenômeno que ocorreria com as hemácias de um indivíduo do grupo A ao receber sangue de um indivíduo do grupo B.
- (B) Sabe-se que o aglutinogênio é uma proteína da membrana das hemácias. Explique por que a aglutinação não ocorreria se o aglutinogênio fosse uma proteína citoplasmática.

04. Um casal saudável teve quatro filhos. O primeiro nasceu saudável; o segundo, com anemia e icterícia; o terceiro, saudável; e o quarto, com eritroblastose fetal. Sabendo-se que a eritroblastose fetal é uma doença determinada pela incompatibilidade sanguínea entre o sangue da mãe e o da criança, em relação ao fator Rh, responda:

- (A) Qual o fator Rh da mãe, do pai e dos filhos citados no enunciado? Justifique.
- (B) De que forma a eritroblastose pode ser evitada?

05. O pai e a mãe de um par de gêmeos dizigóticos têm tipo sanguíneo A. Uma outra criança desse casal é do tipo sanguíneo O.

- (A) Quais os genótipos do pai e da mãe?
- (B) Qual a probabilidade de que ambos os gêmeos tenham sangue do tipo O?

06. Determine o genótipo dos pais em relação ao sistema sanguíneo ABO, nas três situações descritas abaixo:

- (A) Um dos pais tem sangue do tipo A e o outro, do tipo B, e em seus filhos são encontrados todos os quatro tipos sanguíneos.
- (B) Ambos os pais são do grupo A, 3/4 dos filhos são do tipo sanguíneo A e 1/4, do tipo O.
- (C) A mãe tem sangue do tipo AB, o pai tem sangue do tipo B e os seus filhos têm os seguintes tipos sanguíneos: 1/4 do tipo A, 1/4 do tipo AB e a metade restante tem sangue do tipo B.

07. A pelagem dos coelhos é condicionada por um gene com quatro alelos, conferindo-lhes os seguintes fenótipos: C = aguti; c^{ch} = chinchila; c^h = himalaia; c^a = albino.

Considerando que a ordem de dominância é: C > c^{ch} > c^h > c^a, quais os genótipos que podem ocorrer com os seus respectivos fenótipos?

Vinculação e Permutação

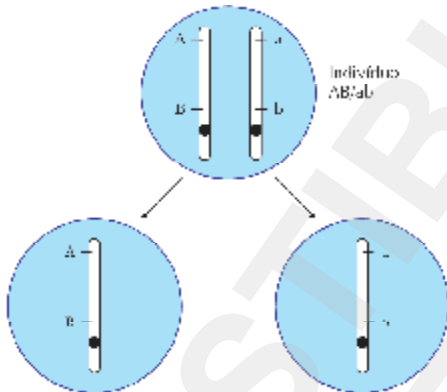
“Suponha que estivéssemos construindo uma casa com material de segunda mão retirado do depósito de um revendedor; muitas vezes, iríamos constatar que partes consideráveis das mesmas casas velhas continuam agrupadas... pedaços da mesma fonte teriam permanecido em justaposição e permaneceriam lado a lado, prontos para serem transportados ao mesmo tempo e serem reerguidos juntos de novo.”

(Metáfora de Francis Galton, que mais tarde permitiu a elaboração do primeiro mapa dos genes num cromossomo.)

VINCULAÇÃO E RECOMBINAÇÃO GÊNICA

Vinculação, ligação fatorial ou linkage

Há vinculação (*linkage*) quando os dois ou mais pares de genes estudados situam-se no mesmo par de cromossomos. Como os diversos genes de um mesmo cromossomo tendem a permanecer juntos durante a formação do gameta (meiose), não há segregação independente, contrariando a 2ª Lei de Mendel (*genes linked*):



Nesse caso, a ligação é completa, surgindo apenas dois tipos de gametas: **AB** (50%) e **ab** (50%):

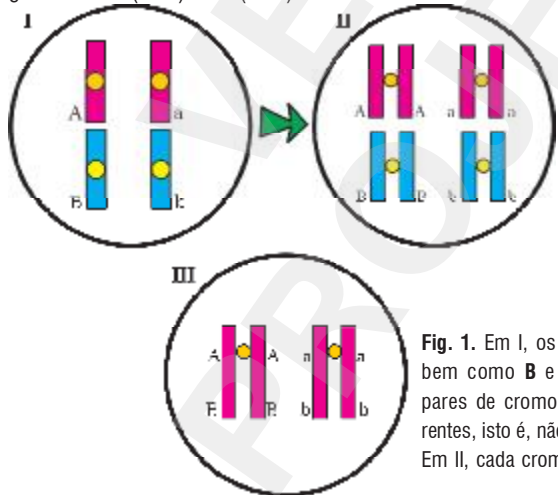
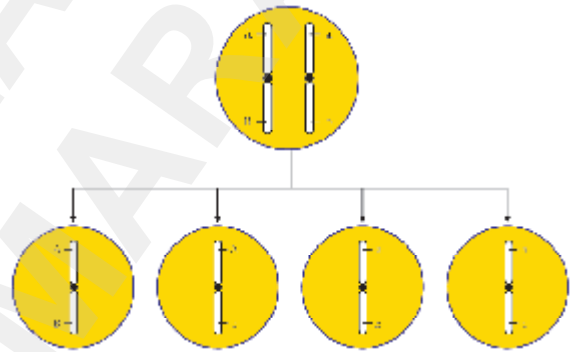


Fig. 1. Em I, os alelos **A** e **a**, bem como **B** e **b**, estão em pares de cromossomos diferentes, isto é, não-homólogos. Em II, cada cromossomo está

dividido em duas cromátides. Durante a meiose (na gametogênese), ocorre a “disjunção” dos cromossomos para as células-filhas. E como essa disjunção é totalmente aleatória, torna-se possível uma completa recombinação dos genes **A** e **a** em relação a **B** e **b** nos gametas: **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**. Em III, os genes dos pares **A** e **B** estão situados no mesmo par de cromossomos. Note-se, entretanto, que esses cromossomos também já estão divididos em cromátides. Em princípio, só poderemos admitir que, durante a disjunção, surjam apenas duas classes de gametas: **AB** e **ab**. Nesse caso, não haveria recombinação gênica: I e II retratam os casos em que há segregação independente; III retrata um caso de *linkage*.

Recombinação Gênica

Embora não haja a “separação dos genes” nas proporções esperadas pela 2ª lei de Mendel, os genes de um mesmo cromossomo podem sofrer permutações (*crossing-over*, ou recombinação) na prófase I da meiose, o que pode originar gametas “recombinantes”:



A frequência de gametas recombinantes depende da frequência de permutações que há entre os genes estudados, o que é proporcional à distância entre estes genes:

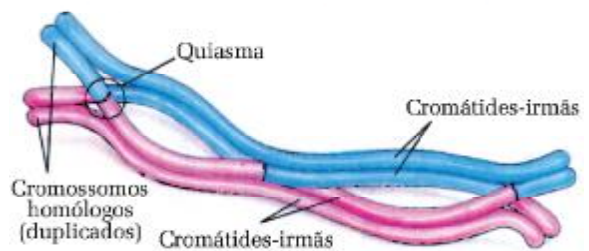


Fig. 2. Acima, foto de células de testículo de gafanhoto em processo de meiose. Abaixo, desenho de um bivalente (par de homólogos emparelhados). Sabemos que ocorreu permutação nos pontos em que as cromátides homólogas se cruzam formando um “X”, que é denominado quiasma.



Convencionou-se que 1% de recombinação entre dois genes corresponde a uma unidade de distância entre eles no cromossomo (UR, unidade de recombinação ou morganídeo).

Ligação com Permutação

Considere-se os genes A e B em *linkage*. Um duplo heterozigoto pode ter seus genes em posição *cis* (**AB/ab**) ou *trans* (**Ab/aB**). O indivíduo **AB/ab** pode produzir dois tipos de gametas parentais (**AB** e **ab**) e dois tipos de gametas recombinantes (**Ab** e **aB**).

Após a duplicação e o pareamento dos cromossomos, pode ocorrer, durante a meiose, uma quebra de duas cromátides homólogas adjacentes na mesma altura, seguida de troca das partes. Esse processo denomina-se permutação ou *crossing-over*. Por causa da troca de segmentos, ocorre a recombinação dos genes, o que aumenta a variabilidade genética.

Assim, se os genes ligados não sofressem permutação, os gametas, no exemplo dado, seriam apenas de dois tipos: **AB** e **ab**. Como houve permutação, aparecem quatro tipos de gametas: **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**.

Quando há segregação independente, também surgem quatro tipos de gametas. A diferença entre segregação independente e genes ligados que sofrem permutação está na porcentagem entre os tipos de gametas formados, pois a permutação não ocorre em todas as células germinativas que entram em meiose, mas em pequeno número delas. Dessa forma, os tipos de gametas ocorrem em proporções diferentes, pois a porcentagem de gametas recombinantes é menor que a porcentagem de gametas parentais. Os gametas recombinantes são aqueles que apresentam as novas combinações gênicas e os gametas parentais são aqueles que apresentam as combinações gênicas da célula inicial.

Exemplo de Ligação com Permutação

Suponhamos um diíbrido **AaBb**, em que 25 das células germinativas entram em meiose. Cada uma dessas células dá origem, ao final da meiose, a quatro gametas, totalizando 100 gametas, sendo que:

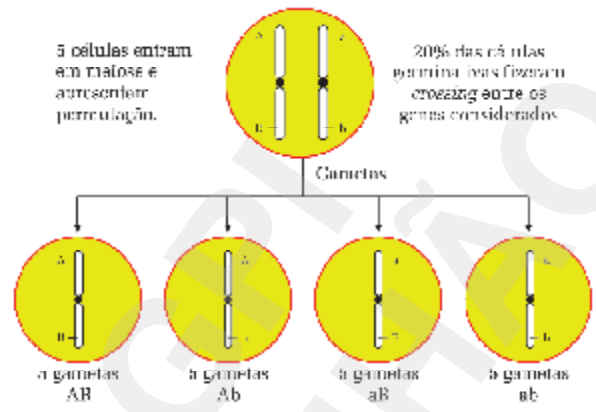
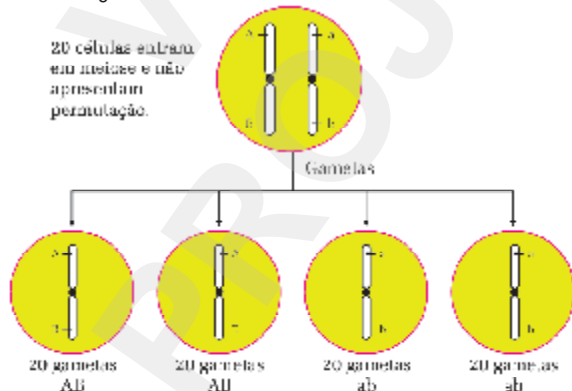
45 gametas são AB;
45 gametas são ab;
5 gametas são Ab;
5 gametas são aB.

Analisando-se esse resultado, verifica-se que, se fosse um caso de segregação independente, os gametas deveriam ocorrer em proporções iguais: 25% **AB**; 25% **ab**; 25% **Ab**; 25% **aB**.

Como não foi essa a proporção obtida, trata-se de um caso de ligação gênica em que houve permutação.

No exemplo dado, são formados 90 gametas parentais e 10 gametas recombinantes.

Como cada célula que entra em meiose dá origem a quatro gametas, obtém-se o seguinte:



Total de gametas parentais:

AB → 20 + 20 + 5 = 45
ab → 20 + 20 + 5 = 45

Total de gametas recombinantes:

Ab → 5 Taxa de crossing ou
aB → 5 porcentual de gametas
recombinantes 10%

Conclusões de Morgan

- I. A 2ª Lei de Mendel só se aplica a pares de genes situados em cromossomos diferentes.
- II. O maior ou menor grau de *linkage* depende da distância entre os genes ligados no cromossomo.
- III. Os genes se dispõem linearmente nos cromossomos.
- IV. No macho de *Drosophila*, geralmente não ocorrem permutações.
- V. Lei de Morgan – dois genes ligados tendem a permanecer ligados durante as sucessivas gerações, somente se separando pelo fenômeno do *crossing-over*, cuja frequência estabelece a distância entre eles.

MAPA DE GENES

Visto que cada gene ocupa um *locus* cromossomial determinado, a frequência de permutações entre 2 genes determinados é constante.

Assim, calculando a frequência de recombinações entre 2 genes ligados, é possível localizar a posição dos genes nos cromossomos e deste modo construir um mapa de genes dos cromossomos. A frequência de recombinações é também denominada taxa de *crossing*.

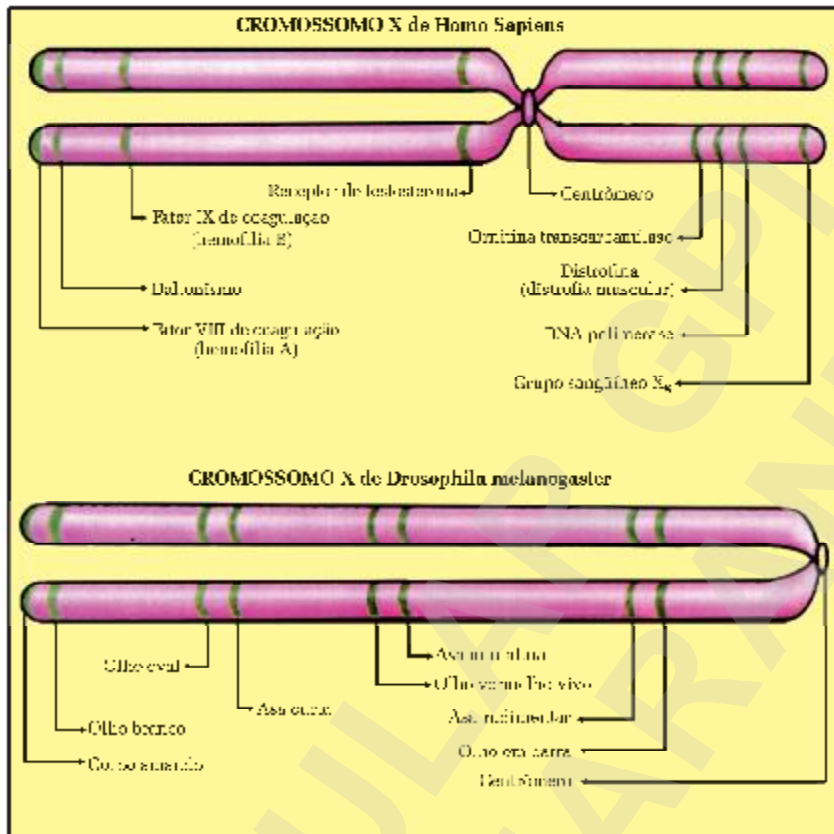
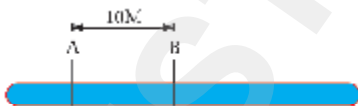
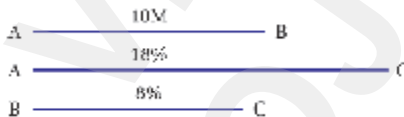


Fig. 4. Mapas gênicos simplificados dos cromossomos X humano e da mosca drosófila.

Para se construir a escala do mapa, adotou-se como unidade de distância o morganídeo: espaço no qual ocorre 1% de permutação. Assim, se entre dois genes ligados no mesmo cromossomo, por exemplo, **A** e **B**, existir 10% de permutação, diremos que os dois genes **A** e **B** estão afastados no mapa 10 morganídeos, ou seja, há 10 unidades de distância entre eles:



Se quisermos localizar um terceiro gene, ligado no mesmo cromossomo, por exemplo, **C**, basta avaliar as taxas de permutação entre **A** e **C** e entre **B** e **C**. Suponhamos que entre **A** e **C** obtivemos 18% de permutação, e que entre **B** e **C** obtivemos 8% de permutação. Nesse caso:



- A distância entre **AB** é maior que entre **BC**.
- A distância entre **AC** é maior que entre **BC** e que entre **AB**.
- **BC** apresenta a menor distância.

Concluiremos, então, que **C** está à direita de **B**:



DISTÂNCIA GENÉTICA X DISTÂNCIA FÍSICA

A unidade mais comumente utilizada para medir distâncias genéticas é o centiMorgan (cM), que é a distância genética na qual, em média, observa-se recombinação em 1% das vezes.

O tamanho genético total dos 23 cromossomos do genoma humano haplóide é de cerca de 4300 cM, o que significa dizer que, se o genoma tem um tamanho físico haplóide de aproximadamente $3 \cdot 10^9$ pares de bases, 1cM equivale à cerca de 700.000 pares de bases.

Estas medidas são importantes para a localização e identificação dos genes de interesse, muitos deles responsáveis por doenças.

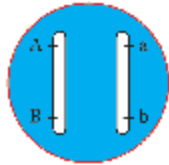
Em genética humana, pode-se esperar encontrar ligação em uma distância máxima de cerca de 10cM.

BIBLIOGRAFIA

- *Biologia no Terceiro Milênio* – José Luis Soares e figura 1.
- *Biologia das Populações* – Amabis e Martho e figuras 2, 3 e 4.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandszajder.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Suponha-se que 100 células germinativas entram em meiose e que essas células tenham o seguinte genótipo:



Quantos gametas recombinantes serão formados se 20 das 100 células apresentarem permutação na meiose?

- (A) 20;
- (B) 40;
- (C) 80;
- (D) 160;
- (E) 180.

02. Um cruzamento entre dois indivíduos, com os genótipos **DdEe** x **ddee**, originou 42 descendentes com genótipo **DdEe**, 160 **Ddee**, 168 **ddEe** e 40 **ddee**. Sobre os genes **D** e **E**, podemos concluir que:

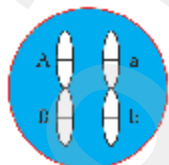
- (A) estão ligados e há permuta entre eles;
- (B) estão ligados e não há permuta entre eles;
- (C) segregam-se independentemente e há permuta entre eles;
- (D) segregam-se independentemente e não há permuta entre eles;
- (E) não estão ligados; logo, segregam-se independentemente.

03. Um indivíduo, com genótipo **AaBb**, produz gametas nas seguintes proporções: 25% **AB**, 25% **Ab**, 25% **aB** e 25% **ab**.

Outro indivíduo, com genótipo **DdEe**, produz gametas nas seguintes proporções: 50% **DE** e 50% **de**. Podemos concluir que:

- (A) os genes D e E estão ligados e entre eles não ocorre *crossing-over*;
- (B) os genes D e E estão ligados e entre eles ocorre *crossing-over*;
- (C) os genes D e E segregam-se independentemente e entre eles não ocorre *crossing-over*;
- (D) os genes A e B estão ligados e entre eles não ocorre o *crossing-over*;
- (E) os genes A e B segregam-se independentemente e entre eles ocorre o *crossing-over*.

04. No órgão reprodutor de um animal, há 1000 (mil) células, em cujos núcleos estão os cromossomos, como mostra o desenho abaixo:



Se em todas as células ocorrer *crossing-over* entre os genes **A** e **B**, e se cada uma originar 4 (quatro) gametas, podemos afirmar que:

- (A) todos os gametas formados conterão as combinações resultantes do *crossing*.
- (B) a proporção de gametas com as formas não *crossing* seria maior do que a de gametas com as formas *crossing*.

- (C) a ocorrência do *crossing* não altera a seqüência dos genes nos cromossomos, porque só as cromátides-irmãs são envolvidas.
- (D) as proporções entre os tipos de gametas seriam iguais às que ocorrem quando os genes estão em cromossomos diferentes.
- (E) não é possível calcular essas proporções, porque os gametas recebem cromossomos ao acaso.

05. Numa certa espécie de milho, o grão colorido é condicionado por um gene dominante **B** e o grão liso por um gene dominante **R**. Os alelos recessivos **b** e **r** condicionam, respectivamente, grãos brancos e rugosos. No cruzamento entre um indivíduo colorido liso com um branco rugoso, surgiu uma F_1 com os seguintes descendentes:

- 150 indivíduos que produziam sementes coloridas e lisas;
- 150 indivíduos que produziam sementes brancas e rugosas;
- 250 indivíduos que produziam sementes coloridas e rugosas; e,
- 250 indivíduos que produziam sementes brancas e lisas.

A partir desses resultados, podemos concluir que o genótipo do indivíduo parental colorido liso e a distância entre os genes **B** e **R** são:

- (A) BR/br; 62,5 U.R.
- (B) BR/br; 37,5 U.R.
- (C) Br/bR; 62,5 U.R.
- (D) Br/bR; 37,5 U.R.
- (E) BR/br; 18,75 U.R.

06. No cruzamento de indivíduos com genótipo **AaBb**, qual a frequência esperada de indivíduos com genótipo **aabb**, sabendo-se que os genes **A** e **B** estão no mesmo cromossomo e que a frequência de permutação entre eles é zero?

- (A) 0%;
- (B) 25%;
- (C) 50%;
- (D) 75%;
- (E) 100%.

07. A distância entre dois genes **A** e **B** é de 20 unidades. Um indivíduo do tipo **Ab/aB** deverá produzir os seguintes tipos de gametas, com as respectivas porcentagens:

	AB	Ab	aB	ab
(A)	25	25	25	25
(B)	10	40	40	10
(C)	0	50	50	0
(D)	40	10	10	40
(E)	56,25	18,75	18,75	6,25

08. Consideremos dois pares de genes, **CD/cd**, durante a meiose. Supondo-se que ocorre *crossing* entre eles numa frequência de 16%, os gametas formados são:

- (A) 25% CD, 25% cd, 25% Cd, 25% cD.
- (B) 42% CD, 42% cd, 16% Cd, 16% cD.
- (C) 42% CD, 42% cd, 8% Cd, 8% cD.
- (D) 50% CD, 50% cd.
- (E) 84% CD, 84% cd, 16% Cd, 16% cD.

09. Os genes **X**, **Y** e **Z** de um cromossomo têm as seguintes frequências de recombinação:

Genes	Frequência de recombinação
X e Y	15%
Y e Z	30%
Z e X	45%

Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

- (A) ZXY. (D) XZY.
 (B) XYZ. (E) YXZ.
 (C) YZX.

10. Em certas ervilhas, as relações de dominância para a cor e forma do grão de pólen são as seguintes: **V**: flores azuis; **v**: flores vermelhas; **E**: pólen oblongo; **e**: pólen esférico. Uma planta duplamente heterozigota cruzada com outra de flores vermelhas e de pólen esférico forneceu: 40 flores azuis e pólen oblongo; 160 flores azuis e pólen esférico; 160 flores vermelhas e pólen oblongo; 40 flores vermelhas e pólen esférico. Com base nessas informações, assinale a alternativa correta:

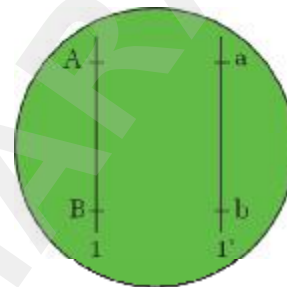
- (A) Os genes V e E distam 80 URs e na planta duplamente heterozigota estão em posição cis.
 (B) Os genes V e E distam 20 URs, estando em posição cis na planta duplamente heterozigota.
 (C) Os genes V e E distam 20 URs e na planta duplamente heterozigota estão em posição trans.
 (D) Os genes V e E distam 80 URs, estando em posição trans na planta duplamente heterozigota.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. O cruzamento **AaBb** x **aabb** produziu a seguinte descendência:

Genótipos	Frequências
AaBb	48%
aaBb	2%
Aabb	2%
aabb	48%

- (A) Qual a distância entre os genes em questão, em unidades de recombinação?
 (B) Qual a posição dos genes nos cromossomos do heterozigoto utilizado no cruzamento?



02. Num cromossomo, os genes **m** e **n** mantêm uma distância de 14 unidades. Em que porcentagem segregam os gametas do genótipo **MN**, **mn**?

03. Qual a seqüência mais provável dos genes **A**, **B**, **C**, **D**, localizados no mesmo cromossomo, apresentando as seguintes frequências de recombinação:

- A – B = 17%; C – D = 30%;
 A – C = 5%; A – D = 35%;
 B – D = 18%.

04. Um cruzamento entre uma fêmea heterozigota para dois pares de genes (**AaBb**) e um macho homozigoto (**aabb**) resultou na seguinte descendência: **AaBb**, **Aabb**, **aaBb**, **aabb**. Foi observado, também, que todas as classes acima apareceram na mesma frequência (25%), tanto entre os machos como entre as fêmeas. Considerando-se que há interesse em determinar se existe ou não ligação entre os genes estudados, explique qual seria a informação que este cruzamento fornece.

05. O esquema abaixo representa uma célula com um par de cromossomos homólogos, 1 e 1', e com dois pares de genes, **A**, **a** e **B**, **b**, localizados naqueles cromossomos. Suponha-se que 10 células iguais a esta entrem em meiose e que não ocorra *crossing-over* ou permutação durante o processo de divisão:

- (A) Quantas células serão esperadas no final da meiose?
 (B) Qual a composição genética das células formadas?

06. Considere-se o seguinte cruzamento: **AaBb** x **aabb**.

Descendência:
 AaBb = 40
 Aabb = 160
 aaBb = 160
 aabb = 40
 total = 400

Qual é a taxa de permutação entre os genes **a** e **b**?

07. Em coelhos, o gene **C**, que produz a cor preta da pelagem, é dominante em relação a seu alelo **c**, que produz a cor castanha. O gene recessivo **a**, quando em homozigose, exerce efeito epistático em relação a **C** e **c**, condicionando albinismo. **A** é um gene não-epistático. Sabendo-se que os dois pares de alelos estão no mesmo cromossomo e apresentam 17% de recombinação gênica, pergunta-se: Qual a quantidade esperada de coelhos albinos numa descendência de 162 coelhos resultantes do cruzamento de coelhos pretos **AaCc** com coelhos albinos de genótipo **aacc**?



Cromossomos Sexuais

“As adaptações de reprodução são tão antigas quanto as de sobrevivência. A reprodução é um dos atos definidores da vida; e, sem reprodução, os processos darwinianos não teriam como começar, já que o processo de Darwin é evolução por sucesso e fracasso seletivo de populações de formas que se reproduzem. Pequenas diferenças inscritas em alterações singulares nas letras da hélice dupla levaram rapidamente, sob a pressão da seleção natural, a uma extraordinária profusão de formas e também a formas de autopromoção, corte e cópula tão miraculosas quanto qualquer fenômeno do mundo natural.”

(Jonathan Weiner)

DETERMINAÇÃO CROMOSSOMIAL DO SEXO

Embora existam outros mecanismos, na maioria dos casos, a determinação do sexo é cromossomial. Além dos autossomas ou cromossomos somáticos iguais nos dois sexos, há alossomos ou cromossomos sexuais que podem ser diferentes nos organismos.

Sistema XO

Observado em alguns insetos (descobertos nos besouros do gênero *Protenor*), em que os machos só apresentam um cromossomo sexual, o **X** (daí a representação **XO**), e as fêmeas possuem dois. Como os machos produzem gametas sem esse cromossomo (**O**), eles constituem o sexo heterogamético, determinando a manifestação sexual dos descendentes.

Sistema ZW

Observado em alguns insetos (descoberto nas borboletas do gênero *Abraxas*), alguns peixes e na maioria das aves, em que fêmeas apresentam-se como sexo heterogamético, possuindo dois cromossomos sexuais que foram designados como **Z** e **W**. Conseqüentemente, neste sistema são as fêmeas que determinam o sexo dos descendentes. Os machos são **ZZ**.

Sistema ZO

Observado em certas aves (nas galinhas domésticas, por exemplo) e em certos répteis, em que as fêmeas não possuem o cromossomo **W**, apresentando-se como **ZO**. Portanto, estas constituem o sexo heterogamético, produzindo gametas com o cromossomo **Z** e gametas sem este cromossomo.

Sistema XY

Observado em mamíferos e na mosca-da-fruta (*Drosophila*). No sistema **XY**, o macho produz dois tipos de gametas (**X** ou **Y**) com relação aos cromossomos sexuais, e a fêmea, apenas um tipo (**X**). O sexo masculino é denominado heterogamético; e o feminino, homogamético.

Outros Mecanismos

Curiosamente, ovos de peixes originam mais fêmeas se há muitos machos na população e vice-versa e em tartarugas e crocodilos, o sexo dos filhos é dependente da temperatura do ninho.

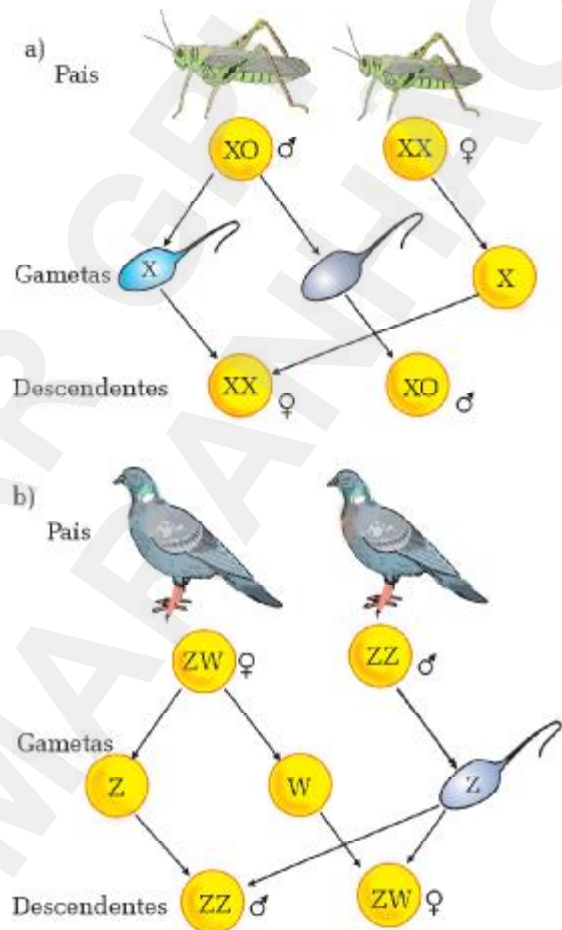


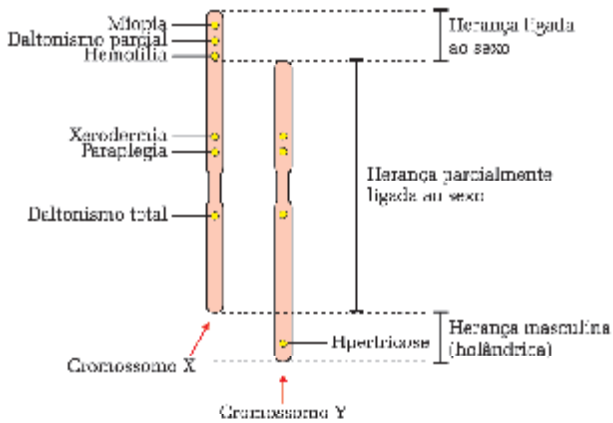
Fig. 1. (a) No sistema **XO**, o sexo heterogamético é o masculino, e os espermatozoides determinam o sexo dos descendentes. As fêmeas são homogaméticas. (b) No sistema **ZW**, as fêmeas são heterogaméticas e os gametas femininos determinam o sexo dos filhotes. Os machos são homogaméticos e todos os espermatozoides têm um cromossomo **Z**.

HERANÇA LIGADA, RESTRITA E PARCIALMENTE LIGADA AO SEXO

Os cromossomos sexuais constituem um par de homólogos. No entanto, tal homologia não é perfeita, já que os cromossomos **X** e **Y** diferem entre si pelo tamanho e pela forma. Com isso, vários genes que ocorrem em **X** não possuem os seus alelos em **Y**, e vários genes deste último não possuem os seus alelos no primeiro.

Tal fato levou ao desenvolvimento dos conceitos de herança ligada ao sexo, herança restrita ao sexo e herança parcialmente ligada ao sexo. O primeiro caso corresponde à herança dos genes presentes em **X** e ausentes em **Y**; o segundo caso corresponde à herança dos genes presentes em **Y** e ausentes em **X**; o terceiro caso corresponde à herança dos genes que tanto estão presentes em **X** como em **Y**.

Observe a correspondência de segmentos entre os cromossomos **X** e **Y**:



EXEMPLOS DE DOENÇAS LIGADAS AO SEXO

Hemofilia (dificuldade de coagulação sanguínea)

	Genótipo	Fenótipo
♀	$X^H X^H$	Mulher normal
	$X^H X^h$	Mulher normal portadora
	$X^h X^h$	Mulher hemofílica

Falta, no sangue, um dos fatores necessários à coagulação e podem ocorrer hemorragias perigosas e riscos em transfusões:

	Genótipo	Fenótipo
♂	$X^H Y$	Homem normal
	$X^h Y$	Homem hemofílico

Daltonismo (dificuldade de distinguir as cores, freqüentemente o vermelho e o verde)

	Genótipo	Fenótipo
♀	$X^D X^D$	Mulher normal
	$X^D X^d$	Mulher normal portadora
	$X^d X^d$	Mulher daltônica

	Genótipo	Fenótipo
♂	$X^D Y$	Homem normal
	$X^d Y$	Homem daltônico

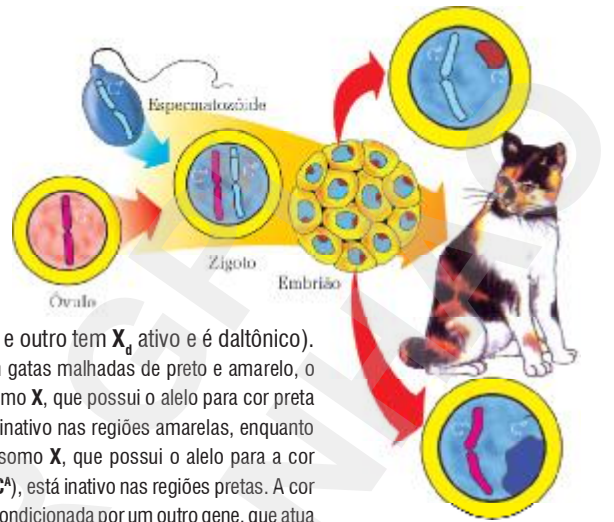
Cromatina Sexual

Em qualquer hipótese, apenas um dos cromossomos **X** de um indivíduo é ativo; o outro ou outros são inativos, espiralizando-se nos núcleos interfásicos e formando a cromatina sexual ou corpúsculo de Barr, segundo a teoria de Lyon ou da inativação do **X**.

– A inativação do **X** (de origem paterna ou materna) ocorre ao acaso, em cada célula, em torno da 6ª semana de gravidez (de vida embrionária).

– Se uma mulher $X_H X_h$ tem mais de 50% de seus filhos X_h inativos, sua produção de globulina anti-hemofílica será abaixo do normal e o tempo de coagulação mais longo.

– A inativação ao acaso, em cada célula, explica o fato de algumas mulheres $X_D X_d$ serem daltônicas para um dos olhos apenas (uma tem X_D ativo e



é normal e outro tem X_d ativo e é daltônico). **Fig. 2.** Em gatas malhadas de preto e amarelo, o cromossomo **X**, que possui o alelo para cor preta (C^p), está inativo nas regiões amarelas, enquanto o cromossomo **X**, que possui o alelo para a cor amarela (C^a), está inativo nas regiões pretas. A cor branca é condicionada por um outro gene, que atua em determinadas regiões do corpo.

GENES HOLÂNDRICOS

São os genes exclusivos do cromossomo **Y**, isto é, sem alelos correspondentes em **X**. Tais genes, como são exclusivos de **Y**, só ocorrem em indivíduos que portarem este heterossoma ou alossoma, caracterizando a herança restrita ao sexo.

Os genes holândricos passam de geração a geração pela linhagem masculina.

No homem, podemos lembrar os genes holândricos que condicionam a ictiose (pele escamosa) e a hipertricose (pêlos longos e grossos no pavilhão da orelha).

HERANÇA INFLUENCIADA PELO SEXO

Um fator que pode modificar a expressão de um gene é o sexo do indivíduo. Um exemplo de caráter influenciado pelo sexo é a calvície na espécie humana. Esse caráter pode ser consequência de fatores ambientais, mas, na maioria das vezes, é hereditário.

Em presença de hormônios masculinos, o gene para calvície se expressa melhor, funcionando como dominante. Na ausência desses hormônios, sua expressão é menos acentuada e ele funciona como recessivo.

Por isso, a presença de um gene para calvície já é suficiente para que o homem seja calvo. Na mulher, entretanto, serão necessários dois genes para que o fenótipo se manifeste.

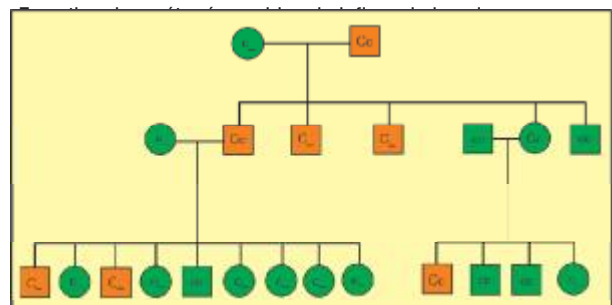


Fig. 3. A calvície é uma característica influenciada pelo sexo. O gene que condiciona a calvície se comporta como dominante nos homens e como recessivo nas mulheres. A árvore genealógica mostra a herança da calvície em uma família. Os homens representados em vermelho ficaram calvos antes de atingir a idade de 35 anos.



Outros genes, como o responsável pela barba e pela musculatura desenvolvida, estão relacionados com o sexo de maneira tão profunda que só se manifestam em presença de hormônio masculino. Por outro lado, os genes responsáveis pelo desenvolvimento das mamas só se manifestam em presença do hormônio feminino. Desse modo, um homem submetido a tratamento com hormônios femininos pode desenvolver mamas, assim como uma mulher tratada com hormônios masculinos pode desenvolver barba.

EMBRIOLOGIA DO SISTEMA REPRODUTIVO, CROMOSSOMO Y?

Os cromossomos **X** e **Y** têm seus próprios padrões específicos de herança e estão envolvidos na determinação primária do sexo na espécie humana. Eles são estruturalmente bem distintos e estão sujeitos a formas diferentes de regulação genética, embora fiquem pareados na meiose masculina.

Em ambos os sexos, até a 6ª semana de desenvolvimento, a gônada seja cromossomicamente **XX** ou **XY** é bipotencial, comumente chamada de indiferenciada. O desenvolvimento em um ovário ou em um testículo é determinado pela ação coordenada de uma seqüência de genes que normalmente levam ao desenvolvimento ovariano, quando não há cromossomo **Y** presente, ou ao desenvolvimento testicular quando há presença do **Y**. Isto porque genes ligados ao **Y**, chamados fatores determinantes testiculares (TDF), atuam levando o desenvolvimento para a via masculina.

Se nenhum cromossomo **Y** estiver presente, a gônada forma um ovário, começando por volta da 12ª semana de gestação.

BIBLIOGRAFIA

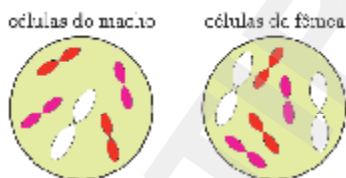
- *Biologia* – Favaretto e Mercadante e figura 1.
- *Biologia das Populações* – Amabis e Martho e figuras 2 e 3.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandsznajder.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



01. Em uma espécie animal, em que $2n = 6$, o cariótipo de células somáticas de machos e fêmeas se apresenta como mostram os desenhos abaixo:



A análise desses cariótipos revela que, nessa espécie, a determinação do sexo é feita por um sistema, em que o macho e a fêmea são, respectivamente:

- (A) XY e XX.
- (B) YO e XX.
- (C) XO e XX.
- (D) XY e XO.
- (E) XO e XY.

02. Em relação aos cromossomos sexuais **X** e **Y**, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Quando pareados, são exemplos de cromossomos homólogos.
- II. Características como a hemofilia, por exemplo, fazem parte do cromossomo **X**.
- III. Características como o daltonismo, por exemplo, estão associadas a genes de cromossomo **Y**.

Estão corretas as seguintes afirmações:

- (A) apenas I;
- (B) apenas II;
- (C) apenas III;
- (D) apenas II e III;
- (E) todas.

03. Quanto aos cromossomos sexuais **X** e **Y**, podemos afirmar que:

- (A) como não são completamente homólogos, não se pareiam na meiose.
- (B) como não são completamente homólogos, pareiam-se na meiose.
- (C) se pareiam na meiose, pois possuem uma região homóloga.
- (D) não se pareiam na meiose, pois possuem uma região não homóloga.
- (E) os genes que se encontram na região não homóloga do **X** condicionam um tipo de herança chamado herança restrita ao sexo.

04. Quando uma mulher manifesta uma característica condicionada por um gene recessivo, localizado no cromossomo **X**, ela transmitirá o gene para:

- (A) apenas seus filhos do sexo masculino.
- (B) somente seus filhos do sexo feminino.
- (C) todos os filhos, de ambos os sexos.
- (D) a metade dos seus filhos.
- (E) a quarta parte dos seus filhos.

05. Genes Acusam Rainha Vitória

“Os avanços da genética levantam a suspeita de que a rainha era filha ilegítima, pois concluíram que nenhum dos seus antepassados apresentava o gene para hemofilia que ela passou a seus descendentes.”

(Veja – Julho / 95)

Com base na notícia e considerando-se **H** como gene normal e **h** como gene para hemofilia, os pais verdadeiros da rainha Vitória seriam:

- (A) XhXh e XHY.
- (B) XhXh e XHYh.
- (C) XHXh e XhYh.
- (D) XHXh e XhY.
- (E) XHXH e XhY.

06. União vai pagar pela Aids do irmão de Henfil

A Justiça Federal determinou que a União e o Estado do Rio de Janeiro terão de pagar indenização à viúva e aos filhos do músico Francisco Mário de Figueiredo Souza, irmão do cartunista Henfil, que, como ele, morreu de Aids. Francisco pegou a doença numa transfusão no Centro de Hematologia Santa Catarina, no Rio, onde também foram contaminados seus irmãos Henfil e Sérgio Fernando, todos hemofílicos.

(Jornal do Brasil – 26/09/91)

As hemorragias são extremamente preocupantes na hemofilia. Nos últimos 40 anos, no entanto, a utilização de concentrados de fatores de coagulação representou um grande processo no tratamento dos hemofílicos.

As informações contidas nos dois textos anteriores ilustram bem o seguinte fato:

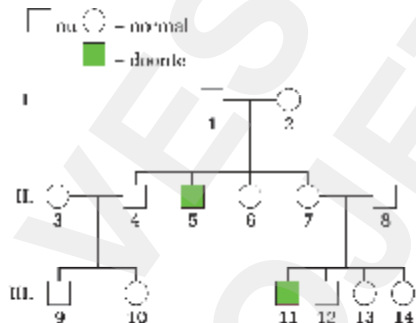
- (A) A Aids é, atualmente, a principal causa de hemorragia entre os hemofílicos.
- (B) A população de hemofílicos encontra-se em equilíbrio de Hardy-Weinberg.
- (C) O avanço da Medicina contribuiu para o aumento da taxa do gene da hemofilia.
- (D) O vírus da Aids infecta, preferencialmente, os indivíduos hemofílicos.
- (E) A hemofilia é uma doença transmitida através de transfusão de sangue.

07. Uma mulher normal, filha de pai daltônico, casa-se com um homem de visão normal, cujo pai era hemofílico. Se tanto daltonismo quanto hemofilia são características condicionadas por genes recessivos ligados ao sexo, este casal tem a probabilidade de gerar:

- (A) 100% dos filhos homens daltônicos e hemofílicos.
- (B) 50% dos filhos homens daltônicos e 50% hemofílicos.
- (C) 100% dos filhos homens daltônicos.
- (D) 100% das filhas mulheres normais.
- (E) 100% dos filhos hemofílicos e 100% das filhas mulheres daltônicas.

08. A distrofia muscular do tipo Duchenne é uma doença ligada ao sexo que afeta os meninos.

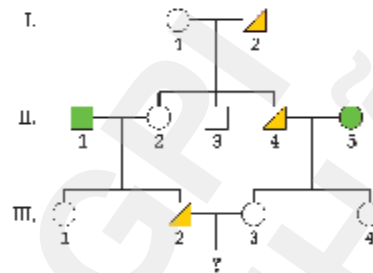
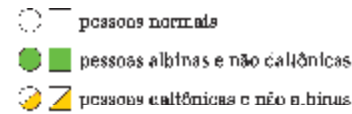
A seguir, encontra-se representado um heredograma típico dessa doença:



A análise do heredograma permite afirmar com absoluta segurança que o portador do gene da doença é o indivíduo assinalado com o número:

- (A) 1
- (B) 3
- (C) 7
- (D) 8
- (E) 13

09. O heredograma abaixo representa uma família com casos de albinismo, anomalia herdada como autossômica recessiva, e daltonismo, característica recessiva ligada ao cromossomo X:



A probabilidade de o filho do casal III – 2 e 3, independentemente do sexo, ser daltônico e albino é de:

- (A) 1/2
- (B) 1/4
- (C) 1/8
- (D) 1/12
- (E) 1/16

10. Qual das alternativas a seguir relaciona corretamente as doenças e seus respectivos tipos de herança?

* H.L.S.	* H.R.S.	* H.I.S.
(A) Hipertricose	Calvície	Daltonismo
(B) Calvície	Hipertricose	Daltonismo
(C) Calvície	Daltonismo	Hipertricose
(D) Daltonismo	Hipertricose	Calvície
(E) Daltonismo	Calvície	Hipertricose

- * H.L.S. – Herança ligada ao sexo.
- * H.R.S. – Herança restrita ao sexo.
- * H.I.S. – Herança influenciada pelo sexo.

11. Considerem-se as seguintes proposições:

- I. Em nenhuma hipótese a calvície ocorre na mulher, por se tratar de herança ligada ao sexo.
- II. Um homem calvo (homozigoto) transmite a característica da calvície a todos os filhos homens nascidos de seu casamento com uma mulher não calva.
- III. A calvície é dominante no sexo masculino.
- IV. A calvície pode ser originada por causas ambientais, mas na maioria dos casos é claramente hereditária.
- V. Uma mulher será calva se seus pais forem calvos e se sua mãe (heterozigota) possuir um de seus genitores calvo.

Conclui-se, com relação a estas proposições, que:

- (A) apenas a II, a III e a IV são corretas.
- (B) apenas a I, a II e a III são corretas.
- (C) apenas a I, a III e a IV são corretas.
- (D) apenas a I, a II, a III e a IV são corretas.
- (E) apenas a II, a III, a IV e a V são corretas.



Evolução

TEORIAS EVOLUCIONISTAS

No século XVII, o naturalista Lineu disse o seguinte: “Deixo aos naturalistas a verificação se as espécies são obras do tempo. Há muito comecei a alimentar tal suposição e uso apenas acrescentar a hipótese de que todas as espécies de um mesmo gênero não constituem, na origem, senão uma mesma espécie que se diversificou por via da hibridação.”

Nos trabalhos de Buffon encontramos as seguintes frases: “O povoamento de regiões diferentes pelas mesmas espécies fez com que essas espécies variassem.” “A instituição da unidade do mundo vivo me faz concluir uma verdade talvez humilhante para o homem, a saber, que deve alinhar-se entre as classes dos animais.”

No século XIX, surgiram as primeiras teorias tentando explicar a evolução dos seres vivos.

LAMARQUISMO

Lamarck, médico e naturalista, foi o primeiro a tentar explicar o mecanismo através do qual os seres vivos evoluem. Suas idéias foram expostas em 1803.

Segundo Lamarck, grandes modificações no ambiente provocam alterações nas necessidades dos animais, que fatalmente provocam mudanças nas suas ações. Se estas necessidades persistirem por muito tempo, os animais adquirem novos hábitos, isto é, os seres vivos adaptam-se ao meio para poder sobreviver; caso contrário, morrerão, não deixando descendência.

As idéias de Lamarck apoiaram-se em duas leis principais:

Lei do Uso e Desuso dos Órgãos

Se um ser vivo tivesse de utilizar um órgão mais do que os outros, em consequência de necessidade imposta pelo ambiente, esse órgão hipertrofiaria, ocorrendo atrofia em caso de desuso. Assim, os organismos sofreriam transformações durante sua vida.

Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos

As características adquiridas durante a vida de um indivíduo, em consequência do uso ou desuso dos órgãos, seriam transmitidas aos descendentes, sendo, portanto, hereditárias. Assim, Lamarck explica a ocorrência de um pescoço longo na girafa da seguinte maneira: essa espécie teria se originado de ancestrais de pescoço mais curto, cujo comprimento haveria aumentado ao longo das gerações, graças ao fato de eles se alimentarem de folhas de árvores, o que obrigaria a um uso contínuo daquele órgão, levando à hipertrofia. Essa característica adquirida teria se tornado hereditária, dando origem às características atuais da girafa.

Críticas ao Lamarquismo

A Lei do Uso e Desuso pode ser válida, considerando-se a evolução através de milhões de anos; porém, a herança dos caracteres adquiridos é falsa, pois, como prova a genética, uma mudança no fenótipo, adquirida em vida, não se transmite à descendência. É o caso de cicatriz, bronzeado e outros.

Ao cortar a cauda dos camundongos, de várias gerações sucessivas, Weismann esperava obter uma prova capaz de invalidar a teoria de Lamarck. A cada cruzamento entre camundongos que tiveram suas caudas cortadas, nasciam camundongos com cauda.

DARWINISMO

Darwin, nascido em 1809, é o pai da teoria mais importante dentro das Ciências Biológicas.

De acordo com Darwin, os princípios básicos que determinam a evolução seriam os seguintes: variação, herança dos caracteres adquiridos e seleção natural.

Em função do meio, os caracteres dos indivíduos variam (variação). A grande fertilidade desses indivíduos leva à produção de grande número de descendentes que herdam caracteres favoráveis ou desfavoráveis para eles. O grande aumento de indivíduos numa população implica uma verdadeira luta pela sobrevivência, pois, de acordo com Malthus, enquanto a população cresce em progressão geométrica, os alimentos aumentam em progressão aritmética. Os mais aptos, isto é, portadores das variações vantajosas, sobrevivem e, ao se reproduzirem, transmitem as características favoráveis aos seus descendentes. Enquanto isso, os menos aptos, isto é, portadores das características desfavoráveis, são eliminados impossibilitando a sua reprodução.

A essa eliminação diferencial Darwin chamou seleção natural, que, atuando continuamente sobre uma espécie, modifica-a gradualmente, a ponto de originar uma nova espécie.

Como Darwin não sabia que o fenômeno responsável pela variação é a mutação genética, acreditava na hipótese de herança dos caracteres adquiridos de Lamarck. Tal crença motivou as principais críticas à sua teoria.

Darwin e a Teoria da Seleção Natural

A essência da Teoria de Darwin é a seguinte:

- I. Variações de todos os graus existem entre indivíduos e espécies na natureza.
- II. Aumentando em progressão geométrica, o número de indivíduos de cada espécie tende a tornar-se bastante grande; contudo, a população de cada uma permanece aproximadamente constante porque muitos indivíduos são eliminados por inimigos, doenças, competição, clima e outros.
- III. Isso implica uma luta pela sobrevivência. Indivíduos portadores de variações não apropriadas às condições naturais são eliminados, ao passo que aqueles cujas variações são favoráveis continuarão a existir, reproduzindo-se.
- IV – Atua, portanto, um processo de seleção natural que resulta na sobrevivência dos mais aptos ou a presença das raças mais favorecidas.

TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO OU NEODARWINISMO

A teoria sintética da evolução, ou sintetismo ou Neodarwinismo, atualiza o darwinismo. Apoiada na genética moderna e na estatística, considera como unidade evolutiva a população e a evolução da variação na frequência dos genes numa população; como a mutação, a recombinação gênica, a seleção natural, a oscilação gênica, a migração e o isolamento geográfico.



PRINCIPAIS FATORES

Mutação

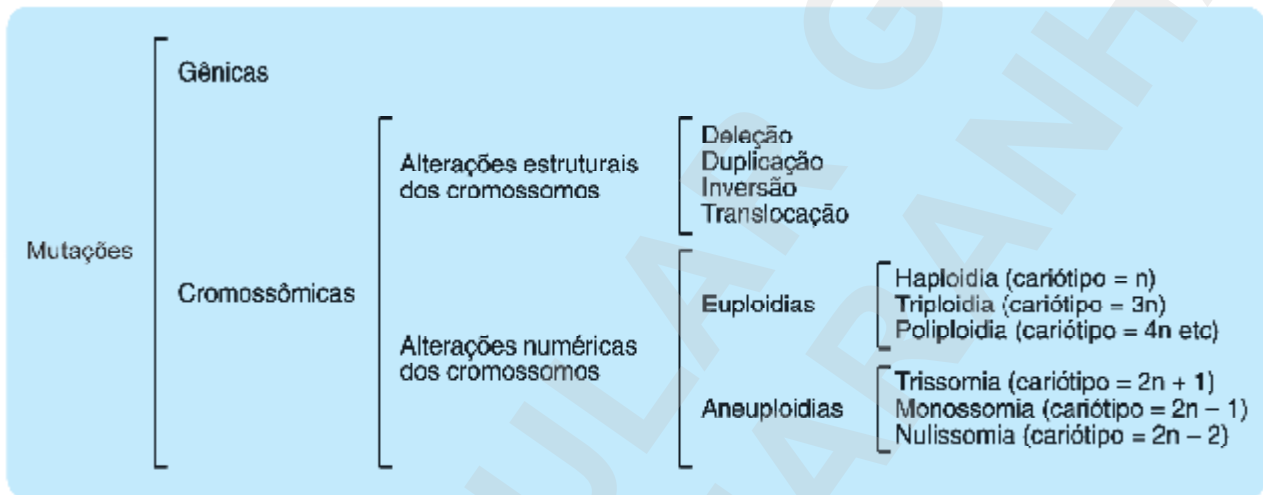
A mutação, além de representar o principal mecanismo de origem da variabilidade genética numa população, pode, por outro lado, alterar frequências gênicas.

Por exemplo: um gene **A** sofre mutação e origina o gene **a**: se o processo se repetir em outras gerações, ou seja, a mutação de **A** passa

a ocorrer numa determinada frequência em cada geração da população, nós teremos um aumento na frequência do gene **a** e uma diminuição na frequência do gene **A**, pois as duas frequências são relativas. E isto irá alterar o *pool* gênico da população.

Tipos de mutação.

Observe que na Nulissomia ($2n - 2$), os dois cromossomos que faltam são homólogos. Portanto, há ausência total de um par de cromossomos. Essa anomalia tem efeito letal sobre o embrião.



Nomenclatura cromossômica	Fórmula cromossômica	Síndrome clínica	Frequência estimada ao nascimento	Principais características fenotípicas
47 + 21	$2n + 1$	Down Trissomia do 21	1 / 700	Mãos largas e curtas com uma grande prega simétrica na palma, baixa estatura, hiperflexibilidade das articulações, retardamento mental, cabeça larga com face redonda, boca aberta com língua grande, prega epicrânica.
47 + 13	$2n + 1$	Patau Trissomia do 13	1 / 20.000	Deficiência mental, surdez, convulsões, palato e/ou lábios fendidos, polidactilia, anomalias cardíacas, proeminência no calcanhar.
47 + 18	$2n + 1$	Edward Trissomia do 18	1 / 8.000	Mal-formações congênitas múltiplas de muitos órgãos, implantação baixa de orelhas mal-formadas, mandíbula recuada, boca e nariz pequenos como o das fadas, deficiência mental, rim duplo ou em forma de ferradura, osso do pé pequeno, 90% morrem nos primeiros 5 meses.
45 X	$2n - 1$	Tumer Monossomia Sexual	1 / 3.500 bebês do sexo feminino	Mulheres com o desenvolvimento sexual retardado, normalmente estéréis, baixas, pescoço alado, anormalidades cardiovasculares, com defeitos auditivos.
47 XXY	$2n + 1$	Klinefelter Trissomia e Polissomia Sexual	1 / 500 bebês do sexo masculino	Homens subfêrteis com testículos pequenos, desenvolvimento de seios, voz com timbre feminino, membros longos, joelhos trêmulos, verbosidade sem conexão.
48 XXXY	$2n + 2$			
49 XXXXY	$2n + 3$			
50 XXXXXY	$2n + 4$			
47 XXX	$2n + 1$	Triple X	1 / 700	Mulheres geralmente com genitália normal e fértil da idade limitada. Leve retardamento mental.



Alterações Estruturais

Dois pares de cromossomos normais:



Deleção num cromossomo:



Duplicação num cromossomo:



Inversão num cromossomo:



Deleção num cromossomo e translocação em outro:

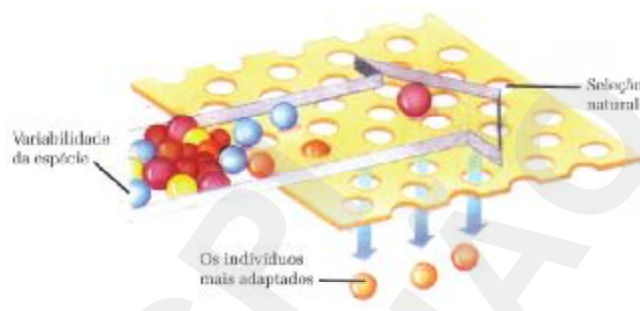


Fig. 2. Representação esquemática da ação da seleção natural.

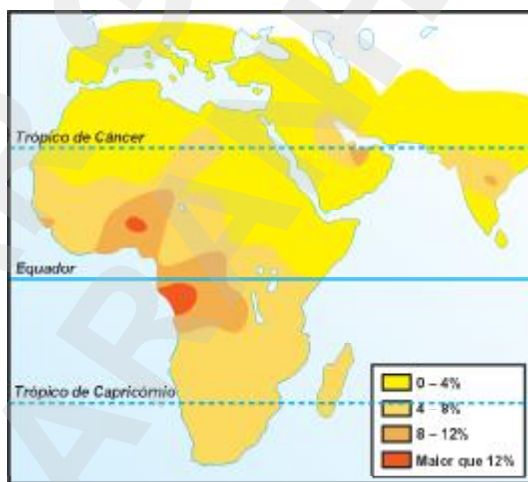


Fig. 3. Frequência do alelo que condiciona a anemia falciforme em várias regiões da África e do sul da Ásia. As populações em que o alelo condicionante da doença está presente em frequência alta coincidem com aquelas nas quais há grande incidência de malária.

Um exemplo clássico de seleção natural foi verificado com a mariposa *Biston betularia*, na Inglaterra. Esta espécie de mariposa apresenta uma variedade clara com pontos escuros e uma variedade melânica.

No início do século passado, antes da Revolução Industrial, havia predominância absoluta da variedade clara: a mariposa clara pousada em troncos das árvores cobertas de líquens encontrava um excelente meio para passar despercebida das aves que se alimentam de insetos. A variedade melânica, entretanto, fazia um grande contraste nos troncos cobertos pelos líquens, chamando a atenção dos inimigos naturais e sendo conseqüentemente eliminada.

Fig. 4. À esquerda, a situação inicial, com a mariposa selvagem bem disfarçada e o tipo mutante muito visível. À direita, a situação atual, um século depois que o maior parque industrial da Europa se instalou em Manchester. A fuligem lançada pelas fábricas escureceu o solo, as rochas, os troncos. O meio ambiente mudou. Aí, o tipo original tornou-se bem visível e o tipo mutante ficou camuflado. A partir dessa mudança, a variedade negra tornou-se comum em Manchester, enquanto a variedade selvagem, vítima do ataque das aves predadoras, regrediu e hoje quase não mais se vê.



RECOMBINAÇÃO GÊNICA OU GENÉTICA (PERMUTAÇÃO)

O *crossing-over* permite a recombinação dos genes localizados em cromossomos homólogos.

A recombinação não faz surgir novos tipos de genes, mas introduz, na população, novas combinações entre os genes e, em conseqüência, aumenta a sua variabilidade genética.

SELEÇÃO NATURAL E MUDANÇAS DO MEIO

A seleção natural é um fator de evolução que altera a frequência dos genes num sentido adaptativo. Se num determinado meio uma característica é favorável, o gene ou as combinações genéticas que a condicionam têm suas frequências aumentadas, uma vez que ela aumenta a capacidade de sobrevivência ou de reprodução. Se a característica for desfavorável, haverá, ao contrário, uma diminuição das frequências dos genes ou combinações gênicas correspondentes, pois a característica desfavorável é justamente aquela que diminui a sobrevivência ou a capacidade de reprodução:



Resistência das Bactérias aos Antibióticos

As bactérias reproduzem-se rapidamente. Em condições ideais, uma bactéria pode dividir-se mais ou menos a cada 20 minutos. Portanto, numa população de bactérias, a alta velocidade de reprodução gera um grande número de genes mutantes diferentes. As mutações, entretanto, são acontecimentos raros. Periodicamente, aparece um indivíduo incomum, capaz de fabricar uma enzima que pode destruir a penicilina ou outro antibiótico.

Se não houver antibiótico no meio em que esse mutante se encontra, sua característica não lhe traz nenhuma vantagem. Muito pelo contrário: o tempo e a energia gastos para fabricar a enzima diminuem sua velocidade de reprodução. A taxa desse gene permanece muito baixa na população, aparecendo por mutação e perdendo-se por seleção natural.

Entretanto, como no exemplo das mariposas de Manchester, uma mudança no ambiente pode alterar esse processo. Se a população de bactérias for tratada com antibióticos por um período prolongado, as bactérias sensíveis vão morrendo, enquanto os mutantes resistentes sobrevivem.

Fig. 5. A experiência de Lederberg para evidenciar que já existiam bactérias resistentes antes do uso do antibiótico.



MIGRAÇÃO E DERIVA GÊNICA

Tanto migração quanto deriva gênica podem alterar o equilíbrio gênico.

A migração pode introduzir (imigração) ou retirar (emigração) genes de uma população, mudando as frequências dos alelos.

A deriva gênica resulta de cataclismas naturais, como terremotos e furacões, que acarretam mortes casuais de muitos indivíduos, levando a alterações nas frequências genéticas da população. Resulta, ainda, de desastres ecológicos, como queimadas, e da ação predatória do homem. A nova população, após a deriva gênica, cresce a partir de poucos sobreviventes (princípio do fundador) e passa a ter frequências gênicas diferentes da população original.

FORMAÇÃO DE RAÇAS (RACIAÇÃO) OU SUBESPECIAÇÃO

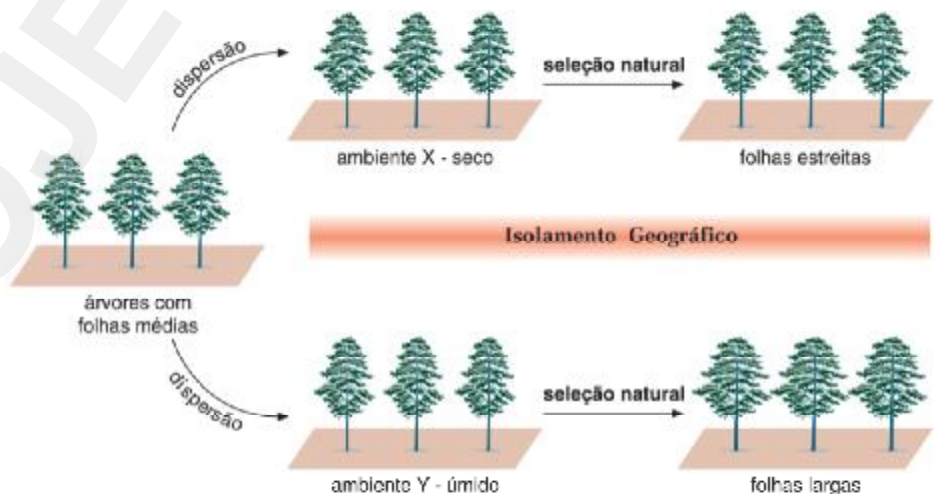
Isolamento Geográfico e Ecológico

Quando se estabelece o isolamento geográfico entre populações de mesma espécie, elas se diferenciam pela ação das mutações e da seleção natural. Não havendo a troca de genes entre elas, diferenças genéticas se acumulam até se constituírem duas raças geográficas. As raças geográficas ou subespécies são populações da mesma espécie que vivem em áreas diferentes e diferem na frequência de certos genes. Se o processo de isolamento for grande, as populações isoladas podem chegar a diferir tanto a ponto de não ser mais possível a reprodução entre elas. Constituem-se, neste caso, duas espécies distintas.

O isolamento ecológico determinado por barreiras ecológicas, resultantes de diferenças grandes das condições do meio, também contribui no mecanismo de formação de subespécies e de espécies.

No Arquipélago de Galápagos, verificou-se, em virtude do isolamento geográfico e ecológico, a formação de 14 espécies de pássaros da subfamília dos Geospígeos. Esta subfamília é exclusiva de Galápagos, o que se pode entender pela grande distância entre o Arquipélago e o continente.

Exemplo de isolamento geográfico em vegetais:



EVOLUÇÃO LENTA, GRADUAL E CONTÍNUA

Devido às características das mutações, que são aleatórias e raras, deve-se esperar que a evolução, tanto de um órgão quanto de uma espécie, ocorra de maneira gradual. É extremamente improvável supor, em qualquer organismo, o aparecimento súbito de um órgão complexo, como o olho humano.

Órgãos complexos surgem a partir de uma série de pequenas mudanças em órgãos muito simples, desde que estas mudanças (mutações) confiram vantagens na sobrevivência ou no sucesso reprodutivo no organismo.

O olho, por exemplo, inicialmente deve ter surgido a partir de um

organismo com um olho muito simples, uma espécie de pigmento capaz de detectar a presença de luz, o que confere ao organismo vantagens de sobrevivência sobre aqueles que não o possuem.

As mutações continuaram a acontecer e os indivíduos melhor adaptados reproduziam-se mais e deixavam mais descendentes. A repetição desse processo acabou levando a um acúmulo de pequenas mudanças, explicando a origem dos órgãos complexos.

BIBLIOGRAFIA

- *Biologia das Populações* – Amabis e Martho e figuras 1 e 3.
- *Biologia* – Favaretto e Mercadante e figura 2.
- *Biologia no Terceiro Milênio* – José Luis Soares e figura 4.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandszajder e figura 5.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Em sua viagem às ilhas Galápagos, Darwin observou as diferentes espécies de tentilhões que as habitavam. Percebeu que a principal diferença entre elas estava na forma do bico e que esta forma se relacionava ao tipo de alimento disponível para as aves de cada uma das ilhas. A respeito do processo de evolução dos tentilhões, a partir de um ancestral comum, fazem-se as seguintes afirmações:

- I. Mutações diferentes ocorreram em cada ilha, determinadas pela necessidade de as aves se adaptarem ao alimento disponível.
- II. Em cada ilha, a seleção natural eliminou os mutantes não-adaptados.
- III. Mutações foram se acumulando nas populações de cada ilha, e as aves tornaram-se tão diferentes, que se estabeleceu o isolamento reprodutivo.

Assinale a(s) afirmativa(s) correta(s):

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

02. Lamarck (1744-1829) foi um dos únicos a propor, antes de Darwin, uma hipótese bem-elaborada para explicar a evolução. Analise as três afirmações abaixo, verificando a(s) que poderia(m) ser atribuída(s) a Lamarck:

- I. A falta de uso de um órgão provoca a sua atrofia e, conseqüentemente, o seu desaparecimento.
- II. Na luta pela vida, os jovens menos adaptados são eliminados, perpetuando-se os mais fortes.
- III. Os caracteres adquiridos podem ser transmitidos de uma geração à outra.

Marque a opção correta:

- (A) Somente I.
- (B) Somente II.
- (C) Somente III.
- (D) Somente I e II.
- (E) Somente I e III.

03. Na tentativa de explicar o mecanismo através do qual os organismos evoluem, salientaram-se os cientistas Jean-Baptiste Lamarck e Charles Darwin. Para o primeiro, existe um fator que é causa direta da variação e,

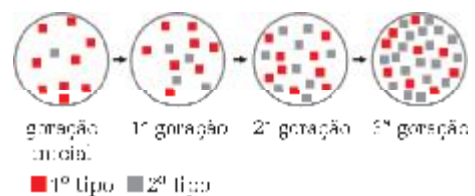
para o segundo, esse mesmo fator é o que seleciona. O fator mencionado acima é:

- (A) a grande capacidade de reprodução dos organismos vivos;
- (B) as variações hereditárias transmissíveis;
- (C) o uso e o desuso;
- (D) o ambiente;
- (E) a reprodução assexuada.

04. Vários são os processos que atuam na evolução. Dentre eles, o único que fornece material genético novo a um determinado conjunto gênico preexistente é a:

- (A) mutação gênica;
- (B) recombinação gênica;
- (C) seleção natural;
- (D) reprodução assexuada;
- (E) reprodução sexuada.

05. O desenho abaixo representa dois tipos de indivíduos de uma mesma espécie, reproduzindo-se ao longo de quatro gerações:



A análise desta seqüência permite afirmar que os indivíduos do 2º tipo:

- (A) transmitiram as características adquiridas no meio ambiente para seus descendentes;
- (B) não sofreram ação da seleção natural, porque eram mais aptos;
- (C) possuíam variações favoráveis em relação ao meio onde estavam;
- (D) criaram mutações vantajosas para este ambiente;
- (E) desenvolveram resistência às variações ambientais.

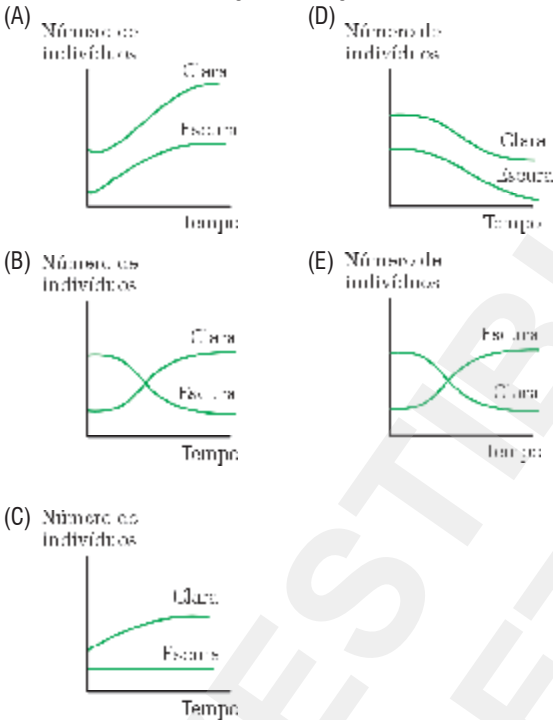
06. O melanismo industrial, verificado em mariposas da Inglaterra, é um exemplo claro de seleção natural. Verifique as afirmativas que se aplicam corretamente ao melanismo industrial:



- (01) As mariposas claras estão mais adaptadas ao ambiente poluído.
- (02) Em ambientes não poluídos, as mariposas escuras são mais facilmente predadas pelos pássaros do que as mariposas claras.
- (04) A poluição levou ao aumento da frequência de mariposas escuras.
- (08) As mariposas claras se transformaram em escuras.
- (16) Na zona rural, não poluída, as mariposas escuras continuaram raras.
- (32) As mariposas escuras são mais frequentes por serem determinadas por alelos dominantes.
- (64) As mariposas claras se tornaram resistentes à poluição.

Dê a soma do número das opções corretas:

07. Num determinado local vivem duas formas de caracóis: uma de concha clara e outra de concha escura, que servem de alimento a certos pássaros. A forma de concha clara é a mais abundante. Supondo-se que tal local se torne gradativamente mais escuro com o passar do tempo, qual dos gráficos a seguir representa melhor o que deve ocorrer com cada uma das formas devido à atuação da seleção natural?



08. Entre os princípios básicos da Teoria da Evolução de Darwin, encontram-se os seguintes (pode haver mais de uma opção correta):

- (A) O número de indivíduos de uma espécie mantém-se mais ou menos constante no decorrer das gerações.
- (B) A seleção dos indivíduos de uma espécie se faz ao acaso.
- (C) Os indivíduos de uma espécie apresentam variações em suas características.
- (D) No decorrer das gerações, aumenta a adaptação dos indivíduos ao

meio ambiente.

09. August Weismann cortou a cauda de camundongos durante mais de cem gerações e verificou que as novas ninhadas continuavam a apresentar aquele órgão perfeitamente normal. Dessa experiência, pode-se concluir que:

- (A) as espécies são fixas e imutáveis;
- (B) quanto mais se utiliza determinado órgão, mais ele se desenvolve;
- (C) a evolução se processa dos seres vivos mais simples para os mais complexos;
- (D) a seleção natural e as mutações são fatores que condicionam a evolução dos seres vivos;
- (E) os caracteres adquiridos do meio ambiente não são transmitidos aos descendentes.

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

		Escuras	Claras	Total
Birmingham (poluída)	libertadas	154	64	218
	recapturadas	82	16	98
	% recapturadas	53,2	25,0	
Dorset (não poluída)	libertadas	473	496	969
	recapturadas	30	62	92
	% recapturadas	6,3	12,5	

Qual a melhor explicação para os dados obtidos por Kettlewell?

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

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Um trecho de um trabalho científico diz o seguinte:

“Quando o antibiótico foi adicionado à cultura de bactérias, apenas algumas sobreviveram. As sobreviventes se reproduziram e sua descendência era resistente ao antibiótico.”

Como Lamarck teria interpretado esse trecho?
E Darwin?

02. As sulfonamidas tiveram grande sucesso no tratamento da gonorréia, por sua ação fulminante sobre os *gonococos*. Entretanto, após poucos anos de uso em larga escala, verificou-se que os *gonococos* responsáveis pelos novos casos da doença eram, em sua maioria, resistentes a sulfonamidas. Explique o mecanismo que determinou essa situação.

03. Em determinada região da Birmânia são colocados 5 anéis de metal no pescoço das meninas quando elas atingem a idade de 5 anos. Com o passar dos anos, novos anéis são a eles acrescentados. Ao chegarem à idade adulta, essas mulheres apresentam um pescoço que possui o dobro do comprimento normal. Essa tradição acabará levando ao nascimento de indivíduos de pescoço mais longo nas próximas gerações? Justifique sua resposta.

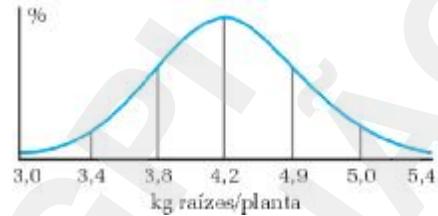
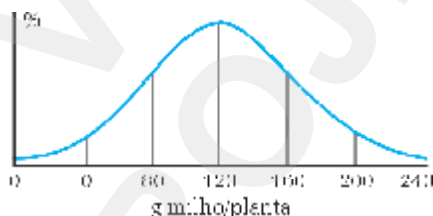
04. Considere duas formas de caracóis quanto à coloração de suas conchas: clara e escura. Esses caracóis constituem alimento para certos pássaros. Suponha que o local onde vivem se torne gradativamente escuro e que os caracóis de concha escura aumentem em número. Explique esse fenômeno segundo as teorias de Lamarck e Darwin.

05. Considere as seguintes afirmações:

- 1) O gafanhoto é verde porque vive na grama.
- 2) O gafanhoto vive na grama porque é verde.

Na sua opinião, qual afirmação seria atribuída a Darwin e qual seria atribuída a Lamarck? Justifique sua resposta.

06. Uma variedade de milho e outra de mandioca foram plantadas em solos igualmente férteis. Cada semente de milho e cada pedaço de caule de mandioca produziu uma planta. Cerca de cem plantas de cada espécie foram colhidas individualmente e seus produtos foram pesados. Os gráficos a seguir mostram a distribuição de frequência nas duas amostras:



Baseando-se nos dados apresentados:

- (A) Indique qual a variedade com produção mais homogênea.
- (B) Dê uma explicação biológica para essa diferença de variabilidade constatada.

07. O controle das doenças bacterianas infecciosas feito por antibióticos ainda não está totalmente resolvido. A cada medicamento produzido, verifica-se o aparecimento de linhagens de bactérias que não respondem ao tratamento. Diante desse fato, conclui-se que os antibióticos induzem o aparecimento de bactérias resistentes. Pergunta-se:

- (A) Está correta esta conclusão?
- (B) Justifique sua resposta.

08. Escolha a frase que corresponde ao conceito atual de evolução e dê, para cada uma das outras duas, a razão de não a ter escolhido:

- I. A evolução resulta da modificação das populações e não dos indivíduos.
- II. A evolução ocorrerá tanto mais rapidamente quanto mais os indivíduos se modificarem para se adaptar ao ambiente.
- III. Os indivíduos que vencem a “luta pela sobrevivência” são os que determinam o rumo da evolução, não importando se produzem descendentes e quantos eles são.

09. Leia com atenção as seguintes informações:

Informação I:

O número de espécies de insetos que comem plantas na região tropical é, aproximadamente, três vezes maior que o de espécies que comem plantas na região temperada.

Informação II:

As plantas produzem substâncias, como alcalóides, que são tóxicas para muitas espécies de insetos que se alimentam de plantas.

Um estudo mostrou que 35% das espécies de plantas da região tropical produzem alcalóides, enquanto apenas 15% das espécies de plantas da zona temperada produzem essas substâncias. Explique o mecanismo evolutivo que, possivelmente, gerou diferença porcentual entre as plantas das duas regiões.

Ainda a Evolução

“Não levantamos um dedo sem três tipos de informação: a informação que estamos recebendo dos nossos sentidos naquele momento; a informação que obtivemos dos nossos sentidos no passado; e a informação que nossos ancestrais adquiriram desde que a vida se iniciou na Terra, isto é, a informação representada pelos próprios genes. Evolução é aprendizado. As espécies armazenam aprendizado em seus cromossomos, tal como os indivíduos armazenam aprendizado em seus cérebros e as sociedades armazenam aprendizados em seus livros.”

(Jonathan Weiner)

ISOLAMENTO REPRODUTIVO

Espécies são populações isoladas reprodutivamente e que em condições naturais dificilmente ou nunca trocam genes entre si. Mesmo que entre elas não haja isolamento geográfico ou ecológico, elas são incapazes de se cruzar: estabeleceu-se o isolamento reprodutivo como resultado de diferenças genóticas relativamente grandes.

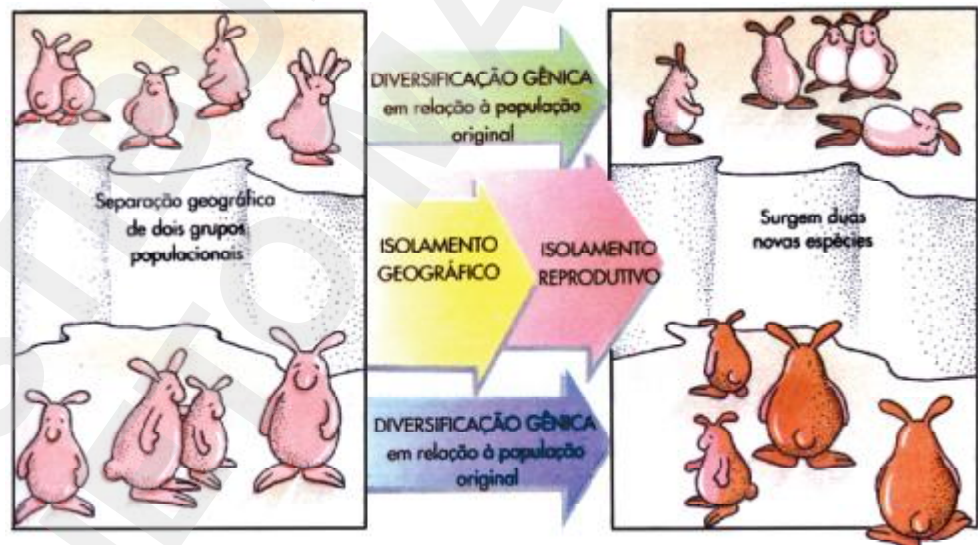
Um exemplo de isolamento reprodutivo foi estudado em população de uma espécie de rã (*Rana pipiens*) na América do Norte.

Esta espécie apresenta uma área de distribuição geográfica muito grande e, entre indivíduos de populações adjacentes ou não muito afastadas, sempre há possibilidade de reprodução. Mas entre indivíduos de populações dos extremos da área de distribuição geográfica não há possibilidade de reprodução.

Como foi verificado em condições experimentais, pode haver o acasalamento entre machos e fêmeas dessas populações muito afastadas e a conseqüente fecundação, mas logo no início do desenvolvimento todos os embriões morrem. As diferenças de genótipos, acumulados durante um período certamente grande, acabaram estabelecendo o isolamento reprodutivo.

Esse exemplo mostra a importância do isolamento geográfico no estabelecimento das diferenças genéticas entre populações.

Fig. 1. Formação de duas novas espécies por diversificação de uma espécie ancestral. O isolamento geográfico bloqueia o fluxo gênico entre as populações isoladas e permite a diferenciação gênica. Pressões seletivas diversificadas acentuam as diferenças. O último passo é o desenvolvimento do isolamento reprodutivo, que bloqueia biologicamente a troca de genes.



Um outro exemplo é fornecido por duas espécies de *Drosophila* (*D. persimilis* e *D. pseudo-obscura*) que, apesar de serem espécies bem próximas e de viverem na mesma área, dificilmente se cruzam em virtude de vários mecanismos de isolamento:

- Isolamento ecológico: as duas espécies não têm o mesmo hábitat. *Drosophila pseudo-obscura* vive em lugares baixos, quentes e secos, diferentemente da outra.
- Isolamento etológico ou de comportamento: a atividade máxima de *Drosophila persimilis* ocorre pela manhã, enquanto a de *Drosophila pseudo-obscura* é após o meio-dia. Essa diferença de comportamento dificulta o encontro de indivíduos das duas espécies.
- Isolamento reprodutivo: a criação das duas espécies no mesmo ambiente artificial mostrou que os indivíduos de uma espécie se reproduzem mais facilmente com os da mesma espécie, embora não seja impossível o cruzamento interespecífico.

O isolamento reprodutivo pode ser determinado por muitos mecanismos: diferenças de patrimônio genético, de instinto reprodutor; isolamento gamético (não ocorre a fecundação); isolamento genital ou incompatibilidade genital, que impede o acasalamento, e o isolamento estacional, quando as épocas de maturidade sexual entre duas espécies são diferentes.

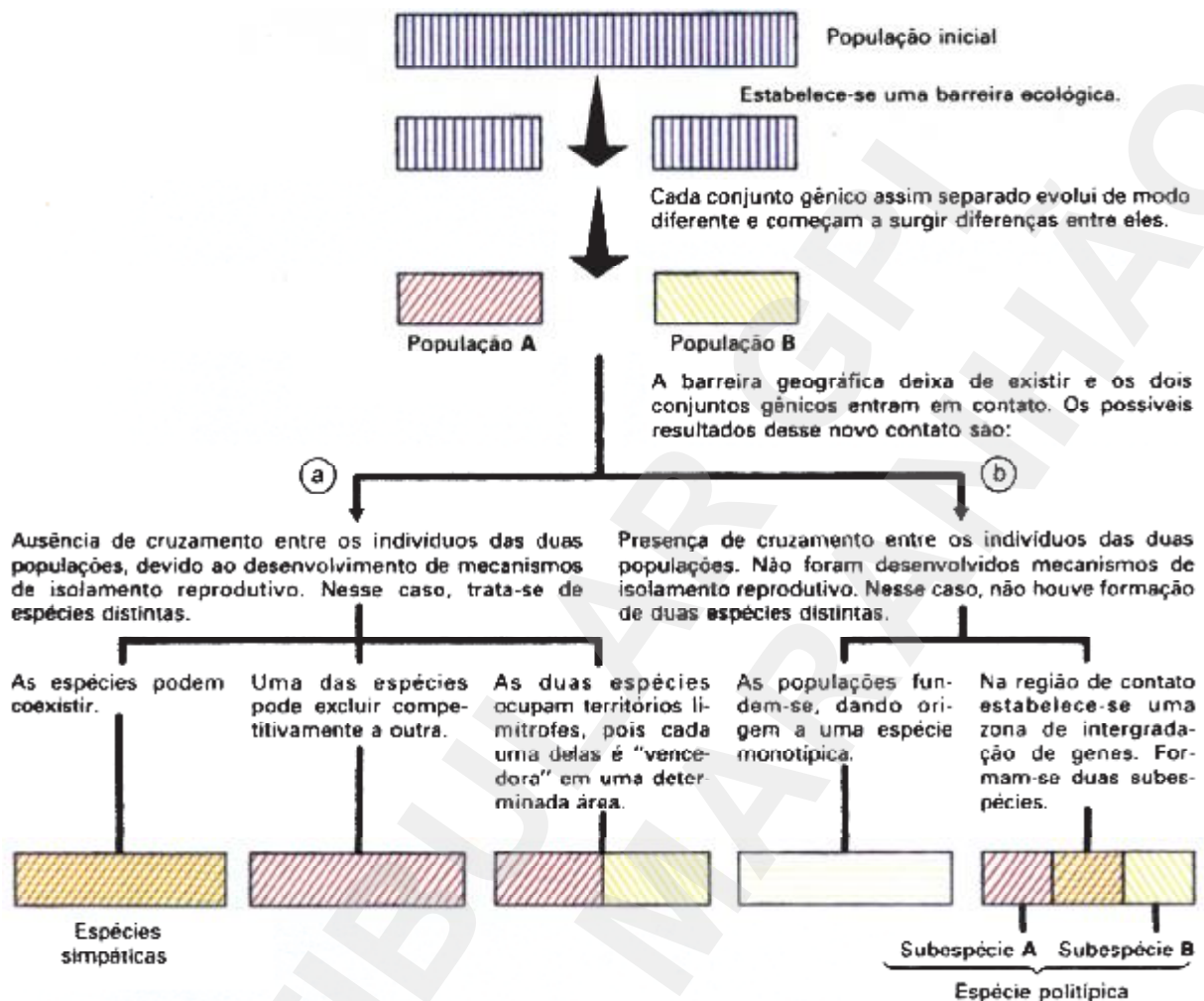


Fig. 2. Representação esquemática da especiação geográfica.

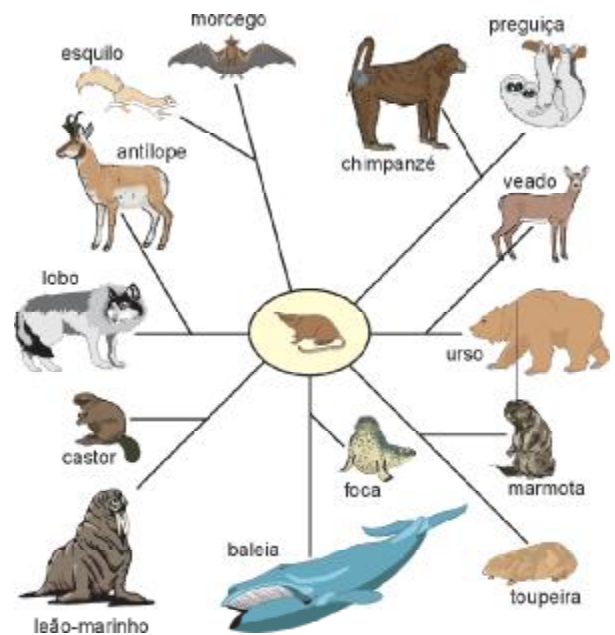
IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA

Quando uma população se torna muito grande, a competição obriga alguns indivíduos a se deslocarem para outras áreas próximas ainda desocupadas, que lhes ofereçam maior possibilidade de sobrevivência.

Assim, novos ambientes podem ser ocupados por grupos de indivíduos que se irradiam por emigração, a partir de uma população em crescimento. Se esta população tem boa variedade genética, a probabilidade de tais grupos se fixarem nesses novos ambientes é muito grande. Por seleção natural, eles vão formando populações diferentes em cada ambiente. Se houver isolamento geográfico, poderão, com o tempo, formar raças e, posteriormente, espécies diferentes.

Dentro da nova área ocupada, a nova espécie tende a adaptar-se a tipos de vida e hábitat diferentes. Esse fenômeno evolutivo, através do qual se consegue uma variedade de tipos a partir de uma espécie ancestral, é chamado irradiação adaptativa.

Um exemplo muito ilustrativo de irradiação adaptativa ocorreu com os mamíferos: a partir de um ancestral e após um longo período, surgiu toda a variedade de mamíferos atuais. Eles são portadores de diferenças que representam o resultado da adaptação a condições ambientais (nichos) diferentes.





CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA

São adaptações de diferentes espécies que passam a viver numa mesma região. Submetidas às mesmas condições ambientais, por seleção, acabam apresentando caracteres morfológicos semelhantes.

É o caso de vertebrados marinhos, como: o tubarão e o salmão (peixes), golfinho e foca (mamíferos), pingüim (ave) e outras espécies diferentes, adaptadas ao mesmo hábitat.

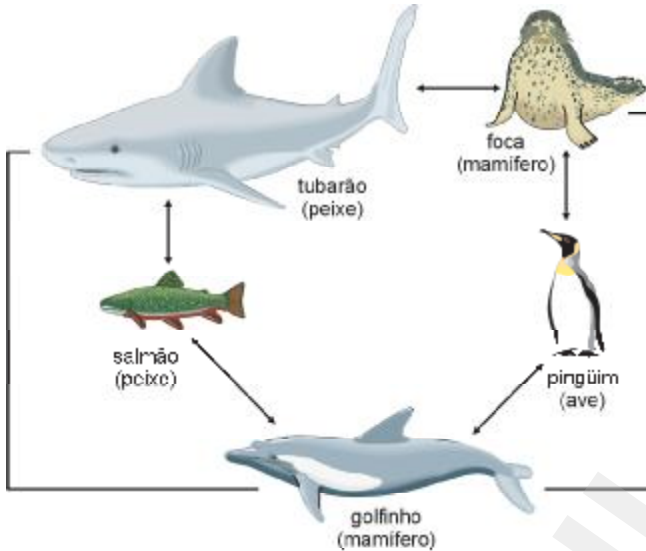


Fig. 3. O peixe-boi do Amazonas é o único mamífero herbívoro que se adaptou à vida aquática.

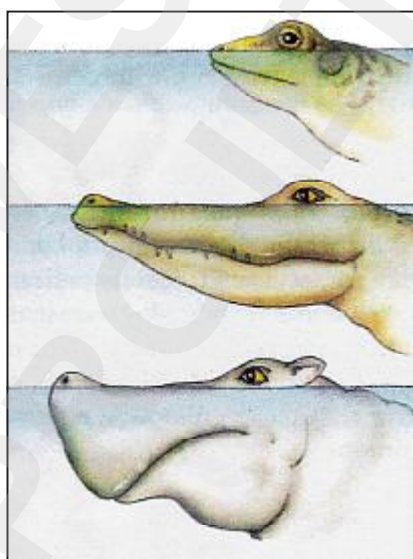
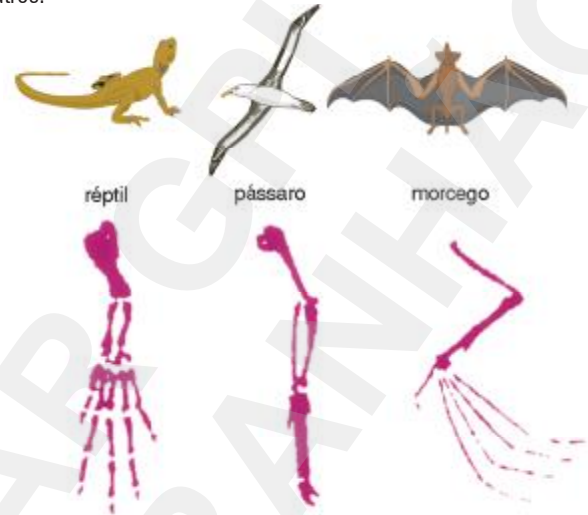


Fig. 4. A rã (anfíbio), o crocodilo (réptil) e o hipopótamo (mamífero), também representantes de três classes distintas, compartilham o gosto pela água. Neles, a forma da cabeça evoluiu convergentemente, de modo que, quando nadam, aflora apenas a região dos olhos e das narinas.

Órgãos Homólogos

Apresentam funções iguais ou diferentes, tendo a mesma origem embrionária.

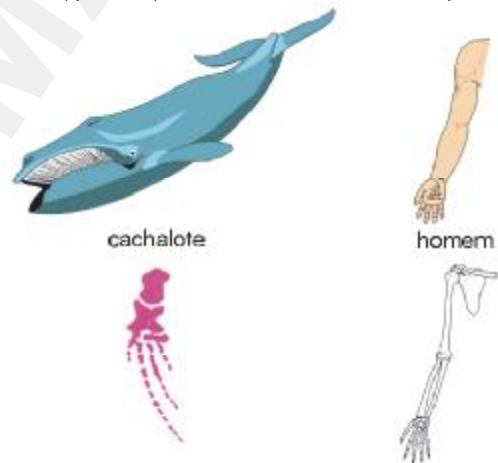
É o caso da nadadeira da baleia, braço do homem, asa do morcego e outros.



Órgãos Análogos

Apresentam funções iguais e origem embriológica diferente.

As asas de um inseto (sem esqueleto interno, apenas expansões laterais da parede do corpo) são órgãos análogos às asas das aves (dotadas de esqueleto ósseo interno). Esses órgãos não significam parentesco entre insetos e aves e, portanto, não são testemunhas da Evolução.



GENÉTICA DE POPULAÇÕES

Teorema de Hardy Weinberg

Como analisamos nos itens anteriores, o mecanismo da evolução se caracteriza basicamente por uma alteração na frequência de certos genes na população. Essa alteração pode ser resultado de uma mutação, da seleção natural, do isolamento geográfico e reprodutivo e dos demais fatores evolutivos. Se, por exemplo, o gene **A** sofre mutação para **a**, diminui a frequência de **A** na população. A seleção natural pode aumentar a frequência deste gene **a**, espalhando-o na população. As migrações de indivíduos portadores do gene **a**, por outro lado, poderão diminuir sua frequência. Assim, podemos dizer que os fatores que determinam a evolução constituem automaticamente fatores que alteram a frequência de certos genes na população.



Caso esses fatores não se manifestassem, a frequência dos alelos se manteria constante através das gerações e a população seria considerada como uma população em equilíbrio. Esta conclusão foi provada matematicamente pelos pesquisadores Hardy na Inglaterra, e Weinberg, na Alemanha, ao mesmo tempo, e ficou conhecida como Lei de Hardy-Weinberg, que pode ser descrita da seguinte maneira:

“Em uma população grande e pan-mítica (sem preferências na reprodução), que está em equilíbrio (não está evoluindo), as taxas de genes se mantêm constantes ao longo das gerações.”

Aplicação prática do Lei de Hardy-Weinberg

A partir da equação $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, podemos calcular a frequência de um determinado gene ou indivíduo, com base num dado real obtido num levantamento estatístico. Esse dado pode ser a frequência de indivíduos dominantes ou recessivos na população.

Podemos afirmar que a frequência encontrada nos cálculos é verdadeira, mas só para essa geração. Ela não se manterá, obrigatoriamente, ao longo das gerações seguintes, pois a população real sofre mutações e seleção natural, por exemplo. Além disso, a Lei de Hardy-Weinberg funciona apenas quando o tamanho da população é suficientemente grande para que as alterações devidas ao acaso tenham pouca influência na frequência dos genes, como veremos adiante.

Um exemplo de aplicação da Lei de Hardy-Weinberg

A frequência de indivíduos com olhos azuis (genótipo **aa**) numa população em equilíbrio é de 1%. Qual a frequência dos genótipos possíveis nessa geração?

Fórmula:	$p^2 + 2pq + q^2 = 1$
	↓ ↓ ↓
Genótipo:	AA Aa aa

Se q^2 (**aa**) = 1 %, $q^2 = 0,01$. Então: $q = \sqrt{0,01} = 0,1$.

Logo, como $p + q = 1$:

$p = 1 - q = 1 - 0,1 = 0,9$

Portanto, se $q = 0,1$ e $p = 0,9$, já podemos saber a frequência dos genótipos:

AA(p^2) = $(0,9)^2 = 0,81 = 81\%$
Aa($2pq$) = $2 \times 0,9 \times 0,1 = 0,18 = 18\% \Rightarrow$ **aa**(q^2) = 1%

PROVAS DA EVOLUÇÃO

A evolução é um processo biológico suficientemente comprovado. Dentre as principais provas, temos: as bioquímicas ou fisiológicas, ecológicas, anatômicas, embriológicas, paleontológicas, biogeográficas e outros.

Provas Bioquímicas

A bioquímica fornece dados que podem ser considerados como prova da evolução, como, por exemplo, a semelhança entre as proteínas de diferentes seres vivos indicaria um ancestral comum. Esta semelhança

bioquímica implica uma semelhança fisiológica, por exemplo: misturando-se soro humano ou soro de chimpanzé, com soro específico anti-humano, devido à reação antígeno-anticorpo, obtém-se precipitado branco em quantidades idênticas, em ambos os casos. Misturando-se soro de macaco-aranha, o precipitado branco será em menor quantidade. Se for de rato, não haverá precipitado.

Provas Embriológicas

A Embriologia comparada também fornece provas que reforçam idéias sobre a Evolução. Ainda que entre as diferentes espécies de animais que se reproduzem sexualmente, os tipos de óvulo e espermatozóide possam divergir bastante, observamos, contudo, que, após a fecundação, a clivagem se processa com grande semelhança e as primeiras etapas do desenvolvimento (fases de mórula, blástula, gástrula e nêurula) mostram sensíveis semelhanças entre as espécies. Entre os vertebrados, os embriões iniciais, de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos são



Fig. 5. Estudo comparado do desenvolvimento embrionário em vertebrados.

Provas Anatômicas

A comparação entre órgãos de animais, principalmente dos vertebrados, permite constatar que eles têm um plano estrutural comum, desenvolvem-se a partir de grupos idênticos de células e se situam no corpo de forma semelhante. Por exemplo, o esqueleto dos membros anteriores dos vertebrados mostra semelhança de estrutura óssea.

O estudo da anatomia evidenciou a presença, em certos animais, de vestígios de órgãos sem função característica e que em animais de diferentes espécies são bem desenvolvidos e funcionais. A razão da presença destes órgãos chamados vestigiais não é outra senão uma ligação evolutiva entre vários grupos biológicos.

O apêndice cecal é um destes exemplos. Enquanto nos herbívoros é bem desenvolvido, nos quais existem bactérias que produzem a celulase, para a digestão da celulose, nos carnívoros é atrofiado, deduzindo-se, deste fato, que os ancestrais dos animais carnívoros tinham uma alimentação para a qual o apêndice cecal era importante. Com o decorrer do tempo, estes seres mudaram seus hábitos alimentares, o que fez com que o apên-

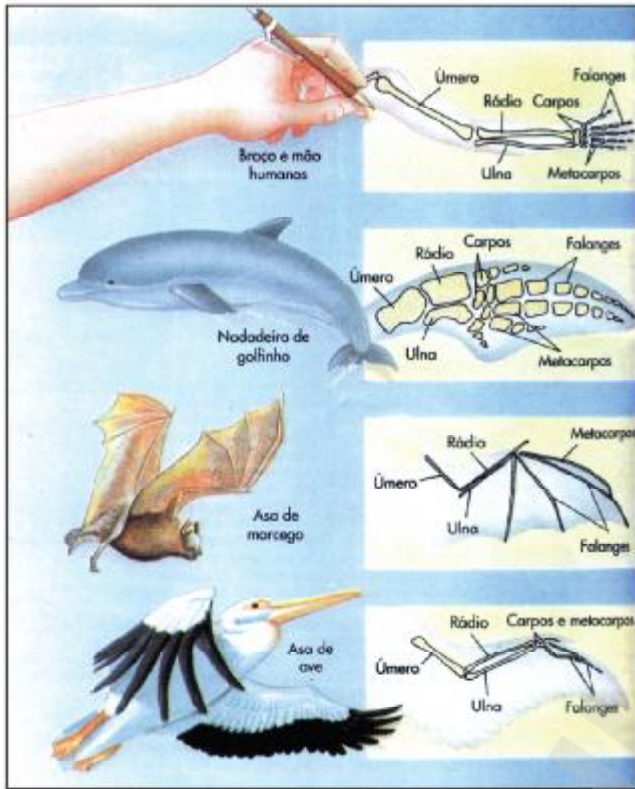


Fig. 6. Os esqueletos dos membros anteriores de diferentes vertebrados apresentam o mesmo plano estrutural, embora tenham funções distintas. A melhor explicação para essa semelhança é que esses animais descendem de um ancestral comum.

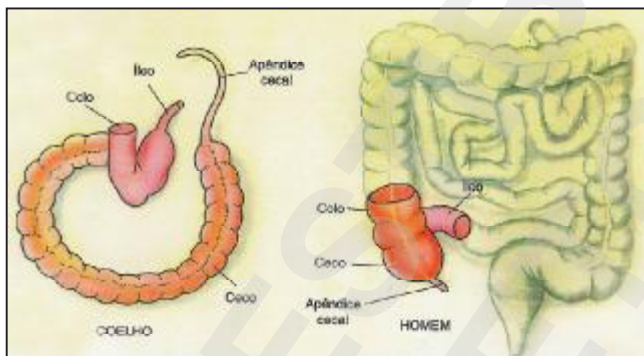


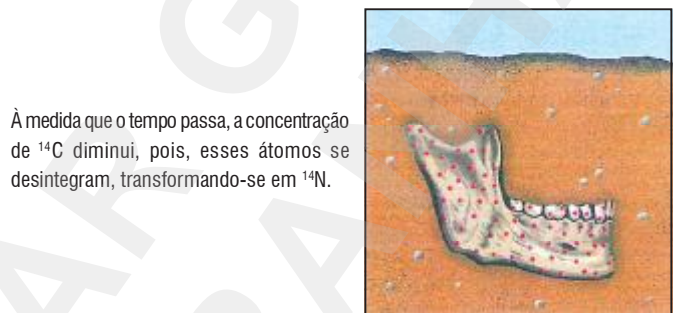
Fig. 7. Comparação entre o ceco intestinal humano e o de um coelho. O ceco e o apêndice cecal, onde vivem microorganismos que atuam na digestão da celulose, são muito mais desenvolvidos em animais herbívoros, como o coelho, do que nos humanos. A teoria da evolução admite que as adaptações desses animais a tipos de alimentação diversos levaram a essas diferenças na estrutura do intestino.

Estudo da Paleontologia

A importância do estudo dos fósseis para a evolução está na possibilidade de conhecer organismos que viveram na Terra em tempos remotos, sob condições ambientais distintas das encontradas atualmente, e que podem fornecer indícios de parentesco com as espécies atuais. Os fósseis são considerados importantes testemunhos da evolução.



Assim que um organismo morre, a concentração de ¹⁴C em suas moléculas orgânicas é equivalente à presença na atmosfera.



À medida que o tempo passa, a concentração de ¹⁴C diminui, pois, esses átomos se desintegram, transformando-se em ¹⁴N.



Quando o fóssil ainda contém substâncias orgânicas, como a proteína colágeno dos ossos, por exemplo, sua idade absoluta pode ser determinada por meio da concentração de átomos de ¹⁴C nele contidos.

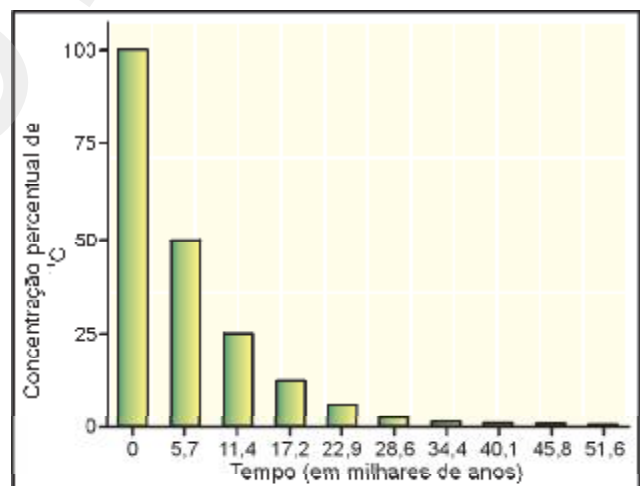


Fig 8. Representação esquemática do método de datação radiométrica (datação absoluta) de um fóssil. Os cientistas usam o decaimento natural de um elemento radioativo, ou seja, sua transformação em outro elemento não radioativo, para determinar a idade real de rochas e de fósseis. A datação radiométrica é precisa pelo fato de a desintegração se dar segundo um padrão fixo, a meia-vida, característico de cada elemento. O gráfico mostra a variação da concentração de carbono-14 ao longo do tempo.



TENDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO NOS PRIMATAS

Diversas características presentes no homem e nos macacos antropóides resultam de adaptações dos primatas à vida nas árvores.

Entre essas características, destacam-se:

- A presença de membros superiores extremamente ágeis e habilidosos.
- A cintura escapular, que permite ampla rotação e liberdade de movimentos dos ombros e braços.
- Desenvolvimento de mão com polegar opositor, que a torna capaz de agarrar objetos com força e precisão.

- A visão binocular, ou seja, dois olhos próximos um do outro, na região frontal do crânio, permite ao cérebro calcular a que distância está o objeto.
- Vida familiar e cuidado com a prole, as maiores dentre os mamíferos.

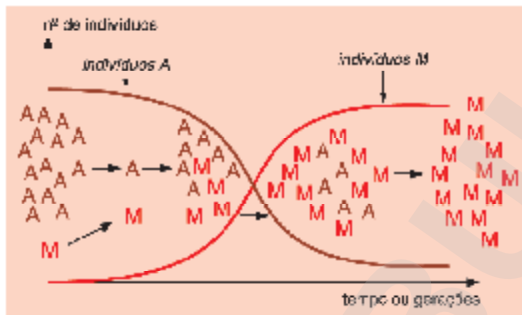
BIBLIOGRAFIA

- *Conceitos de Biologia* – Amabis e Martho e figuras 1, 6, 7 e 8.
- *Biologia* – Sonia Lopes e figura 2.
- *Biologia no Ensino Médio* – Oswaldo Frota-Pessoa e figuras 3 e 4.
- *Biologia* – Clézio e Bellinello e figura 5.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



01. A seguir, temos a representação esquemática de uma população de indivíduos **A** de uma determinada espécie. Nesta população surge um mutante **M**, cuja origem é desconhecida.



Assinale a alternativa que se relaciona corretamente com o gráfico:

- (A) Mutação em **M** determina a manifestação de caráter indesejável, tornando o indivíduo menos apto a sobreviver.
- (B) A mutação em **M** melhora sua relação com as exigências do meio ambiente, tornando o indivíduo mais apto à sobrevivência.
- (C) Os indivíduos **A** foram, certamente, contaminados por um vírus mutante que se desenvolveu nos indivíduos **M**, provocando sua extinção.
- (D) Os indivíduos **M** foram, certamente, afetados por um vírus, que os tornou também mutantes mais aptos a sobreviver, facilitando a sobrevivência dos indivíduos **A**.
- (E) As mutações em **M** tornaram, certamente, os indivíduos **A** estereis, razão fundamental de sua extinção.

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

- I. A forma do corpo de uma foca e do pingüim, que os adapta bem à natação, é exemplo de irradiação adaptativa.
- II. Danças nupciais em peixes, canto de insetos e coaxar de sapos são exemplos de isolamento reprodutivo.
- III. “O urso polar pode viver na neve porque é branco.” é uma frase que apresenta uma concepção darwinista de evolução.

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

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

03. Uma população que está em equilíbrio de Hardy-Weinberg é constituída por 2000 indivíduos. Sabe-se que 320 deles têm uma certa anomalia, determinada por um gene autossômico recessivo. Entre os indivíduos normais dessa população, qual o número esperado de portadores do alelo recessivo?

- (A) 960;
- (B) 480;
- (C) 420;
- (D) 320;
- (E) 240.

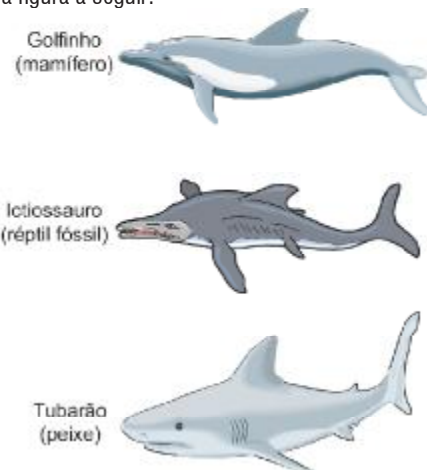
04. Encontram-se, a seguir, etapas de um processo de especiação:

- I. Quando a temperatura da região se eleva, duas populações se isolam nas encostas de montanhas diferentes.
- II. Uma espécie de pássaro, adaptada ao frio, habita todo um vale.
- III. As diferenças genéticas acumuladas durante o período de isolamento não permitem que os membros das duas populações se cruzem.
- IV. Após milhares de anos, a temperatura volta a baixar e as duas populações espalham-se pelo vale.

A seqüência lógica dessas etapas é:

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

05. Observe a figura a seguir:





Do ponto de vista evolutivo, a semelhança na forma do corpo dos três animais:

- (A) é resultado da adaptação desses organismos ao ambiente aquático;
- (B) é consequência de irradiação adaptativa;
- (C) mostra homologia entre eles;
- (D) comprova a ancestralidade comum;
- (E) comprova a mesma origem embriológica.

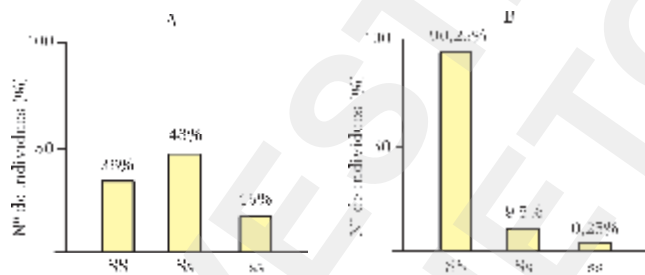
06. Existe um dito popular que pergunta: “Quem nasceu primeiro: o ovo ou a galinha?” Sendo a galinha uma ave, do ponto de vista biológico e evolutivo, a opção correta para responder a essa questão é:

- (A) o ovo, pois as aves são todas ovíparas;
- (B) o ovo, pois as aves descendem dos répteis, que também põem ovos;
- (C) a galinha, pois o ovo surgiu nas aves posteriormente;
- (D) o ovo, que deu origem às aves e depois aos répteis;
- (E) a galinha, pois os répteis que originaram as aves não punham ovos.

07. A especiação do *Homo sapiens* tem pouca chance de ocorrer, considerando-se a atual condição da espécie humana. Assinale a afirmação que melhor sustenta esta hipótese:

- (A) A ciência moderna tem eliminado as mutações humanas.
- (B) Os medicamentos atuais diminuem a incidência de doenças.
- (C) Os postulados de Darwin não se aplicam à espécie humana.
- (D) As alterações ambientais que favorecem a especiação são cada vez menores.
- (E) Os meios modernos de locomoção e comunicação têm diminuído ou eliminado os isolamentos geográficos.

08. Para responder às questões 08 e 09, use os gráficos abaixo, no qual estão representadas as frequências genóticas relativas à anemia falciforme (siclemia) de duas populações negróides. A população **A** habita a África Central, onde a incidência de malária é elevada. A população **B** habita os Estados Unidos, onde a doença está praticamente erradicada:



A análise comparativa dos gráficos nos permite afirmar corretamente que:

- (A) a seleção natural é mais favorável aos heterozigotos no ambiente **A**;
- (B) a seleção natural é desfavorável aos homozigotos para o gene **S** no ambiente **B**;
- (C) a seleção natural é favorável aos homozigotos para o gene **s** nos ambientes **A** e **B**;
- (D) a diferença de ação da seleção natural nos dois ambientes não está relacionada com a resistência à malária;
- (E) os homozigotos para o gene **s** ocorrem em menor frequência nos dois ambientes, porque os ciclêmicos são os “hospedeiros ideais” para o *Plasmodium*.

09. A frequência do gene **S** nas populações **A** e **B** é, respectivamente, de:

- (A) 36% e 90,25%.
- (B) 40% e 90,25%.
- (C) 40% e 95%.
- (D) 60% e 99,50%.
- (E) 60% e 95%.

10. Os mecanismos de isolamento reprodutivo podem ser definidos como “propriedades biológicas de indivíduos que impedem o cruzamento entre indivíduos de populações reais ou potencialmente simpátricas”. Esses mecanismos podem ser classificados como pré-copulatórios (impedem a cópula) ou pós-copulatórios (impedem ou reduzem o sucesso da descendência). Em relação a esse tema, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s):

- (01) O isolamento estacional ocorre quando existem diferenças nas épocas reprodutivas; portanto, trata-se de um mecanismo pré-copulatório.
- (02) O isolamento mecânico baseia-se em diferenças nos órgãos reprodutores que os torna incompatíveis, sendo mais um exemplo de mecanismo pré-copulatório.
- (04) A inviabilidade e a esterilidade do híbrido são dois mecanismos que ilustram o tipo pós-copulatório.
- (08) O isolamento etológico (de comportamento) é um mecanismo do tipo pré-copulatório, específico para os animais.
- (16) Os mecanismos pré-copulatórios são muito importantes, pois evitam o desperdício de gametas.
- (32) A mortalidade do zigoto leva à morte do embrião, devido ao desenvolvimento irregular dele, o que é, também, um mecanismo pré-copulatório.
- (64) O isolamento reprodutivo total entre duas espécies, em geral, depende de vários fatores.

Soma ().

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Na(s) questão(ões) a seguir, escreva nos parênteses a letra (V), se a afirmativa for verdadeira e (F), se for falsa:

Existem vários mecanismos que bloqueiam a troca de genes entre espécies que vivem em uma mesma área. As proposições apresentadas referem-se a mecanismos pré-zigóticos.

- () As espécies, embora vivam na mesma área, têm habitats diferentes, o que impede que se encontrem.
- () O zigoto se forma, porém não se desenvolve por inviabilidade do híbrido.
- () Embora convivam em uma mesma área, o amadurecimento sexual de cada espécie ocorre numa época diferente.
- () O híbrido se forma, porém é estéril devido à meiose anômala por falta de pareamento, já que não há homologia entre os cromossomos.
- () Diferenças anatômicas nos órgãos reprodutores podem impedir a fecundação, o que se constituirá num isolamento do tipo mecânico.

02. Na(s) questão(ões) a seguir, escreva nos parênteses a soma dos itens corretos:

Em espécies diferentes, órgãos homólogos são aqueles que, sendo diferentes na forma, possuem a mesma origem embrionária, podendo ter ou não a mesma função, enquanto os órgãos análogos são aqueles que, possuindo origem embrionária diferente, pela evolução convergente, possuem forma e função semelhantes.

Assinale as proposições que apresentam associações corretas entre a primeira e a segunda coluna:

- I. órgãos análogos;
- II. órgãos homólogos.

- (A) Asa do morcego e nadadeira da baleia.
- (B) Espinho da laranjeira e acúleo da roseira.
- (C) Folha da goiabeira e espinho dos cactos.
- (D) Asa da abelha e asa do morcego.
- (E) Braço humano e nadadeira da baleia.
- (F) Acúleos da roseira e espinho dos cactos.

- | | |
|------------|-------------|
| 1 – I – A | 2 – I – B |
| 4 – II – C | 8 – II – E |
| 16 – I – D | 32 – II – F |

Soma ()

03.

(A) É comum ouvirmos a frase: “Já tomei este antibiótico tantas vezes, que agora já não faz mais efeito.” Esta afirmação pode ser verdadeira? Por quê?

b) Costuma-se usar dois antibióticos diferentes no tratamento de certas doenças comuns, como a tuberculose, cujo agente causador já é bem conhecido. Qual seria a forma biologicamente mais eficiente de administrá-los: simultaneamente ou separadamente, com um intervalo de 1 mês entre eles? Justifique sua resposta.

04. Mariposas da espécie *Biston betularia*, de cor escura (melânicas), eram raras em Manchester, Inglaterra, por volta de 1895. Predominavam os espécimes de cor clara, que se camuflavam sobre os líquens das cascas

das árvores. Em 1950, porém, verificou-se que quase 90% das mariposas eram melânicas nas áreas que se tornaram industriais onde fuligem negra produzida pelas fábricas recobriu o tronco das árvores.

- (A) Explique esse aumento das mariposas melânicas entre 1895 e 1950 com base na seleção natural.
- (B) Por que é possível afirmar que a coloração dessas mariposas é um caráter determinado geneticamente?

05. A Siclemia ou Anemia Falciforme é uma doença genética grave em que os homozigotos **SS**, por só produzirem hemoglobina anormal do tipo **S**, apresentam anemia profunda e, se não tiverem um tratamento médico eficiente, dificilmente atingirão a idade reprodutiva. No entanto, observa-se que a frequência do gene **S** é bastante alta na Grécia, África e Índia, regiões endêmicas para a malária.

- (A) Explique a relação entre a frequência do gene **S** e a malária.
- (B) Qual é o agente etiológico, o vetor e o ciclo de vida, no homem, do protozoário causador da malária?

06. Um levantamento populacional de borboletas realizado no final do século XVIII, no norte da Inglaterra, revelou um grande número de borboletas claras e uma minoria de cor escura, todas da mesma espécie. Um levantamento idêntico, realizado 50 anos mais tarde, constatou uma inversão do quadro, sendo a maioria das borboletas encontradas de cor escura e apenas umas poucas de cor clara. Durante esse período de 50 anos, um grande número de indústrias se instalou na região; seu combustível, carvão, produzia uma acentuada poluição, caracterizada por uma cobertura fuliginosa negra, tanto nas construções como nas plantas.

Como poderia ser explicada evolutivamente a mudança na proporção de borboletas claras e escuras?

07. Um trecho de um trabalho científico diz o seguinte:

“Quando o antibiótico foi adicionado à cultura de bactérias, apenas algumas sobreviveram. As sobreviventes se reproduziram e sua descendência era resistente ao antibiótico.”

Como Lamarck teria interpretado esse trecho? E Darwin?

08. “Os antepassados dos golfinhos tinham patas, que, de tanto serem usadas para a natação, foram se transformando em nadadeiras.”

- (A) A frase acima está de acordo com a Teoria de Lamarck ou com a Teoria de Darwin? Justifique, relacionando a teoria escolhida com a frase.
- (B) Por que a frase está em desacordo com a teoria não escolhida?

09. Entre os cães domésticos, encontramos uma grande diversidade morfológica (p. ex.: Fox, São Bernardo, Doberman, Poodle e muitos outros). Já entre os cães selvagens (Cachorro-do-mato, Lobo-guará), a diversidade é muito menor.

- (A) Como se explica, em termos evolutivos, essa diferença?
- (B) Que nível taxonômico atribuímos à grande diversidade encontrada dentro de cada grupo de animais domésticos? Por quê?
- (C) Por que os cães “vira-latas” são, em média, mais resistentes a doenças que os cães com *pedigree*?

Origem da Vida

UMA GRANDE EXPLOÇÃO...

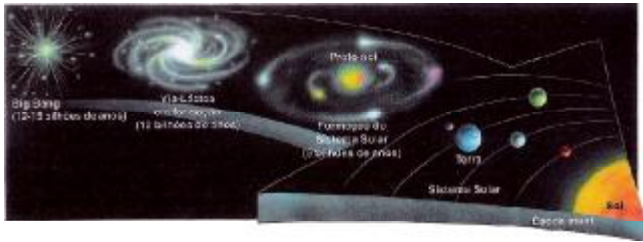


Fig. 1. Representação artística da evolução cósmica que originou o Sistema Solar, cerca de 5 bilhões de anos atrás.

QUANDO COMEÇOU?

A Terra se formou há cerca de quatro a cinco bilhões de anos, inicialmente, sem vida. Já foram encontrados fósseis de criaturas microscópicas que evidenciam o surgimento da vida há pelo menos mais de três bilhões de anos. Em algum momento entre estas duas datas, ocorreu o incrível e ainda misterioso acontecimento da origem da vida.

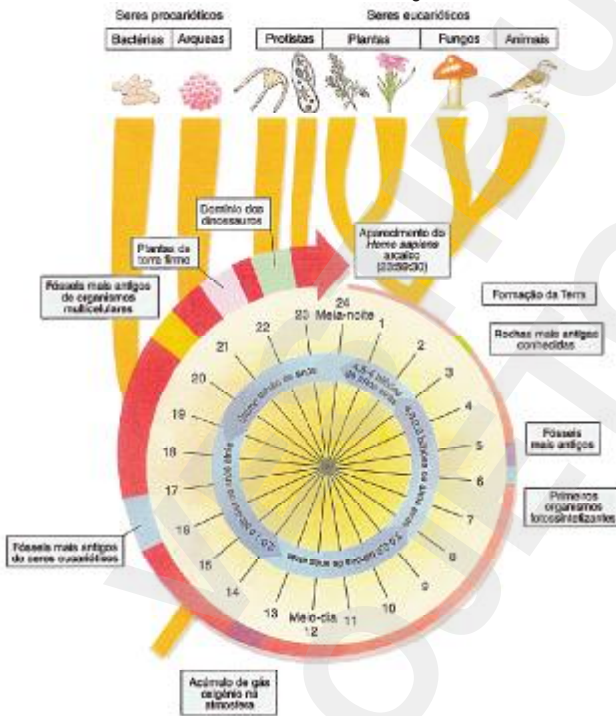


Fig. 2. A história da Terra é mostrada em uma escala de 24 horas, sobreposta à árvore filogenética dos principais grupos de seres vivos.

ABIÓGÊNESE E BIOGÊNESE

Durante muitos anos, discutiu-se se a vida apenas poderia se originar a partir de outra vida preexistente ou se de alguma forma a matéria bruta

poderia originar a matéria viva. A primeira idéia foi base para uma das teorias propostas para explicar a origem da vida: a chamada panspermia cósmica, que defende que a primeira forma de vida na Terra, teria vindo de outro planeta. Esta teoria não explica a origem da vida, apenas transfere o acontecimento para outro lugar.

Abiogênese Clássica

Uma idéia bastante antiga, dos tempos do filósofo grego Aristóteles, é a de que seres vivos podem surgir por geração espontânea, a partir da matéria sem vida. Apesar de se conhecer o papel da reprodução, admitia-se que certos organismos vivos pudessem surgir espontaneamente da matéria bruta. Observações do cotidiano mostravam, por exemplo, que larvas de moscas apareciam no meio do lixo e que poças de lama podiam exibir pequenos animais. A conclusão a que se chegava era a de que o lixo e a lama haviam gerado diretamente os organismos.

Durante muito tempo, diversos cientistas desenvolveram experiências que contestavam ou afirmavam a teoria da abiogênese clássica. Algumas delas tornaram-se verdadeiros marcos na evolução das idéias sobre geração espontânea. Neste momento, Redi, Needham e Spallanzani foram os mais expressivos na tentativa de definir uma teoria que explicasse a origem da vida.

Contribuições de Redi, Needham e Spallanzani

O cientista...	concluiu que...	Como ele fez?
Francesco Redi	"carne não gera larva"	Colocou pedaços de carne em dois grupos de frascos; um dos grupos permaneceu aberto, enquanto o outro foi recoberto por um pedaço de gaze. Sobre a carne dos frascos abertos, após alguns dias, surgiram larvas de moscas; nos frascos cobertos



A experiência de Redi contra a teoria da geração espontânea.

O cientista...	concluiu que...	Como ele fez?
John Needham	“a vida surge da matéria inanimada”	Realizou um experimento em vários caldos nutritivos, como suco de frutas e extrato de galinha, que foram colocados em tubos de ensaio, aquecidos durante um certo tempo e em seguida selados. A intenção de Needham, ao aquecer, era obviamente a de provocar a morte de organismos possivelmente existentes nos caldos; o fechamento dos frascos destina-se a impedir a contaminação por micróbios externos. Apesar disso, os tubos de ensaio, passados alguns dias, estavam turvos e cheios de microorganismos, o que parecia demonstrar a verdade da geração espontânea.
Lazaro Spallanzani	“Needham estava errado”	Repetiu as experiências de Needham. A diferença no seu procedimento foi a de ferver os líquidos durante uma hora, não se limitando a aquecê-los; em seguida, os tubos foram fechados hermeticamente. Líquidos assim tratados mantiveram-se estéreis, isto é, sem vida, indefinidamente. Ele concluiu que Needham não havia destruído todos os micróbios existentes, dando-lhes a oportunidade de proliferar novamente. A propósito, Needham rebateu os resultados obtidos por Spallanzani, afirmando que “...Spallanzani, ao selar hermeticamente os frascos que continham as diversas substâncias e fervê-los, fechados, por uma hora, ele torturou suas infusões, deixando claro que enfraqueceu muito ou até destruiu a força vital das substâncias em infusão...” Ele era um dos cientistas que acreditavam em um princípio vital, uma espécie de energia que era capaz de dar vida à matéria inerte.

Biogênese

A biogênese afirma que os seres vivos se originam da reprodução de outro ser vivo, ou seja, que apenas a matéria viva é capaz de originar vida. Ela foi desenvolvida por Pasteur, após várias experiências no tentativo de derrubar a teoria antiga da abiogênese:



Fig. 4. A experiência de Pasteur.

Abiogênese Moderna ou Teoria Evolucionista da Origem da Vida

Uma das teorias propostas atualmente para explicar a origem da vida é a teoria da abiogênese moderna (geração espontânea gradual), em que a existência de um ancestral universal da vida surgiu a partir da matéria bruta em condições muito especiais da Terra primitiva, e que a abiogênese nunca foi observada sob condições controladas, indicando que a origem da vida pela não-vida é muito rara ou acontece (aconteceu) somente sob



INÍCIO DO PLANETA TERRA

A TERRA PRIMITIVA

A análise química de vestígios de estrelas permitiu a conclusão de que as leis químicas são universais. As estrelas têm vários estágios de desenvolvimento, estando o Sol numa fase intermediária de sua “vida”. Este fato permitiu deduzir que os constituintes dos outros planetas e do Sol, dada sua origem comum, devem ser os mesmos que a Terra primitiva conteve. A atmosfera da Terra deve ter contido, portanto, H_2 , CH_4 , NH_3 e H_2O , como Júpiter ou Saturno, por exemplo, cuja força gravitacional impediu a dissipação desses gases para o espaço.

COMPOSIÇÃO DA TERRA PRIMITIVA

Na busca pela definição da composição química da Terra primitiva, os cientistas Miller e Oparin tiveram uma participação fundamental. Estes dois cientistas, sem se comunicarem, formularam a hipótese de que a atmosfera primitiva era não só diferente, pela sua composição, da atual, mas, sobretudo, que não seria oxidante.

Oparin e Miller desenvolveram a sua teoria baseada no seguinte princípio: as condições existentes na Terra primitiva eram diferentes das de hoje. A atmosfera seria redutora, ou seja, sem oxigênio, mas rica em hidrogênio.

A constituição, segundo eles, resultante da reação dos gases provenientes da atividade vulcânica, seria: hidrogênio (H_2), metano (CH_4), amoníaco (NH_3) e vapor de água.

O bioquímico Miller tentou reproduzir em laboratório algumas das

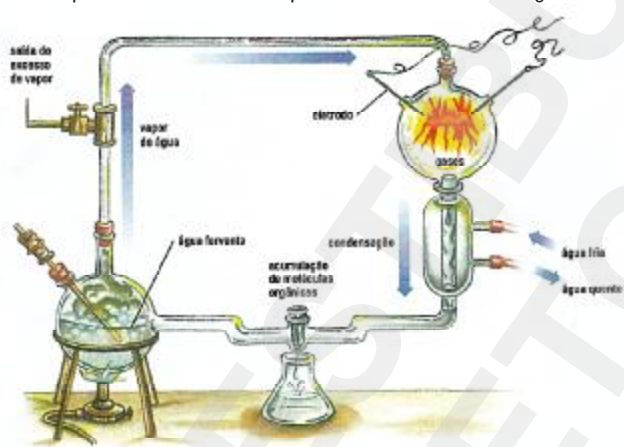


Fig. 5. A experiência de Miller pretendia imitar as condições da Terra primitiva, para verificar a possibilidade da síntese de moléculas orgânicas simples, como oses e aminoácidos, a partir dos gases da atmosfera.

Pouco tempo depois, Fox submeteu uma mistura de aminoácidos secos a aquecimento prolongado e demonstrou que eles reagiam entre si, formando cadeias peptídicas, com o aparecimento de moléculas protéicas pequenas.

As experiências de Miller e Fox comprovaram a veracidade da hipótese de Oparin.

Estudos indicam que a atmosfera primitiva poderia conter ainda dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2), monóxido de carbono (CO) e sulfeto de hidrogênio (H_2S).

EVOLUÇÃO DO OXIGÊNIO GASOSO

A atmosfera da Terra primitiva era pobre em oxigênio gasoso. Isto foi concluído a partir da observação de que as rochas sedimentares com mais de 2300 milhões de anos na África e na América do Norte são menos oxidadas que as mais recentes, revelando uma atmosfera pobre em oxigênio molecular. Este fato observa-se pela presença de grande quantidade de um determinado mineral de urânio facilmente oxidável. Por outro lado, o óxido de ferro apenas surge em depósitos com menos de 2000 milhões de anos, altura em que se considera que a quantidade de oxigênio na atmosfera rondaria 1% da atual.

COACERVADOS

Segundo Oparin, os conjuntos moleculares ter-se-iam agregado nos mares primitivos numa estrutura rodeada por uma espécie de “membrana” que a isolava do meio – coacervado.

Os coacervados derivam de um processo que acontece naturalmente nas soluções de polímeros fortemente hidratados. Há uma separação espontânea de uma solução aquosa, inicialmente homogênea, em duas fases, uma rica em polímeros e outra quase exclusivamente água. Esta situação deve-se à atração entre moléculas polares e repulsão entre moléculas polares e apolares.

A “membrana” do coacervado é formada por moléculas de água dispostas ao redor dos polímeros. O coacervado é capaz de interagir com o meio, incorporando moléculas na sua estrutura, crescer e dividir-se. À medida que novas moléculas iam se agregando, se a nova combinação molecular não fosse estável, o coacervado destruíria-se. Se fosse estável, o coacervado

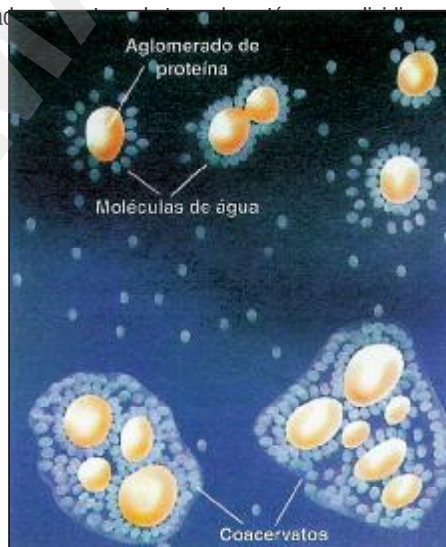


Fig. 6. Desenho esquemático do processo de coacervação. Moléculas de proteína em solução atraem moléculas de água, que se organizam ao redor formando uma película. Essa película mantém organizado o coacervado.

Tudo era favorável para que na “sopa” primitiva do Oceano existissem muitos coacervados. Sobre eles deve ter atuado a seleção natural: somente as gotas capazes de englobar outras, ou de devorá-las, puderam sobreviver. Imagine um desses coacervados absorvendo substâncias do meio exterior ou aglutinando outras gotas. Ele aumenta e, ao mesmo tempo que engloba algumas substâncias, elimina outras. Mas um modelo de coacervado, que



crece por aposição, não bastaria para que a vida surgisse.

Era preciso que entre os coacervados aparecesse algum capaz de se auto-reproduzir, preservando todos os seus componentes. A esta etapa do processo evolutivo, a competição deve ter sido decisiva. As gotas que conseguiram auto-reproduzir-se ganharam a partida. Elas tinham uma espécie de memória que lhes permitia manter sua individualidade.

Coacervados ou microsferas?

Há mais de um modelo, além da idéia de coacervados, para explicar como moléculas grandes, tipo proteinóides, teriam se agregado na água, formando estruturas maiores. Fox, colocando proteinóides em água, obteve a formação de pequeninas esferas.

Bilhões de microsferas podem ser obtidas a partir da mistura de aminoácidos aquecidos, algumas delas formando cadeias, de forma muito semelhante a algumas bactérias atuais. Cada microesfera tem uma camada externa de moléculas de água e proteínas e um meio interno aquoso, que mostra algum movimento, semelhante à ciclose. Essas microsferas podem absorver e concentrar outras moléculas existentes na solução ao seu redor. Podem também fundir entre si, formando estruturas maiores.

RNA como primeiro ácido nucléico

Acredita-se hoje que a primeira molécula de ácido nucleico tenha sido o RNA, e não o DNA. Descobriu-se que certos “pedaços” de RNA têm uma atividade catalítica: eles permitem a produção, a partir de um molde de RNA e de nucleotídeos, de outras fitas de RNA idênticas ao molde. Esses pedaços de RNA com atividade “enzimática” são chamados ribozimas. Isso permite explicar o eventual surgimento e duplicação dos ácidos nucléicos, mesmo na ausência das sofisticadas polimerases que conhecemos hoje.

O DNA deve ter sido um estágio mais avançado na confecção de um material genético estável. O primeiro DNA, portanto, teria sido feito a partir de um molde de RNA original.

EVOLUÇÃO CELULAR

O primeiro grande passo para a formação de uma estrutura celular foi o aparecimento de uma membrana celular.

É muito provável que os primeiros organismos tenham sido mais complexos do que os vírus atuais, porém mais simples do que as células mais simples que se conhecem.

A existência de uma membrana envolvente é imprescindível, pois ela oferece proteção contra choques mecânicos proporcionando, portanto, maior estabilidade à estrutura; porém, ela representa uma barreira entre o organismo e o alimento a seu redor, o que é uma desvantagem.

A membrana ideal deveria ser resistente, com um certo grau de elasticidade, sem deixar de ser suficientemente permeável. A primeira membrana não deve ter sido idêntica à bicapa lipídica que conhecemos hoje: em algum estágio da evolução dos seres vivos, ela apareceu e foi positivamente selecionada, já que todos os seres vivos atuais de estrutura celular a possuem.

A partir do surgimento de uma membrana celular, pode-se falar em organismos procariontes primitivos, muito semelhantes às mais simples

bactérias atuais.

Procariontes originam eucariontes

Durante a evolução, devem ter surgido alguns organismos com a capacidade genética de dobrar sua membrana para fora (evaginação) e para dentro (invaginação). Dessa forma, seriam capazes de aumentar a superfície em contato com o meio. E começavam a surgir os eucariontes.

Essa hipótese é justificada se lembrarmos que há comunicação entre todas as membranas celulares, que se apresentam formando um sistema membranoso único e que todas as membranas celulares têm a mesma composição e são lipoprotéicas.

A origem de algumas organelas celulares

Uma teoria muito em voga atualmente a respeito da origem das organelas celulares é a chamada teoria endossimbiótica: alguns organismos procariontes teriam sido “englobados” por células maiores de eucariontes primitivos, ficando no interior da célula, mas com capacidade de reprodução independente e realizando determinadas funções. Acredita-se que mitocôndrias, cloroplastos e centríolos possam ter se originado dessa forma.

Os argumentos a favor dessa idéia não deixam muitas dúvidas: estas organelas possuem material genético próprio, semelhante ao material genético de bactérias. Esse DNA tem capacidade de duplicação, de transcrição: ribossomos existentes no interior desses orgânulos produzem proteínas próprias. Por fim, ambos os orgânulos têm a capacidade de se reproduzir no interior da célula “hospedeira”.

Uma “troca de favores” (mutualismo) poderia ter se estabelecido entre a célula eucariota primitiva e a procariota. No caso da mitocôndria, que teria obtido proteção e alimento, sua presença teria permitido que a célula maior aprendesse a utilizar o oxigênio na produção de ATP, com todas as vantagens inerentes.

A união com um procarionte fotossintetizante faria com que os eucariontes hospedeiros tivessem a capacidade de síntese de compostos orgânicos.

EVOLUÇÃO BIOENERGÉTICA

Seriam os primeiros organismos autótrofos ou heterótrofos? Ou talvez quimiolitoautótrofos?

Existem três hipóteses sobre a origem da vida: a hipótese autotrófica, que propõe que o primeiro ser vivo foi capaz de sintetizar seu próprio alimento orgânico, possivelmente por fotossíntese; a hipótese heterotrófica, que prevê que os primeiros organismos se nutriam de material orgânico já pronto, que retiravam de seu meio; e a hipótese quimiolitoautotrófica.

Surgem algumas perguntas: se o primeiro ser vivo tivesse sido heterótrofo, de que ele se alimentaria? Os coacervados seriam uma fonte abundante de alimento para o primeiro organismo.

Não seria o aparato bioquímico necessário à fotossíntese muito complexo para a primeira forma de vida?

Uma hipótese muito difundida atualmente defende que os primeiros seres vivos seriam quimiolitoautótrofos, ou seja, capazes de sintetizar matéria orgânica através de inorgânica utilizando a energia de reações químicas. Os organismos quimiolitoautótrofos conhecidos são extremófilos, ou seja, capazes de sobreviver em condições adversas, como acidez elevada ou temperatura muito alta.

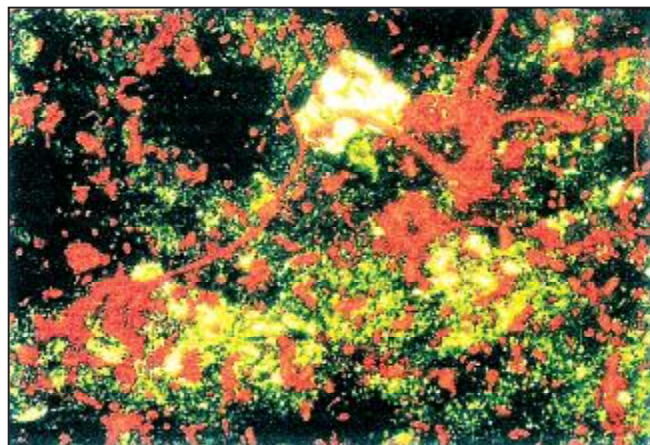


Fig 7. Bactérias “comedoras de rochas” (em vermelho), ou quimiolitotóxicas, encontradas em cavidades de rochas do fundo do mar, a mais de 1000m de profundidade. Elas obtêm seu alimento a partir de reações entre substâncias inorgânicas presentes nas rochas. A hipótese atualmente mais aceita pelos cientistas é a de que organismos semelhantes a essas bactérias foram os primeiros seres vivos a habitar a Terra. (Foto ao microscópio óptico de fluorescência, aumento de 812 x.)

O surgimento da fotossíntese

A primeira forma de fotossíntese que surgiu foi a chamada fotossíntese anaeróbia, em organismos que tinham a capacidade de aproveitar a energia solar. Eles utilizavam o dióxido de carbono como fonte de carbono e o sulfeto de hidrogênio (H₂S) como fonte de hidrogênio. Calcula-se que a fotossíntese anaeróbia teria perdurado durante várias centenas de milhões de anos.

Ainda hoje existem bactérias fotossintetizantes que não podem viver em presença de oxigênio, como as bactérias púrpuras.

Posteriormente surgiu uma outra modalidade de fotossíntese, como nós conhecemos hoje, consumidora não de sulfeto de hidrogênio, mas de água, molécula muito mais abundante na natureza. Como subproduto, os organismos passaram a liberar oxigênio na atmosfera. As cianobactérias atuais pertencem a este grupo.

Surgimento do oxigênio gasoso

O oxigênio é um poderoso gás corrosivo. Dá origem aos chamados radicais livres, isto é, substâncias altamente reativas que causam danos

aos compostos que estão na base da vida. A sua progressiva libertação na atmosfera provocou alterações brutais nas condições atmosféricas da Terra. É provável que o seu efeito não se tenha feito sentir de imediato, pois o meio, sendo redutor, continha diversos elementos capazes de “reter” o oxigênio, especialmente os sais de ferro, nos mares primitivos. Quando a capacidade de fixação do oxigênio se esgotou, este começou a se acumular na atmosfera, subindo o seu teor de 0,001% para cerca dos 21% atuais. A atmosfera transformou-se, assim, de redutora em oxidante (há cerca de 1,8 bilhões de anos).

Surgimento da respiração aeróbica

A partir da existência de oxigênio livre na atmosfera, a glicólise pôde se estender, em vez de parar no ácido pirúvico, como na fermentação, e se prolongar até a total cisão da molécula, num processo energeticamente muito mais vantajoso. Este processo oferece um rendimento muitas vezes superior ao da glicólise anaeróbia.

A VIDA FORA DA ÁGUA E O SURGIMENTO DA CAMADA DE OZÔNIO

A vida fora da água corria sérios riscos de ser destruída pelos raios UV de alta energia. Logo que principiaram a existir quantidades significativas de oxigênio na atmosfera, como produto secundário da fotossíntese, formou-se, na estratosfera, um escudo de ozônio (O₃). Esta camada molecular é absorvente dos raios UV de maior energia, pelo que a superfície da Terra passou a ficar relativamente protegida desse perigo. Tal fato possibilitou, em seguida, a colonização dos meios terrestres, por muitas espécies, mas terá provavelmente encerrado a era de síntese abiótica de compostos orgânicos.

(<http://www.fag.edu.br/professores/robson/Bases%20Biologicas/origem%20da%20vida.doc>.)

BIBLIOGRAFIA

- *Conceitos de Biologia* – Amabis e Martho e figuras 1, 2, 6 e 7.
- *Bio* – Sônia Lopes e figura 3.
- *Biologia Hoje* – Linhares e Gewandszajder e figuras 4 e 5.
- *Biologia* – Frederico, Octacílio e Rubem.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (ENEM) A deterioração de um alimento é resultado de transformações químicas que decorrem, na maioria dos casos, da interação do alimento com microrganismos ou, ainda, da interação com o oxigênio do ar, como é o caso da rancificação de gorduras. Para conservar por mais tempo um alimento deve-se, portanto, procurar impedir ou retardar ao máximo a ocorrência dessas transformações.

Os processos comumente utilizados para conservar alimentos levam em conta os seguintes fatores:

- Microrganismos dependem da água líquida para sua sobrevivência.
- Microrganismos necessitam de temperaturas adequadas para crescerem e se multiplicarem. A multiplicação de microrganismos, em geral, é mais rápida entre 25°C e 45°C, aproximadamente.
- Transformações químicas têm maior rapidez quanto maior for a temperatura e a superfície de contato das substâncias que interagem.

- Há substâncias que acrescentadas ao alimento dificultam a sobrevivência ou a multiplicação de microrganismos.
- No ar há microrganismos que encontrando alimento, água líquida e temperaturas adequadas crescem e se multiplicam.

Em uma embalagem de leite “Longa Vida”, lê-se:

“Após aberto, é preciso guardá-lo em geladeira.”

Caso uma pessoa não siga tal instrução, principalmente no verão tropical, o leite se deteriorará rapidamente, devido a razões relacionadas com:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (A) o fator I, apenas. | (D) os fatores I, II e III, apenas. |
| (B) o fator II, apenas. | (E) os fatores I, II, III, IV e V. |
| (C) os fatores II, III e V, apenas. | |



02. (CESGRANRIO-RJ) Em 1995 – cem anos da morte de Pasteur – o prédio do antigo correio, no Rio de Janeiro, abrigou uma exposição comemorativa: *Vida*. Estava lá representada a conhecida experiência dos frascos com pescoço de cisne, contendo líquidos nutritivos que, após fervura, não apresentavam microrganismos.

Com essa experiência, Pasteur conseguiu:

- (A) incentivar a geração espontânea.
- (B) incentivar a teoria do fixismo.
- (C) derrubar a hipótese heterotrófica.
- (D) derrubar a abiogênese.
- (E) destruir a lei do uso e desuso.

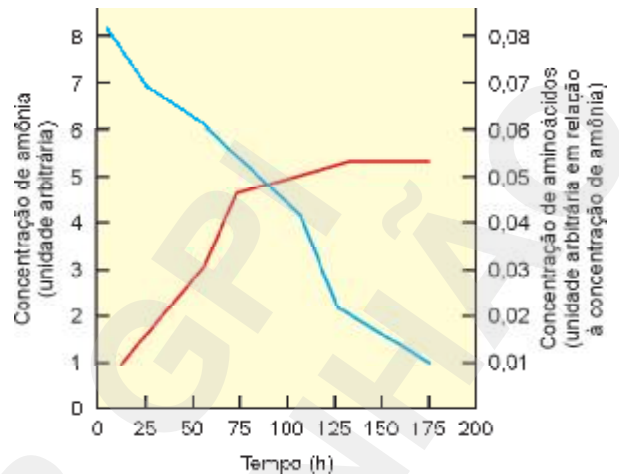
03. (FMIT-MG) Suponhamos que um dos planetas do sistema solar tenha, atualmente, as mesmas condições que a Terra primitiva deve ter apresentado antes do aparecimento do primeiro ser vivo. Essas condições podem ser:

- I. atmosfera contendo 80% de nitrogênio livre;
- II. tempestades contínuas e violentas;
- III. produção e consumo contínuos de CO₂ e O₂;
- IV. atmosfera contendo vapor de água, metano, amônia e hidrogênio;
- V. altas temperaturas;
- VI. presença da camada protetora de ozônio na atmosfera.

Das condições enumeradas acima, são verdadeiras:

- (A) apenas I, II e VI.
- (B) apenas II, III, IV e V.
- (C) apenas I, III e V.
- (D) apenas duas das afirmativas.
- (E) apenas II, IV e V.

04. (UNIRIO-RJ) Stanley Miller, no início da década de 50, montou um experimento que hoje é um dos suportes da hipótese de origem da vida na Terra, expondo uma mistura de gases prováveis da atmosfera primitiva a descargas elétricas. Analisou, durante esse experimento, as concentrações de determinadas substâncias dentro do sistema. O gráfico a seguir mostra a relação ente algumas dessas substâncias:



A partir desses dados, Miller pôde concluir que:

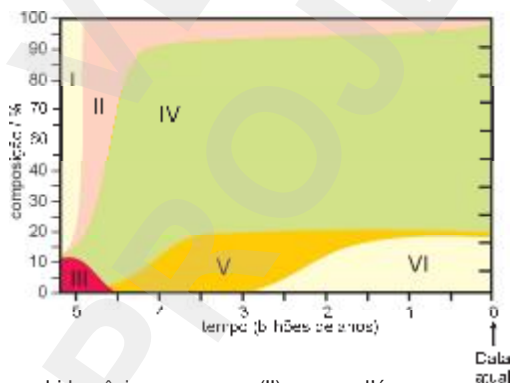
- (A) a célula pode ser recriada atualmente a partir de compostos inorgânicos.
- (B) a primeira célula era procaríota, semelhante a bactérias atuais.
- (C) a formação de compostos orgânicos depende da transformação de amônia.
- (D) os primeiros seres vivos eram heterótrofos.
- (E) na atmosfera primitiva não havia oxigênio.

05. (CESGRANRIO-RJ) Entre as modificações que ocorreram nas condições ambientais de nosso planeta, algumas foram causadas pela própria atividade dos seres. Os organismos iniciais, ao realizarem a fermentação, determinaram uma grande alteração na atmosfera da Terra primitiva, porque nela introduziram o:

- (A) gás oxigênio.
- (B) gás carbônico.
- (C) gás metano.
- (D) gás nitrogênio.
- (E) vapor de água.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (ENEM) As áreas numeradas no gráfico mostram a composição em volume, aproximada, dos gases na atmosfera terrestre, desde a sua formação até os dias atuais:



- (I) metano e hidrogênio;
- (II) vapor d'água;
- (III) amônia;
- (IV) nitrogênio;

(V) gás carbônico; (VI) oxigênio.
Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que:

- I. não podem ser detectados fósseis de seres aeróbicos anteriores a 2,9 bilhões de anos.
- II. as grandes florestas poderiam ter existido há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.
- III. o ser humano poderia existir há aproximadamente 2,5 bilhões de anos.

É correto o que se afirma em:

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



02. (ENEM) “Na solução aquosa das substâncias orgânicas prebióticas (antes da vida), a catálise produziu a síntese de moléculas complexas de toda classe, inclusive proteínas e ácidos nucleicos. A natureza dos catalisadores primitivos que agiam antes não é conhecida. É quase certo que as argilas desempenharam papel importante: cadeias de aminoácidos podem ser produzidas no tubo de ensaio mediante a presença de certos tipos de argila. (...)”

Mas o avanço verdadeiramente criativo – que pode, na realidade, ter ocorrido apenas uma vez – ocorreu quando uma molécula de ácido nucleico “aprendeu” a orientar a reunião de uma proteína, que, por sua vez, ajudou a copiar o próprio ácido nucleico. Em outros termos, um ácido nucleico serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com este desenvolvimento apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado.”

(Adaptado de: LURIA, S.E. *Vida: experiência inacabada*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia. São Paulo: EDUSP, 1979.)

Considere o esquema a seguir:

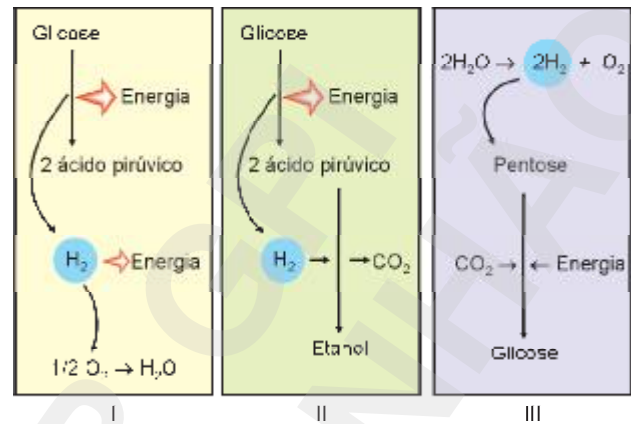


(Adaptado de GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química. USP – *Interações e Transformações III – atmosfera: fonte de materiais extrativos e sintéticos*. São Paulo: EDUSP, 1998.)

O “avanço verdadeiramente criativo” citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido, aproximadamente, entre:

- (A) 5,0 e 4,5.
- (B) 4,5 e 3,5.
- (C) 3,5 e 2,0.
- (D) 2,0 e 1,5.
- (E) 2,0 e 1,5.

03. (PUC-SP) Os esquemas abaixo mostram, de maneira simplificada, três processos que ocorrem nos seres vivos:



Admita que os primeiros seres vivos eram heterótrofos anaeróbios e que, liberando gás carbônico para o meio, permitiram o aparecimento de um grupo de organismos autótrofos, cuja atividade proporcionou o aparecimento de um terceiro grupo, constituído de heterótrofos aeróbios. Considerando a hipótese anterior, pode-se prever que a ordem de aparecimento desses processos na natureza foi:

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

04. (CESGRANRIO-RJ) Em relação às etapas da respiração, provavelmente a glicólise foi a primeira a surgir porque:

- (A) é a etapa mais rica na produção de ATP.
- (B) o O₂ é fundamental para que todo o processo ocorra.
- (C) a maioria dos seres depende de O₂ livre.
- (D) os organismos primitivos devem ter surgido em atmosfera sem O₂.
- (E) a produção de ATP não se faz sem a molécula de O₂.

05. (OMEC-SP) A hipótese de que moléculas complexas, semelhantes às que formam os seres vivos atuais, poderiam ter-se formado nas condições da Terra primitiva, tem sido testada por vários cientistas, entre os quais Stanley Miller e Sidney Fox. Sobre este assunto, responda:

- (A) Quais eram os gases que constituíam a atmosfera da Terra primitiva?
- (B) Quais as fontes de energia disponíveis para promover a formação de novas moléculas?
- (C) Quais eram essas moléculas e o que deve ter ocorrido com elas?
- (D) Qual o resultado da experiência de Fox?
- (E) O que são coacervados?



Citogenética

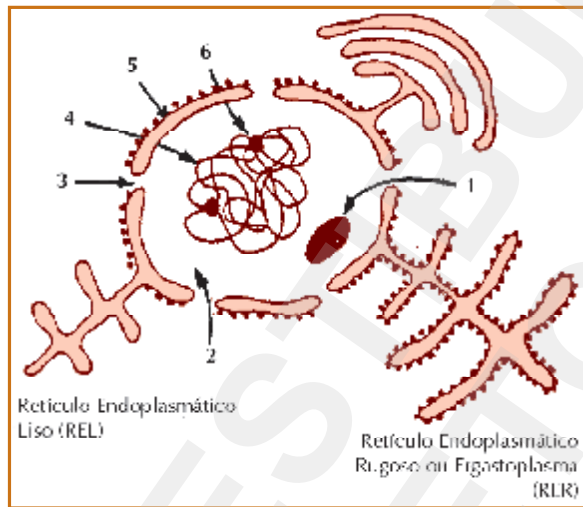
INTRODUÇÃO

Iniciamos, nesse momento, o estudo da Citogenética, para que possamos associar as estruturas nucleares às suas funções, e assim compreender o funcionamento desse emaranhado de ácidos nucléicos, proteínas, membranas, transcrições e traduções que possibilita e mantém a vida.

ESTRUTURA DO NÚCLEO

Quando se considera a estrutura do núcleo, é necessário estabelecer a fase em que a célula se encontra. Isso porque a estrutura nuclear varia, conforme a célula esteja ou não em divisão. Assim, consideraremos, inicialmente, uma célula em *intérfase*, isto é, uma célula que não está se dividindo. A intérfase compreende o espaço do tempo existente entre duas divisões celulares sucessivas. Nesse período, o núcleo é denominado *intérfásico*.

O núcleo intérfásico apresenta os seguintes componentes:



- 1) nucléolo verdadeiro ou plamossoma;
- 2) nucleoplasma;
- 3) poro da carioteca;
- 4) eucromatina;
- 5) membrana nuclear ou carioteca;
- 6) heterocromatina ou nucléolo falso.

No interior do núcleo, encontramos o nucleoplasma, a cromatina e o nucléolo.

O espaço nuclear é preenchido pelo nucleoplasma ou cariolina, um líquido claro composto por água, DNA e proteínas, entre as quais aparecem as histonas.

O DNA e as histonas associam-se formando a cromatina (do grego *khroma*, "cor").

O núcleo das células é delimitado pelo envoltório nuclear ou carioteca (do grego *karyon*, "núcleo"; *theka*, "caixa", "estojo"), cuja composição e estrutura são semelhantes à membrana plasmática. Geralmente esférico e central, nem sempre o núcleo é único. Distinguimos, assim, células mononucleadas, binucleadas e multinucleadas.

A presença de um envoltório delimitando uma região chamada núcleo caracteriza uma classe de células denominadas eucariotas. Certas células não apresentam cromossomos. Nelas aparece um longo filamento enovelado composto por um DNA que não se encontra associado a proteínas. Além disso, esse filamento está disperso no citoplasma, não havendo qualquer tipo de organização que sugira a existência de um núcleo. Esse filamento de DNA é denominado nucleóide. Células com essa estrutura são chamadas procaríotas.

Embora a maioria das células eucarióticas sejam nucleadas, existem alguns tipos de células especializadas, no corpo de alguns organismos multicelulares, em que o núcleo desaparece durante o período de maturação dessas células, dando origem a células anucleadas. É o caso das hemácias humanas, que são células anucleadas do sangue.

Apesar de anucleado, o glóbulo vermelho de mamíferos não deve ser confundido com célula procaríota. Ele perdeu o núcleo durante o seu desenvolvimento.

Acredita-se que, na formação da cromatina, a dupla-hélice do DNA enrola-se em torno das histonas. Cada conjunto histona-DNA é chamado nucleossoma. Estes ficam dispostos como contas em um colar.

A cromatina pode ser encontrada dispersa ou condensada no núcleo. No primeiro caso, denomina-se eucromatina (do grego *eu*, "verdadeiro") e, no segundo, heterocromatina (do grego *hetero*, "diferente").

HETEROCROMATINA E EUCROMATINA

Heterocromatina (Falso Nucléolo, Cariossomo ou Cromocentro)

Corresponde a regiões do cromossomo que permanecem muito condensadas durante a intérfase, mantendo, aparentemente, o tipo de condensação adotado pelo restante da cromatina somente durante a divisão celular. Verificou-se que a heterocromatina é inativa na transcrição do DNA em RNA. É, portanto, uma região do cromossomo que nunca entra em atividade de síntese de RNA, sendo geneticamente inativa.

Tipos de Heterocromatina

Segundo Brown (1966), existem dois tipos de heterocromatina:

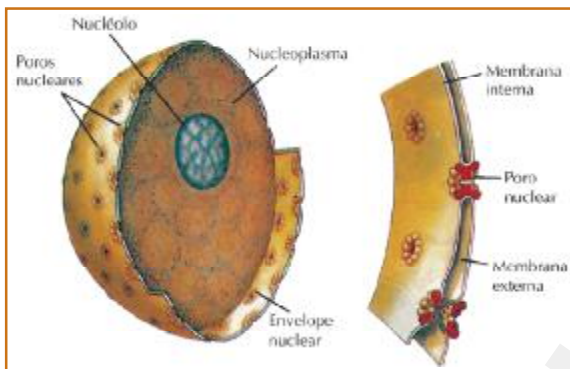
- (A) **Heterocromatina Constitutiva:** permanece condensada durante todo o ciclo celular e em todas as células do indivíduo.
- (B) **Heterocromatina Facultativa:** é um tipo de heterocromatina que pode funcionar como uma eucromatina normal. A heterocromatina facultativa mantém-se condensada na intérfase, possui replicação tardia e ausência de atividade gênica; difere da HC por aparecer em apenas um dos homólogos de cada par; envolve todo o cromossomo e não apenas blocos; e não possui nenhuma particularidade quanto à



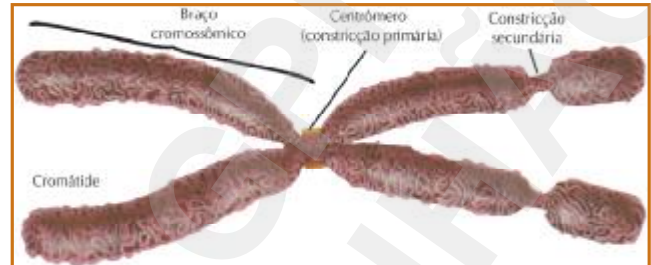
composição do DNA. O exemplo mais conhecido é o corpúsculo de Barr, que é um grande cromocentro que aparece no núcleo interfásico de células normais de fêmeas de mamíferos. Este cromocentro é também chamado de cromatina sexual. Como este corpúsculo de Barr não ocorre em células de macho, ele pode ser utilizado para identificar o sexo citogenético.

Eucromatina

Corresponde a regiões menos condensadas do cromossomo interfásico, e os genes contidos nos cromômeros nela existentes podem entrar em atividade. Na eucromatina há, portanto, intensa síntese de RNA.



cromatina se apresentar espiralizada, durante a divisão celular, dando ao cromossomo um aspecto compacto, bem condensado e facilmente observável, ou desespiralizada, durante a intérfase, dando ao cromossomo um aspecto filментар, pouco nítido, que, em conjunto, forma a rede de cromatina ou retículo nuclear.



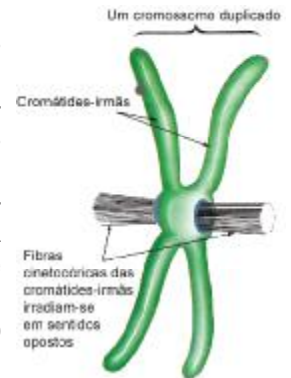
No cromossomo espiralizado, observam-se constrições que o dividem em partes. Há dois tipos de constrições: primária e secundária.

A constricção primária apresenta uma zona clara, na qual se observa uma condensação denominada centrômero.

Após a prófase, surgem no centrômero de cada cromossomo duplicado duas estruturas especializadas, denominadas cinetócoros, que ficam orientados em direções opostas.

Às extremidades dos cromossomos dá-se o nome de telômeros, os quais, graças a uma aparente polaridade, impedem que os cromossomos unam-se uns aos outros.

O tamanho dos cromossomos é relativamente constante, o que permite sua individualização. Esse fato é de grande importância para a realização de cariótipo, pois há necessidade de reconhecimento dos cromossomos.



MEMBRANA NUCLEAR OU CARIOTECA

A membrana nuclear ou carioteca separa o material nuclear do citoplasma. É formada por duas membranas lipoprotéicas, com organização estrutural semelhante às demais membranas celulares. Essas membranas são separadas entre si por um espaço denominado espaço perinuclear.

NUCLEOPLASMA OU CARIOLINFIA

Apresenta-se como uma solução aquosa de proteínas, metabólitos e íons que preenchem o espaço entre a cromatina e os nucléolos.

NUCLÉOLO

É um corpúsculo denso, não delimitado por membrana, mergulhado no nucleoplasma. É uma estrutura sempre presente nas células eucarióticas, podendo haver mais de um nucléolo por núcleo interfásico. Durante a divisão celular, o nucléolo desaparece.

O nucléolo é uma região de intensa síntese de ácido ribonucleico ribossômico (RNAr). Essa síntese ocorre em certas regiões de determinados cromossomos, denominadas regiões organizadoras do nucléolo. O nucléolo corresponde, portanto, a uma região de grande concentração de ribonucleoproteínas, RNAr, ao redor de um trecho de um cromossomo.

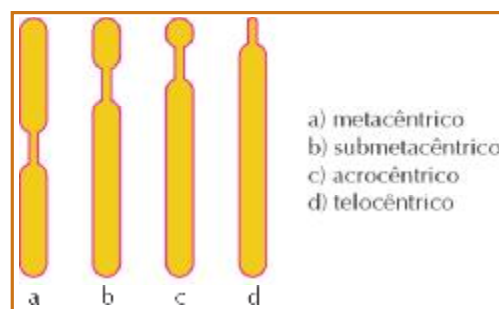
CROMOSSOMOS

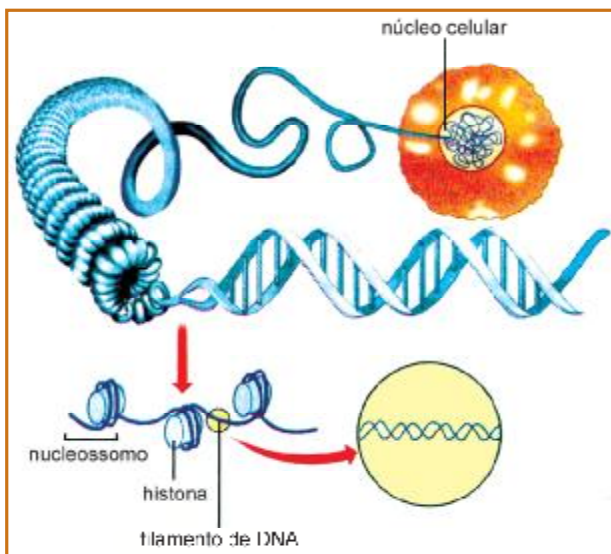
Formados por uma única molécula de DNA, são encontrados em todos os núcleos. É constituído por um material facilmente corável chamado cromatina. A cromatina é constituída por proteínas do tipo histonas e DNA. A forma do cromossomo pode ser individualizada, durante a divisão celular, e desindividualizada, durante a intérfase. Isto acontece devido à

CLASSIFICAÇÃO DOS CROMOSSOMOS

Quando uma célula vai entrar em divisão, os cromossomos duplicam-se ainda na intérfase. Cada cromossomo produz um outro idêntico a ele e esses dois filamentos cromossômicos, agora denominados cromátides, ficam unidos por uma região denominada centrômero.

O centrômero divide o cromossomo em dois braços, que podem ter ou não o mesmo tamanho. A partir da posição do centrômero, podemos distinguir quatro tipos de cromossomos: metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico.





AUTOSSOMOS E HETEROSSOMOS

Os 22 pares de cromossomos equivalentes em homens e mulheres são denominados autossomos (do grego *autos*, "próprio"). Os cromossomos que diferem em homens e mulheres, isto é, os cromossomos X e Y, são denominados cromossomos sexuais ou heterossomos (do grego *heteros*, "diferente"). Assim, o cariótipo de uma mulher normal apresenta 22 pares de autossomos e um par de cromossomos sexuais X, enquanto o cariótipo de um homem normal apresenta 22 pares de autossomos, um cromossomo X e um cromossomo Y.

CICLO DE VIDA CELULAR



Intérfase

A síntese do DNA ocorre somente em um período estrito da intérfase, denominado S ou sintético, que é precedido e seguido por dois intervalos (GAPS) ou períodos de intérfase (G1 e G2), nos quais não ocorre síntese de DNA.

Esta observação levou alguns cientistas a dividir o ciclo celular em quatro intervalos sucessivos:

- **G1** – é o período que transcorre entre o final da mitose e o início da síntese do DNA.
- **S** – é o período de síntese do DNA.
- **G2** – é o intervalo entre o final da síntese do DNA e o início da mitose. Durante o período G2, a célula possui o dobro (4C) da quantidade de DNA presente na célula diplóide original (2C).
- **Mitose** – é a divisão celular: depois da mitose, as células-filhas entram novamente no período G1 e possuem conteúdo de DNA equivalente a 2C.

Um Cromossomo Especial: Cromatina Sexual

Em 1949, Bertam e Barr observaram que, nos núcleos das células de fêmeas, em grandes números de espécies, inclusive a humana, encontra-se, bem junto à cariomembrana, um corpúsculo regular bem corável pelos corantes básicos, que não existe no núcleo das células dos machos. Chamaram, então, de cromatina sexual, mostrando a importância formidável que essa descoberta poderia oferecer para caracterizar o sexo genético dos indivíduos toda vez que precisasse identificar o sexo num pseudo-hermafrodita ou num diagnóstico precoce do sexo antes do nascimento. Por isso, a cromatina sexual ficou, também, conhecida como corpúsculo de Barr.

A cromatina sexual tem sido interpretada como um dos dois cromossomos X da fêmea, que se mantém inativo durante a intérfase. É mais corável que o seu homólogo e se mostra mais condensado e aderente à face interna da cariomembrana. No macho, o único cromossomo X não tem essas propriedades; por isso, o corpúsculo de Barr não é observado.

Verificou-se, também, que o número de corpúsculos de Barr corresponde ao número de cromossomos X menos 1. Assim, se a mulher normal possui dois cromossomos X, revela apenas um corpúsculo de Barr. Mas se a mulher possui anormalmente 3 ou 4 cromossomos X, terá, respectivamente, 2 ou 3 corpúsculos de Barr. No caso de uma mulher portadora da síndrome de Turner, que possui 44 autossomos e apenas um heterocromossomo do tipo X (total de 45 cromossomos), não haverá a observação de qualquer corpúsculo de Barr em suas células. Por outro lado, o homem com síndrome de Klinefelter, que possui 44 autossomos e 3 heterossomos (XXY), embora seja do sexo masculino, possui, em suas células, a cromatina sexual. Mais tarde, foram descobertos os corpúsculos em baqueta de tambor, que também só ocorrem em leucócitos de mulheres.

CARIÓTIPO HUMANO NORMAL

O conjunto de cromossomos presente em uma célula é o cariótipo (do grego *Karyon*, "núcleo"). Mulheres e homens têm, no cariótipo, 22 pares de cromossomos equivalentes e um par que os diferencia. Nas mulheres, o 23º par cromossômico é composto por um par de cromossomos X, enquanto nos homens, o 23º par é composto por um cromossomo X e um cromossomo Y, exclusivo do sexo masculino.

Gráfico mostrando a quantidade de DNA e a variação deste no ciclo celular



Em condições que favorecem o crescimento, o conteúdo total de proteína de uma célula típica aumenta mais ou menos continuamente durante o ciclo. Da mesma maneira, a síntese de RNA continua em uma velocidade constante, exceto durante a fase M, quando os cromossomos estão muito condensados para permitir a transcrição.

NUCLÉOLO: FÁBRICA DE PRODUÇÃO DE RIBOSSOMOS

O nucléolo é a mais proeminente estrutura do núcleo celular. É o sítio de processamento dos RNAr para formar as subunidades 60S e 40S dos ribossomos das células eucariotas, que só irão se agrupar no citoplasma, formando os ribossomos.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

As células animais possuem núcleo delimitado por um envoltório poroso que funciona como uma barreira entre o material nuclear e o citoplasma. As células vegetais, apesar de possuírem núcleo similar, diferem dos animais por apresentarem um envoltório externo à membrana plasmática, denominado parede celular.

Aponte o motivo pelo qual o envoltório nuclear deve apresentar poros. Em seguida, cite as funções da parede celular dos vegetais e seu principal componente químico.

SOLUÇÃO:

É necessário haver trocas de material, como nucleotídeos, RNA e proteínas, entre o núcleo e o citoplasma.

Proteger e dar sustentação e resistência à célula vegetal.

A parede celular é formada principalmente por celulose.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUCMG)



Análise a figura anterior e assinale a alternativa **INCORRETA**:

- (A) A estrutura representada apresenta dupla membrana com poros que permitem a passagem de algumas moléculas.
- (B) A cromatina é constituída por moléculas de DNA enroladas em torno de histonas e pode apresentar-se em níveis variados de condensação.
- (C) Durante a divisão celular, a cromatina se desenrola das histonas para que possa ocorrer a duplicação do DNA.
- (D) Cromatina e cromossomos são encontrados em fases diferentes, na intérfase e na divisão celular, respectivamente.

02. (FUVEST) Quando afirmamos que o metabolismo da célula é controlado pelo núcleo celular, isso significa que:

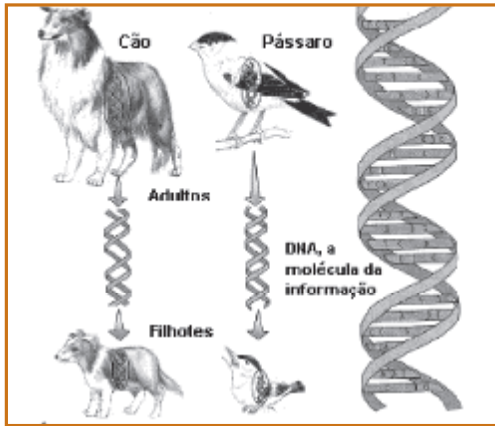
- (A) todas as reações metabólicas são catalisadas por moléculas e componentes nucleares;
- (B) o núcleo produz moléculas que, no citoplasma, promovem a síntese de enzimas catalisadoras das reações metabólicas;
- (C) o núcleo produz e envia, para todas as partes da célula, moléculas que catalisam as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

03. (PUCSP) Um cientista, examinando ao microscópio células somáticas de um organismo diplóide $2n=14$, observa nos núcleos que se encontram na fase G1 da intérfase um emaranhado de fios, a cromatina. Se fosse possível desemaranhar os fios de um desses núcleos, o cientista encontraria quantas moléculas de DNA?

- (A) 14
- (B) 7
- (C) 1
- (D) 28
- (E) 2

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UEG) A figura a seguir refere-se à hereditariedade:



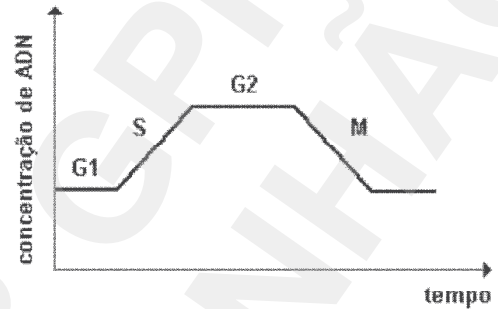
(SILVA JÚNIOR, César; SASSON, Sezar. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 1998, p. 12.)

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

02. (UFF) Um aluno em sua casa, estudando eletromicrografias de diferentes células, recortou o núcleo de duas células para posterior montagem em seu colégio. O núcleo de uma destas células apresentava muita eucromatina e nucléolo bem desenvolvido, e o da outra, muita heterocromatina. No dia seguinte, em sala de aula, o aluno percebeu que os citoplasmas destas duas células também eram diferentes: um apresentava grande quantidade de organelas, e o outro, poucas. O aluno, então, sentiu dificuldade em executar a montagem porque não foi capaz de associar, com precisão, cada núcleo ao respectivo citoplasma.

Tendo em vista as informações dadas, explique como devem ser montadas estas duas células. Justifique sua resposta, levando em consideração a atividade metabólica destas células.

03. (UFRJ) O gráfico a seguir mostra as alterações no conteúdo de ADN durante o ciclo de vida da maioria das células:



Considerando que no tecido nervoso dos adultos não há reprodução celular, construa o gráfico que representa a quantidade de ADN no ciclo celular dessas células. Justifique sua resposta.

04. (UNICAMP) Ribossomos são formados por RNA e proteínas, sintetizados pelos processos de transcrição e tradução, respectivamente.

- (A) Onde esses processos ocorrem na célula eucariótica?
- (B) O que acontecerá com os processos de transcrição e tradução, se ocorrer uma inativação na Região Organizadora do Nucléolo? Justifique.

05. (FUVEST) Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: “as bactérias não têm núcleo nem DNA.”

Você concorda com o estudante? Justifique.

Reprodução Celular (Divisão Celular)

Divisões celulares: estudo dos processos que podem permitir a formação de novas vidas, a manutenção de outras, e que interferem diretamente na qualidade de vida de todas elas.

Existem dois tipos de divisão celular: a mitose, que ocorre em células somáticas, originando duas células-filhas, geneticamente iguais, e a meiose, que ocorre em células germinais diplóides ($2n$), originando quatro células-filhas haplóides (n), geneticamente diferentes entre si. É um conjunto de duas divisões celulares, sendo a primeira reducional e a segunda equacional.

PROCESSAMENTO DA MITOSE

A finalidade da mitose é a de produzir cópias do patrimônio genético da célula. Assim, em consequência da mitose, as células-filhas recebem os mesmos tipos de DNA que havia na célula-mãe. A mitose se desenvolve em 5 fases: prófase, prometáfase, metáfase, anáfase e telófase.

PRÓFASE

Durante esta etapa, a cromatina condensa-se gradualmente em cromossomos bem definidos.

Os centríolos transformam-se em centros celulares, que se separam, migrando para os pólos. O núcleo aumenta de volume e a membrana nuclear se desagrega. Os cromossomos se individualizam. Desaparecem os nucléolos falsos e verdadeiros. A prófase é a primeira fase da mitose.

PROMETÁFASE

Forma-se o fuso acromático. Os cromossomos, mais condensados e presos ao fuso, migram para o equador da célula, fenômeno chamado metacinese. Os centros celulares estão próximos dos pólos da célula. Existem autores que não reconhecem a prometáfase.

METÁFASE

Os centros celulares se encontram nos pólos das células. O fuso acromático está completamente formado. Todos os cromossomos da célula estão dispostos no equador da célula, constituindo os conjuntos deles uma figura chamada placa equatorial.

ANÁFASE

Ocorre a duplicação do centrômero e, em consequência, um cromossomo, que tinha duas cromátides, dá origem a dois cromossomos, cada um deles com uma só cromátide. Por isso mesmo, na anáfase, o número de cromossomos está dobrado. Os cromossomos com uma só cromátide migram para os pólos da célula. As fibrilas cromossomiais encurtam e puxam os cromossomos para os pólos. As fibrilas interzonais aumentam e empurram os cromossomos para os pólos.

TELÓFASE

A célula torna-se alongada.

Os cromossomos atingem os pólos. Ocorre a desespiralização dos cromossomos. Forma-se a rede de cromatina. Reaparecem os nucléolos falsos e verdadeiros. Ocorre a reorganização da membrana nuclear. Os centríolos se duplicam. Ocorre a citocinese, isto é, a divisão do citoplasma. Cada célula-filha formada tem o mesmo número de cromossomos da célula-mãe e a mesma constituição genética.

Importante:

O processo de divisão de citoplasma, conhecido por diversos nomes, como: citocinese, plasmocinese ou plasmotomia, ocorre durante a telófase e é diferente em células animais e vegetais.

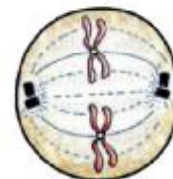
Nas células animais, a divisão do citoplasma ocorre de fora para dentro, através da constrição citoplasmática que se desenvolve no equador da célula, sendo chamada de citocinese centrípeta.

FASES DA MITOSE (CÉLULA ANIMAL)

Célula $2n = 2$



Prófase



Metáfase



Anáfase



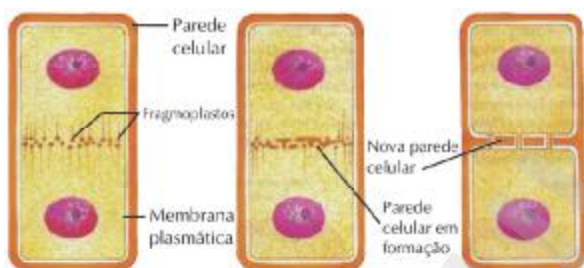
Telófase



Ocorrências que usam mitose:

- reprodução assexuada;
- crescimento do organismo pluricelular;
- desenvolvimento embrionário;
- regeneração; e
- câncer.

Obs.: *Mitose em células vegetais – Em células vegetais, não há centríolos e não se forma o âster. Portanto, a mitose é chamada acêntrica (sem centríolos) e anastral (sem âster). Na citocinese dessas células, não há estrangulamento na região equatorial. Provavelmente, a partir do complexo de Golgi, formam-se nessa região numerosas vesículas contendo pectato de cálcio e magnésio. O conjunto dessas vesículas denomina-se fragmoplasto. Em seguida, elas se fundem, constituindo a lamela média, que funciona como cimento, unindo as células vegetais entre si. Sobre a lamela média deposita-se a celulose, formando a parede celular.*



PROCESSAMENTO DA MEIOSE

A meiose é um tipo de divisão celular que forma células-filhas com a metade do número de cromossomos das células originais. Nesse processo, uma célula diplóide (**2n**) sofre duas divisões e origina quatro células haplóides (**n**).

Nos animais, a meiose acontece durante a produção de gametas. Já nos vegetais, que possuem um ciclo reprodutivo diferente, ela vai ocorrer na formação de células especiais: os esporos.

Durante esse período de duas divisões, cada cromossomo se duplica apenas uma vez, o que explica a redução do padrão cromossômial de **2n** para **n**.

Outra característica importante da meiose é que as células produzidas (gametas nos animais, esporos nos vegetais) não são geneticamente iguais. Esse fato aumenta a variedade genética dos indivíduos formados por reprodução sexuada.

A reprodução sexual foi provavelmente favorecida na evolução devido à recombinação aleatória da informação genética que aumenta a probabilidade de gerar, pelo menos, um descendente que sobreviverá em um ambiente variável e imprevisível.

A compreensão de que as células germinativas são haplóides implica a existência de um tipo especial de divisão nuclear, na qual o número de cromossomos é exatamente dividido em dois.

Exceto pelos cromossomos que determinam o sexo (os cromossomos sexuais), o núcleo diplóide contém duas versões bastante semelhantes de cada um dos outros cromossomos (os autossomos), um dos quais proveniente do pai e outro da mãe. As duas versões são chamadas de homólogos e, na maior parte das células, elas mantêm uma existência

completamente separada com cromossomos independentes. Quando cada cromossomo é duplicado, por replicação de DNA, as cópias gêmeas dos cromossomos replicados ficam, a princípio, associadas, e são chamadas cromátides-irmãs.

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA MEIOSE

A meiose envolve duas divisões celulares com somente uma duplicação dos cromossomos. Na primeira divisão, existe uma prófase longa, onde os estágios clássicos da mitose não são suficientes para descrever sua complexidade. Os estágios sucessivos da meiose podem ser esquematizados da seguinte maneira:

Meiose	Divisão I	Prófase I	Leptóteno
			Zigóteno
			Paquíteno
			Diplóteno
			Diacinese
	Divisão II	Metáfase I	
		Anáfase I	
		Telófase I	
		Prófase II	
		Metáfase II	
		Anáfase II	
		Telófase II	

MEIOSE – 1ª DIVISÃO (FASE REDUCIONAL)

PRÓFASE I

Leptóteno

Durante o leptóteno (do grego *leptos*, “delgado” e “nema”, “filamento”), os cromossomos tornam-se mais visíveis, apesar de já estarem duplicados e conferem duas cromátides; os cromossomos parecem únicos.

Zigóteno

Os cromossomos homólogos iniciam um processo de pareamento, isto é, colocam-se em paralelo. Dá-se o nome de sinapse ao pareamento dos cromossomos homólogos.

Paquíteno

Com a progressiva espiralização iniciada no leptóteno, os cromossomos tornam-se mais visíveis. Pode-se agora perceber que cada cromossomo é constituído por duas cromátides-irmãs. Dá-se o nome de cromátides homólogas às cromátides de cromossomos diferentes.

Cada par de cromossomos pareados recebe o nome de bivalente. Como os cromossomos estão duplicados, cada bivalente é formado por quatro cromátides, daí ser denominado tétrade.

No paquíteno pode haver um processo de intercâmbio entre os cromossomos, denominado *crossing-over*. O *crossing-over* é a troca de partes entre cromátides homólogas e representa uma forma de recombinação do material genético.



Diplóteno

No diplóteno, os cromossomos pareados começam a separar-se, mas permanecem unidos nos pontos de intercâmbio ou quiasmas (do grego *chiasma*, "cruz").

Diacinese

Na diacinese (do grego *dia*, "através de"), a contração dos cromossomos é acentuada. O número de quiasmas torna-se reduzido por um processo denominado terminalização.

METÁFASE I

Os cromossomos homólogos pareados (tétrades) dispõem-se na zona equatorial da célula, organizando a placa equatorial.

ANÁFASE I

Na anáfase I, ocorre separação dos cromossomos homólogos que, puxados pelos fios do fuso, migram para pólos opostos. Para que isso aconteça, ocorre, então, o encurtamento das fibras do fuso. É importante notar que na anáfase I não há divisão dos centrômeros. Portanto, não corre a separação de cromátides-irmãs, e sim a migração de cada um dos cromossomos componentes do par de homólogos.

Portanto, enquanto no final da anáfase mitótica de célula diplóide encontram-se $2n$ cromossomos não-duplicados, nos pólos da célula, no final da anáfase I encontram-se n cromossomos duplicados nessa mesma região.

TELÓFASE I

Caracteriza-se pela desespiralização (ou descondensação) dos cromossomos e pela reorganização da carioteca e do nucléolo. Em seguida, ocorre a citocinese, com a formação de duas células-filhas, cada uma com a metade do número de cromossomos da célula-mãe original.

MEIOSE II

Muito semelhante à mitose, a meiose II também é um processo equitativo, apresentando, para efeito de estudo, as seguintes etapas: prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II.

Prófase II

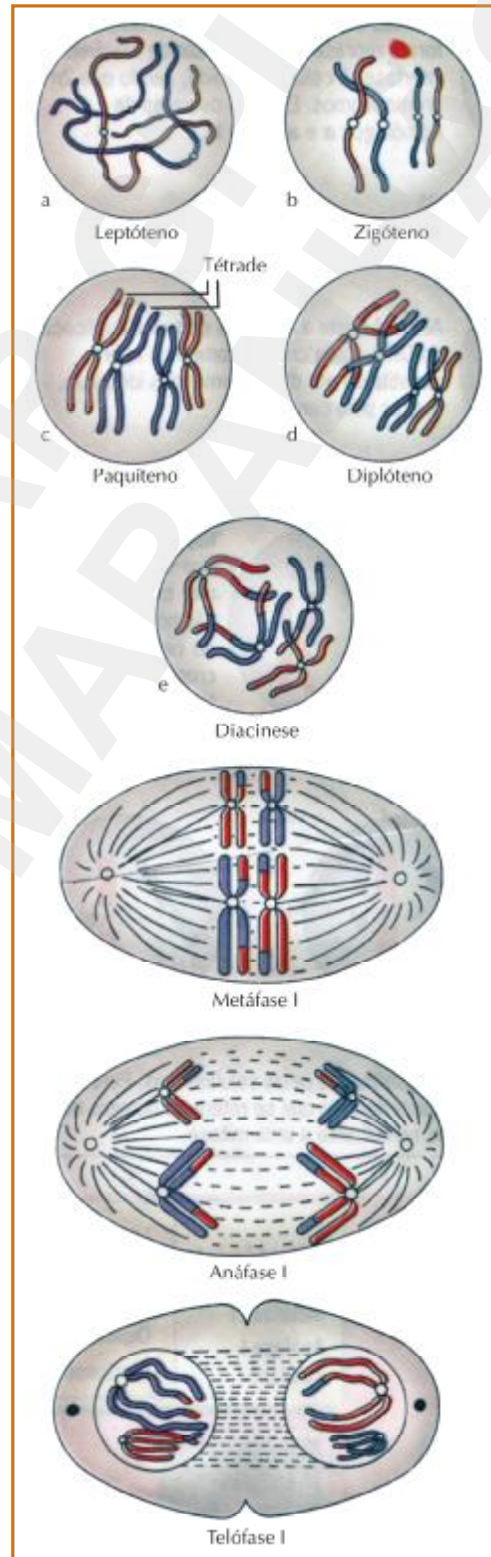
Nessa fase forma-se o fuso mitótico. A carioteca e o nucléolo desaparecem.

Metáfase II

Os cromossomos acham-se dispostos na placa equatorial. No final dessa fase, o centrômero duplica-se e as cromátides-irmãs se separam, constituindo cromossomos-filhos.

Anáfase II

Os cromossomos-filhos migram para pólos opostos, devido ao encurtamento das fibras do fuso.

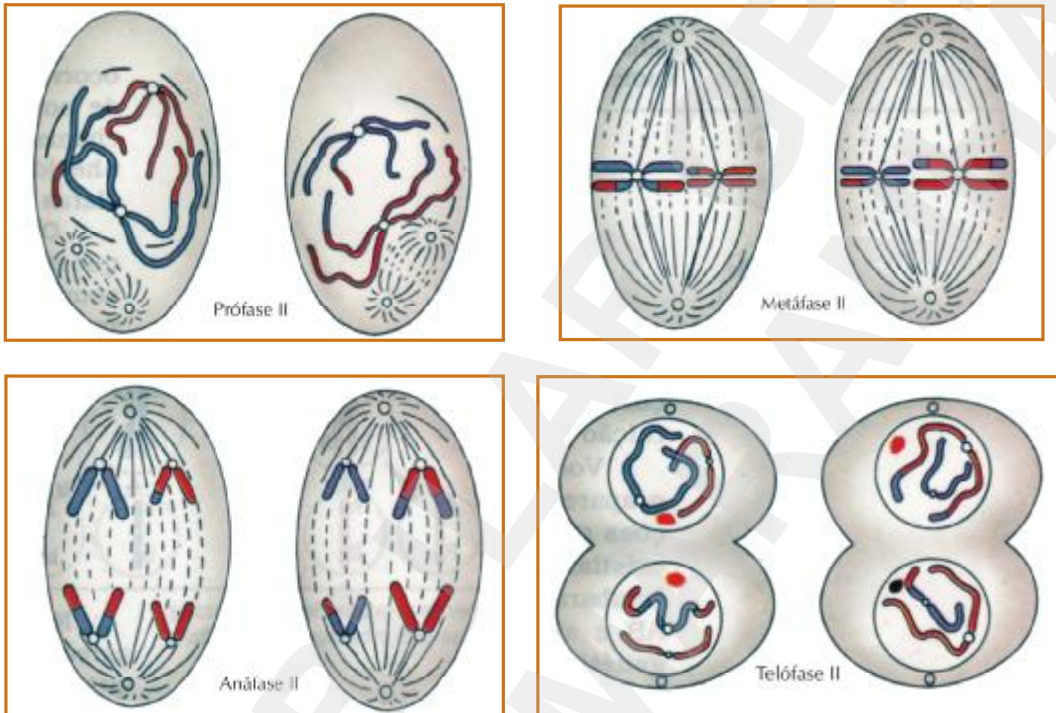




Telófase II

Os cromossomos desespiralizam-se e a carioteca e o nucléolo reorganizam-se. Em seguida, ocorre nova citocinese, acarretando a formação de quatro células haplóides (n), a partir da célula-mãe diplóide ($2n$), que iniciou o mecanismo meiótico.

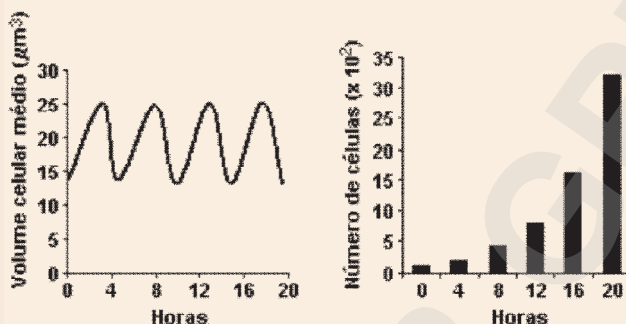
Célula $2n = 4$



RESUMO COMPARATIVO DAS FASES DA MITOSE COM AS DA MEIOSE I		
FASES	MITOSE	MEIOSE I
Prófase	Comossomos homólogos não se pareiam.	Comossomos homólogos pareiam-se.
Metáfase	Placa equatorial formada pelos cromossomos duplicados e não-pareados. Fibras cinetocórias de cada cromátide-irmã irradiam-se para pólos opostos.	Placa equatorial formada pelas tétrades (pares de cromossomos homólogos duplicados). Fibras cinetocórias de cada cromátide-irmã irradiam-se para o mesmo pólo.
Anáfase	Ocorre divisão do centrômero.	Não ocorre divisão do centrômero.
Telófase	Em cada pólo da célula encontram-se $2n$ cromossomos não-duplicados.	Em cada pólo da célula encontram-se n cromossomos duplicados.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Os gráficos a seguir foram obtidos a partir das variações do volume celular e do número de células, observados durante um intervalo de 20 horas em uma cultura de células.



A partir da análise dos gráficos, atenda às solicitações a seguir.

- (A) Explique por que o volume médio das células varia dessa forma ao longo do tempo de observação.
- (B) Estabeleça uma relação entre os dois gráficos.

SOLUÇÃO:

- (A) As células crescem até atingir o tamanho máximo permitido pela relação superfície x volume, após o que passam a se dividir, produzindo células com volume igual à metade da célula-mãe.
- (B) O aumento no número de células é resultante das mitoses, que ocorrem a cada vez que o volume celular atinge seu valor máximo e a célula se divide.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

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

O ciclo celular mitótico garante a reposição celular, o crescimento dos organismos multicelulares e a reprodução assexuada, enquanto o ciclo celular meiótico é um processo importante para a reprodução sexuada.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- (A) a intérfase é um período do ciclo celular que apenas antecede a mitose ou a meiose; nela não ocorrem eventos importantes para a geração de novas células;
- (B) ocorre, tanto na anáfase mitótica quanto na anáfase I meiótica, a separação das cromátides-irmãs, as quais são puxadas para os pólos opostos da célula;
- (C) são formadas duas células diplóides no final da mitose masculina, enquanto que, no final da meiose, são formadas quatro células diplóides, considerando a espécie humana;
- (D) todas as células animais e vegetais iniciam a citocinese (divisão do citoplasma) da mesma forma, pela invaginação da membrana plasmática (movimento centrípeto);
- (E) ocorre, na fase da telófase mitótica, a reorganização do envoltório nuclear e do nucléolo, que foram desorganizados no início do processo de divisão.

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

São diferenças entre meiose II e mitose, EXCETO:

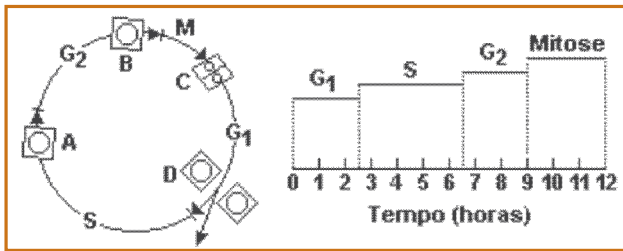
- (A) O DNA se replica antes da mitose, mas não entre meiose I e meiose II.
- (B) Na mitose, as cromátides-irmãs são sempre idênticas, mas na meiose II podem diferir entre si.
- (C) O número de cromossomos na placa equatorial da meiose II é a metade do número de cromossomos na placa equatorial mitótica.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

03. (PUCRS) Uma célula somática com 8 cromossomos durante a fase G1 da intérfase, ao entrar na divisão mitótica, apresentará na metáfase _____ cromossomos metafásicos, cada um com _____.

- (A) 4 – 1 cromátide
- (B) 4 – 2 cromátides
- (C) 8 – 1 cromátide
- (D) 8 – 2 cromátides
- (E) 16 – 2 cromátides



04. (UNIRIO) A figura representa o ciclo celular e um diagrama da duração das diferentes etapas desse ciclo em determinadas células.



Quanto tempo é necessário para que essas células dupliquem o seu DNA?

- (A) 2 horas e 30 minutos.
- (B) 3 horas.
- (C) 4 horas.
- (D) 6 horas e 30 minutos.
- (E) 9 horas.

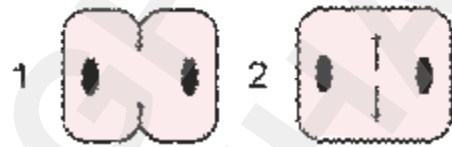
05. (UFF) Examine as seguintes afirmativas referentes ao ciclo celular:

- I. Quando uma célula sai da subfase S da intérfase, apresenta o dobro de DNA.
- II. Se a célula não estiver em processo de divisão, ocorre pouca atividade metabólica no núcleo interfásico.
- III. Divisão celular é um processo que sempre dá origem a duas células geneticamente iguais.
- IV. Na anáfase da primeira divisão da meiose, não ocorre divisão dos centrômeros.
- V. As células germinativas sofrem mitose.

As afirmativas verdadeiras são as indicadas por:

- (A) I e II;
- (B) I e III;
- (C) I, IV e V.
- (D) II e III;
- (E) II, III e V;

06. (UNESP) A figura adiante representa a citocinese em duas células diferentes, 1 e 2.



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

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

07. Analise os eventos mitóticos relacionados a seguir:

- I. Desaparecimento da membrana nuclear.
- II. Divisão dos centrômeros.
- III. Migração dos cromossomos para os pólos do fuso.
- IV. Posicionamento dos cromossomos na região mediana do fuso.

Qual das alternativas indica corretamente sua ordem temporal?

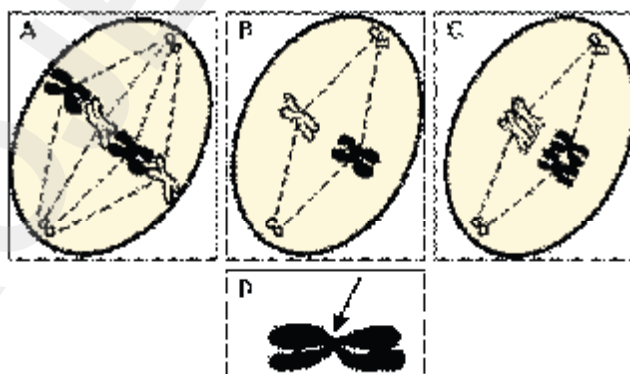
- (A) IV – I – II – III;
- (B) I – IV – III – II;
- (C) I – II – IV – III;
- (D) I – IV – II – III;
- (E) IV – I – III – II.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRRJ) Ao analisar o cariótipo de células obtidas de uma criança com síndrome de Down, observou-se que 70% das células apresentavam 47 cromossomos, por exibirem a trissomia do cromossomo 21, e que 30% das células apresentavam um cariótipo normal, ou seja, 46 cromossomos, sem trissomia do 21.

Responda se o fenômeno da não-disjunção do par de cromossomos 21 ocorreu antes ou depois da formação do zigoto. Justifique sua resposta.

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



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

Não-Disjunção da Meiose e Ácidos Nucléicos

NÃO-DISJUNÇÃO

A ação de substâncias químicas, de vírus ou de radiação pode acarretar a ruptura apenas em determinadas fibras do fuso acromático ou em determinado centrômero. Se isso ocorrer em células germinativas (as que sofrem meiose), os cromossomos homólogos podem não se separar, deixando de migrar um para cada pólo, como normalmente ocorre na meiose.

Esse fenômeno – chamado não-disjunção – pode ocorrer também na segunda divisão da meiose. Nesse caso, as cromátides não se separam, migrando ambas para a mesma célula.

Como resultado desse fenômeno, obtêm-se gametas defeituosos, com falta ou excesso de cromossomos. Tais gametas serão, eventualmente, responsáveis pela formação de zigotos com um número anormal de cromossomos e de embriões que não se desenvolvem, provocando aborto espontâneo.

Caso o embrião se desenvolva, forma-se um indivíduo com um número anormal de cromossomos em todas as células e que, geralmente, irá desenvolver alguma síndrome.

• Aneuploidias

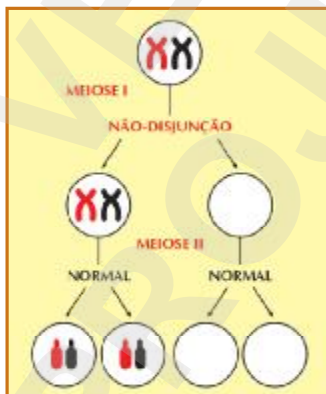
Há um aumento ou diminuição de um ou mais cromossomos, mas não de todos.

O mecanismo cromossômico mais comum da aneuploidia é a não-disjunção meiótica, uma falha da separação de um par de cromossomos durante uma das duas divisões meióticas.

As conseqüências da não-disjunção durante a meiose I e a meiose II são diferentes:

Quando o erro ocorre na meiose I, os gametas apresentam um representante de ambos os membros do par de cromossomos ou não possuem todo um cromossomo.

Todas as células produzidas são anormais.



(Thompson & Thompson *Genetics in Medicine*, 1991)

Quando o erro ocorre na meiose II, os gametas anormais contêm duas cópias de um cromossomo parental (e nenhuma cópia do outro) ou não possuem um cromossomo.

Metade das células produzidas são normais.



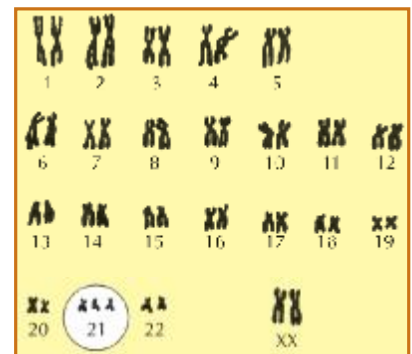
(Thompson & Thompson *Genetics in Medicine*, 1991)

Muito embora as aneuploidias sejam mais freqüentemente decorrentes de erros meióticos, deve-se ter sempre em mente a possibilidade delas resultarem de perda cromossômica ou de falta de disjunção das cromátides durante a primeira divisão mitótica do zigoto, ou durante a segmentação de um dos blastômeros. Em outras palavras, os indivíduos que manifestam aneuploidias podem ser conseqüência de acontecimentos pós-zigóticos.

Obs.: *Cerca de 2% dos pacientes com a Síndrome de Down são mosaicos, em geral possuindo uma mistura de células com 46 e 47 cromossomos, o que resulta da não-disjunção mitótica do cromossomo 21 durante um estágio inicial da embriogênese. Os sintomas nesses casos são variáveis e mais leves, dependendo da proporção de células anormais.*

• Síndrome de Down ou Mongolismo:

Os indivíduos possuem um cromossomo a mais no par 21. Os sinais clínicos dessa síndrome são: cabeça pequena, com a face achatada; olhos com os cantos externos puxados para cima; boca pequena, mas língua de tamanho normal (por isso a língua fica para fora da boca); dentição irregular; pescoço curto e largo; baixa estatura; dedos curtos; linha reta na palma da mão; coeficiente intelectual baixo. Podem chegar à idade adulta.





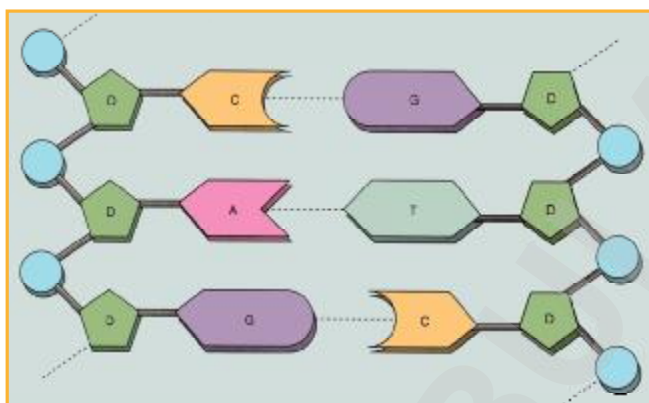
ÁCIDOS NUCLÉICOS

Os ácidos nucleicos (ADN e ARN) são substâncias encontradas em todos os seres vivos, constituídas por moléculas menores denominadas nucleotídeos. Exercem controle sobre todas as atividades celulares, de tal forma que ADN ou DNA exerce controle direto na síntese protéica. Tal controle é denominado código genético ou controle genético.

DNA (Ácido Desoxirribonucléico) – O DNA é constituído por uma longa cadeia dupla de nucleotídeos enrolados entre si de forma helicoidal, segundo o modelo proposto por Watson e Crick.

São 4 as bases nitrogenadas que entram na constituição dos nucleotídeos do DNA: adenina, timina, guanina e citosina.

Podemos esquematizar cada nucleotídeo da seguinte maneira:



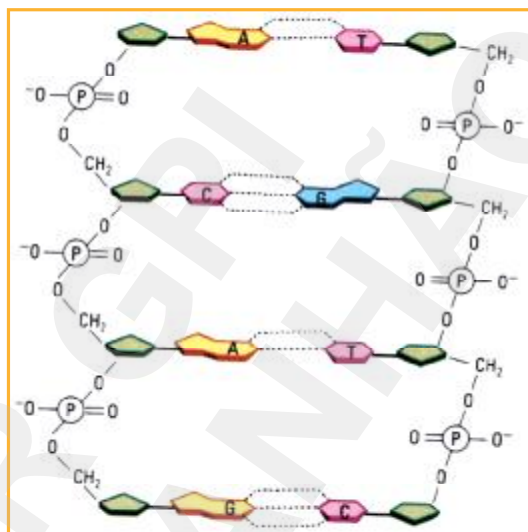
ESQUEMA DOS NUCLEOTÍDEOS

Os nucleotídeos se dispõem em cadeias da seguinte forma: o grupo fosfato de um nucleotídeo liga-se ao açúcar do nucleotídeo seguinte e as duplas cadeias de nucleotídeos ligam-se entre si através das bases nitrogenadas, de forma que a molécula do DNA assume uma estrutura espacial semelhante a uma escada helicoidal, onde os degraus estão representados pela união das bases nitrogenadas através das ligações especiais, chamadas pontes de hidrogênio. No pareamento das bases, temos que a adenina sempre faz ligação com timina; e guanina, sempre com a citosina.

Quanto às bases nitrogenadas, elas se classificam em púricas e pirimídicas. As bases púricas ou purínicas são as mesmas em ambos os tipos de ácidos nucleicos: a adenina (A) e a guanina (G). Já as bases pirimídicas ou pirimidínicas não são as mesmas:

Estruturas químicas das bases pirimídicas. Notar a grande semelhança entre a timina e a uracila:

Tipos de Ligações – Pontes de Hidrogênio



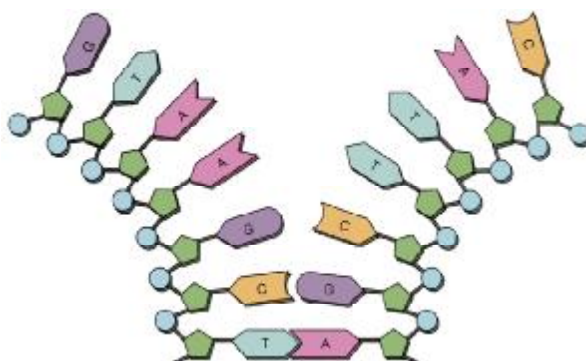
A = T
C ≡ G

A DUPLICAÇÃO DO DNA

A enzima DNA-polimerase promove a ruptura das pontes de hidrogênio e as duas hélices do DNA se separam. Novos nucleotídeos, provenientes da nutrição, começam a se encaixar em cada hélice. Logicamente, o encaixe é específico, isto é, adenina com timina e citosina com guanina. Uma vez encaixados os nucleotídeos, uma outra enzima, chamada DNA-ligase, promove a ligação entre os novos nucleotídeos, constituindo, assim, uma nova hélice. No final, são formadas duas novas moléculas de DNA original. O processo de duplicação do DNA é chamado de autoduplicação ou replicação e ocorre quando a célula se encontra em intérfase no período S.

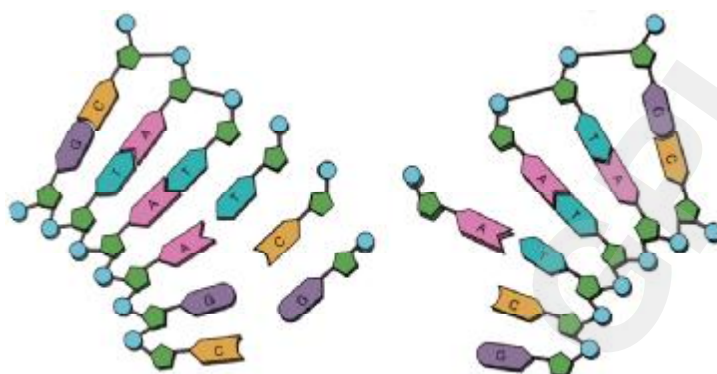
A duplicação do DNA é semiconservativa: cada molécula-filha conserva uma das cadeias de nucleotídeos da molécula-mãe.

- A molécula de DNA abre-se:





- Os desoxirribonucleotídeos, ou nucleotídeos de DNA, vão se encaixando sempre obedecendo ao pareamento A – T, G – C:



A formação das novas hélices se dá em presença da enzima ADN-polimerase. Por ocasião da divisão celular, torna-se necessária a duplicação da molécula de ácido nucléico pelo processo descrito, de forma a preservar nas gerações posteriores a informação genética contida na célula que sofreu divisão.

Na produção de RNA, apenas um filamento de DNA funciona como molde, com participação da enzima RNA-polimerase.

Diferença entre DNA e RNA	
DNA	RNA
Ácido desoxirribonucléico	Ácido ribonucléico
Polímero de desoxirribonucleotídeos	Polímero de ribonucleotídeos
Pentose do tipo desoxirribose.	Pentose do tipo ribose.
Bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e timina.	Bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e uracil.
Geralmente com hélice dupla ou dúplex.	Com hélice simples ou simplex.
Comanda o funcionamento da célula. Transmite a informação genética para as células-filhas. Dá origem ao RNA.	Importante na tradução do código genético em proteína.

Sua ocorrência depende, entre outras, da ação da enzima DNA-polimerase.

- No final, duas moléculas idênticas à primeira foram formadas. Cada uma delas contém uma fita antiga e outra nova. Por isso, o processo de síntese de DNA é conhecido como duplicação semiconservativa.

A molécula do DNA é responsável pela formação do RNA.

O RNA possui uma cadeia única de nucleotídeos. É, portanto, moldado por apenas um dos filamentos do DNA.

Pré-Natal e Saúde do Bebê

Algumas das anomalias podem ser detectadas logo no início da gravidez. A amniocentese é um exame realizado geralmente entre a 14ª e a 18ª semana de gestação, em que se analisa as células do líquido amniótico, que envolve o feto. Este exame permite análise do cariótipo do concepto.

Um outro exame que pode ser realizado para o diagnóstico e terapia de doenças de crianças ainda no útero materno é a cordocentese, quando se faz uma punção do cordão umbilical para retirar amostras de sangue do feto, bem como para transfusões, quando necessário.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

A tira de quadrinhos a seguir faz referência à manipulação de genes em laboratório.



"O Estado de S. Paulo", 27 de maio de 2004.

Se esse tipo de experimento realmente fosse concretizado, poder-se-ia afirmar que:

- (A) o elefante e o vaga-lume são organismos transgênicos;
- (B) apenas o vaga-lume é um organismo transgênico;
- (C) uma seqüência de RNA do vaga-lume foi transferida para células do elefante;
- (D) o gene do vaga-lume controlou a produção de RNA e de proteína no interior das células do elefante;
- (E) uma seqüência de DNA do elefante sofreu mutação devido à introdução do gene do vaga-lume em células daquele mamífero.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. O gato doméstico (*Felis domestica*) apresenta 38 cromossomos em suas células somáticas. No núcleo do óvulo normal de uma gata são esperados:

- (A) 19 cromossomos simples e 19 moléculas de DNA.
- (B) 19 cromossomos duplicados e 38 moléculas de DNA.
- (C) 38 cromossomos simples e 38 moléculas de DNA.
- (D) 38 cromossomos simples e 19 moléculas de DNA.
- (E) 19 cromossomos duplicados e 19 moléculas de DNA.

02. (UFRN) O teste de paternidade usando o DNA tornou-se muito freqüente hoje. No entanto, as pessoas têm muitas dúvidas a respeito desse tipo de exame. As frases a seguir constam numa lista de "mitos e verdades sobre o teste de DNA" encontrada na internet (<http://www.gene.com.br>).

- I. "O exame de DNA só pode ser feito com sangue."
- II. "Sou primo da mãe e estou com medo do resultado ser positivo, mesmo que eu não seja o verdadeiro pai."
- III. "Ele já morreu e não deixou nenhum outro parente vivo. Nunca poderei provar que ele era o pai do meu filho."

Justifique por que cada uma das frases constitui um "mito".

03. (PUCPAR) Os ácidos nucléicos são moléculas formadas pelo encadeamento de um grande número de unidades chamadas nucleotídeos. Cada nucleotídeo é formado por uma base nitrogenada, uma pentose e um radical fosfato.

Em relação às substâncias químicas que formam os nucleotídeos, considere as assertivas:

- I. Existem cinco tipos principais de bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C), timina (T) e uracila (U).

- II. A adenina e a guanina são bases pirimídicas por possuírem em comum um anel da substância conhecida como pirimidina.
- III. O açúcar presente nos ácidos nucléicos pode ser a ribose ou desoxirribose.
- IV. O RNA aparece associado à proteína nos cromossomos, possuindo filamento de nucleotídeos duplo.

Assinale a alternativa correta:

- (A) Apenas I está correta.
- (B) Apenas II e IV estão corretas.
- (C) Apenas I e III estão corretas.
- (D) Todas estão corretas.
- (E) Todas estão INCORRETAS.

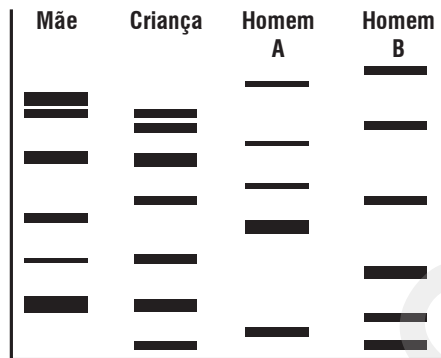
04. (UFC) Analise as afirmativas a seguir, acerca dos elementos constituintes do núcleo celular eucariótico.

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

Pode-se afirmar, de modo correto, que:

- (A) somente I é verdadeira.
- (B) somente II é verdadeira.
- (C) somente I e II são verdadeiras.
- (D) somente I e III são verdadeiras.
- (E) somente II e III são verdadeiras.

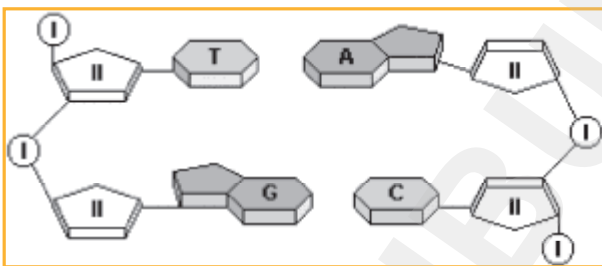
05. (UNESP) A ilustração apresenta o resultado de um teste de paternidade obtido pelo método do DNA-Fingerprint, ou "impressão digital de DNA".



- (A) Segundo o resultado acima, qual dos homens, A ou B, é o provável pai da criança? Justifique.
 (B) Em linhas gerais, como é feito o teste de identificação individual pelo método do DNA-Fingerprint?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFPE) Considerando que na figura a seguir tem-se uma representação plana de um segmento da molécula de DNA, analise as proposições a seguir.



- Um nucleotídeo é formado por um grupo fosfato (I), uma molécula do açúcar desoxirribose (II) e uma molécula de base nitrogenada.
- Um nucleotídeo com Timina (T) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com Adenina (A) em outra cadeia.
- Um nucleotídeo com Guanina (G) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com Citosina (C) em outra cadeia.
- Pontes de hidrogênio se estabelecem entre as bases nitrogenadas T e A e entre as bases nitrogenadas C e G.

Está(ão) correta(s):

- (A) 1 apenas; (D) 2, 3 e 4 apenas;
 (B) 2 e 3 apenas; (E) 1, 2, 3 e 4.
 (C) 1, 2 e 3 apenas;

02. (UFRS) Cinco amostras com ácidos nucléicos foram analisadas quimicamente e apresentaram os seguintes resultados:

- 1ª amostra: ribose
- 2ª amostra: timina
- 3ª amostra: dupla-hélice
- 4ª amostra: uracila
- 5ª amostra: 20% de guanina e 30% de citosina

Entre estas amostras, quais se referem a DNA?

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

03. (UNICAMP) A indústria do entretenimento tem mostrado imagens ilusórias de robôs de ficção como o jovial R2D2 e o chato C3PO, de "Guerra nas Estrelas", e o Exterminador do Futuro. Entre os brinquedos japoneses, há uma série de robôs que imitam movimentos de seres humanos e de animais. Isso deixa as pessoas desapontadas quando se deparam com os robôs reais, que executam tarefas repetitivas em fábricas. Eles não são tão esplêndidos como os anteriormente citados mas significam menos esforço muscular no mundo real. (Adaptado de James Meek, "Robôs mais baratos tomam fábricas européias".)

("O Estado de S. Paulo", 23/9/2000.)

- (A) Uma das diferenças entre robôs e seres humanos é que nos homens existem quatro grupos de moléculas orgânicas. Quais são esses grupos? Explique o que essas moléculas têm em comum na sua composição.
 (B) O sistema robótico armazena energia em baterias. Indique dois órgãos ou tecidos de armazenamento de energia nos seres humanos. Que composto é armazenado em cada um desses órgãos ou tecidos?



A Síntese do RNA e das Proteínas

O RNA é uma molécula intermediária na síntese de proteínas. Ela faz a intermediação entre o DNA e as proteínas.

Ele é formado por uma cadeia de ribonucleotídeos, que, por sua vez, são formados por um grupo fosfato, um açúcar (ribose) e uma base nitrogenada (veja abaixo).

Os principais tipos de RNA são os RNAs mensageiros (mRNAs), os transportadores (tRNAs) e os ribossomais (rRNAs). Os RNAs mensageiros são aqueles que codificam as proteínas e que devem ter seus códons lidos durante o processo de tradução. Os RNAs ribossomais fazem parte da estrutura do ribossomo, junto com diversas outras proteínas e são eles que catalisam a ligação entre dois aminoácidos na síntese de proteínas. Os RNAs transportadores são aqueles que fazem a conexão códon-aminoácido, pois carregam um aminoácido específico de acordo com seu anticódon (complementar ao códon do mRNA).

A TRANSCRIÇÃO

Chamamos de transcrição ao processo de síntese de RNAm a partir de uma das hélices do DNA. O segmento da hélice de DNA que vai servir de molde para fabricar a molécula de RNA é chamado de códon. O processo se desenvolve do seguinte modo: a enzima RNA-polimerase separa parcialmente as duas hélices do DNA através da ruptura das pontes de hidrogênio. A molécula de DNA fica assim apresentando, no local onde ocorrerá a síntese de RNA, uma estrutura com forma de alça. As bases nitrogenadas dessas alças (segmento da hélice de DNA que dará origem ao RNA) servirão de molde para o encaixe de ribonucleotídeos (nucleotídeos com ribose). O encaixe é específico. Na citosina do DNA se encaixa a guanina. Na guanina do DNA se encaixa a citosina. Na timina do DNA se encaixa a adenina e na adenina do DNA se encaixa o uracila. A enzima RNA-ligase é utilizada para promover a ligação entre os ribonucleotídeos, constituindo uma nova hélice, que é o RNA. Quando a mono-hélice de RNA se separa do DNA, as duas hélices do DNA, que estavam separadas, novamente se unem, reconstituindo o DNA.

- Ao trecho correspondente ao molde vão se encaixando os ribonucleotídeos, isto é, os nucleotídeos de RNA. As afinidades químicas obedecem ao esquema: A – U, G – C. Isso porque os ribonucleotídeos não têm timina, e sim uracila:

A transcrição em eucariontes é bem mais complexa que em procariontes. Nos eucariontes, a transcrição ocorre no núcleo, enquanto a tradução ocorre no citoplasma. Já nos procariontes, tal separação celular não existe, sendo os dois processos muito bem acoplados no espaço. A separação temporal e espacial desses dois processos nos eucariontes permite a eles uma melhor regulação da expressão gênica.

Os ÉXONS E OS INTRONS

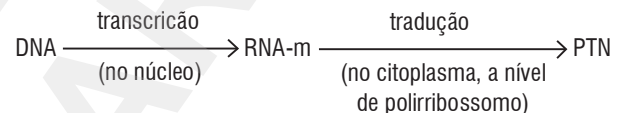
A longa molécula de um DNA contém segmentos particulares que atuam ativamente na produção de RNAm e, conseqüentemente, na síntese de proteínas específicas. Esses segmentos são chamados de éxons. Eles têm um papel essencialmente notável no determinismo genético do

indivíduo. Há, contudo, nos mesmos DNAs, outros segmentos, de função ainda um tanto obscura, talvez precursores da síntese de RNAt e RNAr, mas que não têm uma atividade imediatamente ligada à síntese protéica. Tais segmentos, que parecem à primeira vista “inativos”, são conhecidos como introns. Você não deve confundi-los com aqueles tercetos de bases nitrogenadas, vistos anteriormente no estudo da tradução do código genético, que não codificam aminoácido algum e sempre marcam o final de uma cadeia polipeptídica.

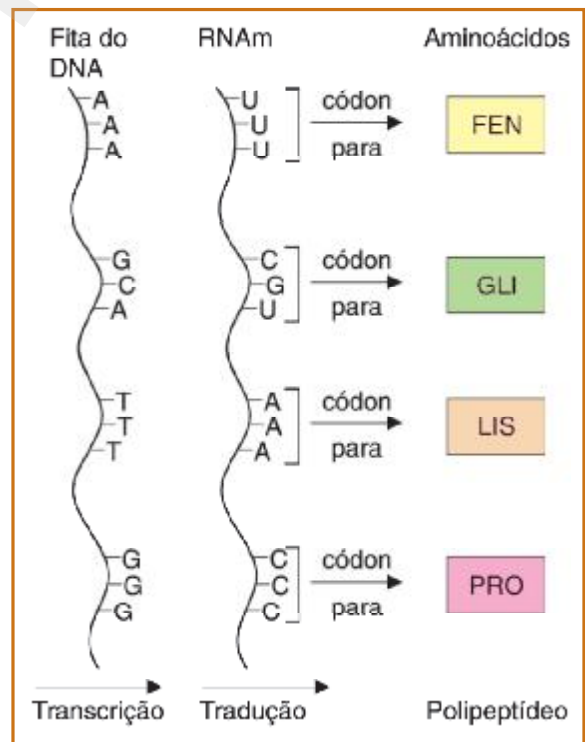
‘Introns’ ou ‘seqüências intervinientes’ (*intervening sequences*) são seqüências de bases nitrogenadas presentes no DNA, mas não no RNA mensageiro (mRNA).

“SPlicing”

A remoção do intron é um processo de alta precisão, uma vez que o erro de apenas uma base levaria à leitura errada de toda seqüência seguinte.



O código genético do DNA é transcrito para o RNAm. A seqüência de bases nitrogenadas da molécula do RNAm é complementar à seqüência de bases do filamento do DNA, que serve de molde, de acordo com a seguinte correspondência:



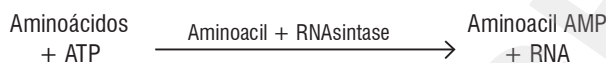


A SÍNTESE DE PROTEÍNAS NA CÉLULA

Na transcrição, as 2 cadeias do DNA se separam e uma delas serve de molde para formar o RNAm. Depois de formado, o RNAm se solta do molde, vai para o citoplasma e a dupla cadeia do DNA se refaz.

No citoplasma, o RNAm se associa a cerca de 50 a 80 ribossomos, formando um polirribossomo ou polissomo ou ergossomo, onde ocorre a tradução do código genético.

Um dos primeiros passos, na síntese protéica, é a ativação dos aminoácidos e o carregamento dos RNAt, do seguinte modo:



Existe pelo menos um aminoacil-RNAt sintase para cada aminoácido. De fato, a tradução correta da mensagem genética depende do alto grau de especialidade dessas enzimas. Elas são altamente seletivas no reconhecimento do aminoácido a ser ativado, bem como do respectivo RNAt. Esta seletividade é possível graças às diferentes seqüências encontradas em cada tipo de RNAt.

A tradução se inicia quando a extremidade de molécula de RNAm se combina com a subunidade menor do ribossoma e com aminoácidos do RNAt. A ligação do aminoácido RNAt ao complexo se dá através de pontes de hidrogênio entre as bases de códon do RNAm e as bases complementares do anticódon do RNAt. Em seguida, a subunidade maior do ribossoma se liga ao complexo para formar o ribossoma completo, capaz de realizar a síntese protéica. Neste estágio, o 1º aminoácido RNAt ocupa o sítio P do ribossoma, enquanto o sítio A está vazio. A leitura prossegue na direção do RNAm pela entrada de um 2º aminoácido RNAt no sítio A do ribossoma. Este segundo aminoácido depende do codón do RNAm que se encontra no sítio A.

Estando os sítios P e A devidamente ocupados, o passo seguinte é a formação da ligação peptídica entre o grupo carboxílico do primeiro aminoácido e o grupo amínico do segundo. Esta reação é catalisada pela peptidil transferase, uma enzima que é parte integrante da subunidade maior do ribossoma. O passo final é a translocação, a qual é necessária para mover o dipeptídeo do sítio A para o sítio P, permitindo a entrada do aminoácido RNAt seguinte. No processo de translocação, o ribossoma se move ao longo do RNAm a uma distância de três nucleotídeos, assegurando, assim, a não-sobreposição do código.

A alongação da cadeia polipeptídica ocorre no sentido do grupamento carboxílico pela repetição dos processos acima, até que, no sítio A, se encontre um dos três códons – UAA, UAG, UGA.

Para estes três códons não existe RNAt com anticódons complementares, mas sim proteínas específicas que os reconhecem como sinais de parada.

É importante enfatizar que muitos ribossomas podem traduzir simultaneamente uma única molécula de RNAm, aumentando grandemente a eficiência de utilização do RNAm. Um grupo de ribossomas ligados a uma molécula de RNAm é chamado polirribossomas ou polissomas. Cada ribossoma deste grupo funciona independentemente, fazendo tradução e constituindo a cadeia polipeptídica completa.

Assim, se temos um polissoma constituído de cinco ribossomas, teremos cinco moléculas daquela proteína.

Tabela do Código Genético

As letras da coluna à esquerda correspondem às bases que ocupam a primeira posição na trinca. As letras da parte superior correspondem às bases que ocupam a segunda posição na trinca. As letras da coluna à direita correspondem às bases que ocupam a terceira posição na trinca. O código genético é chamado de degenerado, pois quase todos os aminoácidos têm mais de uma trinca que os codifica. Apenas dois aminoácidos são codificados por uma única trinca. Há, também, três trincas sem sentido, que não codificam nenhum aminoácido; as trincas sem sentido correspondem a pontuações na molécula de DNA, que indicam onde termina a codificação de uma proteína.

O primeiro códon, nome dado à seqüência de três nucleotídeos do RNAm que codifica um determinado aminoácido a ser identificado, foi correspondente ao aminoácido fenilalanina.

Resumindo, temos:

- nº de códons do RNAm = nº de aminoácidos da proteína. (Sem contar quando existente a Trinca Stop).
- nº de nucleotídeos no RNAm = nº de códons multiplicado por 3.
- Tipo de códons no RNAm = Tipos de aminoácidos da proteína.
- Seqüência de códons no RNAm = Posição dos aminoácidos na proteína.

USO DE ANTIBIÓTICOS E SÍNTESE DE PROTEÍNAS: CUIDADO?

O uso de antibióticos visa interromper o mecanismo de síntese protéica da célula bacteriana, impedindo principalmente a formação da parede celular bacteriana. Isso permite que a membrana plasmática (fosfolipídica) da bactéria fique exposta, facilitando o reconhecimento de antígenos presentes na superfície da membrana por proteínas do sistema imune, permitindo que o patógeno seja eliminado.

A maioria dos antibióticos age sobre os ribossomos, e como os ribossomos dos eucariontes são diferentes dos procariontes, a síntese de proteínas nos primeiros não é, em princípio, afetada, embora possa haver diversos efeitos colaterais, principalmente quando os medicamentos são administrados indevidamente e sem orientação médica.



PRIMEIRA LETRA	SEGUNDA LETRA				TERCEIRA LETRA
	U	C	A	G	
–					–
U	Fenilalanina Fenilalanina Leucina Leucina	Serina Serina Serina Serina	Tirosina Tirosina Códon de parada Códon de parada	Cisteína Cisteína Codón de parada Triptofano	U C A G
C	Leucina Leucina Leucina Leucina	Prolina Prolina Prolina Prolina	Histidina Histidina Glutamina Glutamina	Arginina Arginina Arginina Arginina	U C A G
A	Isoleucina Isoleucina Isoleucina Isoleucina	Treonina Treonina Treonina Treonina	Asparagina Asparagina Lisina Lisina	Serina Serina Arginina Arginina	U C A G
G	Valina Valina Valina Valina	Alanina Alanina Alanina Alanina	Ácido aspártico Ácido aspártico Ácido glutâmico Ácido glutâmico	Glicina Glicina Glicina Glicina	U C A G

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Os biólogos moleculares decifraram o código genético no começo dos anos 60 do século XX. No modelo proposto, códons constituídos por três bases nitrogenadas no RNA, cada base representada por uma letra, codificam os vinte aminoácidos. Considerando as quatro bases nitrogenadas presentes no RNA (A, U, C e G), responda.

- (A) Por que foram propostos no modelo códons de três letras, ao invés de códons de duas letras?
- (B) Um dado aminoácido pode ser codificado por mais de um códon? Um único códon pode especificar mais de um aminoácido?

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFSM) Analise as afirmativas:

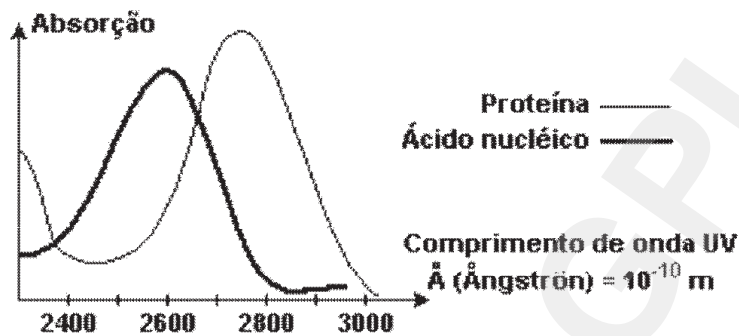
- I. As proteínas e os ácidos nucleicos são formados por aminoácidos.
- II. DNA e RNA são os ácidos nucleicos encontrados tanto em células eucariontes como procariontes.
- III. A informação contida no DNA pode ser copiada em uma fita de RNA, através do processo denominado transcrição.
- IV. A informação presente no RNA pode ser transformada em uma sequência de aminoácidos, através do processo denominado tradução.

Está(ão) correta(s)

- (A) apenas I;
- (B) apenas I e II;
- (C) apenas II e III;
- (D) apenas I, III e IV;
- (E) apenas II, III e IV.



02. (UNIFESP) O gráfico mostra o espectro de absorção de raios ultravioleta (U.V.) por uma proteína e por um ácido nucléico.



Considerando a ação desses raios na célula, o comprimento de onda em que será obtida maior taxa de mutação é:

- (A) 2.400 Angstroms;
- (B) 2.500 Angstroms;
- (C) 2.600 Angstroms;
- (D) 2.700 Angstroms;
- (E) 2.800 Angstroms.

03. (FATEC) O metabolismo celular depende de uma série de reações químicas controladas por enzimas, isto é, proteínas que atuam como catalisadores e que podem sofrer mutações genéticas, sendo modificadas ou eliminadas.

Assinale a alternativa correta, levando em conta os ácidos nucléicos, a ocorrência de mutações e as conseqüentes mudanças do ciclo de vida da célula:

- (A) O DNA é constituído por códons, que determinam a seqüência de bases do RNA mensageiro, necessária à formação dos anticódonos, responsáveis pela produção das proteínas.
- (B) No caso de uma mutação acarretar a transformação de um códon em outro relacionado ao mesmo aminoácido, não haverá alteração na molécula protéica formada, nem no metabolismo celular.
- (C) A mutação altera a seqüência de aminoácidos do DNA, acarretando alterações na seqüência de bases do RNA mensageiro e, conseqüentemente, na produção das proteínas.
- (D) As mutações atuam diretamente sobre as proteínas, provocando a desnaturação dessas moléculas e, conseqüentemente, a inativação delas.
- (E) Quando algumas proteínas são alteradas por mutações, suas funções no metabolismo celular passam a ser realizadas pelos aminoácidos.

04. (ENEM) Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.



Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA:

- (A) de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição;
- (B) de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais pois possui clorofila;
- (C) das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo;
- (D) dos animais encontra-se sempre envelado e é de difícil absorção;
- (E) de características básicas assegura sua eficiência hidratante.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRJ) Após tratar culturas de bactérias com doses de um agente mutagênico capaz de induzir uma única mutação pontual (que afeta apenas um nucleotídeo por célula), analisou-se a seqüência de aminoácidos de uma determinada proteína em diversos mutantes gerados. Verificou-se que um desses mutantes produzia uma dada proteína que diferia da original pela ausência de 35 aminoácidos em uma das extremidades da cadeia peptídica.

Explique como essa única mutação pontual pode fazer com que a síntese da proteína seja interrompida prematuramente.

02. (FUVEST) A seguir está representada a seqüência dos 13 primeiros pares de nucleotídios da região codificadora de um gene.

--- A T G A G T T G G C C T G ---
 --- T A C T C A A C C G G A C ---

A primeira trinca de pares de bases nitrogenadas à esquerda corresponde ao aminoácido metionina.

A tabela a seguir mostra alguns códons do RNA mensageiro e os aminoácidos codificados por cada um deles.

Trinca de bases	Aminoácido	Trinca de bases	Aminoácido
AAC	N	CUA	R
AAU	O	GAA	K
AGG	C	GCA	T
AUA	O	GCC	N
AUC	S	GCU	T
AUG	iniciação	GGC	W
CAU	O	GGG	S
CCU	S	UAA	terminação
CGA	W	UAC	A
CGC	I	UAU	E
		UCG	A

Moléculas de RNA	
5 ^a	3 ^a
AUAUGCAUCGGCUAUCCAUGCCUAUAGGCUACGCAGGGAUAACUAA	

- (A) Escreva a seqüência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro, transcrito a partir desse segmento de DNA.
- (B) Utilizando a tabela de código genético fornecida, indique a seqüência dos três aminoácidos seguintes à metionina, no polipeptídeo codificado por esse gene.
- (C) Qual seria a seqüência dos três primeiros aminoácidos de um polipeptídeo codificado por um alelo mutante desse gene, originado pela perda do sexto par de nucleotídios (ou seja, a deleção do par de bases T = A)?



Engenharia Genética – Tecnologia do DNA Recombinada

INTRODUÇÃO

É hora de entrar no fascinante mundo da Engenharia Genética e conhecer as novidades já disponíveis e aquelas que ainda estão se desenhando nos ramos da terapia gênica e dos transgênicos. Vamos ver alguns dos mecanismos que permitem aos cientistas manipular não apenas genes, como também curas, sonhos e esperança.

A Engenharia Genética ou Tecnologia do DNA Recombinante é um conjunto de técnicas que permite aos cientistas identificar, isolar e multiplicar genes de quaisquer organismos. Um exemplo seria o isolamento, extração e o enxerto de gene humano para a produção de insulina em bactérias da espécie *Escherichia coli*. Essas bactérias, contendo o gene humano, multiplicam-se quando cultivadas em laboratórios, produzindo insulina, o que atualmente é realizado em grande escala.

ALGUNS MÉTODOS DE TRANSFERÊNCIA DE DNA COM USO DE VETORES

Plasmídeo Bacteriano

As bactérias, em particular a *Escherichia coli*, constituem um dos principais materiais biológicos empregados na Tecnologia do DNA Recombinante. Isto se deve a vários fatores:

- ciclo de vida rápido em relação aos organismos superiores.
- cultivo de um grande número de indivíduos em um espaço pequeno.
- apresentação de menor número de genes em relação aos organismos superiores.
- divisão celular por fissão binária.

Lipossomos

Podem ser definidos como vesícula lipídios artificiais, utilizados como veículo para introdução de partículas ou materiais exógenos dentro de protoplastos. Podem ser usadas, portanto, para encapsular DNA e, a partir da fusão do lipossomo com um protoplasto, transferir DNA para dentro da célula.

Biolística

Processo pelo qual empregam-se microprojéteis para a inserção de substâncias nas células e tecidos. O termo biolística (balística biológica) agrega uma série de processos usados para arremessar materiais biológicos, tendo as células como alvos.

O método consiste em bombardear células ou tecidos de plantas com micropartículas (ao redor de $1\mu\text{m}$ de diâmetro) de tungstênio ou ouro, arremessados a partir de um acelerador através de uma câmara especial de bombardeamento em condições de vácuo. Este último permite que partículas menores não sofram desaceleração durante o seu trajeto, alcançando, inclusive, células menores. As moléculas de DNA e RNA são eficientemente ligadas às pequenas partículas de tungstênio, e moléculas de diversos tamanhos podem ser arremessadas para dentro das células, tais como RNA de vírus do mosaico do fumo e plasmídeos de DNA.

Terapia Gênica

Terapia gênica é a transferência direta de genes em humanos para tratar uma doença, constituindo uma das aplicações mais recentes da técnica do DNA recombinante. Atualmente milhares de pacientes já receberam terapia gênica, enquanto muitas tentativas clínicas estão em curso. A terapia gênica está sendo usada para tratar doenças genéticas, câncer, doença cardíaca e mesmo algumas doenças infecciosas tais como a AIDS. Todas essas tentativas dependem da habilidade de um gene introduzido produzir uma proteína terapêutica. Diferentes métodos para transferir genes para células humanas estão atualmente em desenvolvimento. Os vetores geralmente usados são os retrovírus geneticamente modificados, os adenovírus e os vírus adenoassociados, todos eles com suas vantagens e desvantagens.

Um método de transferência gênica é remover células (tais como glóbulos brancos) do corpo de uma paciente, adicionar vírus contendo genes recombinantes e então reintroduzir as células de volta ao corpo do paciente. Em outros casos, os vetores são infetados diretamente no corpo.

A terapia gênica feita hoje em dia trabalha apenas com células não-reprodutivas, as células somáticas. A correção de defeitos genéticos nessas células (terapia gênica somática) proporciona resultados positivos aos pacientes, porém não afeta os genes das gerações futuras. A terapia gênica que altera células reprodutivas (terapia gênica reprodutiva da linhagem germinativa) é tecnicamente possível, mas levante várias questões éticas significativas, uma vez que tem a propriedade de alterar o conjunto genético das gerações.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Um pouco alarmado com a elevada ocorrência de dengue transmitida pelo mosquito '*Aedes aegypti*', um morador de Campinas telefonou para a SUCEN (Superintendência de Controle de Endemias) e relatou que havia sido picado na mata, à noite, por um mosquito grande e amarelado. Relatou também que, no dia seguinte, começou a ter febre e sentir dores nas articulações.

O biólogo da SUCEN, ao saber, ainda, que esse senhor não tinha viajado para qualquer área endêmica da doença, tranqüilizou-o dizendo que certamente ele não teria contraído a dengue, embora fosse importante que ele procurasse atendimento médico.

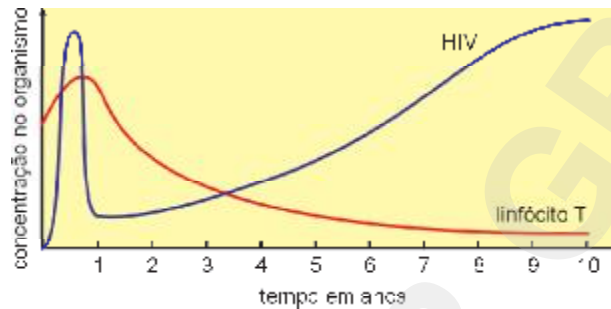
Cite 5 fatos relatados acima que levaram o biólogo da SUCEN a concluir que essa pessoa não estava com dengue.

SOLUÇÃO:

O mosquito '*Aedes aegypti*', transmissor da dengue, é grande, preto e branco, pica de dia e não ocorre na mata. A virose apresenta período de incubação de 3 a 15 dias.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UERJ) O gráfico abaixo demonstra, no organismo humano, a relação entre os linfócitos T e o vírus da imunodeficiência humana (HIV), ao longo de dez anos de curso da síndrome da deficiência imunológica adquirida (AIDS).



(PURVES, William K. et alii. Life. "The Science of Biology". Massachusetts: W. H. Freeman and Company, 1998.)

Explique as razões das quedas das concentrações de:

- (A) linfócitos T;
- (B) HIV.

02. (UNICAMP-SP) Em 1950, o vírus mixoma foi introduzido em uma região da Austrália para controlar o grande aumento de coelhos europeus. O primeiro surto de mixomatose matou 99,8% dos coelhos infectados. O surto seguinte matou 90%. No terceiro surto somente 40 a 60% dos coelhos infectados morreram e a população voltou a crescer. O vírus é transmitido por mosquitos que só picam coelhos vivos. O declínio da mortalidade dos coelhos foi atribuído a fatores evolutivos.

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

03. (UFF-RJ) "O cinegrafista alemão que retornou ao seu país, vindo da África com uma grave doença infecciosa, morreu no dia 6 de agosto. Os médicos do hospital onde ele estava internado informaram que a causa da morte foi febre amarela, e não uma infecção pelo vírus Ebola, como havia sido cogitado na semana passada. Foi a primeira vez em 53 anos que ocorreu um caso de febre amarela na Alemanha."

("O Globo", 07/08/1999)

- (A) Especifique o agente etiológico da febre amarela.
- (B) Na área urbana, o vetor da febre amarela também transmite outra infecção muito comum nas grandes cidades brasileiras. Identifique este vetor e esta outra doença.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01.

(UFES) HEPATITE B CONTAMINA 8% EM RIO BANANAL

O índice, o maior do Estado, é quase 20 vezes superior ao aceitável pela Organização Mundial de Saúde.

(A Tribuna, 1/8/2001.)

Um aluno do Ensino Médio de Rio Bananal, preocupado com a contaminação por hepatite B, pretende produzir um texto informativo para esclarecer a população do seu município. Nesse sentido, fez um levantamento e observou que:

- I. a vacinação em massa, realizada em 1999, não impediu a proliferação da doença;
- II. a população do município é pequena, e ocorre um elevado número de casamentos entre indivíduos dessa região;
- III. a vacinação, feita em novembro de 2001, foi seletiva, priorizando pessoas com idade acima de 20 anos, profissionais da saúde, policiais e bombeiros.



Engenharia Genética (Cont.)

INTRODUÇÃO

Ainda em Engenharia Genética, é hora de falarmos sobre o que há de mais moderno em vacinoterapia: as vacinas de DNA. Além de entender o que são as células-tronco, qual a importância delas e quais são suas potencialidades.

DNA RECOMBINANTE

Em Engenharia Genética, a expressão DNA Recombinante designa o resultado obtido a partir de pedaços de DNA de fontes diferentes ligados entre si. Às vezes, o DNA provém de dois organismos diferentes, como é o caso do gene para insulina ligado ao DNA e da bactéria. Outras vezes, um pedaço de DNA de um organismo pode ser ligado a um DNA sintético produzido em laboratório pela junção de nucleotídeos na sequência desejada.

Para se conseguir DNA recombinante, é preciso cortar as moléculas de DNA que se quer recombinar e, em seguida, “colar” suas extremidades. Para isso, os pesquisadores contam com ferramentas extremamente úteis chamadas enzimas de restrição.

Essas enzimas são capazes de cortar uma molécula de DNA em locais bem específicos, ou seja, cada tipo de enzima de restrição reconhece apenas uma certa sequência de nucleotídeos e efetua o corte somente ao encontrar essa sequência na molécula de DNA.

Essas enzimas são obtidas de bactérias que as produzem naturalmente para se defenderem da invasão de alguns vírus. Isso é possível devido à propriedade que essas enzimas apresentam de picotar o DNA de dupla hélice do invasor em certos pontos específicos. Portanto, cada tipo de enzima de restrição corta uma região específica do DNA.

Cada bactéria tem suas próprias enzimas de restrição e cada enzima reconhece apenas um tipo de sequência, independentemente da fonte do DNA.

O DNA recombinante é uma molécula híbrida obtida pela união de DNAs de fontes biologicamente diferentes. Esses segmentos de DNAs de organismos diferentes são cortados pela mesma enzima de restrição e unidos pela enzima DNA ligase, produzindo, dessa forma, uma molécula híbrida, que é o DNA recombinante.

USO DO DNA RECOMBINANTE NA TERAPIA GÊNICA E NA PRODUÇÃO DE MEDICAMENTOS

Terapia Genética

A terapia genética, ou seja, o uso direto dos genes como medicamentos, é a aplicação que parece a mais óbvia das informações do genoma. Mas ela também é a mais polêmica, uma vez que já ocorreram algumas mortes relacionadas a experiências desse tipo.

A maioria das doenças, como os tumores, a diabetes e a esquizofrenia, envolve interações entre problemas em vários genes. Portanto, essas doenças não podem ser tratadas pela terapia genética. Além disso, retirar um gene anormal pode trazer outros problemas: o gene que causa uma forma de anemia, por exemplo, é o mesmo que protege o organismo contra a malária. Mesmo assim, a pesquisa da terapia genética deve continuar, já que ela apresentou bons resultados no tratamento da hemofilia, por exemplo.

Devido a um defeito genético, podemos não produzir uma proteína ou produzi-la defeituosa, não funcional. Para isto, a proposta da terapia gênica é alterar a porção defeituosa do DNA, para que a célula se torne 100% funcional, isto é, produzir a proteína na sua forma correta em quantidades adequadas.

As técnicas da Terapia Gênica consistem, então, na introdução de um novo genoma na célula-alvo através de um vetor (transportador), podendo ocorrer de duas maneiras:

- 1) **Ex-Vivo:** O tecido ou parte dele é retirado do indivíduo e é submetido aos vetores de transferência no laboratório. Posteriormente, o tecido alterado geneticamente é reimplantado no paciente.
- 2) **In-Vivo:** Os vetores são introduzidos diretamente na corrente sanguínea ou no tecido do paciente.

Os vetores podem ser um retrovírus, um adenovírus, um vírus adeno-associados, lipossomos ou DNA “nu”.

O vírus, após penetrar na célula, tem como característica a utilização da maquinaria celular para produção e replicação do seu material genético, característica esta que o coloca como sendo de grande interesse científico, já que, utilizando-se das ferramentas da Biologia Molecular, pode-se alterar o material genético do vírus de maneira a se retirarem os genes codificadores de proteínas malélicas para o ser humano, permanecendo apenas os genes que dão esta característica invasora a esse microrganismo e os genes que codificam a(s) proteína(s) de interesse. Dessa maneira, após a penetração do vírus na célula, esta irá reproduzir a carga genômica do vírus modificado.

OBSTÁCULOS À TERAPIA GÊNICA

Apesar de parecer simples, a Terapia Gênica tem muitos obstáculos a superar, tais como:

- A célula alterada geneticamente tem que permanecer funcional por um tempo longo, reproduzindo-se.
- O tecido alterado não se transformar em tecido canceroso, apesar da possibilidade ser pequena, pois, se os vetores inoculados inserirem seu DNA em genes vitais que controlam, por exemplo, o crescimento da célula, irá causar uma inativação deste gene e uma conseqüente reprodução contínua e descontrolada da célula, o que caracteriza o câncer.
- Quando o vetor viral ataca a célula em certas condições, pode ocasionar uma ativação de fragmentos de genes adormecidos de outros vírus.
- Quando o vetor é introduzido no organismo, as células do sistema imunológico reconhecem-no como sendo um antígeno e a resposta imune irá destruí-lo antes de sua efetividade, podendo causar até mesmo uma reação alérgica.



TRANSGÊNICOS

Os transgênicos, também conhecidos como organismos geneticamente modificados, são plantas e animais que tiveram sua composição genética modificada em laboratório por cientistas. Todos os organismos vivos são constituídos por conjuntos de genes. As diferentes composições destes conjuntos determinam as características de cada organismo.

Pela alteração destas composições, os cientistas podem mudar as características de uma planta ou de um animal. O processo consiste na transferência de um gene responsável por determinada característica num organismo para outro organismo, ao qual se pretende incorporar esta característica.

Neste tipo de tecnologia, é possível transferir genes de plantas ou bactérias, ou vírus, para outras plantas e ainda combinar genes de plantas com plantas, de plantas com animais ou de animais entre si, superando, por completo, as barreiras naturais que separam as espécies.

Embora o código genético seja o mesmo em todos os organismos, o mecanismo que regula a ativação dos genes é diferencial. Um gene de uma bactéria não trabalhará de maneira correta, caso seja introduzido em uma planta sem as devidas modificações. Assim, a engenharia genética constrói em primeiro lugar um transgene. Este se constitui num segmento de DNA contendo o gene de interesse e um material extra que serve como regulador do funcionamento deste transgene num novo organismo.

A ativação dos genes é controlada por segmentos especiais de DNA, também localizados nos cromossomos. Estas regiões são chamadas de **regiões promotoras**. Quando se cria um transgene, é comum ter que substituir a seqüência promotora do gene a ser transferido para outro organismo. No lugar dessa seqüência promotora que foi extirpada, coloca-se uma outra seqüência capaz de regular e comandar a correta expressão desse gene no organismo que receberá o transgene.

EXEMPLOS DE SERES VIVOS TRANSGÊNICOS

Bactérias Transgênicas e Produção de Hormônios Humanos

A partir da tecnologia do DNA recombinante, foi possível obter bactérias transgênicas produtoras de substâncias de interesse para o homem. Genes da insulina humana e do hormônio do crescimento humano foram clonados e inseridos em bactérias, que passaram a constituir verdadeiras “fábricas” de produção desses hormônios.

A SOJA TRANSGÊNICA

É produzida a soja transgênica Roundup-Ready, resistente ao herbicida Roundup, produzido pela multinacional Monsanto.

Para os seus criadores, a vantagem é que o herbicida passaria a afetar apenas as ervas daninhas que prejudicam as plantações de soja, implicando “redução” nos gastos com herbicidas e aumento da produtividade.

TABACO VAGA-LUME

Cientistas conseguiram fazer cópias do gene que orienta a síntese da enzima luciferase, existente em vaga-lumes. Essa enzima atua em uma substância chamada luciferina e, em presença de oxigênio e ATP, provoca a emissão de luz nesses insetos. O gene foi inserido em células embrionárias de plantas de tabaco. Após o crescimento, a pulverização de luciferina promoveu um espetáculo maravilhoso: as plantas de tabaco emitiam luz!

BATATA RESISTENTE A FUNGOS

Foi produzida a batata transgênica (a partir de genes de abelhas e mariposas) resistente ao fungo causador da peste que dizimou as plantações de batata na Irlanda em 1840. Testes preliminares, feitos em ratos, mostraram que as substâncias derivadas desses genes são inofensivas. Mas permanece a preocupação quanto aos seus efeitos ambientais.

O ARROZ DOURADO

Ingo Potrykus, pesquisador do Instituto Federal de Tecnologia da Suíça, produziu o arroz transgênico, com betacaroteno (precursor da vitamina A) no endosperma das sementes, a partir de genes da planta narciso e da bactéria *Erwinia*. Ao contrário do milho Bt e da soja Roundup Ready, que parecem beneficiar somente os produtores, o “arroz dourado” beneficia diretamente o consumidor.

É preciso lembrar que cerca de 1 milhão de crianças morrem todos os anos por deficiência de vitamina A, e cerca de 350 mil ficam cegas.

O MILHO Bt

É produzido o milho transgênico Bt, assim chamado por ter sido modificado a partir da inserção de genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*, produtores de uma substância inseticida.

Em 1999, o cientista John Losey, da Universidade Cornell, efetuando experimentos em estufas, espalhou pólen de milho Bt em plantas que serviam de alimento a lagartas da borboleta monarca. A maioria das lagartas morreu.

Cresceu, então, o temor de que o mesmo poderia ocorrer na natureza, a partir do espalhamento do pólen do milho modificado, colocando em risco a sobrevivência de insetos úteis para o ambiente. No entanto, experimentos efetuados por Bruce Tabashnik, da Universidade do Arizona, e por May Berenbaum, da Universidade de Illinois, em milharais americanos, revelaram que os riscos para essa e outras espécies de borboletas são mínimos.

No entanto, permanece a recomendação de que haja cuidados na liberação de variedades transgênicas de outras espécies vegetais.

NOVIDADES TRANSGÊNICAS EM VEGETAIS

Em 1992, uma praga de vírus ameaçou destruir toda a plantação de mamão papaia no Havá. Em 1995, no entanto, foram produzidas variedades transgênicas de papaias resistentes aos vírus, recuperando as plantações da fruta.

A striga, a nova dor de cabeça dos produtores asiáticos e africanos de milho, é uma erva daninha cujas raízes se entrelaçam fortemente com as do milho, prejudicando sobremaneira a colheita. Isso ocorre porque as raízes da gramínea liberam substâncias que atraem a striga. Caminha-se para o reconhecimento dos genes que levam à produção das tais substâncias com a finalidade de bloqueá-los.

Vantagens das Transgênicas:

- 1) Toda a variabilidade genética dos organismos da Terra fica a nossa disposição; portanto, não haverá jamais exaustão da variabilidade genética para o melhoramento de vegetais e animais domésticos.
- 2) Em uma “construção”, é possível usar um gene e um promotor para funcionarem da maneira programada no tecido ou órgão, com a intensidade e no tempo do desenvolvimento do organismo escolhido. Também é possível usar promotores que superativem o gene com o aumento ou redução da temperatura ou luminosidade ambiente.



- 3) Obtêm-se plantas resistentes a insetos, pragas, a herbicidas, a metais tóxicos do solo, a fungos, ao amadurecimento precoce, com maior teor protéico e proteínas mais completas, óleos mais saudáveis, arroz com carotenos etc.
- 4) O princípio da “precaução”, enunciado em 1992 na Declaração do Rio sobre Desenvolvimento e Ambiente, diz: “...lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.” Agora está claro que são as plantas transgênicas, com suas defesas genéticas, que representam a esperança de uma efetiva redução dos agrotóxicos, dos custos de produção com aumento de produção.

Desvantagens:

- 1) Somente poucos laboratórios têm os dispendiosos equipamentos e reagentes, e pesquisadores capazes de obter organismos transgênicos com toda a segurança requerida pela lei de Biossegurança, fiscalizada pela Comissão Nacional Técnica de Biossegurança (CTNBio).
- 2) Após a obtenção do organismo transgênico, segue-se a fase mais longa e dispendiosa, de cinco ou mais anos, e milhões de dólares para selecionar e desenvolver o produto. Somente empresas têm arcado com os custos necessários para lançar novas transgênicas.
- 3) Apesar de todas as precauções, as pessoas leigas, ou mesmo pesquisadores de áreas afins, temem que possam existir inconvenientes no futuro.
- 4) Apesar de serem as transgênicas cultivadas em 39,9 milhões de hectares e consumidas por milhões de pessoas há mais de dez anos sem inconvenientes, é fácil para organizações leigas assustar, sem provas, os consumidores submetidos a propagandas movidas a milhões de dólares. O público amedrontado paga essas organizações para ser “informado”.
- 5) Os alimentos “orgânicos”, isentos de agrotóxicos e transgênicos, parecem ideais; entretanto, a sua produção é mais cara, demanda muito labor, espaço e não passa de 1% do necessário. Infelizmente, orgânicos foram os alimentos dados às vacas e aos porcos na Inglaterra que se contaminaram com graves doenças. Também o estrume de vaca usado na cultura de verduras “orgânicas” pode conter uma *E. coli* 715H7, que é letal.

Portanto, a maior desvantagem das transgênicas é que o povo acredita facilmente em propaganda contra algo novo, que dependa de conhecimentos científicos. Por outro lado, é mais fácil continuar a usar alimentos conhecidos. Somente populações mais instruídas têm confiança nos novos produtos da Biotecnologia e se manterão à frente do progresso científico e tecnológico.

COMO SÃO FEITOS OS TRANSGÊNICOS

Algumas plantas – tomate, batata, frutas cítricas e cenoura – podem se regenerar a partir de uma única célula em cultura, em laboratório. É muito mais fácil manipular genes em células isoladas do que num organismo multicelular inteiro. O gene de interesse, proveniente de outro organismo, precisa ser introduzido na planta, o que é conseguido através de uma bactéria capaz de infectar a planta e introduzir nela os seus genes. Assim, o gene de interesse precisa ser associado à bactéria antes da infecção.

Há bactérias do solo, do gênero *Agrobacterium*, que se associam a plantas dicotiledôneas, causando-lhes tumores. Durante a infecção, a bactéria é capaz de inserir seus próprios genes no genoma da planta. Estudos demonstraram que estes genes estão codificados no DNA de grandes plasmídeos de *Agrobacterium*, os plasmídeos Ti (= Tumor

inducing = indutores de tumores), em um segmento de DNA denominado de T-DNA (Transferred DNA = DNA transferido). O T-DNA, carregando os genes bacterianos, integra-se ao genoma da planta, que passa a expressar estes genes. Esta expressão resulta na síntese de auxinas e citocininas, que levam à formação de tumores em plantas, e aminoácidos modificados (opinas), substâncias necessárias para a sobrevivência da bactéria. Em outras palavras: através desta estratégia, a agrobactéria transfere alguns de seus genes para a planta, com os seus plasmídeos Ti, que representam vetores naturais de transferência de material genético para plantas.

Para aproveitar-se destas propriedades naturais para a transferência de genes de interesse em plantas, é necessário eliminar as características indesejáveis do T-DNA, mantendo a sua capacidade de integrar-se ao genoma da planta hospedeira. Em outras palavras, os genes responsáveis pela formação de tumores devem ser eliminados e, no lugar deles, devem ser inseridos os genes de interesse. Com as “tesouras moleculares”, as chamadas enzimas de restrição, é possível executar a substituição destes genes sem interferir nas propriedades que permitem a integração do T-DNA ao DNA da célula hospedeira. Assim, qualquer gene pode ser introduzido em uma célula vegetal, utilizando-se esta ferramenta oferecida pela própria natureza. Neste caso, não se trata de uma invenção humana. A natureza chegou lá primeiro e há muito tempo!

TRANSFERÊNCIA DIRETA DE GENES

Neste caso, os genes são inseridos diretamente na célula vegetal, sem intermédio da agrobactéria. Este tipo de transferência de genes é o método de escolha, quando se trata de plantas monocotiledôneas como milho, trigo etc.

Observação:

No meio ambiente, as sementes modificadas podem provocar desequilíbrios. Por serem mais resistentes à ação de pesticidas ou doenças, há o risco de que elas, num processo de seleção, eliminem as sementes naturais. Ou mesmo que se misturem a outras, pela polinização, criando espécies debilitadas ou estéreis.

“No caso da soja transgênica no Brasil, por exemplo, a planta, que é resistente a herbicidas, pode vir a provocar a polinização de ervas daninhas. As ervas alteradas só serão descobertas anos depois, quando representarem uma séria ameaça a lavouras, já que serão resistentes a herbicidas. Quando isso ocorrer, o seguro contra catástrofes oferecido pela Monsanto já terá vencido e não se poderá responsabilizar ninguém pelo prejuízo.”

CLONAGEM

Para entender o processo da clonagem, é preciso saber um pouco de genética. Existem dois tipos de células: as germinativas (reprodutivas – óvulos e espermatozoides) e as somáticas, que são todas as outras. A clonagem é feita a partir desses dois tipos de células. Cada animal doa uma célula: um cede o núcleo (DNA) de uma célula somática, recebido pelo outro animal em uma célula germinativa, o óvulo. Na Dolly, o núcleo foi retirado de uma célula da glândula mamária. “Um óvulo possui somente metade das informações genéticas. A outra parte vem do espermatozoide.” Por isso, na clonagem, o DNA precisa ser retirado de uma célula somática, que possui todas as informações genéticas do animal a ser clonado – as do óvulo e as do espermatozoide.

Durante uma gravidez normal, o óvulo vai se multiplicando em várias células que copiam o material genético completo para fazer um ser humano. Em certa etapa, essas células idênticas diferenciam-se.



Algumas ligam genes de célula de pele, outras as de sangue e assim por diante. O que os cientistas ainda não conseguiram entender é por que uma célula de glândula mamária, no caso da Dolly, conseguiu voltar à sua antiga função e tornar-se, de repente, uma célula-mãe que gerou outro ser vivo.

Dos 276 óvulos que receberam o DNA de uma ovelha adulta, apenas 29 sobreviveram para serem colocados no útero das ovelhas. Destes 29 embriões, somente Dolly conseguiu nascer saudável. Os outros clones, que foram abortados, tinham anormalidades. Dolly continua bem, mas com um único defeito: as pontas de seus cromossomos – material que está dentro das células –, os chamados telômeros, são curtas demais para sua idade. Isso aconteceu porque o DNA tirado da ovelha que originou Dolly era de um adulto.

Como o telômero encurta com o passar do tempo e Dolly herdou o código genético de um adulto, essa deficiência foi notada. Seus cromossomos indicam uma idade que Dolly ainda não alcançou.

A técnica de clonagem ainda não foi totalmente dominada pelos cientistas.

A ovelha foi sacrificada no Instituto Roslin, na Escócia, após ser diagnosticada com uma doença pulmonar progressiva comum em animais mais velhos. Ela tinha seis anos, enquanto uma ovelha costuma viver 12 anos em média.

TELÔMEROS

Telômeros correspondem às extremidades do cromossomo. Eles são constituídos por seqüências repetidas *in tandem* que conferem ao cromossomo uma certa estabilidade. Cromossomos que perderam os seus telômeros têm uma tendência a se ligarem a outros cromossomos ou então a degenerarem. A cada divisão celular, entretanto, partes dos telômeros vão sendo perdidas, e, ao longo do tempo, os telômeros vão encolhendo. Existe um limite a partir do qual a célula deixa de se dividir, provavelmente para preservar o resto de telômero que ainda existe nos seus cromossomos. Observou-se que algumas linhagens celulares imortais, isto é, que nunca param de se dividir, como as células do testículo humano e células cancerosas, possuem uma enzima, chamada telomerase, que repõe os fragmentos teloméricos perdidos durante a replicação. Observou-se que o telômero de células cancerosas não é maior que o de células normais, apenas ele é estável, ou seja, não diminui durante os ciclos de replicação, ou melhor, diminui mas é reconstituído pela telomerase. O gene para telomerase está presente em todas as células humanas, mas, na maioria delas, ele não é expresso.

O tamanho da região telomérica é controlado pela atividade da telomerase e indica quantos ciclos de replicação uma célula ainda tem. A atividade da telomerase varia durante as fases de desenvolvimento do indivíduo, sendo expressa por mais tempo em alguns tecidos do que em outros e, em determinados casos, por toda a vida. O tamanho dos telômeros e a atividade telomérica ainda podem estar relacionados aos eventos de morte celular programada (apoptose), no qual linhagens celulares morrem em certas fases do desenvolvimento para dar origem a novas células.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(FATEC) “Tracy é uma ovelha transgênica, capaz de produzir uma proteína humana cuja deficiência causa problema hepático e pulmonar.”

Analise as afirmativas a seguir, referentes à técnica utilizada para obtenção de Tracy:

- I. Animal transgênico é aquele que recebe e incorpora genes de outra espécie.
- II. As substâncias utilizadas para isolar o gene a ser transplantado são denominadas ENZIMAS TRANSGÊNICAS.
- III. Para a ligação do DNA transplantado ao DNA hospedeiro, a célula utiliza a ENZIMA LIGASE.
- IV. A técnica do DNA recombinante foi utilizada para obtenção de Tracy.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

SOLUÇÃO:

Letra B.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UERJ) Se retirarmos o núcleo de uma célula-ovo de rã e o substituirmos por outro núcleo diplóide de uma célula de tecido epitelial normal de rã já adulta, a nova célula-ovo assim formada será capaz de produzir outra rã normal.

Dentre as alternativas a seguir, a que apresenta a melhor explicação sobre o que ocorre neste caso, em relação à sequência funcional do DNA da célula diplóide doadora, é:

- (A) foi integralmente inativada;
- (B) foi integralmente mantida ativa;
- (C) expressou-se como na célula epitelial;
- (D) expressou-se como na célula germinativa.

02. (UERJ) Dois cientistas realizaram uma experiência com o objetivo de estudar a transmissão das informações contidas nos genes do núcleo de células de diferentes tecidos. Núcleos de óvulos de rã não fertilizados foram substituídos por núcleos de células somáticas, retiradas de uma mesma rã. Os cientistas observaram que a grande maioria destas células, com seus novos núcleos, resultou na formação de embriões normais.

Explique por que:

- (A) esses núcleos transplantados de células somáticas de diferentes tecidos deram origem a indivíduos normais e idênticos;
- (B) o resultado da experiência seria diferente, se tivessem sido usados núcleos de células germinativas.

03. (UFF) A figura a seguir (Folha de São Paulo, 6/8/98) baseia-se no livro Remaking Eden (Refazendo o Éden) de Lee Silver, o qual afirma que cenas como estas não só são possíveis, como inevitáveis.



Admitindo-se a possibilidade de clonar seres humanos e com base no que tem sido publicado nos principais jornais e revistas do País, responda:

- (A) Como o bebê da figura acima poderia ter sido gerado?
- (B) Qual seria o sexo do bebê gerado por esse processo? Justifique sua resposta.

04. (UFRJ) Em uma experiência de reprodução com uma espécie de mamífero, adotou-se o seguinte procedimento: fundiu-se uma célula do indivíduo 1 com um óvulo, previamente anucleado, do indivíduo 2. A célula assim formada foi implantada no útero do indivíduo 3, desenvolveu-se, e deu origem a um novo ser. Esse novo ser é geneticamente idêntico ao indivíduo 1, ao 2 ou ao 3? Justifique sua resposta.

05. (UNESP) No filme “Parque dos Dinossauros”, um cientista cria em laboratório novas gerações de dinossauros, extintos há 65 milhões de anos, por meio do sangue conservado em mosquitos que os teriam picado e que permaneceram fossilizados no âmbar. Com o sangue, foi possível determinar o DNA dos dinossauros, chegando-se assim à fórmula para recuperar a espécie. Considere a possibilidade de que o DNA obtido pertença a um único dinossauro e que deste DNA foram recuperados vários exemplares.

- (A) O que se poderia dizer dos exemplares recuperados, caso um dos animais seja sensível a uma bactéria que cause pneumonia?
- (B) Justifique sua resposta.



Projeto Genoma Humano

INTRODUÇÃO

Seguimos com o estudo do que há de mais atual e intrigante em genética: a conclusão do Projeto Genoma Humano. O que significa esta conclusão? Quais serão as vantagens? E os perigos? Será que o mapeamento de todo o genoma é o maior dos passos? Ou será apenas um dos primeiros?

TERAPIAS MODERNAS

A possibilidade de o sistema imunológico ser utilizado para destruir as células neoplásicas sempre foi vista como uma questão muito interessante. Nos últimos anos, a imunologia tem feito novas descobertas impressionantes.

O tratamento imunoterápico do câncer se baseia na ativação do sistema imune contra a célula maligna. Ela produz alguns tipos de proteínas que passariam a ser reconhecidas pelas células de defesa do organismo. Haveria, então, a destruição das células do tumor.

Há várias formas de se estimular o organismo a atacar as células neoplásicas. Inespecificamente, através da inoculação de bactérias (por exemplo, a BCG) pouco ativas para produzir doença, mas ativas o suficiente para evocar uma severa reação inflamatória, tornando as células de defesa mais agressivas. Funciona bem se aplicarmos, localmente, no tumor.

Há ainda outras propostas, como a produção de anticorpos monoclonais, contra proteínas específicas, encontradas nas paredes das células neoplásicas. Estes anticorpos ajudariam o sistema imune a reconhecer as células neoplásicas como estranhas. Poderiam, também, carregar consigo toxinas que atingiriam apenas as células com aquela proteína, no caso, as células do câncer.

Há também a possibilidade das “vacinas”, em que se separam antígenos específicos da célula tumoral, e se reinjetam no paciente, que teria seu sistema imune ativado (como já é feito com vírus e bactérias, atualmente).

VACINAS DE DNA

Vacinas podem ser apresentadas em diferentes formas. O estado de imunidade pode ser induzido através do uso de variados tipos de vacinas, as quais se encontram comercialmente disponíveis e são baseadas em microrganismos vivos atenuados, microrganismos vivos inativados, extratos de microrganismos ou proteínas recombinantes.

Além das formas já disponíveis, encontram-se em estágio experimental as vacinas à base de peptídeos, as que utilizam microrganismos vivos recombinantes e as vacinas de DNA. A vacina de DNA é a mais recente forma de apresentação que veio revolucionar o campo da vacinologia. Ela representa um novo caminho para a administração de antígenos. O processo envolve a introdução direta do DNA plasmidiano, que possui o gene codificador da proteína antigênica, e será expressa no interior das células. Este tipo de vacinação apresenta uma grande vantagem, pois fornece para o organismo hospedeiro a informação genética necessária para que ele fabrique o antígeno com todas as suas características importantes para geração de uma resposta imune. Isto sem os efeitos colaterais que podem ser gerados quando são introduzidos patógenos, ou

os problemas proporcionados pela produção das vacinas de subunidades em microrganismos. As vacinas de DNA, em teoria, representam uma metodologia que se aproxima da infecção natural, alcançando a indução da proteção desejada.

VANTAGENS E PROBLEMAS POTENCIAIS DAS VACINAS DE DNA

O uso das vacinas de DNA oferece uma série de vantagens econômicas, técnicas e logísticas quando comparado com as vacinas clássicas, especialmente se considerarmos a sua utilização nas condições oferecidas pelos países em desenvolvimento. Por exemplo, a produção em larga escala é bem mais barata, a manutenção do controle de qualidade é mais fácil, e a comercialização não necessita de uma rede de refrigeração, pois estas vacinas são estáveis à temperatura ambiente.

Estes fatores facilitam o transporte e a distribuição, e viabilizam a transferência desta tecnologia para estes países.

As pesquisas avançam pelo caminho de usar a imunização no tratamento de doenças que nada têm a ver com infecção, o campo de atuação inicial das vacinas. A esperança é que sejam desenvolvidas vacinas capazes de tratar o câncer, o mal de Alzheimer, as doenças cardiovasculares, a artrite reumatóide e o diabetes. Uma das áreas em que as pesquisas estão mais adiantadas é a das vacinas contra males associados a problemas do coração, a principal causa de mortes por doença em todo o mundo. Daqui a cinco anos, deve ser lançada uma vacina contra o colesterol alto. Normalmente, o organismo produz um tipo de proteína, chamada de CETP, que participa da transformação de parte do colesterol bom, o HDL, em LDL, o colesterol ruim. A vacina estimula a produção de uma substância que bloqueia a ação dessa proteína.

No terreno do tratamento do câncer, o método mais promissor consiste em injetar uma bactéria ou um vírus enfraquecido geneticamente num tumor. O objetivo é fazer com que esse microrganismo deflagre um ataque do sistema imunológico, o qual acabaria por destruir as células cancerosas. Alguns experimentos já foram feitos com pessoas portadoras de melanoma, o tipo mais agressivo de câncer de pele. Os resultados foram bastante animadores.

Ainda outra possibilidade para o futuro é a produção de linfócitos por engenharia genética, que levariam à destruição das células tumorais. Estes linfócitos seriam retirados do próprio paciente, o que tornaria o tratamento mais específico.

ALVOS MOLECULARES DA TERAPIA DO CÂNCER

Tratar o câncer em nível molecular envolve o reparo do DNA alterado, desligar proteínas-chave no crescimento celular, e aumentar a sensibilidade das células tumorais às terapias convencionais, como a radioterapia.

Neste campo, entram os estudos sobre ciclo celular e proteínas relacionadas com a regulação do crescimento e multiplicação celular.

O gene p53 é o mais conhecido supressor tumoral. Ele encontra-se alterado em aproximadamente 50% dos cânceres. Encontrar alguma maneira de corrigi-lo seria uma forma inteligente de bloquear o câncer, pois ele levaria as células à autodestruição (apoptose). Além do p53, há vários outros genes envolvidos, e os estudos são promissores.



A perda da senescência (envelhecimento) das células tumorais é outro ponto que pode ser tratado. Os inibidores da telomerase, que é uma enzima que dá uma espécie de “rejuvenescimento” à célula, são novas armas potenciais contra o câncer.

Inibidores de proteínas que ativam o crescimento celular também são potenciais armas poderosas no combate ao câncer, assim como inibidores de proteínas que ajudam as células tumorais a quebrar a estrutura normal do tecido, fazendo invasão e metástases (proteases e colagenases).

ANTIANGIOGÊNESE

Os inibidores de angiogênese são também alvos moleculares. Eles levariam as células tumorais à morte por falta de nutrientes, pois bloqueariam a produção de vasos sanguíneos, essenciais para levar o sangue com os nutrientes ao tumor.

As células tumorais produzem substâncias que fazem os vasos sanguíneos crescerem, para aumentar o fluxo de sangue no local, levando oxigênio e nutrientes. As novas drogas seriam bloqueadoras dessas substâncias produzidas pelos tumores.

Vários estudos ainda estão sendo feitos, sendo a antiangiogênese uma das grandes esperanças no combate ao câncer.

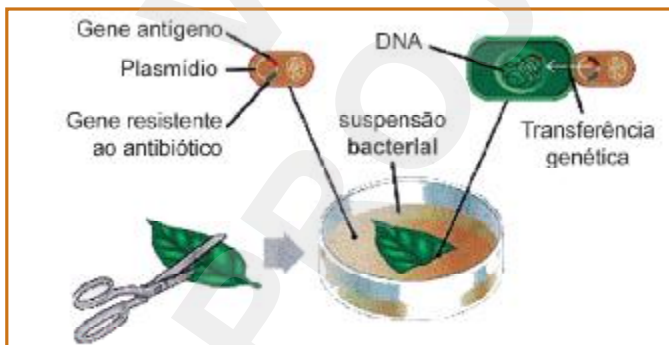
VACINAS “COMESTÍVEIS”

Pesquisas estão sendo feitas pelo cientista norte-americano Charles Arntzen para o desenvolvimento de uma variedade de banana geneticamente modificada que poderá atuar como vacina contra a hepatite B, doença que ataca o fígado e é transmitida por via sexual, sangue e secreções, podendo tornar-se crônica e causar cirrose hepática, câncer no fígado e até a morte. No futuro, a técnica levará a uma grande redução de custos em comparação com a vacinação tradicional.

Também está sendo pesquisada uma variedade de batata geneticamente modificada que estimula o sistema imunológico contra o vírus Norwalk, principal causador de doenças intestinais. A Universidade Federal de Minas Gerais e a Universidade Estadual do Norte Fluminense estão pesquisando variedades de alface geneticamente modificadas que, no futuro, poderão funcionar como vacina contra a leishmaniose e a hepatite B, o que poderá facilitar, além de baratear, a imunização contra essas doenças.

Como Fazer uma Vacina Comestível?

O preparo de uma planta-vacina segue alguns passos comuns. O primeiro deles consiste na exposição das células da planta às bactérias causadoras da doença. Esta bactéria contém um gene que a torna imune à ação do antibiótico.



Após um certo tempo de cultura, um forte antibiótico é adicionado ao meio – todas as células da planta que não tiverem sofrido transferência genética irão morrer. É uma forma de separar o “joio do trigo”.

A próxima etapa consiste na brotação e enraizamento do *callus*. Depois, é só plantar e gerar uma muda.
Pronto: a vacina está na horta!

Sem dúvida que é melhor administrar oralmente uma vacina do que fazer um paciente tomar uma ou mais injeções. Assim, não só as crianças, mas os adultos ficarão mais aliviados. Tradicionalmente, as crianças são imunizadas contra sarampo por via oral. Em países do terceiro mundo, a imunização tradicional implica muitos problemas operacionais. O transporte e a conservação das vacinas devem ser feitos sob baixas temperaturas, exigem eletrificação, refrigeradores e pessoal treinado, tanto para as vacinas orais quanto para as injetáveis. No caso do sarampo, mais de 800 mil pessoas morrem por ano na África. O uso de um programa de imunização visando a alcançar em torno de 90% da população pode ter êxito, segundo os últimos resultados obtidos com as chamadas vacinas comestíveis.

CÉLULAS-TRONCO

Células-tronco são células mestras que têm a capacidade de se transformar em outros tipos de células, incluindo as do cérebro, coração, ossos, músculos e pele.

Células-tronco embrionárias são aquelas encontradas em embriões. Essas células têm a capacidade de se transformar em praticamente qualquer célula do corpo. São chamadas totipotentes. É essa capacidade que permite que um embrião se transforme em um corpo totalmente formado. Cerca de cinco dias após a fertilização, o embrião humano se torna um blastocisto – uma esfera com aproximadamente 100 células. As encontradas em sua camada externa vão formar a placenta e outros órgãos necessários ao desenvolvimento fetal do útero. Já as existentes em seu interior formam quase todos os tecidos do corpo. Estas são as células-tronco de embriões usadas nas pesquisas.

O corpo possui outras células-tronco, que continuam a existir até mesmo na idade adulta. Por exemplo, o sistema hemopoiético (produtor das células sanguíneas), que fica na medula dos ossos, contém células-tronco adultas, que somente conseguem se diferenciar nessas células, e não em outras. No jargão científico, são células chamadas de pluripotentes. Atualmente, essas células já são utilizadas para repor a medula óssea destruída por quimioterapia ou radioterapia contra o câncer.

A novidade é que o governo federal norte-americano, que financia 90% das pesquisas básicas e aplicadas realizadas nesta área, resolveu suspender a moratória que proibia a pesquisa com células-tronco retiradas de embriões abortados. O problema que havia antes com relação a essas regras restritivas é que os grupos pró-vida americanos, que são contra o aborto e a reprodução assistida (“bebês de proveta”), por motivos religiosos ou éticos, tinham conseguido influenciar o governo. A única fonte de células-tronco totipotentes e pluripotentes são embriões geralmente obtidos de tentativas de fertilização in vitro, que existem literalmente às centenas de milhares, congelados em nitrogênio líquido, em clínicas e hospitais que realizam esse procedimento.

Cientistas relataram pela primeira vez que os “dentes de leite”, os dentes temporários que as crianças começam a perder por volta dos seis anos de idade, contêm um rico estoque de células-tronco na polpa dentária.

Os pesquisadores dizem que esta descoberta inesperada teria implicações importantes porque as células-tronco permanecem vivas dentro dos dentes por um período curto depois que eles caem, sugerindo que as células poderiam ser armazenadas.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

A revista “Época”, em 30/07/2001, anunciou em sua capa: “O DNA não falha”. O título referiu-se a uma reportagem da qual foi extraído o trecho a seguir:

“Depois da pílula anticoncepcional, que transferiu para as mulheres o controle da fertilidade, da fertilização “in vitro” e da barriga de aluguel, métodos que permitem a gravidez sem sexo, o teste de DNA surge como uma das grandes descobertas do mundo ocidental. Para muitos especialistas [...] a técnica só traz benefícios. Outros acreditam que reflexos da descoberta vão alterar o universo das relações familiares.”

Sobre a utilização dos testes de DNA, e as implicações dessa prática para os indivíduos e a sociedade em geral, é CORRETO afirmar que:

- 01) os testes de DNA podem ser empregados para finalidades de investigação de paternidade e também para identificação de supostos criminosos, como em casos de estupros e assassinatos.
- 02) o melhor material biológico para um teste de DNA é aquele extraído de núcleos de glóbulos brancos do sangue, mas outros tecidos, como pele e ossos, também podem ser utilizados.
- 04) para uma investigação de paternidade, a partir de testes de DNA, coletam-se amostras biológicas do suposto pai, não sendo necessário obter informações do(a) filho(a) e de sua mãe.
- 08) os exames de investigação de paternidade, a partir de testes de DNA, oferecem, atualmente, resultados com exatidão total, não restando qualquer questionamento ou dúvida sobre os diagnósticos apresentados.
- 16) o custo do exame de DNA, ainda muito elevado no Brasil, é um dos fatores que dificulta sua utilização em larga escala pelos segmentos populacionais menos favorecidos economicamente.
- 32) a criação de bancos de dados, com a identificação genética de criminosos e suspeitos, em países como a Inglaterra, vem gerando grande polêmica, uma vez que podem ser entendidos como uma violação da privacidade biológica dos indivíduos.

SOLUÇÃO:

Soma (59).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01.

(CESGRANRIO) “EXAME DE PATERNIDADE, NO BRASIL, JÁ PODE SER FEITO COM SALIVA”

“Novo teste pode, pela análise do DNA das células, identificar a paternidade de uma pessoa sem a necessidade de coleta de sangue. Esse tipo de teste é particularmente indicado para bebês e crianças pequenas.”

(O GLOBO, 20/08/98)

Nesse tipo de teste, a semelhança estrutural existente entre as moléculas de DNA é tomada por base para a identificação da paternidade. Essa diferença consiste na(o):

- (A) seqüência de bases nitrogenadas;
- (B) aspecto da dupla hélice presente;
- (C) número de fosfatos contidos;
- (D) tipo de pentose existente;
- (E) tipo de desoxirriboses presentes.

02. (FUVEST) O anúncio do seqüenciamento do genoma humano, em 21 de junho de 2000, significa que os cientistas determinaram:

- (A) a seqüência de nucleotídeos dos cromossomos humanos;
- (B) todos os tipos de proteína codificados pelos genes humanos;
- (C) a seqüência de aminoácidos do DNA humano;
- (D) a seqüência de aminoácidos de todas as proteínas humanas;
- (E) o número correto de cromossomos da espécie humana.

03. (PUCCAMP) Os projetos genomas, que estão sendo desenvolvidos em centros de pesquisas de vários países, empenham-se no momento em descobrir:

- (A) a interação dos genes;
- (B) a expressão dos genes, isto é, como eles agem;
- (C) a seqüência exata de nucleotídeos de cada gene;
- (D) quais nucleotídeos servem de molde para a síntese de RNAm;
- (E) como ocorrem a duplicação e as mutações dos nucleotídeos.



Fisiologia Animal

INTRODUÇÃO

É hora de entender como as substâncias obtidas pelos mais diversos grupos de seres vivos é transformada em cada um deles a partir das diferentes formas de digestão.

O corpo humano é formado por vários sistemas e órgãos, cada um constituído por milhões de células necessitando de condições relativamente estáveis para um pleno funcionamento.

Neste módulo, você será introduzido aos vários sistemas que compõem o ser vivo. Os sistemas estudados serão:

- Sistema digestório.
- Sistema circulatório.
- Sistema respiratório.
- Sistema excretor.

Obs.: Os outros sistemas serão estudados em outros capítulos dentro de suas especificações.

SISTEMA DIGESTÓRIO

Os seres vivos necessitam de um suprimento de energia capaz de manter sua atividade metabólica. Essa energia é extraída dos alimentos, que podem ser produzidos pelos próprios organismos – no caso de seres autótrofos – ou obtidos a partir de uma fonte orgânica externa – no caso dos seres heterótrofos.

TIPOS DE DIGESTÃO

A digestão dos nutrientes é processada por substâncias orgânicas específicas (biocatalisadores) chamadas enzimas digestivas.

A digestão dos nutrientes pode ser de dois tipos: intracelular e extracelular.

DIGESTÃO INTRACELULAR

É a digestão que se processa no interior de uma célula. A partícula englobada, geralmente por fagocitose ou pinocitose, é digerida no interior de vacúolos, graças à ação catalítica de enzimas lisossômicas. Após a digestão, as substâncias úteis e resultantes do processo digestivo são incorporadas pelo protoplasma celular.

DIGESTÃO EXTRACELULAR

É a que se processa fora das células, no interior de cavidades do organismo.

Os organismos podem apresentar tipos específicos de ação digestiva, representadas a seguir:

- Organismo com digestão intracelular. Em protozoários e poríferos. A digestão é exclusivamente intracelular.
- Organismo com digestão intra e extra. Os cnidários e os platelmintos.

- Organismo com digestão extracelular. A maioria dos animais apresenta digestão extracelular exclusiva.

PRINCIPAIS TIPOS DE DIGESTÃO EXTRACELULAR EM VERTEBRADOS (GENERALIDADES DE CADA GRUPO)

Em Peixes

Os peixes cartilaginosos apresentam a válvula espiral denominada Tiflósole, que aumenta a superfície de absorção dos alimentos.

Em Anfíbios

Os anfíbios aquáticos têm poucas glândulas mucosas, mais presentes nos anfíbios terrestres. A maioria dos anfíbios apresenta uma língua protátil que facilita a captura do alimento. O aparelho digestivo termina em uma cloaca.

Em Répteis

O sistema digestório é completo, com glândulas bem desenvolvidas, como fígado e pâncreas, tendo o intestino grosso terminado na cloaca, saída única para a qual confluem os condutos dos aparelhos excretor e reprodutor.

Em temperaturas altas, come mais e sua digestão é mais rápida. Como engolem tudo inteiro, pois seus dentes não servem para mastigar e sim reter a presa, sua digestão é feita através de sucos gástricos.

Em Aves

O sistema digestório é formado de bico, faringe, esôfago (papo), estômago (proventrículo + moela), intestino e cloaca.

O alimento, ao ser ingerido, vai até o papo sem nenhuma modificação química; no papo, ele é umedecido e armazenado temporariamente. Em seguida, o alimento é levado para o estômago.

No estômago encontramos duas cavidades: uma câmara anterior chamada proventrículo, que secreta enzimas digestivas, e outra posterior, chamada de moela. Nesta região, a areia e as pedras engolidas pelas aves fazem a trituração do alimento (estômago mecânico). O alimento chega ao intestino delgado, local de absorção do alimento. As aves não apresentam intestino grosso, e, portanto, não acumulam fezes, facilitando o ato de voar, ficando mais leves. O aparelho termina em uma cloaca, na qual desembocam também as terminações dos aparelhos reprodutor e urinário.

Em Mamíferos

Estudaremos nesse segmento apenas os ruminantes e o homem. Em geral, os aparelhos são muitos parecidos e, portanto, não merecem estudo particular.

Em Ruminantes

Ao esôfago longo seguem-se quatro estômagos distintos: o primeiro e maior deles chama-se rúmen ou pança; em seguida vem o barrete, o folhoso e o coagulador.

Os ruminantes são herbívoros e se nutrem de folhagens ricas em celulose. Após a ingestão desse material, o bolo alimentar vai para a pança ou rúmen, em que fica guardado temporariamente. No rúmen, o bolo alimentar constitui excelente meio de cultura para bactérias e protozoários, que proliferam bastante e produzem enzimas chamadas celulase e celobiase, capazes de promover a digestão da celulose. Também ocorre a degradação dos lipídios em ácidos graxos.

Do rúmen, o bolo alimentar passa para o barrete ou retículo e daí volta à boca. Na boca, o animal volta pacientemente a mastigar o bolo alimentar regurgitado (ruminação). Desta vez, o alimento não vai para o rúmen, mas, sim, diretamente para a terceira câmara, o folhoso ou omaso. Neste compartimento, o alimento amolece mais ainda e ocorre intensa absorção de água. A seguir, o alimento passa à quarta câmara, chamada coagulador ou abomaso. Neste compartimento, ocorre a secreção de enzimas. No coagulador, as bactérias são usadas como principal fonte de proteína para os ruminantes.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Os ruminantes (bois, cabras etc.) são capazes de digerir a celulose e o homem não. Explique o que ocorre na digestão dos ruminantes.

SOLUÇÃO:

A digestão é realizada por ação de bactérias e protozoários localizados no rúmen e retículo (2 das 4 divisões “estômago”), degradando a celulose, proteínas e gorduras em moléculas simples e gases.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Existe um certo órgão do aparelho digestório dos animais vertebrados que tem uma função equivalente à dos lisossomos das amebas e de outros protozoários.

- (A) Identifique esse órgão.
- (B) Que característica funcional é comum aos lisossomos e a esse órgão?

02. Leia o texto a seguir, escrito por Jans Jacob Berzelius em 1828.

“Existem razões para supor que, nos animais e nas plantas, ocorrem milhares de processos catalíticos nos líquidos do corpo e nos tecidos. Tudo indica que, no futuro, descobriremos que a capacidade de os organismos vivos produzirem os mais variados tipos de compostos químicos reside no poder catalítico de seus tecidos.”

A previsão de Berzelius estava correta, e hoje sabemos que o “poder catalítico” mencionado no texto deve-se:

- (A) aos ácidos nucleicos;
- (B) aos carboidratos;
- (C) aos lipídios;
- (D) às proteínas;
- (E) às vitaminas.

03. A digestão dos Poríferos (esponjas) é intracelular e realizada por células chamadas:

- (A) arqueócitos;
- (B) porócitos;
- (C) coanócitos;
- (D) pinacócitos;
- (E) amebócitos.

04. Não apresenta tubo digestivo completo:

- (A) Platelmintos;
- (B) Nematódeos;
- (C) Moluscos;
- (D) Anelídeos;
- (E) Aracnídeos.

05. Quando uma célula fagocita uma partícula:

- (A) a digestão das substâncias fagocitadas ocorre por meio de um processo exógeno à célula em estruturas chamadas de desmossomos;
- (B) há formação de pseudópodes contendo enzimas proteolíticas e ácidos nucleicos;
- (C) a digestão das substâncias fagocitadas é feita pelas enzimas encontradas nos lisossomos;
- (D) a digestão das substâncias fagocitadas ocorre no retículo endoplasmático rugoso com a participação dos ribossomos.



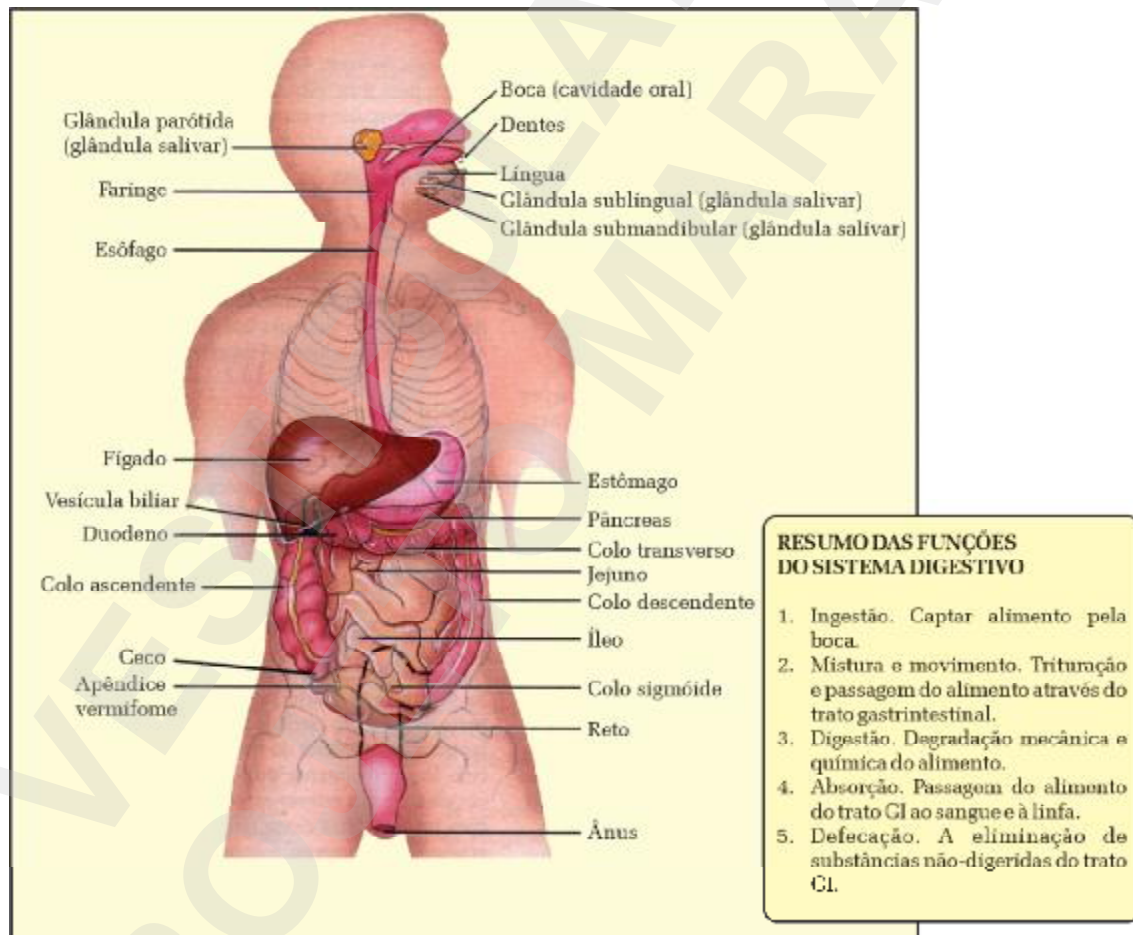
Sistema Digestivo Humano

INTRODUÇÃO

Vamos estudar a digestão humana e entender as várias etapas do processamento dos alimentos, onde ocorrem, o que é absorvido e o que não é aproveitado, além da especificidade das enzimas envolvidas no processo. Aprenderemos um pouco sobre um dos males da vida (sedentária) moderna: a obesidade.

O PROCESSO DIGESTIVO NO HOMEM

Pela função vital, são obtidos os nutrientes necessários para o metabolismo. Tal processo é realizado pelo sistema gastrointestinal. Este é composto por um longo tubo oco ao qual são ligadas glândulas anexas (glândulas salivares, fígado, pâncreas). O alimento ingerido é hidrolisado (degradado em moléculas pequenas) na luz do tubo digestivo.



DIGESTÃO HUMANA

A digestão é extracelular com sistema digestório completo, formado por um longo tubo que vai da boca até o ânus. O alimento passa ao longo do trato digestivo através da boca, faringe, esôfago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus. Fazendo parte do sistema digestório, existem glândulas anexas, produtoras de secreções, que são lançadas no tubo digestivo, auxiliando na digestão. São elas: pâncreas, fígado e glândulas salivares.



A BOCA, FARINGE E ESÔFAGO

A boca é a abertura pela qual o alimento penetra no circuito digestivo. Ai encontramos a língua e os dentes, que preparam o alimento para a digestão. Na mastigação, os dentes reduzem os alimentos em pedaços menores, misturando-os à saliva, facilitando a atuação das enzimas.

As glândulas salivares são estimuladas através do alimento na boca, assim como pela visão e cheiro. A saliva contém a enzima amilase salivar, ou ptialina, além de sais, H₂O e mucina (substância lubrificante). A amilase salivar digere o amido e outros polissacarídeos (como o glicogênio), reduzindo-os a moléculas de maltose (dissacarídeo). As glândulas salivares são classificadas em parótidas, submandibulares e sublinguais. O pH da boca é próximo de 7 (neutro), ideal para a ação da ptialina. O alimento é impulsionado pelas ondas peristálticas que passam através da faringe e esôfago. A faringe é um canal comum aos sistemas digestório e respiratório.

Por ela passam o alimento, que se dirige ao esôfago, e o ar, que se dirige à laringe. No esôfago, canal que liga a faringe ao estômago e que atravessa o diafragma separando o tórax do abdômen, o alimento passa muito rápido chegando ao estômago.

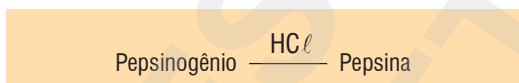
Quando a cárdia (anel muscular, esfíncter) se relaxa, permite a passagem do alimento para o interior do estômago.

O ESTÔMAGO

O estômago é uma porção dilatada do tubo digestivo, em que o alimento sofre ação química (enzimática) e física, passando para o intestino delgado. O armazenamento de alimento ocorre principalmente na parte superior (região fúndica) do estômago e a ação muscular se dá principalmente nas regiões do meio (corpo) e inferior (pilórica).

O estômago produz o suco gástrico, um líquido altamente ácido, formado por muco, enzimas, sais e ácido clorídrico, que, além de manter o pH ácido do estômago, é bactericida e retira minerais de ossos que, porventura, são engolidos com a comida.

A pepsina, enzima mais potente do suco gástrico, é secretada na forma de pepsinogênio. Como este é inativo, não digere as células que o produzem. Por ação do ácido clorídrico, o pepsinogênio, ao ser lançado na luz do estômago, transforma-se em pepsina, enzima que catalisa a digestão de proteínas.



A pepsina, ao catalisar a hidrólise de proteínas, provoca o rompimento das ligações peptídicas que unem os aminoácidos, formando oligopeptídeos. A renina age sobre a caseína (proteína do leite) diminuindo sua velocidade de passagem pelo estômago, facilitando a ação de enzimas proteolíticas, em recém-natos.

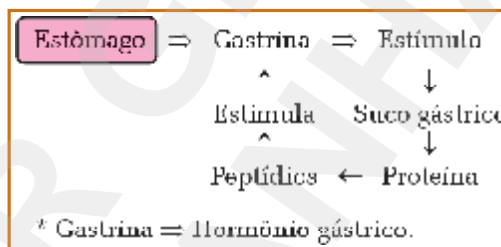
A mucosa gástrica é recoberta por uma camada de muco, que a protege da agressão do suco gástrico, bastante corrosivo. Apesar de estarem protegidas por essa densa camada de muco, as células da camada estomacal são continuamente lesadas e mortas pela ação do suco gástrico. Por isso, a mucosa está sempre sendo regenerada. Estima-se que nossa superfície estomacal seja totalmente reconstituída a cada três dias. Eventualmente ocorre desequilíbrio entre o ataque e a proteção, o que resulta em inflamação difusa da mucosa (gastrite) ou mesmo o aparecimento de feridas dolorosas que sangram (úlceras gástricas).

A mucosa gástrica produz também o fator intrínseco, necessário à absorção da vitamina B12.

A mistura de partículas alimentares parcialmente digeridas e das secreções líquidas, que se acumulam no estômago, é denominada quimo.

Passando por um esfíncter muscular (o piloro), o quimo vai sendo, aos poucos, liberado no intestino delgado, onde ocorre a maior parte da digestão.

A parede do estômago possui glândulas gástricas que secretam o suco gástrico. Este apresenta enzimas hidrolíticas que foram sintetizadas, nas células gástricas, pelo retículo endoplasmático e exportadas pelo Complexo de Golgi.



O INTESTINO DELGADO

O intestino delgado é um tubo com pouco mais de 6m de comprimento, dividido em três regiões: duodeno (cerca de 25cm), jejuno (cerca de 5m) e íleo (cerca de 1,5m) do estômago pela qual este esvazia seu conteúdo no intestino.

Quando o alimento em estado semifluido (quimo) passa ao duodeno através da válvula pilórica, estimula a secreção de suco pancreático e de fluido das glândulas tubulares da parede intestinal.

A digestão do quimo ocorre predominantemente no duodeno e nas primeiras porções do jejuno. No duodeno atua também o suco pancreático, produzido pelo pâncreas, que contém diversas enzimas digestivas. Outra secreção que atua no duodeno é a bile, produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. O pH da bile oscila entre 8,0 e 8,5. Os sais biliares têm ação detergente, emulsionando as gorduras (fragmentando suas gotas em milhares de microgotículas).

O suco pancreático apresenta muitas qualidades de enzimas, entre as quais a tripsina, a quimotripsina, a carbopeptidase, que decompõem proteínas e peptídios em aminoácidos; a amilase, que hidrolisa os polissacarídeos em glicose e maltose, completando a ação iniciada pela amilase da saliva; e a lipase, que transforma lipídios em ácidos graxos e glicerol. Outras enzimas decompõem ácidos nucleicos.

Os bicarbonatos, secretados pelas células dos dutos pancreáticos, neutralizam a acidez do quimo, tornando o conteúdo intestinal ligeiramente alcalino.

A mucosa do intestino delgado secreta o suco entérico, solução rica em enzimas e de pH aproximadamente neutro. Uma dessas enzimas é a enteroquinase. Outras enzimas são as dissacaridases, que hidrolisam dissacarídeos em monossacarídeos (sacarase, lactase, maltase). No suco entérico, há enzimas que dão seqüência à hidrólise das proteínas: os oligopeptídeos sofrem ação das peptidases, resultando em aminoácidos.

O tripsinogênio e o quimiotripsinogênio são formas inativas em que são secretadas as enzimas tripsina e quimiotripsina. Na luz do duodeno, a enteroquinase converte o tripsinogênio em tripsina, enzima proteolítica ativa.

O pâncreas é uma glândula anexa extremamente importante na digestão, já que produz um suco rico em enzimas como: lipases, amilases, tripsina, quimiotripsina e outras. O pâncreas é estimulado por dois hormônios, a colecistocinina e a secretina. O suco pancreático



com enzimas e bicarbonatos (controle da acidez do quimo) é jogado no intestino, função exócrina do pâncreas onde atua na quebra da matéria orgânica tão importante na formação dos vários tecidos e órgãos do corpo humano.

O fígado, além da secreção da bile, armazena glicose (em forma de glicogênio); o fígado ainda trabalha: na síntese de proteínas, regulando a concentração de aminoácidos no sangue; auxilia no metabolismo e excreção de substâncias tóxicas, transformando amônia em uréia, por exemplo; produz um fator antianêmico que auxilia na produção de hemácias; e também destrói hemácias envelhecidas; produz a heparina, um anticoagulante do sangue; armazena vitaminas; e relaciona-se com o metabolismo hormonal.

No intestino, as contrações rítmicas e os movimentos peristálticos das paredes musculares movimentam o quimo, ao mesmo tempo em que este é atacado pela bile, enzimas e outras secreções, sendo transformadas em quimo.

A absorção de nutrientes ocorre através de mecanismos ativos e passivos, nas regiões do jejuno e do íleo. A superfície interna, ou mucosa, dessas regiões, apresenta, além de inúmeros dobramentos maiores, milhões de pequenas dobras (4 a 5 milhões), chamadas vilosidades, que aumentam a superfície de absorção intestinal. As membranas das próprias células do epitélio intestinal apresentam, por sua vez, dobrinhas microscópicas denominadas microvilosidades. O intestino delgado absorve

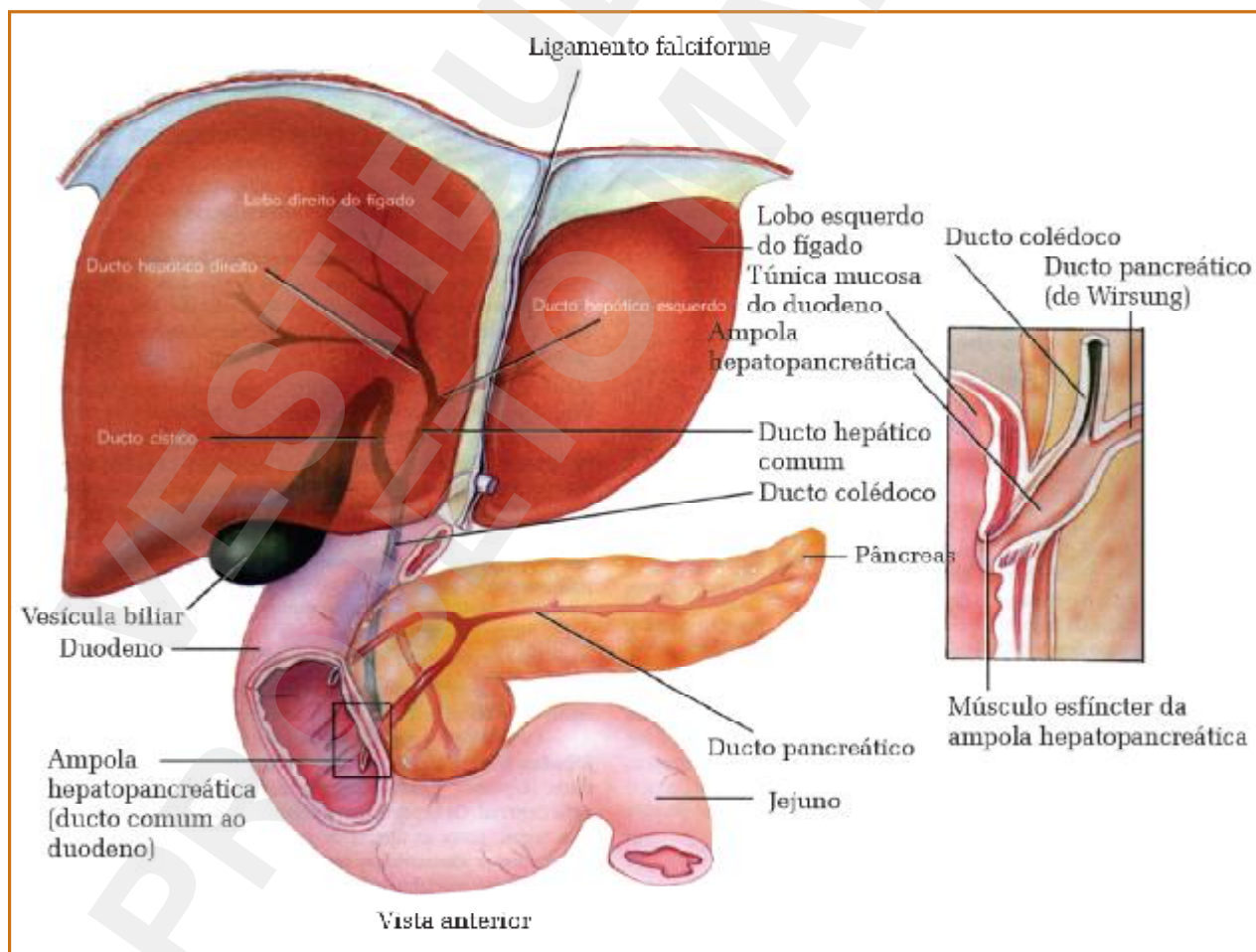
a água ingerida, os íons e as vitaminas.

Os nutrientes absorvidos pelos vasos sanguíneos do intestino passam ao fígado para serem distribuídos pelo resto do organismo. Os produtos da digestão de gorduras (principalmente glicerol e ácidos graxos isolados) chegam ao sangue sem passar pelo fígado, como ocorre com outros nutrientes. Nas células da mucosa, essas substâncias são reagrupadas em triglicerídeos e envelopadas por uma camada de proteínas, formando os quilomícrons, transferidas para os vasos linfáticos e, em seguida, para os vasos sanguíneos, onde alcançam as células gordurosas (adipócitos), sendo, então, armazenadas.

A bile é produzida pelo fígado e alcança a luz do intestino pelo duto colédoco. A bile não é uma secreção que tem enzimas. O que se encontra na bile são os sais biliares, que auxiliam o processo digestivo, reduzindo, fisicamente, os lipídios a pequenas gotículas. Esse processo é denominado emulsificação. Os lipídios emulsionados são facilmente digeridos pelas lipases do suco pancreático.

Se a passagem da bile for mecanicamente obstruída por cálculos biliares ou infecções do duto colédoco, certos pigmentos biliares acumulam-se no sangue e nos outros tecidos do corpo, produzindo icterícia, o amarelecimento da pele e uma região do globo ocular, a esclerótica ("o branco do olho").

Os pigmentos biliares são produtos da degradação da hemoglobina de hemácias velhas. Eles dão à urina e às fezes suas colorações características, do amarelo ao castanho.





INTESTINO GROSSO

É o local de absorção de água e não são produzidas enzimas. A mucosa do intestino grosso secreta muco que lubrifica as fezes, facilitando sua eliminação pelo ânus. Com cerca de 1,5m de comprimento, é dividido em ceco, cólon ascendente, cólon transverso, cólon descendente, cólon sigmóide e reto. A saída do reto chama-se ânus, é fechada pelo esfíncter anal.

Os restos de alimento, junto com bactérias que compõem cerca de 50% das fezes, muco e células mortas da parede intestinal, formam o bolo fecal.

As fibras vegetais, principalmente a celulose, não são digeridas nem absorvidas, contribuindo para tornar as fezes macias e fáceis de ser eliminadas.

Numerosas bactérias vivem em mutualismo no intestino grosso, e elas protegem o organismo contra bactérias estranhas causadoras de doenças.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Quando uma dieta rica em proteínas é dada a uma criança, observa-se o aparecimento de uma grande quantidade de nitrogênio na sua urina, sob forma de uréia. A quantidade de nitrogênio encontrada na urina é ligeiramente inferior à quantidade de nitrogênio ingerida pela criança como alimento.

Quando a criança é submetida a uma dieta sem proteínas por vários dias, a excreção de urina diminui, mas não pára, demonstrando que o organismo continua degradando proteínas.

Indique a origem das proteínas degradadas na dieta sem proteínas e explique por que as crianças com uma dieta deficiente em proteínas apresentam peso e altura abaixo dos padrões considerados normais.

SOLUÇÃO:

Uma vez que o organismo não acumula proteínas como reserva energética, a eliminação da uréia, mesmo na ausência de ingestão de proteínas, mostra que o organismo degrada suas próprias proteínas titulares para energia.

Como as proteínas são nutrientes plásticos, uma dieta deficiente acarretará diminuição na síntese de proteínas necessárias ao desenvolvimento normal da criança.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Colocou-se, num tubo de ensaio, uma solução de farinha de trigo dissolvida em água, extrato de pâncreas de rato e iodo. Inicialmente, o líquido ficou azulado e, após alguns minutos, tornou-se ligeiramente esbranquiçado:

Assinale abaixo a letra que apresenta a melhor explicação para a mudança de cor ocorrida.

- (A) O amido foi digerido por enzimas existentes do extrato pancreático.
- (B) O iodo foi evaporando aos poucos.
- (C) O iodo foi digerido por enzimas existentes no extrato pancreático.
- (D) O iodo desnaturou enzimas do extrato pancreático.
- (E) Numa reação de substituição, o iodo desligou-se do amido para se combinar com o extrato pancreático.

02. “Sanduíche com refrigerante” – muitas vezes esta é a refeição nossa de cada final de manhã. Se considerarmos que a base de um sanduíche é o pão (amido), e que o refrigerante é um líquido ácido, poderemos afirmar que a digestão química do amido na boca fica prejudicada, nesta refeição, porque:

- (A) o pH para a atuação da pepsina é alcalino;
- (B) a pepsina só atua com pH neutro;
- (C) a tripsina necessita de pH ácido para atuar;
- (D) a acidez do refrigerante restringirá a atuação da ptialina;
- (E) o pH na boca é alcalino, para a atuação da lipase salivar.

03. Através da digestão, as moléculas orgânicas, que são grandes e complexas, devem ser hidrolisadas para serem absorvidas. Dentre elas, o amido é um carboidrato:

- (A) cuja digestão começa na boca pela ação da lipase salivar.
- (B) formado por cerca de 30.000 moléculas de glicose, do mesmo tamanho que o glicogênio e a celulose;
- (C) que forma um complexo, que é absorvido pelo intestino delgado, depois da combinação;
- (D) digerido pela amilase salivar, na primeira etapa, produz maltose que, pela ação da maltase, produz 2 moléculas de glicose;
- (E) digerido no estômago pela ação do ácido gástrico e carboidratases diversas.

04. Os animais, salvo raras exceções, alimentam-se a partir da incorporação do material nutriente através do sistema digestivo. Quanto a esse processo, no homem, é incorreta a afirmação:

- (A) A saliva amolece os alimentos e inicia a quebra do amido com auxílio da ptialina.
- (B) A digestão de proteínas inicia-se no estômago, por ação da pepsina.
- (C) Os sais biliares emulsionam as gorduras, facilitando a ação das lipases.
- (D) O suco intestinal, composto por diversas enzimas, quebra o alimento em moléculas simples, para que possam ser absorvidas.
- (E) As moléculas são absorvidas no intestino grosso, que apresenta vilosidades e microvilosidades celulares, que aumentam a área de absorção.



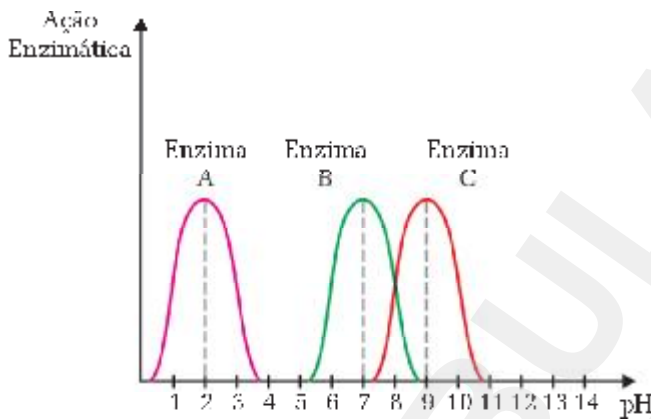
05. No processo digestivo, as moléculas orgânicas devem ser quebradas em moléculas mais simples para que possam ser absorvidas. Dentre elas, o amido é um carboidrato:

- (A) cuja digestão inicia na boca por ação da ptialina;
- (B) digerido pela lipase no duodeno;
- (C) que forma um complexo vitamínico que é absorvido, sem digestão, na região do intestino delgado;
- (D) extremamente simples e, por isso, absorvido, sem alterações, na região do intestino delgado;
- (E) digerido no estômago por ação do ácido clorídrico.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. As enzimas atuam de forma mais eficiente quando o pH do meio é ideal.

O gráfico a seguir representa a ação de três enzimas.



Pode-se afirmar que a enzima:

- (A) A é produzida sob a forma de zimogênio;
- (B) A desdobra polissacarídeos em dissacarídeos;
- (C) B desdobra lipídios em ácidos graxos;
- (D) B é produzida sob estímulo da gastrina;
- (E) C inicia a digestão de protídios.

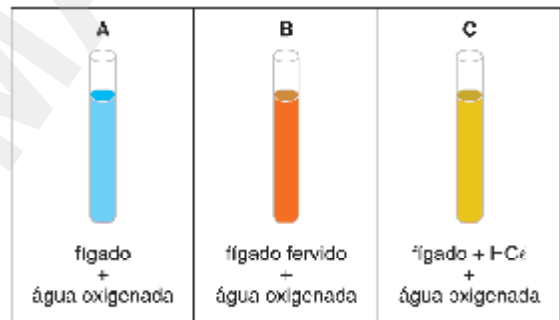
02. Enzimas que atuam em pH alcalino sobre gorduras, em pH neutro sobre carboidratos e em pH ácido sobre proteínas podem ser encontradas, respectivamente:

- (A) no pâncreas, na boca e no estômago;
- (B) no pâncreas, na vesícula biliar e no estômago;
- (C) na vesícula biliar, na boca e no duodeno;
- (D) na boca, no pâncreas e no estômago;
- (E) no pâncreas, na boca e no duodeno.

03. Após uma cirurgia de emergência, devido à presença de grande quantidade de cálculos biliares, uma pessoa teve retirada a sua vesícula biliar. Portanto, pode-se esperar que:

- (A) a bile passará a ser lançada diretamente na corrente sanguínea;
- (B) a secreção da bile será feita de forma contínua, não se restringindo aos períodos de digestão;
- (C) não haverá mais produção de bile;
- (D) o emulsionamento das gorduras ficará a cargo apenas das lipases do suco pancreático e do suco entérico.

04. Num experimento, foram montados 3 tubos de ensaio conforme o esquema a seguir. Sabendo-se que a catalase é uma enzima presente no fígado, que acelera a reação de quebra da água e oxigênio.



Assinale a alternativa errada.

- (A) O tubo A apresentará um borbulhamento, indicativo da liberação de oxigênio;
- (B) No tubo B não haverá borbulhamento, pois a fervura do fígado desnaturou a catalase presente;
- (C) No tubo C não haverá borbulhamento, pois a alteração de pH também pode desnaturar as enzimas;
- (D) O aumento da quantidade de água oxigenada no tubo A será sempre acompanhado do aumento na velocidade da reação;
- (E) Se o fígado do tubo A estiver triturado, a reação será mais intensa, pois haverá maior superfície de contato entre a enzima e o seu substrato.



Sistema Circulatório

Nos organismos unicelulares e nos pluricelulares de pequeno porte, o transporte de substâncias dá-se por um simples mecanismo de difusão. Nos de maior complexidade, surgiu um mecanismo de transporte mais complicado, com a formação de canais definidos para fluir o sangue, a hemolinfa ou as seivas, contendo os nutrientes essenciais à vida do animal ou da planta.

O coração e os vasos sanguíneos são denominados conjuntamente de sistema cardiovascular. Um rápido fluxo de volume de sangue por todas as partes do organismo, através dos vasos sanguíneos, é produzido pelas pressões geradas pela ação bombeadora do coração. A extraordinária arborização dos vasos sanguíneos assegura que todas as células do corpo estejam muito próximas nos vasos menores e mais finos, os capilares.

FUNÇÕES DO SANGUE

- (A) Transporte de alimentos para os tecidos.
- (B) Retirada de resíduos metabólicos, excesso de água para os órgãos excretores.
- (C) Condução de hormônios das glândulas para os tecidos com as células-alvo de sua ação.
- (D) Transporte de anticorpos para a defesa do organismo.
- (E) Transporte de O_2 dos pulmões para os tecidos e retirada de CO_2 em sentido inverso.
- (F) Transporte de H_2O e outras substâncias inorgânicas necessárias ao metabolismo celular.

TIPOS DE SISTEMAS CIRCULATÓRIOS

Circulação	Fechada
	Aberta
Circulação	Dupla
	Simples
Circulação	Completa
	Incompleta

Obs.: Os sistemas circulatórios dos invertebrados serão estudados em taxionomia dentro do Reino Animal.

VASOS SANGÜÍNEOS

Os vasos sanguíneos são tubos pelos quais o sangue circula. Há três tipos principais: as artérias, que levam sangue do coração ao corpo; as veias que o reconduzem ao coração; e os capilares, que ligam artérias e veias.

VEIA



As veias levam ao coração sangue vindo do corpo. Suas paredes são mais finas que as das artérias.

ARTÉRIA



As artérias levam sangue do coração a todo o corpo. Suas paredes são espessas e dilatáveis.

CAPILAR



Os capilares levam sangue aos tecidos, para fornecer oxigênio às células. Eles ligam artérias a veias.

CIRCULAÇÃO FECHADA OU VASCULAR

Neste tipo, o sangue circula sempre dentro de vasos bem delimitados e não se mistura com os líquidos intercelulares. A pressão sanguínea é maior que na circulação aberta e o "caminho" dos vasos é: coração, artérias, arteríolas, capilares, vênulas, veias, coração etc.

Este tipo de circulação aparece nos anelídeos (minhocas, sanguessugas e vermes marinhos), nos moluscos do tipo cefalópodos (polvo, lula etc.) e nos cordados protocordados (exceto urocordados) e vertebrados.

CIRCULAÇÃO ABERTA OU LACUNAR

Sistema formado por coração e vasos que terminam livremente em câmaras e lacunas, chamadas hemocelos. Nas hemocelos, o sangue mistura-se aos líquidos intercelulares, garantindo as trocas com as células. O sangue é novamente conduzido ao coração pelas próprias lacunas ou



por meio de vasos venosos. A penetração no coração é feita por meio de orifícios chamados ostíolos.

A circulação aberta é encontrada nos artrópodes e na maioria dos moluscos, exceto nos cefalópodos (polvo, lula etc.) e em protocordados da classe urocordados.

CIRCULAÇÃO DUPLA X CIRCULAÇÃO SIMPLES

- 1) Circulação dupla: típicas das aves e mamíferos, encontrada também em répteis e anfíbios. Caracteriza-se pelo retorno do sangue ao coração após a hematose, para ser distribuído aos tecidos. Isso faz com que o sangue ganhe pressão.
- 2) Circulação simples: é quando o sangue passa apenas uma vez pelo coração, isto é, não retornando para ser distribuído após a hematose. Ocorre nos peixes ósseos e cartilagosos.

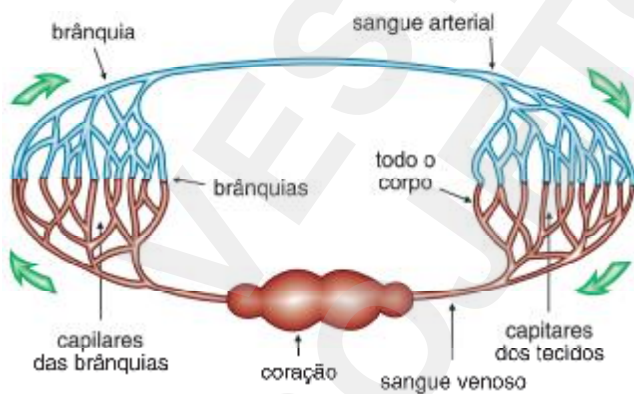
CIRCULAÇÃO COMPLETA X CIRCULAÇÃO INCOMPLETA

- 1) Circulação completa: neste tipo, o sangue arterial não se mistura com o venoso, aumentando muito o rendimento energético do animal, abrindo, assim, portas para novas aquisições em termos evolutivos. Ocorre nas aves e mamíferos. Nos peixes, é completa e venosa.
- 2) Circulação incompleta: menos evoluída que o tipo anterior; nesse tipo de circulação, o sangue arterial mistura-se com o venoso. Presente em peixes dipnóicos, anfíbios e répteis. Lembre-se de que, no coração dos répteis crocodilianos, o septo interventricular é completo, isolando totalmente os ventrículos direito e esquerdo; porém, há mistura de sangue arterial com venoso fora do coração, no seio venoso.

APARELHOS CIRCULATORIOS NOS VERTEBRADOS

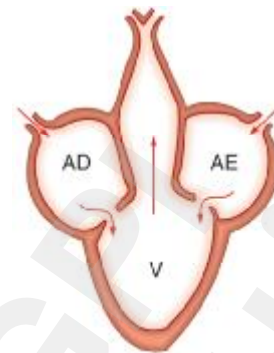
Peixes

Circulação simples, completa e fechada. O coração tem apenas duas cavidades: um átrio e um ventrículo e por ele passa apenas sangue venoso, que é oxigenado pelas brânquias. Nelas ocorre o processo de hematose e o sangue agora arterial vai para o corpo.



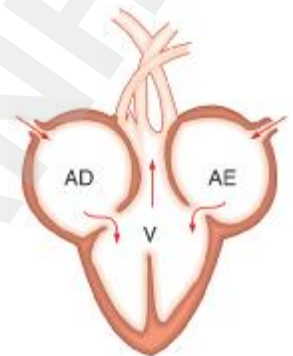
Anfíbios

Circulação dupla, incompleta e fechada. O coração tem três cavidades: dois átrios e um ventrículo, no qual se misturam os sangues arterial e venoso.



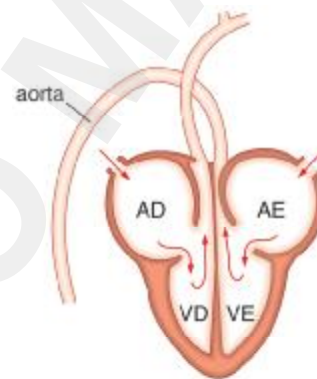
Répteis

Circulação dupla, incompleta e fechada. O coração tem três ou quatro cavidades. Nos répteis não crocodilianos, dois átrios e um ventrículo e, nos crocodilianos, dois átrios e dois ventrículos.



Aves

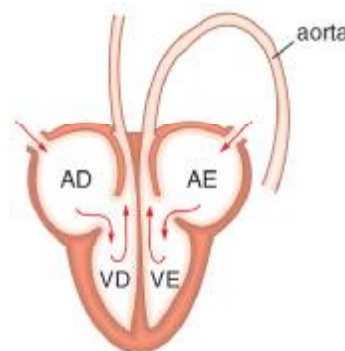
Circulação dupla, completa e fechada. Coração com quatro cavidades: dois átrios e dois ventrículos.



Obs.: Nas aves, a artéria aorta é voltada para o lado direito do coração.

Mamíferos

Circulação dupla, completa e fechada. Coração com quatro cavidades: dois átrios e dois ventrículos.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

Explique uma diferença fisiológica básica entre o sistema circulatório de um inseto e o de um vertebrado.

SOLUÇÃO:

Insetos possuem circulação aberta e hemolinfa, sangue sem pigmento para transportar gases respiratórios. Vertebrados são dotados de circulação fechada e dispõem de hemoglobina, pigmento especializado em transportar gases respiratórios, principalmente o oxigênio. Os insetos retiram O₂ direto do meio ambiente através da traquéia.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Comparando-se a estrutura e a fisiologia dos corações dos vertebrados, podemos considerar válida a seguinte afirmativa:

- (A) No coração dos peixes, passa apenas sangue venoso.
- (B) O coração dos anfíbios é dotado de quatro câmaras, duas aurículas (ou átrios) e dois ventrículos.
- (C) No coração das aves passa apenas sangue arterial.
- (D) O coração dos répteis apresenta-se com três câmaras, uma aurícula (ou átrio) e dois ventrículos.
- (E) No coração dos mamíferos, as duas aurículas (ou átrios) recebem sangue venoso e os dois ventrículos recebem sangue arterial.

02. A figura a seguir representa diferentes padrões de coração de vertebrados. Qual seqüência indica a ordem crescente da eficiência circulatória, com relação ao transporte de gases, conferida pelos três corações?



- (A) 1, 2, 3
- (B) 1, 3, 2
- (C) 3, 2, 1
- (D) 2, 1, 3
- (E) 3, 1, 2

03. Considerando-se os sistemas circulatórios de um caramujo, de um sapo e de um cachorro, é incorreto afirmar:

- (A) O coração do sapo apresenta três cavidades e o do cachorro possui quatro.
- (B) Em todos eles é possível encontrar um coração impulsionando o sangue pelo corpo.
- (C) As lacunas são espaços observados no sistema circulatório do caramujo, mas inexistente no sapo e no cachorro.
- (D) O caramujo e o sapo apresentam circulação dupla incompleta e o cachorro tem circulação dupla completa.
- (E) Em todos eles, o sistema circulatório está associado ao transporte, tanto de alimentos quanto de gases respiratórios.

04. Uma das características da circulação aberta é de:

- (A) não levar O₂ para os tecidos;
- (B) não apresentar coração;
- (C) aumentar a velocidade de circulação;
- (D) o sangue circular em lacunas;
- (E) aumentar o aporte de O₂ nos tecidos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Um animal tem quatro cavidades no coração, com a artéria aorta voltada para o lado esquerdo, e apresenta hemácias anucleadas.

- (A) A que classe de vertebrados pertence este animal?
- (B) Cite outra característica exclusiva desta classe.



02 Indique as classes de vertebrados nas quais podemos encontrar coração com três câmaras e analise comparativamente duas características gerais dessas classes.

03 Dois animais, A e B, têm sistema circulatório aberto. O sistema respiratório de A é traqueal e o de B, branquial. Com base nessa descrição, escolha a alternativa correta:

- (A) A pode ser uma barata e B pode ser um peixe.
- (B) A pode ser um gafanhoto e B pode ser um mexilhão.
- (C) A pode ser um caracol e B pode ser uma mariposa.
- (D) A pode ser uma minhoca e B pode ser uma aranha.
- (E) A pode ser uma aranha e B pode ser uma planária.

04 Assinale o animal cujo sistema circulatório não tem a função de transporte de gases:

- (A) minhoca;
- (B) barata;
- (C) polvo;
- (D) lagosta;
- (E) rã.

CONTEXTUALIZANDO

Os vasos sanguíneos compreendem as artérias, as arteríolas, os capilares, as vênulas e as veias. Não é correto conceituar artéria como o tipo de vaso que conduz o sangue arterial, pois, no embrião, há numerosas artérias que conduzem sangue venoso e, após o nascimento (e por toda a vida), as artérias pulmonares transportam sangue venoso. Da mesma forma sucede com as veias pulmonares, que conduzem sangue arterial durante toda a vida (e há numerosas veias que assim procedem no embrião). Devemos distinguir artérias de veias pelos seguintes dados:

- 1) Toda artéria leva sangue arterial e a veia, sangue venoso.
- 2) As artérias têm, na sua estrutura de parede, uma camada de tecido muscular liso bem mais espessa do que a das veias, uma vez que suportam a pressão sanguínea com muito maior intensidade. O sangue, ao atingir as veias, já passou pela rede de capilares e arrefeceu a intensidade da sua pressão.
- 3) A área de maior pressão do sangue no coração é a do ventrículo direito.
- 4) As veias são dotadas de válvulas, que impedem o refluxo do sangue. As artérias não possuem válvulas, pois o sangue, sob o impulso direto do coração, não tem mesmo como refluir.
- 5) As artérias são eferentes em relação ao coração, isto é, levam sangue do coração para outras partes do corpo; as veias são aferentes em relação ao coração, pois trazem o sangue de outros pontos do corpo para o referido órgão. Em outras palavras, as artérias saem do coração, enquanto as veias chegam ao coração.

Estão corretas:

- (A) todas;
- (B) 1, 3, 4 e 5;
- (C) 2, 3, 4 e 5;
- (D) 1, 2 e 5;
- (E) 2, 4 e 5.



A Circulação no Homem

A circulação humana pode ser definida como fechada, dupla e completa, a exemplo dos demais mamíferos.

O coração tem quatro câmaras – dois átrios (aurículas) e dois ventrículos, sendo a metade direita venosa e a metade esquerda arterial. O átrio direito recebe sangue venoso das veias cavas; o átrio esquerdo recebe sangue arterial das veias pulmonares. Atravessando as válvulas tricúspide (lado direito) e mitral (lado esquerdo), o sangue chega aos dois ventrículos, que se dilatam (diástole). A contração dos ventrículos (sístole) impele o sangue para as duas grandes artérias: a pulmonar, que leva o sangue para os pulmões, e a aorta, que distribui o sangue arterial para a cabeça e o corpo.

A PEQUENA E A GRANDE CIRCULAÇÃO

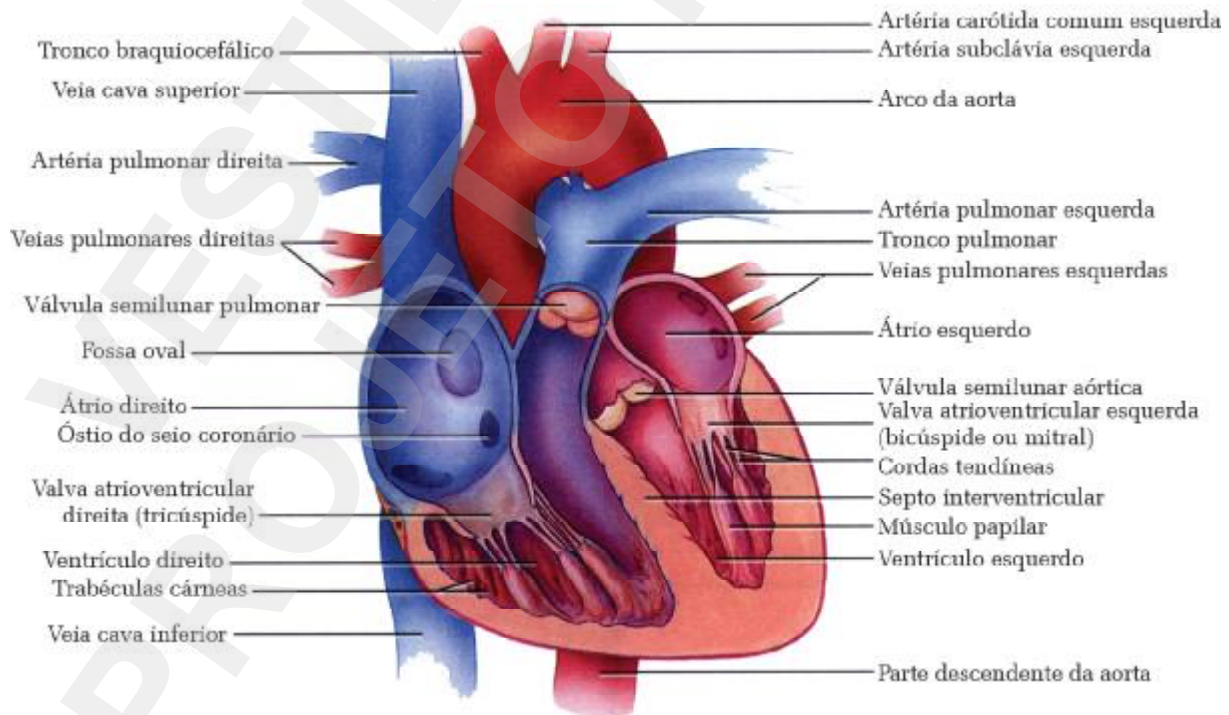
Vimos que, na circulação dupla, o sangue passa duas vezes pelo coração, num circuito completo pelo corpo. Essas duas passagens determinam a divisão da circulação nos dois tipos que estudaremos a seguir.

Pequena Circulação ou Circulação Pulmonar

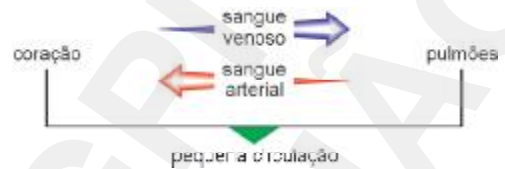
É a que se estabelece entre o coração e os pulmões; tem a função de promover a oxigenação do sangue (hematose). Veja o esquema:

Ordem de passagem do sangue:

AD → AP → Pulmão → VP → AE



Vista anterior da secção frontal

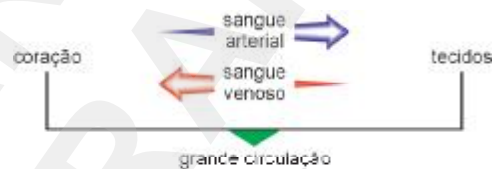


Grande Circulação ou Circulação Sistêmica

É a que se estabelece entre o coração e todos os tecidos do corpo; tem por função básica a distribuição de O_2 para as células vivas. Veja o esquema:

Ordem de passagem do sangue:

AE → AA → Corpo → VC → AD



FUNCIONAMENTO DO CORAÇÃO

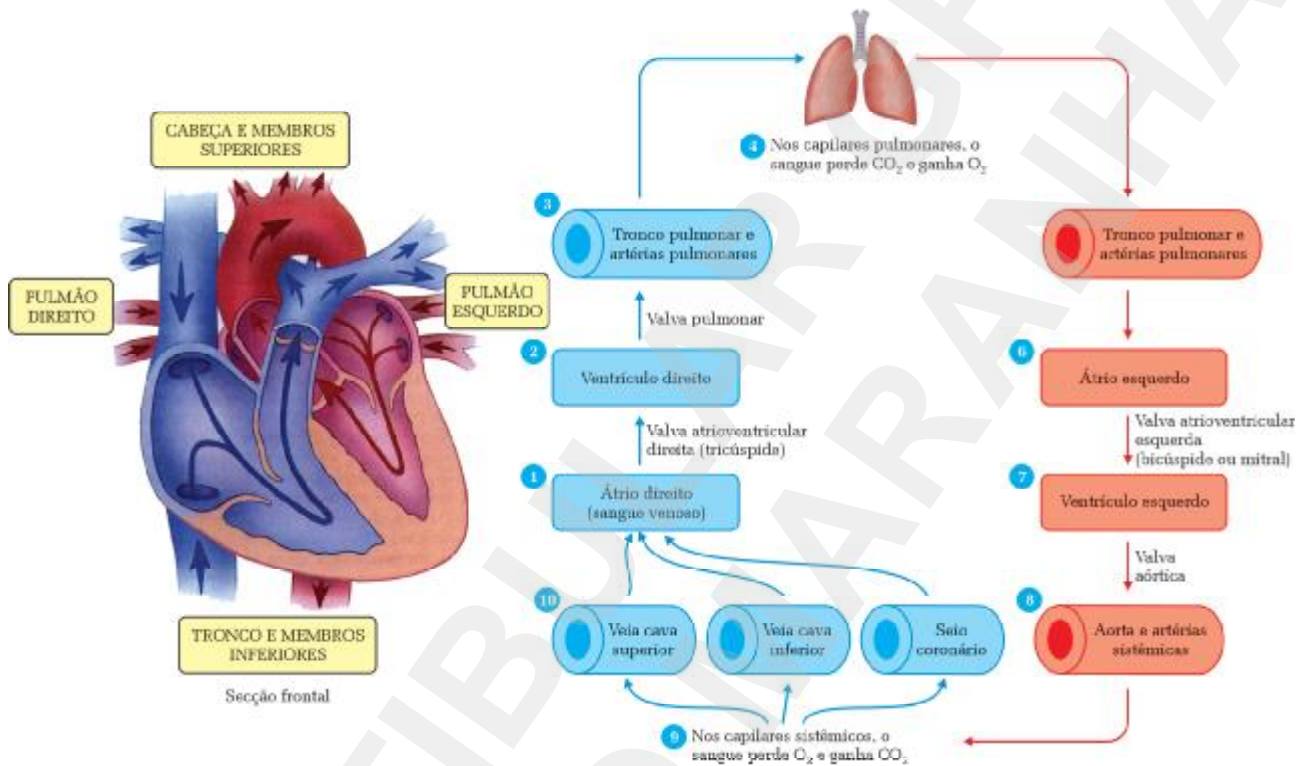
O coração possui um automatismo próprio. No homem, por exemplo, isso se deve a um tecido condutor especializado, que se inicia no nódulo sinoatrial ou marcapasso (*pacemaker*), localizado entre o átrio direito e a veia cava superior. Esse nódulo comunica-se com o nódulo atrioventricular, que se prolonga nas fibras do feixe de Hiss e se ramifica, formando a rede de Purkinje.



O sangue é o líquido circulatório. É composto de um plasma quase incolor em que estão mergulhados elementos celulares: os glóbulos brancos (leucócitos), os glóbulos vermelhos (eritrócitos ou hemácias) e fragmentos celulares (plaquetas ou trombócitos).

O músculo cardíaco é formado por um tipo especial de fibra muscular estriada. A contração do músculo cardíaco, à semelhança dos outros tipos de células contráteis, é devida à despolarização de sua membrana plasmática. Desde o período embrionário, quando é formado, o coração tem a capacidade de produzir o estímulo para sua própria contração rítmica. Se o coração for retirado e mantido em solução fisiológica, continuará batendo mesmo fora do corpo. A regulação primária da pulsação cardíaca depende de grupos de células cardíacas especializadas.

O coração de uma pessoa normal e em repouso bate cerca de 70 vezes por minuto e impele cerca de 60 ml de sangue por ciclo de bombeamento. Denomina-se débito cardíaco o volume de sangue ejetado por cada ventrículo, por minuto.



(a) Corte do sangue dentro do coração

(b) Diagrama do fluxo sanguíneo

A CIRCULAÇÃO LINFÁTICA

Além da circulação sanguínea, o corpo é irrigado também pela circulação linfática. Ela é formada pelos vasos linfáticos, condutos que nascem no nível dos tecidos, reúnem-se uns com os outros, formando vasos linfáticos mais grossos, e, por fim, acabam se abrindo em grossas veias da circulação sanguínea.

Todos os vasos linfáticos do organismo convergem para dois grandes troncos – o canal torácico, que se abre na veia subclávia esquerda, e a grande veia linfática, que termina na veia subclávia direita.

Os vasos linfáticos conduzem a linfa, passando, em pontos estratégicos, pelo interior de gânglios linfáticos (em que há produção de leucócitos). A linfa, substância líquida que corre pelos vasos linfáticos, é formada de plasma e leucócitos que atravessam a parede dos capilares e passam para os tecidos adjacentes. Eles são recolhidos e transportados de volta ao sangue através da rede linfática.

Os vasos linfáticos são dotados de válvulas que impedem o refluxo da linfa. Além disso, os movimentos do corpo provocam, pelas contrações musculares, “compressões” dos vasos linfáticos, ajudando a empurrar a linfa sempre para a frente. A linfa tem por função o transporte de leucócitos (células de defesa orgânica) e de alguns nutrientes absorvidos no intestino.

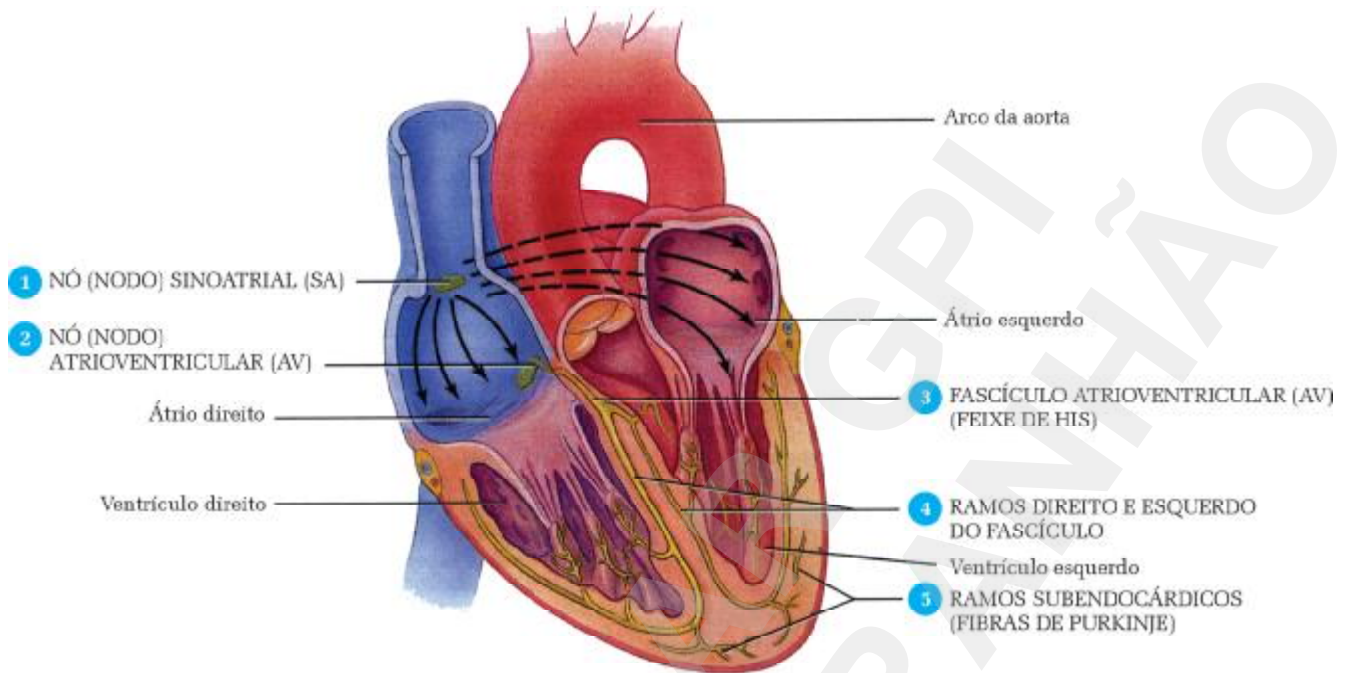
BATIMENTOS CARDÍACOS

Os batimentos cardíacos são provocados por uma estrutura denominada nódulo sinoatrial, existente na parede do átrio direito. Ele gera impulsos que provocam a contração atrial e, depois, a contração ventricular.

A frequência e a intensidade dos batimentos cardíacos são controladas pelo sistema nervoso autônomo, que se divide em simpático e parassimpático, cujos efeitos são antagônicos.

- A estimulação simpática do coração faz-se por nervos aceleradores que liberam dois mediadores químicos, a adrenalina e a noradrenalina, capazes de aumentar a frequência cardíaca.
- A ação parassimpática faz-se através do nervo vago, que libera um mediador químico, a acetilcolina, cujo efeito é diminuir a frequência cardíaca.

A alimentação da musculatura cardíaca e o seu suprimento de oxigênio são garantidos pela artéria coronária, um ramo da artéria aorta.



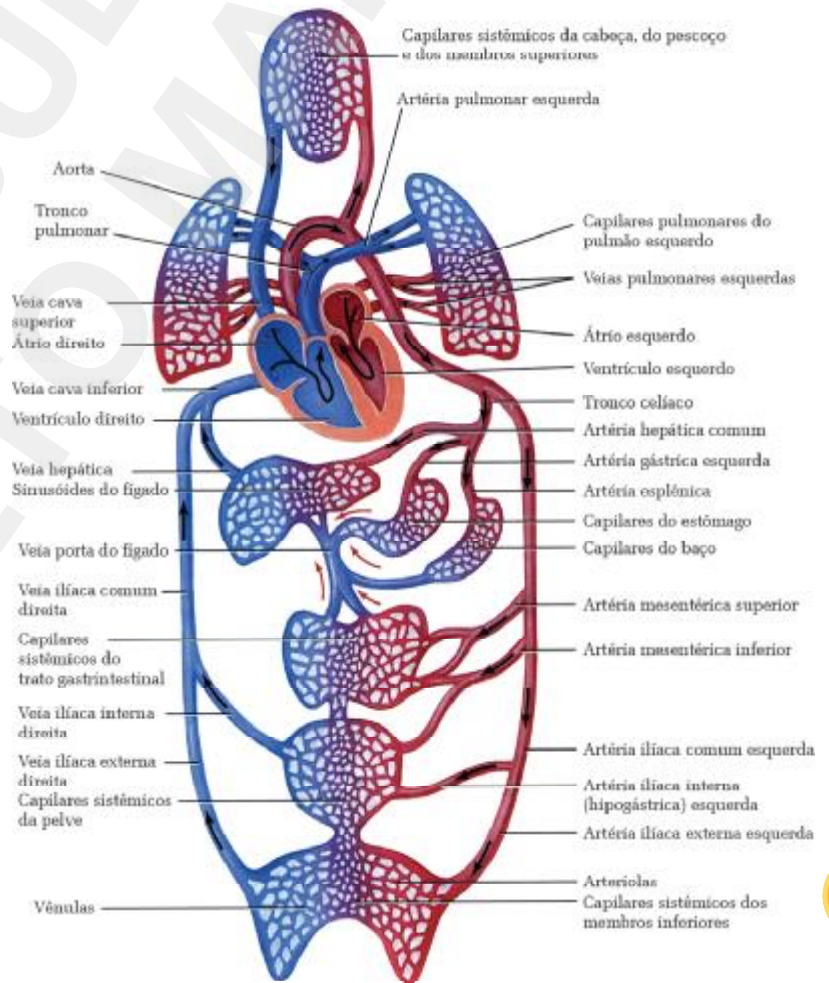
Vista interior da seção frontal

CAPILARES E O SISTEMA LINFÁTICO

Quando o sangue chega ao nível dos capilares, realiza a função fundamental do sistema circulatório: a troca de nutrientes e de produtos finais do metabolismo.

Essas trocas ocorrem no líquido intercelular que se localiza entre os capilares e as células. Este líquido é a linfa, um filtrado do plasma, um meio que se origina da filtração de água e solutos através das paredes dos capilares. A saída de plasma acontece na extremidade arterial dos capilares por meio da pressão hidrostática resultante da atividade bombeadora do coração. As proteínas do plasma permanecem nos capilares por causa do seu grande tamanho molecular.

Não existe uma constante perda de plasma do sangue porque a força hidrostática é contrabalançada pela pressão de osmose, que provoca a volta de água aos capilares.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

As aves e os mamíferos são animais que mantêm suas temperaturas constantes, dentro de certos limites e independentes do ambiente. O coração com quatro cavidades e o pulmão alveolar, com maior superfície de trocas, são fatores que permitem esta capacidade. De que forma essas características contribuem para a regulação da temperatura das aves e mamíferos?

Solução:

O coração com quatro cavidades impede a mistura do sangue venoso com o arterial. O pulmão alveolar oferece uma superfície muito grande para trocas gasosas. Esses dois fatores associados aumentam a oxigenação do sangue e dos tecidos, intensificando as trocas respiratórias e a produção de calor, contribuindo assim com a homeotermia.

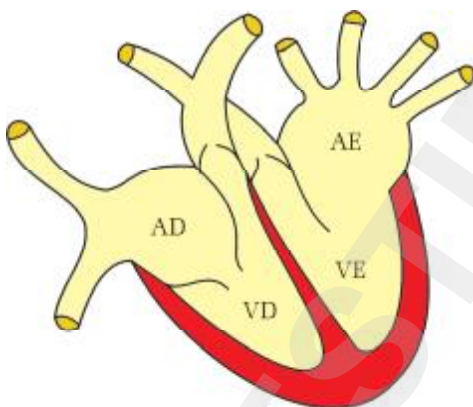
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Esquematize o caminho de uma hemácia do sangue humano desde o ventrículo direito até a aurícula esquerda. Indique as partes do percurso, em que o sangue é venoso.

02. Ao observarmos a circulação humana, quando comparamos artérias e veias, podemos afirmar que:

- (A) veias conduzem sempre sangue carbonado, assim como as artérias sempre possuem sangue oxigenado;
- (B) veias levam sangue do coração para os tecidos, e as artérias trazem sangue dos tecidos para o coração;
- (C) artérias e veias apresentam grande número de válvulas que impedem o retorno do sangue ao coração;
- (D) o grau de elasticidade do tecido muscular liso presente em artérias e veias é o mesmo;
- (E) a pressão do sangue nas veias é mais baixa que nas artérias.

03. O esquema abaixo representa o coração humano:

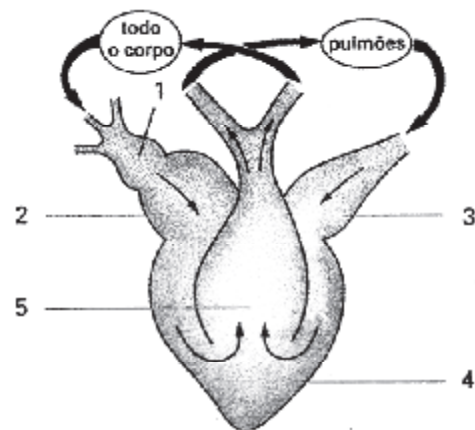


O sangue que deixa o ventrículo direito (VD) e o que deixa o ventrículo esquerdo (VE) irão, respectivamente, para a:

- (A) artéria pulmonar e para a artéria aorta;
- (B) artéria pulmonar e para a veia pulmonar;
- (C) artéria aorta e para a artéria pulmonar;
- (D) artéria aorta e para a veia pulmonar;
- (E) veia pulmonar e para a artéria aorta.

04. Ao analisarmos o esquema do coração indicado a seguir, podemos afirmar que:

- (A) o coração é de um ser vivo que possui circulação aberta;
- (B) o coração representado é de um anfíbio;
- (C) que o animal portador do coração apresenta circulação dupla;
- (D) pode ser o coração de um peixe;
- (E) no interior do coração não passa sangue arterial.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. O termo hipóxia refere-se à condição na qual a disponibilidade ou utilização de oxigênio está reduzida. Os indivíduos B, C, D e E, relacionados na tabela a seguir, estão submetidos a diferentes formas de hipóxia. O indivíduo A tem metabolismo de oxigênio normal.

Considere que o peso, o sexo e a idade de todos os indivíduos são os mesmos.

Indivíduo	Condição	Hemoglobina (g/100 mL de sangue)	Teor de O ₂ no sangue arterial	Teor de O ₂ no sangue venoso	Débito cardíaco (L/min)
A	normal	15	0,190%	0,150%	5,0
B	hipóxia	15	0,150%	0,120%	6,6
C	hipóxia	8	0,095%	0,065%	7,0
D	hipóxia	16	0,200%	0,130%	3,0
E	hipóxia	15	0,190%	0,180%	6,0

- (A) Qual dos indivíduos está sofrendo as conseqüências de uma dieta pobre em ferro? Qual apresenta insuficiência cardíaca e circulação deficiente? Em que dados você baseou suas conclusões?
- (B) Qual deles está sofrendo de envenenamento que impede suas células de usar o oxigênio? Justifique a resposta.
- (C) Observa-se uma aceleração da frequência respiratória quando sobe o nível de gás carbônico. Explique como isso acontece.

02. O comportamento da hemoglobina humana em relação ao gás oxigênio é muito diferente no adulto e no feto.

- (A) Qual é essa diferença?
- (B) Por que essa diferença é necessária em mamíferos placentários?

03. Em 1968, Euryclides de Jesus Zerbini (1912-1993) tornou-se o sexto cardiologista do mundo a realizar um transplante de coração. Em uma cirurgia de transplante cardíaco, são seccionados vasos sanguíneos que estão ligados ao coração doente a ser retirado. Posteriormente, as conexões entre esses vasos e o coração transplantado são efetuadas por meio de suturas.

- (A) Qual o vaso de maior calibre seccionado em um transplante cardíaco?
- (B) Cite outros dois vasos, diretamente ligados ao coração, que são seccionados durante o processo operatório.
- (C) Um coração transplantado pode ser rejeitado pelas células do organismo receptor. Como é desencadeado esse processo de rejeição?

04. O ritmo cardíaco é controlado não só pelo sistema nervoso autônomo como, principalmente, por nódulos específicos situados em determinados pontos do coração. Assim, o nódulo sinoatrial, localizado na parte mais alta do átrio direito, formado de um tipo especial de fibras musculares estriadas cardíacas com capacidade de gerar e transmitir rapidamente estímulos elétricos, comanda ordens que passam ao nódulo atrioventricular, para o feixe de His e para a rede de Purkinje, coordenando as contrações auriculares e ventriculares. As contrações das cavidades do coração movimentam o sangue em seqüência programada, permitindo as trocas necessárias para a nutrição das células. Em que parte do coração a pressão do sangue é maior?

- (A) nas veias cavas;
- (B) no átrio esquerdo;
- (C) no átrio direito;
- (D) no ventrículo esquerdo;
- (E) no ventrículo direito.

05. Atualmente, uma das estratégias mais promissoras no combate ao câncer é a injeção de inibidores de angiogênese (formação de vasos sanguíneos) no local do tumor.

Considerando as funções do sangue, qual é o princípio dessa estratégia?

06. As hemácias ou glóbulos vermelhos têm vida média de apenas 120 dias no sangue circulante. Isso significa que essas células têm que ser constantemente produzidas.

- (A) Em que local do organismo ocorre a produção de hemácias?
- (B) Qual a principal substância presente nas hemácias? Que elemento da dieta é essencial para sua formação?
- (C) Aponte a situação que estimula o aumento da produção de hemácias.



Sistema Respiratório

A função básica do sistema respiratório é suprir o organismo com oxigênio e dele remover o produto gasoso do metabolismo celular, gás carbônico.

Para que o organismo de qualquer animal ou vegetal funcione, é preciso energia. Esta energia vem de reações químicas que ocorrem continuamente na respiração intracelular.

As reações bioquímicas que ocorrem entre o oxigênio e a glicose, por exemplo, fornecem às células energia para manter todas as atividades. Quanto mais energia o corpo precisa, mais glicose e oxigênio são gastos nessa reação.

A localização da membrana respiratória, a maneira como os gases chegam até ela e como são transportados para as células variam muito entre os animais dependendo do tamanho deles, da necessidade de oxigênio e do ambiente em que vivem. Assim, encontramos cinco tipos principais de respiração: difusão, cutânea, traqueal, branquial e pulmonar.

TIPOS DE RESPIRAÇÃO

1) Respiração por Difusão

É feita pela difusão dos gases através da superfície.

Ex.: porífera, cnidária, platelmintos e protozoários.

2) Respiração Cutânea

Os organismos de respiração cutânea só podem viver em ambientes aquáticos ou terrestres úmidos. As minhocas vivem enterradas em solo úmido. Se vierem à superfície num dia muito seco, perdem água do corpo para o ambiente, devido à evaporação, e, conseqüentemente, podem morrer.

A causa da morte da minhoca pode ser também a incapacidade de realizar as trocas de gases, pois, se o gás carbônico e o oxigênio não estiverem dissolvidos em água, não conseguem atravessar a membrana respiratória. Nas minhocas e nos sapos, existem vasos sanguíneos que se ramificam na pele. Estes vasos recebem oxigênio que as células da pele absorvem e o transportam para as células de outros tecidos. Além disso, os vasos sanguíneos transportam gás carbônico liberado pelas células de todo o corpo do animal até sua pele.

Obs.: Os anfíbios apresentam respiração cutânea além da respiração pulmonar (a pulmonar pode representar 70% e a respiração cutânea pode chegar a contribuir com 30% do total). Os anfíbios dependem da respiração cutânea, que representa uma parcela variável, mas significativa, das suas trocas gasosas. A pele é fina e úmida e é pela pele que os anfíbios absorvem toda água de que necessitam, já que não possuem mecanismos para beber água pela boca. Devido à alta permeabilidade da pele, os anfíbios estão mais expostos e sujeitos aos efeitos da poluição do ar e das águas. Os anfíbios podem ser utilizados como "monitores ambientais biológicos", pois um declínio, observado em sua população, pode ser indicio de alteração ambiental.

3) Respiração Traqueal

Realizada por um sistema chamado traqueal, que se apresenta assim: um sistema de tubos que se ramificam no interior do corpo do animal. Estes tubos, chamados traquéias, continuam por tubos finíssimos chamados traquéolos, que alcançam os tecidos. As traquéias comunicam-se

com o ar atmosférico através de orifícios denominados espiráculos ou estigmas. O ar penetra no sistema traqueal por simples difusão ou mesmo por contrações que provocam ventilação. O fluxo do ar é regulado pela abertura e pelo fechamento de poros especiais situados no exoesqueleto, denominados estigmas.

Apresentam respiração traqueal os artrópodes terrestres, como insetos, diplópodos, quilópodos e aracnídeos. Não ocorre a hematose. A hemolinfa não participa da troca de gases (sangue).

Observação 1:

Filotraquéias ou Pulmões Foliáceos são estruturas exclusivas dos aracnídeos, sempre existindo aos pares. Cada pulmão foliáceo é uma invaginação (reentrância) da parede abdominal ventral, formando uma bolsa em que várias lamelas paralelas realizam as trocas gasosas diretamente com o ar que entra por uma abertura do exoesqueleto. Algumas aranhas pequenas e os carrapatos têm, apenas, respiração traqueal.

4) Respiração Branquial

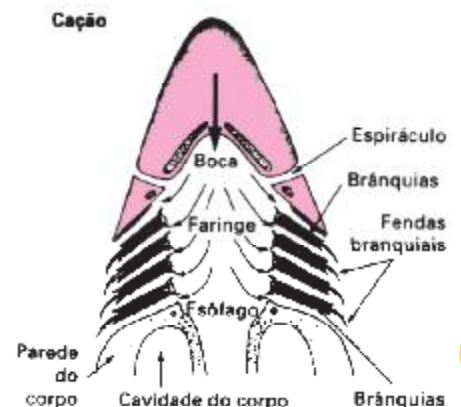
Feita através de brânquias.

Brânquias – São apêndices respiratórios bem vascularizados, constituídos de filamentos delgados (filamentos branquiais), cobertos por uma delicada epiderme. São órgãos apropriados para o meio aquático, embora encontremos brânquias aéreas em crustáceos terrestres (tatuzinho-de-jardim). As brânquias estão presentes em anelídeos aquáticos (poliquetos), moluscos, crustáceos, equinodermos, protocordados, peixes e larvas de anfíbio.

Na natureza, encontramos dois tipos de brânquias, as externas e as internas. A salamandra é um tipo de anfíbio que possui brânquias externas quando jovem e os peixes possuem brânquias internas.

As brânquias externas apresentam desvantagens, pois podem atrair predadores ou raspem em objetos, ocasionando ferimento ou perdas destas.

As taxas de difusão são proporcionais não somente às áreas superficiais expostas, mas, também, às diferenças de concentração. Quanto maior a diferença de concentração de um gás ou de um líquido, tanto mais rápida a sua difusão. Nas brânquias de um peixe, os vasos sanguíneos estão dispostos de modo que o sangue é bombeado através deles em direção oposta àquela seguida pela água portadora de oxigênio. Essa disposição, que é um exemplo do que se chama troca à contracorrente, propicia transferência muito mais eficaz de oxigênio para o sangue do que se o fluxo sanguíneo ocorresse na mesma direção que o da água.



Esquema do trajeto da água utilizada na respiração dos condrictes.



5) Respiração Pulmonar

Em peixes: Peixes ósseos ou osteíctes têm uma vesícula dorsal cheia de ar, chamada bexiga natatória, como um órgão hidrostático; perdendo ar para o sangue, a bexiga diminui, a densidade do peixe aumenta e a tendência dele é afundar. Quando o sangue fornece ar para a bexiga natatória, ela incha, o peixe fica mais “leve” e a tendência dele é subir.

Nos peixes cartilagosos ou condrictes, como o tubarão e a raia, não há bexiga natatória.

Alguns peixes ósseos do grupo dipnóicos, como a pirambóia brasileira, que têm respirações dentro d’água, normalmente respiram por brânquias e, em condições de seca, a bexiga natatória funciona como pulmão, respirando ar.

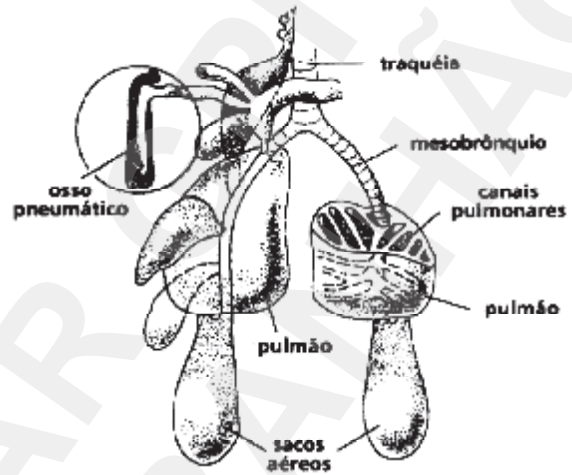
Em Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos

Pulmões são órgãos respiratórios constituídos por uma ou mais câmaras revestidas internamente por um epitélio úmido, ricamente vascularizados, que permitem a retirada do O₂ diretamente do ar atmosférico. São encontrados em vertebrados tetrápodes (anfíbios adultos, répteis, aves e mamíferos). Os pulmões dos anfíbios são simples com superfície respiratória pequena. Por isso, sua respiração é grandemente compensada pela pele. Os pulmões dos répteis são septados internamente, contendo numerosos capilares.

Nas aves, além das estruturas respiratórias já citadas, existem formações chamadas sacos aéreos e que se constituem numa grande adaptação ao vôo; os sacos aéreos são evaginações de paredes membranosas que saem dentro dos ossos, formando os chamados ossos pneumáticos.

Os sacos aéreos apresentam várias funções, como refrigeração do corpo do animal durante o vôo, ocasião em que a taxa metabólica é muito alta, diminuindo o peso específico, dando arejamento, visto que, ao serem comprimidos, insuflam ar nos pulmões.

Sistema Respiratório das Aves



Nos mamíferos, os pulmões são alveolares, isto é, os brônquios se subdividem, terminando em minúsculos saquinhos de tecido, os alvéolos, ricamente vascularizados.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

A respiração é um fenômeno representado por uma constante troca de gases entre os seres vivos e o meio ambiente. A maioria dos seres vivos desenvolveu estruturas especiais para absorção de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono. Os vertebrados apresentam respiração:

- (A) cutânea, traqueal e pulmonar;
- (B) traqueal e pulmonar;

- (C) traqueal, branquial e pulmonar;
- (D) cutânea, branquial e pulmonar;
- (E) cutânea, branquial, traqueal e pulmonar.

SOLUÇÃO:

Letra D.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. A alta atividade orgânica dos vertebrados impõe um consumo maior de oxigênio. Para tanto, observa-se que diversos mecanismos respiratórios foram adaptados, tais como: respiração cutânea, branquial e pulmonar.

- (A) Qual a condição básica para que ocorra a respiração cutânea?
- (B) Cite a classe de vertebrados na qual existem espécies que apresentam respiração cutânea.
- (C) O que provoca a entrada e a saída de ar na respiração pulmonar, sabendo-se que os pulmões não possuem movimentos ativos?

02. A partir de registros fósseis, sabe-se que no Período Jurássico, 200 milhões de anos atrás, havia cerca de 300 famílias de insetos, enquanto entre os quadrúpedes havia cerca de 100 famílias. A partir do Período Cretáceo, há cerca de 100 milhões de anos, até o Período Terciário, mais recente, o número de famílias de insetos quadruplicou, enquanto o número

de famílias de quadrúpedes apenas dobrou. Percebe-se que os insetos constituem um grupo bastante bem-sucedido na conquista do ambiente terrestre. Uma das características que possibilitaram essa adaptação foi a presença de:

- (A) respiração traqueal;
- (B) circulação fechada;
- (C) fecundação externa;
- (D) tubo digestivo incompleto;
- (E) carapaça permeável.

03. Dos animais a seguir, os únicos que apresentam respiração pulmonar são:

- (A) minhoca, sapo e peixe;
- (B) golfinho, barata e cobra;
- (C) peixe-boi, jacaré e pato;
- (D) baleia, aranha e peixe;
- (E) tartaruga, jacaré e tubarão.

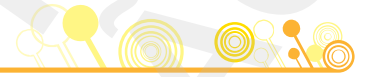


04. As trocas gasosas entre os organismos e o ambiente em que estes vivem podem ocorrer de diversas maneiras. A seguir, estão indicados os processos de respiração que ocorrem em determinados animais. Assinale a alternativa **incorreta**:

- (A) golfinho → pulmonar; (D) rã adulta → cutânea e pulmonar;
 (B) planária → cutânea e branquial; (E) gafanhoto → traqueal.
 (C) minhoca → cutânea;



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. Existem quatro tipos de sistemas para trocas gasosas nos animais:

- 1) branquial; 2) pulmonar;
 3) traqueal; 4) através da superfície do corpo.

- (A) Quais desses sistemas captam o O₂ dissolvido na água e quais captam o O₂ do ar?
 (B) Associe os tipos de sistemas aos seguintes animais: minhoca, barata, camarão e medusa.
 (C) Os sapos, na fase adulta, apesar de respirarem por pulmões, podem obter cerca de 25% do oxigênio necessário por outro meio. Cite esse meio.

02. “Os(I)....., por não apresentarem pigmentos respiratórios no sangue, não apresentam associação entre os sistemas(II)..... e(III)..... .”

Para completar corretamente essa frase, os espaços I, II e III devem ser preenchidos, respectivamente, por:

- (A) insetos – respiratório – circulatório;
 (B) nematóides – respiratório – circulatório;
 (C) anelídeos – respiratório – excretor;
 (D) moluscos – circulatório – excretor;
 (E) crustáceos – circulatório – excretor.

03. Associe as estruturas respiratórias a seguir com o respectivo grupo de animais:

- ESTRUTURAS RESPIRATÓRIAS
 I – pulmões saculiformes;
 II – pulmões parenquimatosos;
 III – sacos aéreos;
 IV – traquéias.

GRUPO DE ANIMAIS

- (P) aves; (Q) insetos;
 (R) anfíbios; (S) répteis;
 (T) minhocas.

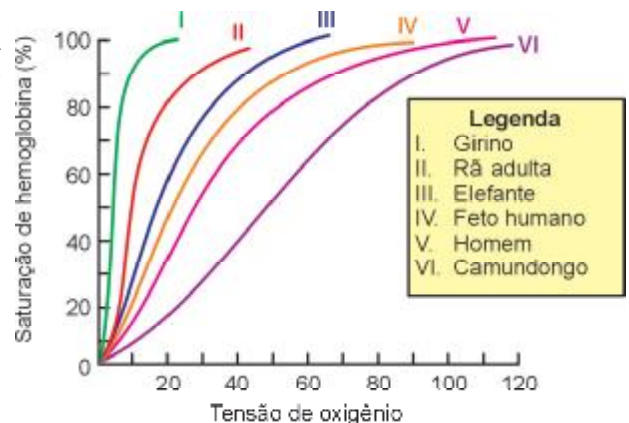
Assinale a opção que apresenta a associação correta:

- (A) I–P; II–R; III–T; IV–S;
 (B) I–P; II–T; III–S; IV–Q;
 (C) I–R; II–S; III–P; IV–Q;
 (D) I–R; II–Q; III–T; IV–P;
 (E) I–S; II–R; III–Q; IV–P.

04. O gráfico a seguir mostra as curvas de dissociação do oxigênio. A curva indica a concentração relativa de oxigênio preso à hemoglobina em diferentes tensões ou concentrações de oxigênio.

O animal cujo sangue tem mais capacidade de ligar e carrear o oxigênio é:

- (A) girino; (C) elefante;
 (B) homem; (D) camundongo.





Respiração Humana

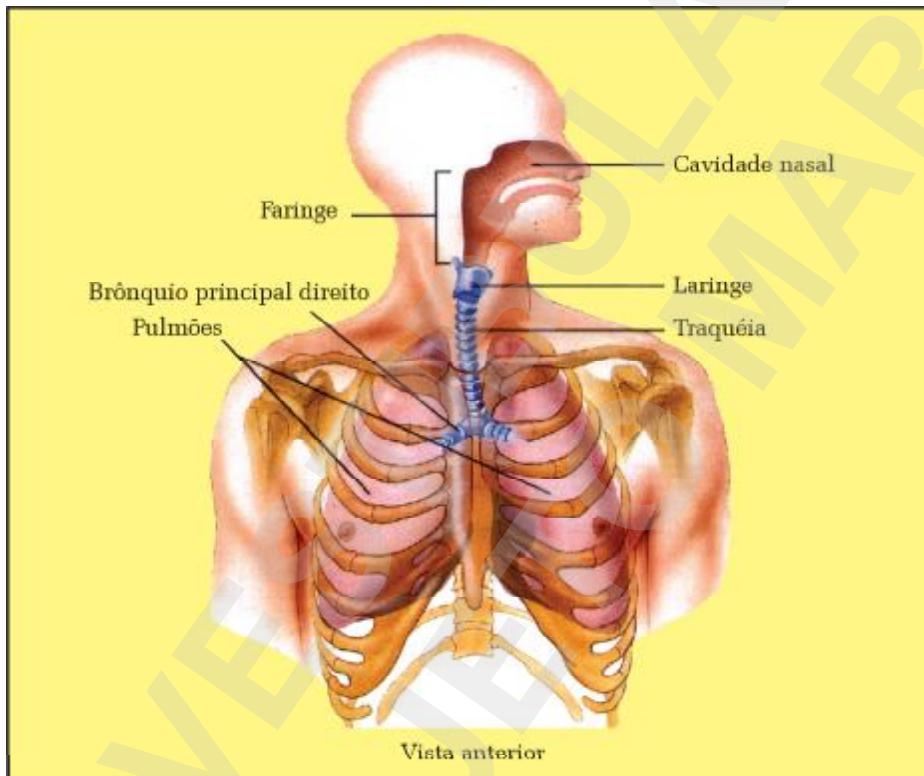
MOVIMENTO DO AR NA RESPIRAÇÃO DO HOMEM

Seqüência dos órgãos respiratórios: narinas – fossas nasais – faringe – glote (“tampa” = epiglote) – laringe – traquéia – brônquios – bronquíolos – alvéolos pulmonares.

A faringe, como vimos, faz parte dos aparelhos digestivo e respiratório e se comunica com a laringe pelo orifício chamado glote, que é regulado por uma “tampa móvel”, a epiglote. A laringe, órgão do aparelho respiratório, contém as cordas vocais.

A laringe continua pela traquéia, e ambas, fundamentalmente, são tubos com anéis cartilagosos, superpostos. A traquéia se divide em 2 tubos menores, os brônquios, que mergulham nos pulmões e aí se subdividem em bronquíolos.

No final de cada bronquíolo, há uma espécie de cacho de vesículas e cada “uva” deste cacho é um alvéolo pulmonar. A parede do alvéolo é um epitélio simples, muito fino, permitindo a passagem de gases. Este epitélio é envolvido por uma rede de capilares sanguíneos, aí ocorrendo a hematose.



MOVIMENTOS RESPIRATÓRIOS

Na inspiração, o diafragma se contrai para baixo e os músculos das costelas abrem a caixa torácica. Estes dois movimentos aumentam o volume do peitoral, diminuindo a pressão do ar dentro dos pulmões, daí a entrada de ar. Na expiração, o diafragma volta ao repouso e sobe, enquanto os músculos das costelas, também em repouso, diminuem a caixa torácica.

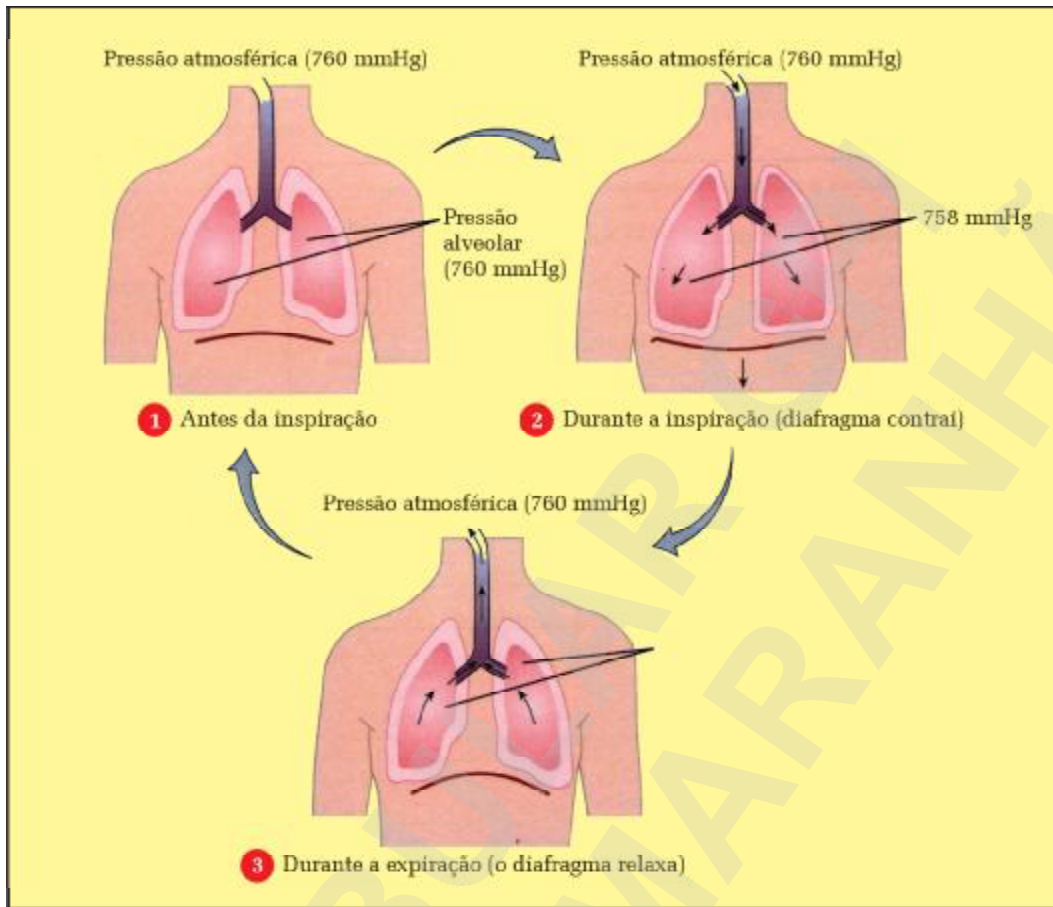
AS TROCAS GASOSAS NOS PULMÕES

O ar que entra nos pulmões pela inspiração tem alta concentração de O_2 (21%) e baixa de CO_2 (0,03%). Ao sair pela expiração, constata-se que ele tem menor concentração de O_2 (14%) e maior concentração de CO_2 (5%). É que no nível dos alvéolos, o O_2 difundiu-se do ar para o sangue e o CO_2 passou do sangue para o ar alveolar. A difusão desses dois gases deu-se através de duas camadas celulares que separam o ar alveolar do plasma. Uma camada

é o epitélio pavimentado (achatado) dos próprios alvéolos e a outra é o endotélio dos capilares que envolvem esses alvéolos. O sangue venoso que chega aos capilares dos pulmões tem uma alta tensão de CO_2 , liberado pelos tecidos, e uma baixa tensão de O_2 , que foi cedido aos tecidos. Efetuada a difusão, o sangue passa a arterial, com alta tensão de O_2 e a redução de CO_2 no sangue passa a estimular menos o centro respiratório (bulbo).

Por outro lado, se uma pessoa estiver dormindo em recinto pequeno e fechado, a alta concentração de CO_2 no ar pode provocar um aumento do ritmo respiratório. E esses dois mecanismos reflexos são involuntários, embora a respiração possa ser também controlada voluntariamente. Qualquer pessoa consegue, pelo treino, de acordo com as necessidades do exercício, controlar o ritmo respiratório, mas apenas dentro de certos limites.

Pode-se até suspender a respiração durante 2 a 4 minutos. Com isso, no entanto, a tensão de CO_2 no sangue fica tão alta que desencadeia o controle involuntário. Ninguém será capaz, portanto, de se suicidar, simplesmente parando de respirar.



PRESSÕES PARCIAIS E TOTAIS DOS GASES RESPIRATÓRIOS (mmHg)

	Ar seco	Gás traqueal	Gás alveolar	Sangue Arterial	Sangue Venoso
PO ₂	159,1	149,2	100	95	39
PCO ₂	0,3	0,3	40	40	46
PH ₂ O	0,0	47,0	47	47	47
PN ₂	600,6	563,5	573	573	573
P _{total}	760,0	760,0	760	755	705

Obs.: Valores médios de todo pulmão para o gás alveolar. A composição do gás traqueal corresponde à encontrada no final da inspiração.

TRANSPORTE DE O₂ NO SANGUE

Cerca de 97% de O₂ transportados dos pulmões para os tecidos são carregados em combinação química com a hemoglobina nas hemácias. Os 3% restantes são carregados em estado dissolvido no plasma e transportados para os tecidos em solução simples.

COMO O OXIGÊNIO SE COMBINA COM A HEMOGLOBINA?

A molécula de O₂ combina-se frouxa e reversivelmente com a porção heme da hemoglobina. Quando a PO₂ é alta, como nos capilares pulmonares, o oxigênio liga-se com a hemoglobina, mas quando a PO₂ é baixa, como nos capilares teciduais, o oxigênio é liberado da hemoglobina.

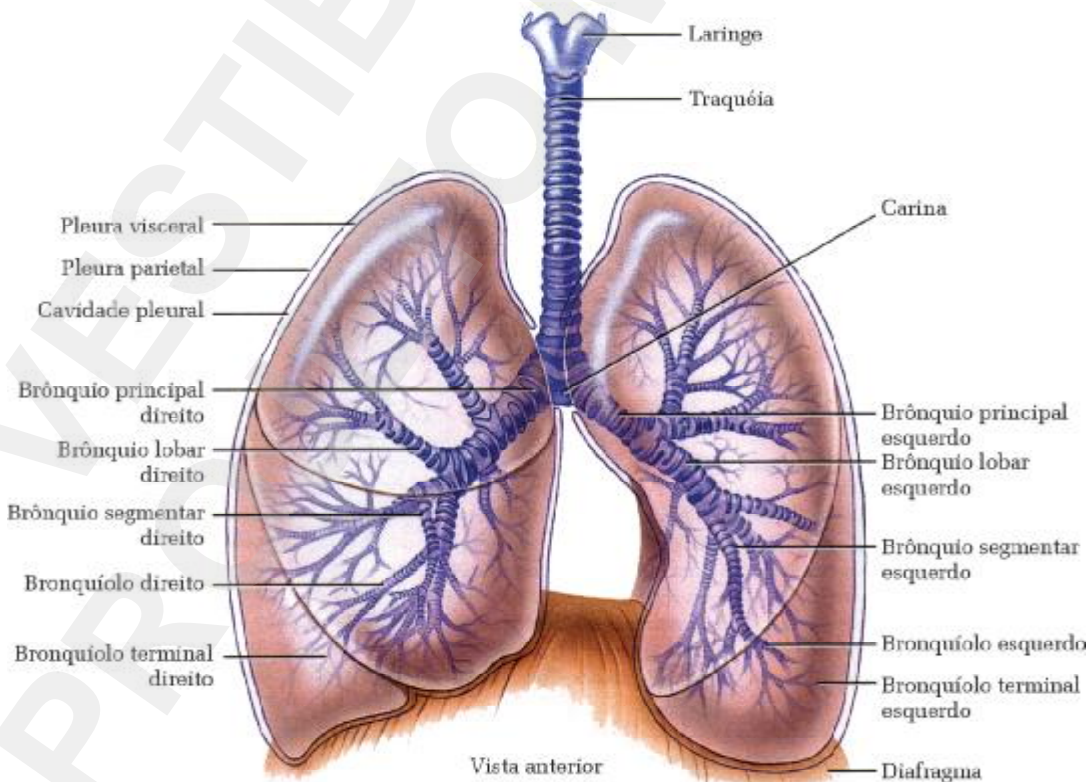
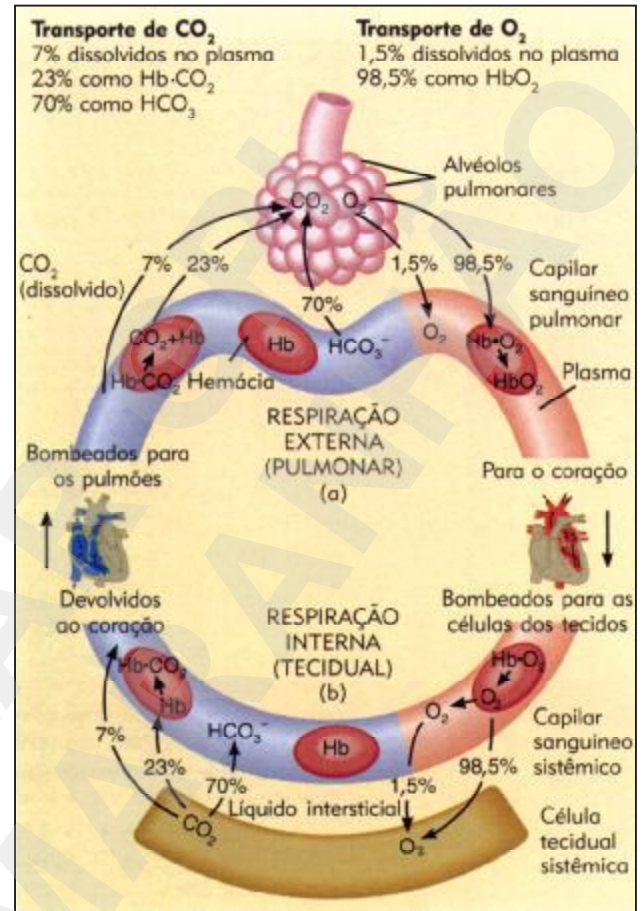
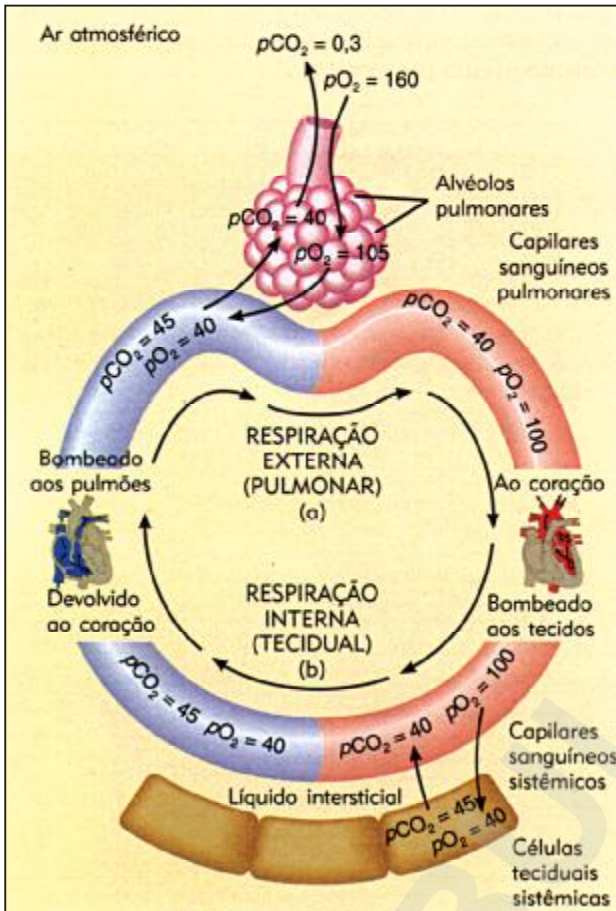
A porção polipeptídica da molécula de hemoglobina normal do adulto (HbA) é composta por 4 cadeias de aminoácidos: 2 cadeias alfa e 2 cadeias beta. A seqüência desses aminoácidos é extremamente importante para determinar as propriedades da hemoglobina.

A hemoglobina fetal (HbF) é formada por 2 cadeias alfa e 2 cadeias gama e apresenta uma afinidade muito maior pelo O₂ em comparação com a HbA.

Já as hemoglobinas anormais diferem da HbA por um único aminoácido na cadeia alfa ou beta. A mais conhecida é a HbS, presente nos indivíduos portadores de anemia falciforme, um distúrbio de origem genética. Na anemia falciforme, há a substituição de um único aminoácido nas cadeias beta. A doença recebe esse nome porque a hemoglobina adquire a forma de foice quando se desoxigena e, anormalmente, cristaliza-se.

Além das 4 cadeias polipeptídicas, a hemoglobina apresenta um grupamento heme ligado a cada uma das 4 cadeias. O grupamento é formado por uma protoporfirina e um átomo de ferro.

Nesse íon ferroso, a que o O₂ se associa, formando a oxiemoglobina (HbO₂), cada molécula de hemoglobina é capaz de transportar no máximo 4 moléculas de O₂. É também neste ponto que o monóxido de carbono se liga à hemoglobina formando a carboxiemoglobina (HbCO). A afinidade da hemoglobina pelo CO é cerca de 200 a 300 vezes maior do que pelo O₂; por isso, a intoxicação pelo CO (fumaça de cigarro, gases de motores à explosão, etc.) é extremamente grave, pois o CO ocupa o heme, impedindo a ligação do O₂.





COMO SE DÁ O TRANSPORTE DO CO₂ NO SANGUE?

O CO₂ pode, em geral, ser transportado pelo sangue em quantidades maiores que o O₂. A variação da quantidade de CO₂ no sangue tem influência no equilíbrio ácido-básico dos líquidos dos organismos.

O CO₂ difunde-se para fora das células na forma gasosa, porém, uma quantidade muito pequena difunde-se sob a forma de bicarbonato, pois a membrana plasmática é menos permeável ao bicarbonato do que ao gás dissolvido.

O CO₂ pode ser transportado de três formas químicas diferentes:

- 1 – Uma pequena quantidade, (cerca de 5%) de CO₂, é transportada no estado dissolvido na água plasmática para os pulmões.
- 2 – O CO₂ pode ser transportado na forma de bicarbonato (HCO₃⁻). A partir da combinação reversível do CO₂ com a água no interior das hemácias e sob a ação da enzima anidrase carbônica, 60 a 90% de todo o CO₂ é transportado dos tecidos para os pulmões. Este meio de transporte do CO₂ é, sem dúvida, o método mais importante de transporte.

No interior das hemácias, a anidrase carbônica catalisa a reação entre CO₂ e a água, tornando-a muito mais rápida. Isto permite que grandes quantidades de CO₂ dos tecidos reajam com a água das hemácias antes mesmo que o sangue deixe os capilares teciduais.

O ácido carbônico (H₂CO₃) formado nas hemácias dissocia-se em íons de hidrogênio (H⁺) e bicarbonato (HCO₃⁻).



A maior parte dos íons de hidrogênio formados reage rapidamente com a hemoglobina, formando um poderoso tampão ácido-base.

Os bicarbonatos formados difundem-se para o plasma, enquanto íons de cloro (Cl⁻) se difundem para o interior das hemácias. Esse movimento do Cl⁻ para equilibrar o movimento do bicarbonato é denominado “fuga de cloreto”. Ele impede o acúmulo de HCO₃⁻ dentro das hemácias e, se não fosse por isso, impediria a dissociação de mais CO.

- 3 – Transporte do CO₂ pela hemoglobina: além de reagir com a água, o CO₂ também reage diretamente com a hemoglobina. A combinação do CO₂ com a hemoglobina é uma reação reversível, que ocorre com uma ligação muito frouxa. O composto formado por esta reação é chamado carbaminoemoglobina.

Contudo, esta reação é bem mais lenta que a reação entre o CO₂ e a água dentro das hemácias. Por este motivo, somente uma pequena quantidade de CO₂ reage com a hemoglobina, cerca de 30% da quantidade total transportada.

O CO₂ não se liga à hemoglobina no mesmo ponto do O₂; por isso, a hemoglobina pode combinar-se ao mesmo tempo com o O₂ e o CO₂.

COMBINAÇÃO DA HEMOGLOBINA COM CO (MONÓXIDO DE CARBONO)

O CO combina-se com a hemoglobina no mesmo local em que a molécula de hemoglobina se combina com o O₂. Além disso, o CO combina-se com a hemoglobina com uma afinidade, aproximadamente, 200 vezes maior do que o O₂.

Uma pressão alveolar de CO de, por exemplo, 0,5 mmHg (a PO₂ nos alvéolos é de 100 mmHg), possibilita ao CO competir igualmente com

O₂ para se combinar com a hemoglobina, fazendo com que metade da hemoglobina do sangue se ligue com CO em vez de ligar-se ao O₂.

Uma PCO de 0,7 mmHg é letal. Um indivíduo envenenado com CO pode ser tratado com a administração de oxigênio puro porque o O₂, em altas pressões alveolares, desloca o CO da sua combinação com a hemoglobina com mais rapidez do que se estivesse com a pressão atmosférica.

Podem ser administradas simultaneamente pequenas quantidades de CO₂, pois este estimula o centro respiratório. O aumento da ventilação alveolar reduz a concentração de CO, permitindo sua liberação do sangue.

Com uso intensivo de O₂ e de CO₂, o CO pode ser removido do sangue 10 a 20 vezes mais rápido do que sem qualquer ajuda.

PRINCIPAIS DISTÚRBIOS DO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

Na acidose respiratória, há uma elevação da PCO₂, que reduz a relação bicarbonato/CO₂, fazendo cair o pH. Sempre que a PCO₂ se eleva, há um aumento concomitante do bicarbonato, por causa da dissociação do ácido carbônico produzido. Mas, neste caso, a relação bicarbonato/CO₂ diminui. A retenção de CO₂ ou hipercapnia pode resultar na hipoventilação.

Caso continue a acidose respiratória, o rim entra em ação, retendo bicarbonato. Com isso, a relação bicarbonato/CO₂ tende a voltar ao normal.

Na acidose metabólica, há aumento da produção de ácidos pelo organismo, fazendo cair a relação bicarbonato/CO₂ e o pH. Como exemplo, tem-se o acúmulo de cetoácidos do *diabetes mellitus* descompensado ou de ácido láctico, pela falta de O₂ nos tecidos.

Nestes casos, a compensação é feita pelos pulmões, que, pela hiperventilação, passa a eliminar maior quantidade de CO₂, fazendo retornar os valores normais de bicarbonato/CO₂.

Na alcalose respiratória, há uma diminuição da PCO₂, o que eleva a relação bicarbonato/CO₂, resultando em um aumento do pH.

A diminuição da PCO₂ pode ser causada por hiperventilação alveolar, como ocorre em grandes altitudes ou em distúrbios psicológicos, como a ansiedade. Persistindo o quadro, há uma compensação pelos rins, que aumentam a eliminação de bicarbonato e o pH tende a voltar ao normal.

TERMOS ESPECIAIS, USADOS EM RESPIRAÇÃO

Apneuse: interrupção dos movimentos respiratórios ao final da inspiração.

Dispnéia: respiração laboriosa, sensação subjetiva de dificuldade respiratória.

Eupnéia: é a respiração normal, sem qualquer sensação subjetiva de desconforto.

Hiperpnéia: aumento do volume corrente.

Hipopnéia: diminuição do volume corrente.

Hiperventilação: aumento da ventilação alveolar além das necessidades metabólicas.

Hipoventilação: diminuição da ventilação alveolar aquém das necessidades metabólicas.

Apnéia: parada dos movimentos respiratórios ao final de uma expiração basal.

Taquipnéia: aumento da frequência respiratória.

Bradipnéia: diminuição da frequência respiratória.



TRANSFERÊNCIA DE O₂ DA MÃE PARA O FETO

A placenta, o órgão de troca de gases e nutrientes, normalmente, não permite a mistura do sangue materno com o fetal. Em vez disso, os capilares fetais na placenta são banhados no sangue materno. O sangue que passa à circulação do feto está apenas 60% saturado de O₂.

Se o feto tivesse hemoglobina adulta, a extração de O₂ pelo feto em desenvolvimento seria ineficiente, produzindo níveis muito baixos de O₂ nos tecidos fetais. O sangue fetal consegue carregar O₂ a partir do sangue materno, devido à síntese de uma forma diferente de hemoglobina, a hemoglobina fetal (HbF), durante a vida fetal. A diferença da HbF para a HbA é que cadeias polipeptídicas gama substituem as cadeias beta adultas.

A HbF fixa O₂ mais prontamente e pode remover uma quantidade maior do sangue materno. Com isso, a HbF pode ser completamente saturada de O₂ com pressão parcial inferior à da HbA. O sangue que passa da placenta para o feto pela veia umbilical está cerca de 80% saturado de O₂. A capacidade fetal de transporte de O₂ é maior que a do sangue.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

A respiração é a troca de gases do organismo com o ambiente. Nela, o ar entra e sai dos pulmões graças à contração do diafragma. Considere as seguintes etapas do processo respiratório no homem:

- I – Durante a inspiração, o diafragma se contrai e desce aumentando o volume da caixa torácica.
- II – Quando a pressão interna na caixa torácica diminui e se torna menor que a pressão do ar atmosférico, o ar penetra nos pulmões.
- III – Durante a expiração, o volume torácico aumenta, e a pressão interna se torna menor que a pressão do ar atmosférico.
- IV – Quando o diafragma relaxa, ele reduz o volume torácico e empurra o ar usado para fora dos pulmões.

Assinale as opções corretas:

- (A) I e II;
- (B) II, III e IV;
- (C) I, II e III;
- (D) I, II e IV;
- (E) Todas.

SOLUÇÃO:

Letra D.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. O monóxido de carbono (CO) é absorvido nos pulmões e reage com a hemoglobina do sangue, com a qual forma um complexo (COHb) 210 vezes mais estável do que a oxiemoglobina (O₂Hb). Qual o prejuízo imediato para as células decorrente da inalação de CO por uma pessoa? Explique.

02. Ao forçarmos a respiração, às vezes, nos sentimos tontos. Isso se deve principalmente à eliminação de grande quantidade de CO₂, pela respiração, alterando o pH sanguíneo.

- (A) Que processo químico ocorre no plasma sanguíneo, resultando na formação do CO₂ eliminado pelos pulmões?
- (B) Explique como o pH do sangue é alterado na respiração forçada.
- (C) Que efeito essa alteração de pH determina no ritmo respiratório? Como isso ocorre?

03. Em condições normais e encontrando-se desperta, uma pessoa pode parar de respirar na hora em que desejar fazê-lo.

- (A) A pessoa seria capaz de produzir anoxia total, simplesmente parando de respirar?
- (B) Justifique sua resposta.

04. Um técnico, ao colher o sangue de uma pessoa, preparou um esfregaço e, observando-o ao microscópio, constatou algo. Observe a figura ao lado e analise as afirmações, destacando as verdadeiras:

- I – As hemácias, vistas ao microscópio, são amareladas, porque são jovens (sem núcleo) e ainda não fabricaram hemoglobina.
- II – A hemoglobina das hemácias tanto se combina com o oxigênio como com o gás carbônico, garantindo as trocas gasosas.
- III – O dióxido de carbono é um gás nocivo à respiração, pois, ao combinar-se com a hemoglobina, forma um produto estável, impedindo o O₂ de chegar às células.

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

- (A) I;
- (B) II;
- (C) III;
- (D) I e II;
- (E) I e III.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Os mamíferos aquáticos apresentam adaptações à vida nesse ambiente, sendo uma delas a presença de MIOGLOBINA nas células musculares. Sabendo que a mioglobina é semelhante à hemoglobina, então a presença daquela substância nos músculos tem como objetivo:

- (A) armazenar oxigênio, permitindo que o animal permaneça por mais tempo debaixo da água sem respirar;
- (B) melhorar o fluxo de sangue pelos músculos do animal, melhorando sua oxigenação;
- (C) aumentar a pressão sanguínea, favorecendo contrações musculares, facilitando sua eliminação;
- (D) retirar maior quantidade de gás carbônico das células musculares, facilitando sua eliminação;
- (E) reduzir a quantidade de hemácias no sangue, permitindo a circulação mais rápida dele.

CONTEXTUALIZANDO

A polícia está estudando o caso de uma pessoa que foi encontrada morta em um quarto de hotel. Não havia marcas de violência no corpo. Os exames para sinais de drogas no estômago, intestinos, sangue e rins foram negativos. O caso caminhava sem solução, até que um investigador voltou a fazer interrogatórios no hotel e colheu fatos que ainda não tinham sido registrados. No dia da morte, havia sido colocado um vaso com uma grande planta verde e, na noite da morte, que foi muito fria, todas as janelas do quarto permaneceram fechadas e o ar-condicionado desligado. A camareira que encontrou o corpo tentou em vão acender uma vela, assim que percebeu estar diante de um cadáver. O investigador fez as seguintes afirmações em seu relatório ao delegado:

- I – As plantas respiram de noite e fazem fotossíntese de dia.
- II – O gás carbônico é extremamente tóxico.
- III – O gás carbônico produzido no quarto pela planta provocou a morte do indivíduo durante o sono.
- IV – A fotossíntese libera oxigênio e a respiração, CO_2 .

Está(ão) correta(s):

- (A) somente a I e II;
- (B) somente a I, II e III;
- (C) somente a II, III e IV;
- (D) somente a IV;
- (E) somente a I e III.



Excreção

INTRODUÇÃO

Durante a atividade metabólica, as células, usando a matéria-prima fornecida pela alimentação, produzem, ao lado de substâncias que são úteis (anticorpos etc.), resíduos que não devem permanecer no organismo. Tais compostos, chamados genericamente de catabólitos, devido ao maior ou menor grau de toxidez que apresentam, precisam ser eliminados do organismo. A esta função se chama excreção.

Além desta função, a excreção exerce outros papéis no organismo, tais como regulação do equilíbrio hidrossalino, que pode ser explicado da seguinte forma: sais minerais e água podem estar, num determinado momento, em excesso ou mesmo em deficiência no organismo; pois bem, a excreção faz uma regulação da quantidade destes elementos nos sistemas biológicos. Tal controle, também chamado osmorregulação, apresenta grande significado, do ponto de vista da homeostase, pois contribui, sem dúvida alguma, para a manutenção de um meio interno constante.

PRINCIPAIS EXCRETAS

O CO_2 , a bile e outros materiais são considerados "excreções"; contudo, os principais produtos de excreção são os de caráter nitrogenado e que resultam do metabolismo protéico. Já sabemos que as proteínas são formadas pela agregação de aminoácidos que, por desaminação (perda do radical amina), geram cetoácidos e amônia. Esta é muito tóxica e bastante solúvel, no caso de animais aquáticos. Nos animais terrestres, contudo, existe o problema da disponibilidade de água. Como se comportam estes animais?

Para tornar possível a eliminação de excretas nitrogenados, os seres terrestres transformam a amônia em produtos menos tóxicos, como a uréia e o ácido úrico. Este último produto é insolúvel em água e muito menos tóxico, requerendo um mínimo de água para ser excretado, o que representa uma grande adaptação à economia de água.

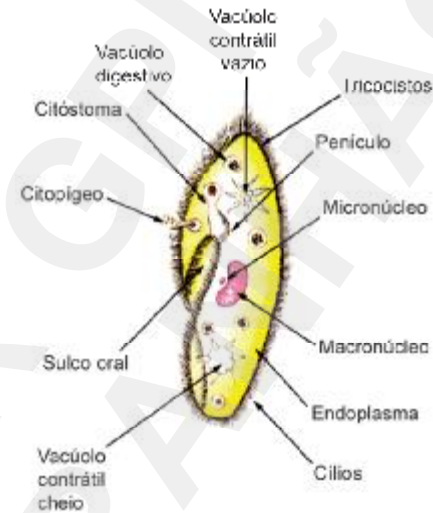
De acordo com o material nitrogenado que predomina na excreção, os animais são divididos em:

- **Amoniotélicos** – Predomínio de amônia.
- **Uricotélicos** – Predomínio de ácido úrico.
- **Ureotélicos** – Predomínio de uréia.

TIPOS DE ÓRGÃOS EXCRETORES

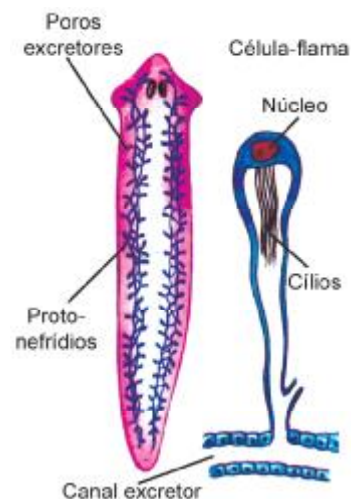
VACÚOLOS CONTRÁTEIS OU PULSÁTEIS

Presença em protozoários de água doce. São cavidades que se contraem periodicamente, regulando a pressão osmótica, expelindo catabólitos.



CÉLULAS-FLAMA OU SOLENÓCITOS

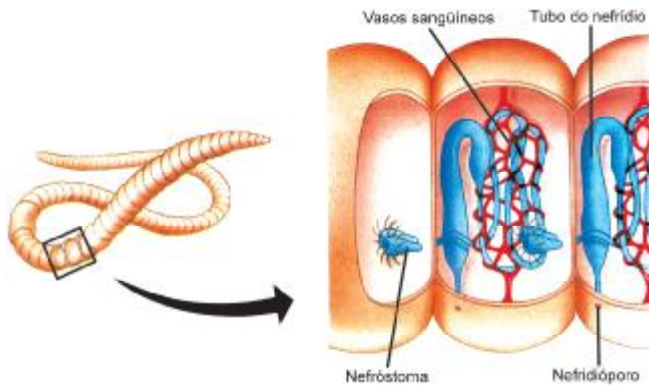
São as mais primitivas estruturas excretoras e surgem nos platelmintos. Cada célula-flama apresenta um tubo de cílios dentro de um canalículo por onde passa a solução a ser excretada. Os canalículos destas células se interligam, sendo os produtos da excreção lançados no exterior por meio de poros excretores.



Observe na planária os canais excretores dos protonefrídios e o detalhe de uma célula-flama.

NEFRÍDIAS

São estruturas excretoras mais especializadas e que surgem nos anelídeos. Cada nefrídio consta de um funil ciliado, chamado nefróstoma, que se liga a um canal chamado nefroduto. Nos anelídeos existe um par de nefrídios, localizado num segmento do corpo, que se abre em poros excretores localizados nos segmentos seguintes.



TUBOS DE MALPIGHI

Ocorrem nos insetos e outros artrópodos. São longos e delgados canalículos que desembocam no tubo digestivo, entre o intestino médio e o posterior. Estes tubos estão mergulhados em hemoceles, promovendo a remoção dos resíduos do sangue, que saem junto com as fezes.

GLÂNDULAS ANTENAIAS

As glândulas antenais, também chamadas glândulas verdes, são os órgãos de excreção dos crustáceos. Cada animal possui um par de glândulas antenais, assim chamadas por se localizarem na base das antenas.

A glândula antenal consiste de um saco celômico, uma câmara glandular esverdeada, um tubo excretor e uma bexiga. Substâncias presentes na hemolinfa são absorvidas pelo saco celômico, de onde passam para a câmara glandular. Aí, sua composição química é modificada pela reabsorção de substâncias úteis, que são lançadas de volta para o sangue. Sobram apenas os excretas e um pouco de água, eliminados através de um poro localizado na base das antenas.

EVOLUÇÃO DO SISTEMA EXCRETOR NOS ANIMAIS

Filo	Classe	Órgãos Excretores	Excreção Azotada	Concentração da Urina	Observações
Poríferos		Ausente			Eliminação das excreções por difusão simples através da superfície do corpo.
Cnidários					
Platelmintos		Protonefrídeos	Amônia	Hipotônica	Os protonefrídeos distribuem-se por todo o corpo e possuem topo alargado e fechado por células especializadas, as células-flama.
Nematelmintos		Canais excretores			
Moluscos		Metanefrídeos			
Anelídeos		Metanefrídeos	Amônia (e uréia)	Hipotônica	Os metanefrídeos são túbulos abertos nas duas extremidades, enrolados em serpentina e intimamente associados a vasos sanguíneos. Iniciam-se no nefróstoma e terminam no poro excretor.
Artrópodes	Insetos	Tubos de Malpighi (associado à glândula retal)	Ácido úrico	Hipertônica	Os tubos de Malpighi desenvolvem-se na porção posterior do corpo. A extremidade livre é fechada e drenam o filtrado para o reto.
Equinodermes		Ausentes			



Cordados	Agnatas	Rins pronefros ou mesonefros			
	Peixes ósseos	Rins mesonefros	Amônia	Água doce: fortemente hipotônica. Água salgada: isotônica.	Nos peixes de água doce, os néfrons possuem glomérulos muito desenvolvidos, ao contrário dos peixes de água salgada, em que os glomérulos são pequenos ou estão mesmo ausentes.
	Peixes cartilagosos		Trimetilamina e uréia	Isotônica	
	Anfíbios		Amônia e uréia	Fortemente hipotônica	
	Répteis	Rins metanefros	Água salgada: uréia, ácido úrico, por vezes amônia. Terrestre: ácido úrico.	Fracamente hipotônica	
	Aves		Ácido úrico	Fracamente hipotônica	Os néfrons drenam o seu conteúdo para a porção terminal do tubo digestivo, sendo as excreções eliminadas com as fezes.
	Mamíferos		Uréia	Fortemente hipotônica	A capacidade de produzir urina hipertônica está sobretudo associada ao aumento de tamanho da alça de Henle.

EXCREÇÕES AZOTADAS NOS ANIMAIS

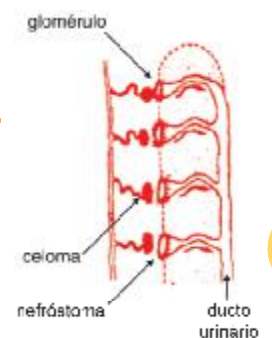
Excreção	Toxicidade	Solubilidade	Animais	Habitat
Amônia	Muito tóxica	Muito solúvel, requerendo grandes volumes de água para ser eliminada.	Peixes ósseos Anfíbios (larvas)	Aquático
Ácido úrico	Pouco tóxica	Insolúvel, podendo ser excretado em suspensão semi-sólida.	Insetos Répteis Aves	Terrestre, com grande falta de água.
Uréia	Menos tóxica que a amônia	Menos solúvel do que a amônia.	Anfíbios Mamíferos e peixes cartilagosos	Terrestre

RINS

RINS PRONEFROS

O rim pronefro (do grego *pro*, anterior) localiza-se na região anterior do corpo, sendo também chamado rim cefálico. Esse tipo de rim é formado por néfrons tubulares, dotados de um funil ciliado que se abre na cavidade celômica. Os excretas retirados do fluido celômico são lançados em dutos excretores que os levam para fora do corpo.

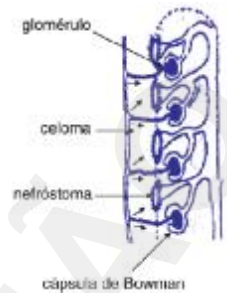
O rim pronefro se forma no início da fase embrionária de todos os vertebrados, desaparecendo em seguida; apenas nos agnatos ele persiste até a fase adulta.



RINS MESÓNEFROS

O rim mesónefro (do grego *mesos*, meio) localiza-se na região torácica, sendo também chamado de rim torácico. Ele é formado por néfrons tubulares, dotados de um funil ciliado, que remove excretas do celoma, e de uma cápsula filtradora, que remove excretas diretamente do sangue.

O rim mesónefro é o órgão de excreção dos peixes e dos anfíbios adultos. Está presente na fase embrionária de répteis, aves e mamíferos, mas desaparece na fase adulta.



RINS METANEFROS



O rim metanefro (do grego *meta*, posterior) localiza-se no abdome, sendo também chamado rim abdominal. É formado por unidades filtradoras dotadas de uma cápsula que retira os excretas diretamente do sangue; não há funil ciliado.

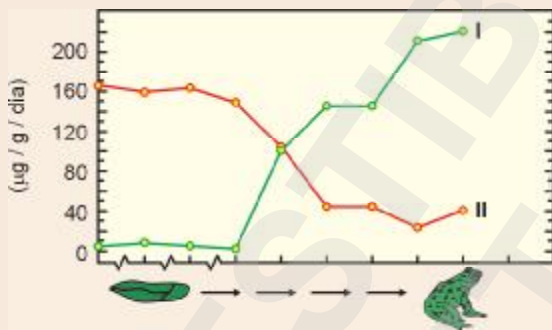
O rim metanefro é o órgão de excreção de répteis, aves e mamíferos adultos.

Obs.: Nos vertebrados, os órgãos excretores são os rins. É importante notar que, nos vertebrados mais inferiores (ciclôtomos), os rins são do tipo pronefro, isto é, são segmentados, formando diversos pares de estruturas parecidas com as nefrídias dos anelídeos. Essas estruturas possuem um funil ciliado que "suga" os excretas diretamente da cavidade celomática – verdadeiros nefróstomas, que convergem para um ducto coletor de cada lado do tronco. Esses rins se situam na parte anterior do corpo, junto à cabeça do animal.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UFF-RJ) Durante o processo de metamorfose, ocorrem marcantes mudanças no girino. No decorrer desse período evolutivo, em que acaba tornando-se capaz de viver em terra, além das diferenças morfológicas, também se alteram os produtos nitrogenados que excreta, conforme indicado no gráfico a seguir.

Produtos nitrogenados excretados, a 25°C, durante os vários estágios de desenvolvimento de girinos de *Rana catesbiana*



(Adaptado de FRIEDEN, Earl. LIPNER, Harry. *Endocrinologia Bioquímica dos Vertebrados*. Tradução por José Reinaldo Magalhães e Maria Teresa Araújo Silva. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. e Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.)

(A) Identifique os produtos nitrogenados representados nas curvas indicadas por I e II.

(B) Explique por que no decorrer do processo representado no gráfico ocorre mudança no perfil dos produtos nitrogenados excretados.

SOLUÇÃO:

(A) I – uréia;
II – amônia.

(B) O padrão de excreção do nitrogênio nos anfíbios muda durante a metamorfose. A maior parte do produto de excreção de nitrogênio do girino é constituída por amônia, característica dos animais aquáticos. Os animais aquáticos podem excretar, diretamente, a amônia produzida, pois, apesar de ser bastante tóxica, é extremamente solúvel em água. Depois da metamorfose, a rã, agora capaz de viver em terra, passa a excretar a maior parte do nitrogênio na forma de uréia, que é menos tóxica e pode ser eliminada em menor quantidade de água, de forma mais concentrada.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Considere a seguinte tabela, que indica produtos da excreção de duas espécies, X e Y, de vertebrados:

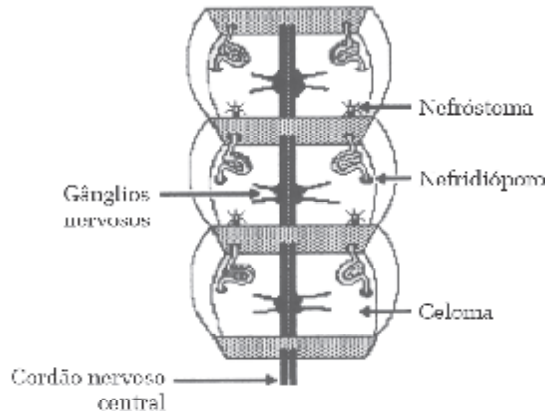
- (A) Quais os prováveis habitats das espécies X e Y? Por quê?
- (B) A que grupos de vertebrados pode pertencer a espécie X?
- (C) A que grupos de vertebrados pode pertencer a espécie Y?

% de nitrogênio não protéico na forma de		
	Espécie X	Espécie Y
Amônia	20 – 25	6
Uréia	20 – 25	20 – 30
Ácido úrico	5	50



02. Qual é o principal excreta nitrogenado observado em aves, répteis e insetos? Qual é a vantagem adaptativa deste mecanismo de excreção?

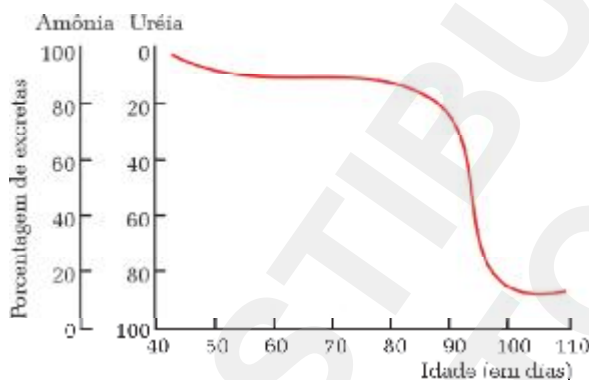
03. O esquema a seguir mostra parte de um animal:



Uma tal organização dos nefrídios, do sistema nervoso e do celoma encontra-se em:

- (A) minhocas;
- (B) caramujos;
- (C) gafanhotos;
- (D) planárias;
- (E) ouriços-do-mar.

04. O gráfico a seguir representa medidas da excreção de substâncias nitrogenadas durante a metamorfose de certa espécie de sapos.



Os dados mostram que a excreção de:

- (A) amônia só ocorre nos primeiros dias de vida;
- (B) uréia começa a ocorrer por volta do centésimo dia;
- (C) amônia predomina sobre a uréia em todo o período considerado;
- (D) uréia aumenta significativamente por volta do octagésimo dia;
- (E) amônia e de uréia faz-se em grande quantidade na fase larvária.

05. Com relação aos mecanismos de excreção desenvolvidos durante a evolução dos seres vivos, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- (A) As traquéias dos insetos eliminam produtos nitrogenados;
- (B) O sistema excretor funciona de modo a manter constante a composição do sangue;
- (C) Os protonefrídios são os órgãos de excreção das planárias;
- (D) Os protozoários e os poríferos realizam a excreção por difusão;
- (E) Os rins, assim como os pulmões e a pele, participam da excreção no homem.

06. Os tubarões acumulam uréia no sangue, como artifício de sobrevivência ao meio marinho, porque:

- (A) a água do mar é hipotônica em relação ao seu meio interno, o que favorece a desidratação;
- (B) os vacúolos pulsáteis das células branquiais não são eficientes na expulsão do excesso de água absorvida;
- (C) tornando-se isotônicos em relação ao mar, a osmorregulação é controlada;
- (D) o sangue elimina os sais absorvidos pelo intestino por osmose;
- (E) há excessiva eliminação de urina, e a perda da uréia diminui a concentração de sais no sangue.

07. Indique a alternativa em que a estrutura do aparelho excretor não corresponde à encontrada no organismo relacionado:

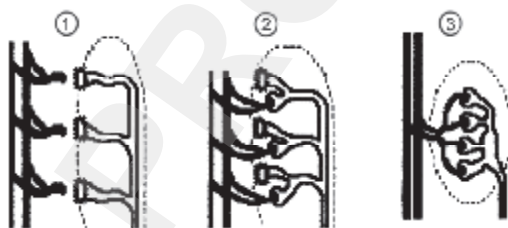
- (A) planária – células-flama;
- (B) ameba – vacúolo pulsátil;
- (C) minhoca – nefrídios;
- (D) homem adulto – rim mesonefro;
- (E) gafanhoto – túbulos de Malpighi.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Aves excretam ácido úrico; mamíferos excretam uréia. Como esses produtos de excreção relacionam-se com o tipo de desenvolvimento embrionário desses animais?

02. O esquema a seguir mostra três tipos de órgãos excretores:

- 1. rim pronefro
- 2. rim mesonefro
- 3. rim metanefro



Assinale a opção que identifica os vertebrados adultos que, respectivamente, apresentam os órgãos 1, 2 e 3 em funcionamento.

- (A) Anfíbios, peixes e mamíferos.
- (B) Anfíbios, peixes e aves.
- (C) Aves, ciclóstomos e anfíbios.
- (D) Ciclóstomos, anfíbios e mamíferos.
- (E) Ciclóstomos, anfíbios e peixes.

03. Considere as afirmativas a seguir:

- I – Todos os animais aquáticos excretam amônia por não apresentarem problemas quanto à obtenção de água.
- II – O ácido úrico, por ser o excreta menos solúvel em água, é eliminado principalmente por animais terrestres como aves e répteis.



III – Os mamíferos excretam uréia porque, apesar de serem terrestres em sua maioria, geralmente são vivíparos e têm bom suprimento de água.

Então:

- (A) todas as afirmativas são verdadeiras;
- (B) somente a afirmativa I é verdadeira;
- (C) somente as afirmativas I e II são verdadeiras;
- (D) somente as afirmativas II e III são verdadeiras;
- (E) somente a afirmativa II é verdadeira.

04. A tabela a seguir indica as quantidades (em porcentagem) de excretas nitrogenadas na urina de dois animais:

	Amônia	Uréia	Ácido Úrico
a	5	25	50
b	25	25	5

Sobre esses dados, fizeram-se as seguintes afirmações:

- I – O animal (a) provavelmente vive em hábitat terrestre e o animal (b), em hábitat aquático ou de transição entre água e terra.
- II – A urina animal (a) é rica em ácido úrico, altamente tóxico, que necessita de grande quantidade de água para ser eliminado.
- III – A urina de (b) é rica em substâncias solúveis e muito tóxicas.
- IV – O animal (a) pode ser uma tartaruga e (b) pode ser um sapo.

Dessas afirmações, são corretas somente:

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

05. Relacione as colunas a seguir, identificando corretamente os tipos de estruturas excretoras dos animais:

- | | |
|-----------------------|---------------|
| 1 – ameba | 4 – planária |
| 2 – rato | 5 – gafanhoto |
| 3 – minhoca | |
| () tubos de Malpighi | |
| () nefrídios | |
| () rins | |
| () vacúolo pulsátil | |
| () células-flama | |

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

- (A) 2 – 1 – 5 – 3 – 4;
- (B) 5 – 3 – 2 – 1 – 4;
- (C) 4 – 1 – 2 – 5 – 3;
- (D) 1 – 4 – 2 – 3 – 5;
- (E) 2 – 4 – 3 – 2 – 1.

06. As brânquias em peixes ósseos marinhos, além da função respiratória, têm papel excretor e osmorregulador. A respeito das adaptações de peixes ósseos marinhos ao meio em que vivem, podemos afirmar que:

- (A) bebem água salgada, que é absorvida no intestino, e eliminam o excesso de sais pelas brânquias;
- (B) eliminam, pelas brânquias, grandes quantidades de água e o excesso de sais;
- (C) absorvem água salgada pelas brânquias e eliminam o excesso de sais por essas estruturas;
- (D) acumulam altas taxas de uréia no sangue e a eliminam gradativamente pelas brânquias;
- (E) eliminam grandes quantidades de água pelo intestino e eliminam o excesso de sais pelas brânquias.

CONTEXTUALIZANDO

“BEIJEI UM SAPO E ENCONTREI UM PRÍNCIPE”

Na Geórgia e na Carolina do Norte, nos EUA, acontece de verdade: os sapos viram príncipes quando são beijados. Era tanta a onda de beijar batráquios que os dois estados acabaram de aprovar uma lei proibindo a prática (com certeza, mais de um sapo suspirou aliviado ao saber disso). O estranho costume tinha sido difundido após o descobrimento de que a pele desses animais contém bufotenina, um potente alucinógeno. Isso, obviamente, explica a história da mocinha que beijou um cururu e descobriu nele o Príncipe Azul (Com alucinógeno, até eu!).

Os anfíbios apresentam características adaptativas que incluem a pele fina e úmida. Em relação ao processo de controle da temperatura, o que deve levar de modo inicial um anfíbio à morte, quando colocado em água gelada?



Excreção no Homem

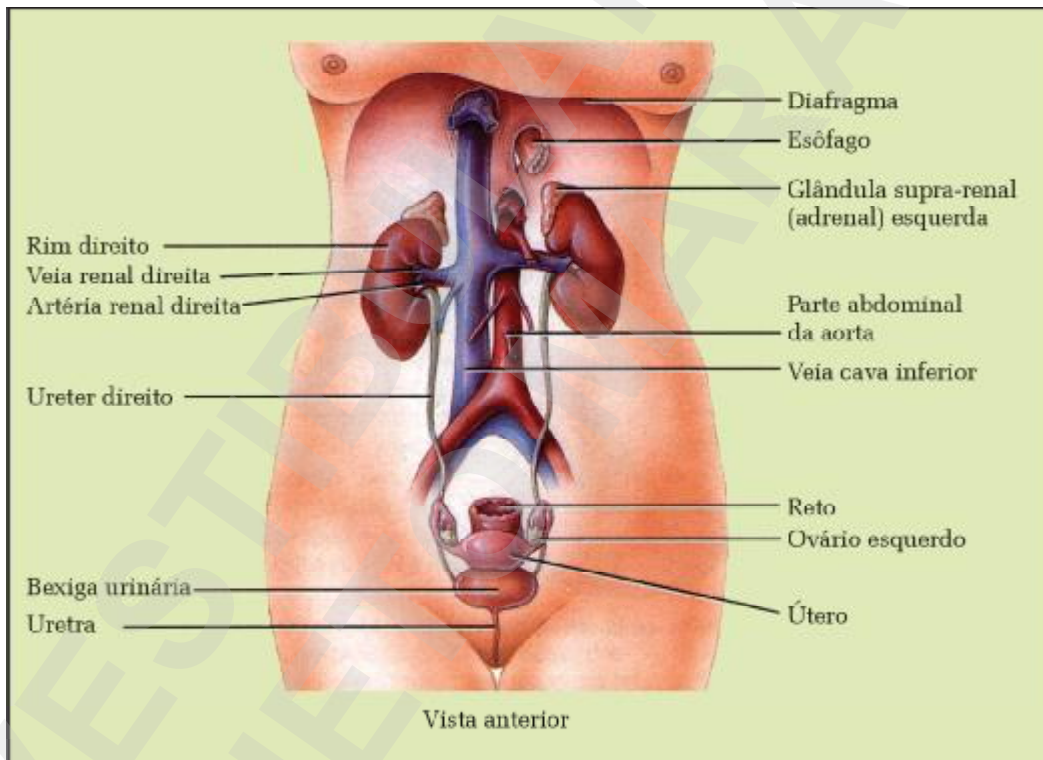
Os rins são constituídos, essencialmente, por um grande número de estruturas denominadas néfrons. Estes são considerados como a unidade morfológica e funcional dos rins. Cada néfron produz pequena quantidade de urina, através da qual são eliminadas várias substâncias tóxicas ou que estão em excesso no organismo.

Os néfrons são constituídos por uma porção inicial dilatada, que contém um "novelo" de capilares sanguíneos (glomérulos) e por uma série de túbulos, cujo trajeto é retilíneo em certas partes e tortuoso em outras, recebendo sucessivamente as seguintes denominações: **túbulo**

contorcido proximal, parte delgada e parte espessa da alça de Henle e tubo contorcido distal. Este último desemboca no túbulo coletor, que não pertence mais ao néfron, pois faz parte das vias excretoras de urina.

À medida que o sangue passa pelos capilares glomerulares, forma-se um filtrado do plasma sanguíneo. Este filtrado passa por túbulos do néfron onde será transformado em urina. À medida que o filtrado percorre os túbulos, várias substâncias que ainda podem ser usadas são transferidas para o sangue dos capilares que envolvem os túbulos. Ao mesmo tempo que removem do filtrado as substâncias aproveitáveis, as células tubulares lançam no filtrado certas substâncias tóxicas. Desse modo, o filtrado glomerular se transforma em urina.

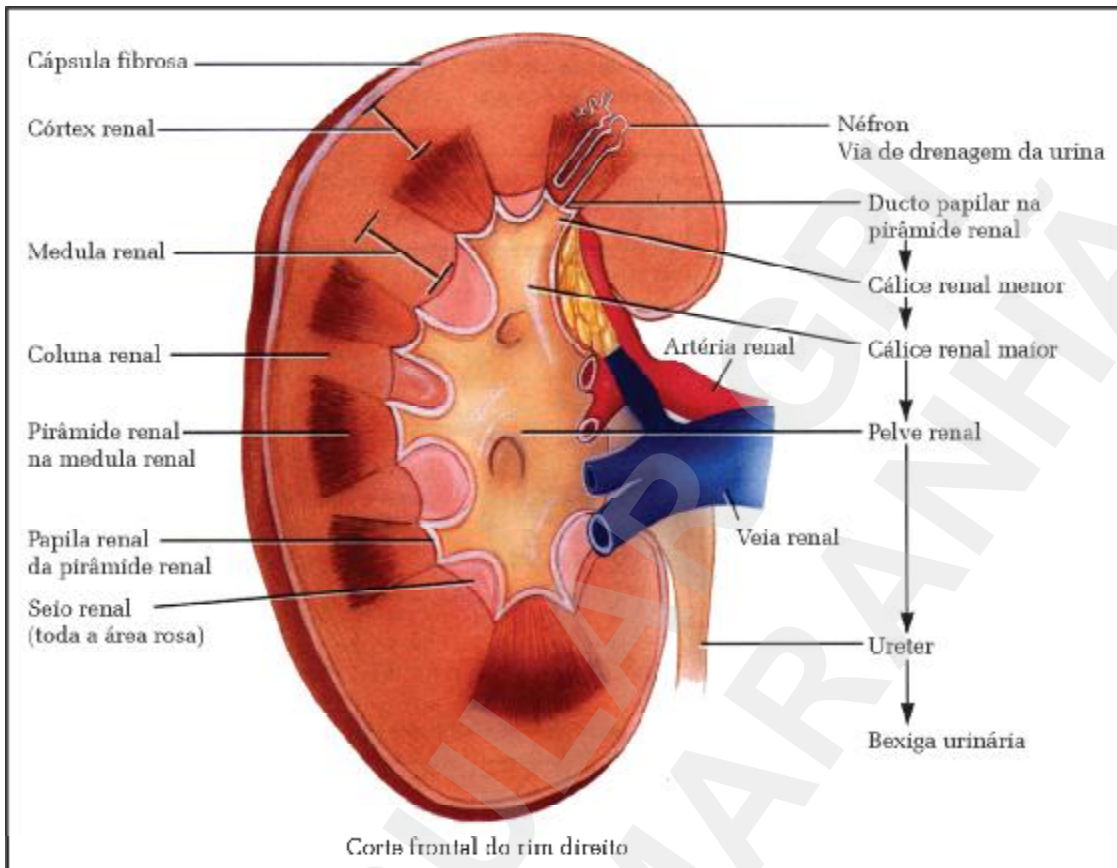
A REGULAÇÃO DA DIURESE E DO VOLUME DE LÍQUIDO CORPORAL



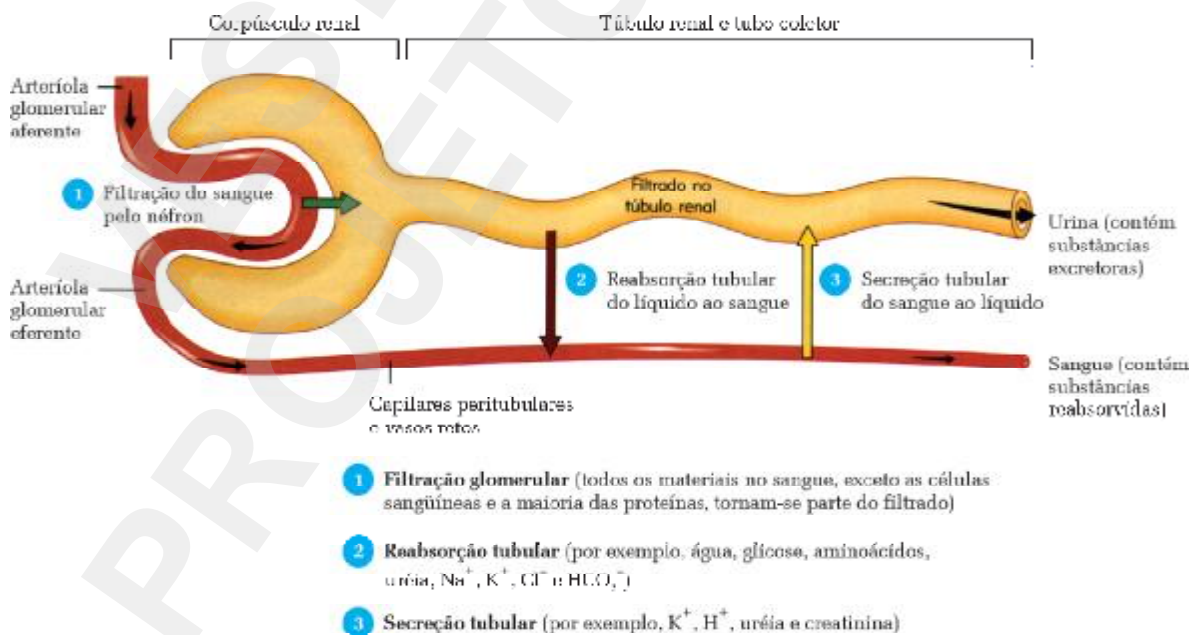
FILTRAÇÃO GLOMERULAR

Na região cortical do rim existem milhares de glomérulos. Cada glomérulo é formado de um conjunto de capilares. O sangue que flui no interior de tais capilares chega ao mesmo proveniente de uma arteríola denominada aferente. Este mesmo sangue, após fluir pelos capilares glomerulares, se dirige para a arteríola eferente, que forma uma rede de capilares peritubulares, que envolvem os túbulos renais. No interior dos capilares glomerulares existe uma considerável pressão hidrostática (60mmHg), que força o sangue a fluir para frente, em direção à arteríola eferente, e também contra a parede dos capilares. No interior da cápsula de Bowmann existe também uma pressão hidrostática, mas esta é menor (18mmHg). Outra pressão que não podemos deixar de mencionar é uma pressão denominada oncótica ou

coloidosmótica (32mmHg) no interior dos capilares glomerulares, devido à grande concentração de proteínas no interior dos tais vasos. Este tipo de pressão atrai água do exterior para o interior dos capilares glomerulares. Analisando-se as três pressões citadas acima, conclui-se que existe realmente uma pressão resultante da ordem de 10mmHg, que pode ser considerada como pressão de filtração, que favorece a saída de líquidos do interior para o exterior dos capilares glomerulares e, com isso, proporciona uma boa filtração do sangue. A cada minuto, aproximadamente, cerca de 125mL de filtração se formam no interior da cápsula de Bowmann. Tal filtrado é denominado filtrado glomerular. É fácil imaginar que se houver uma queda significativa de pressão sanguínea haverá também, como consequência, uma queda na pressão hidrostática no interior dos capilares glomerulares. Isso provocará uma queda acentuada na pressão de filtração, o que



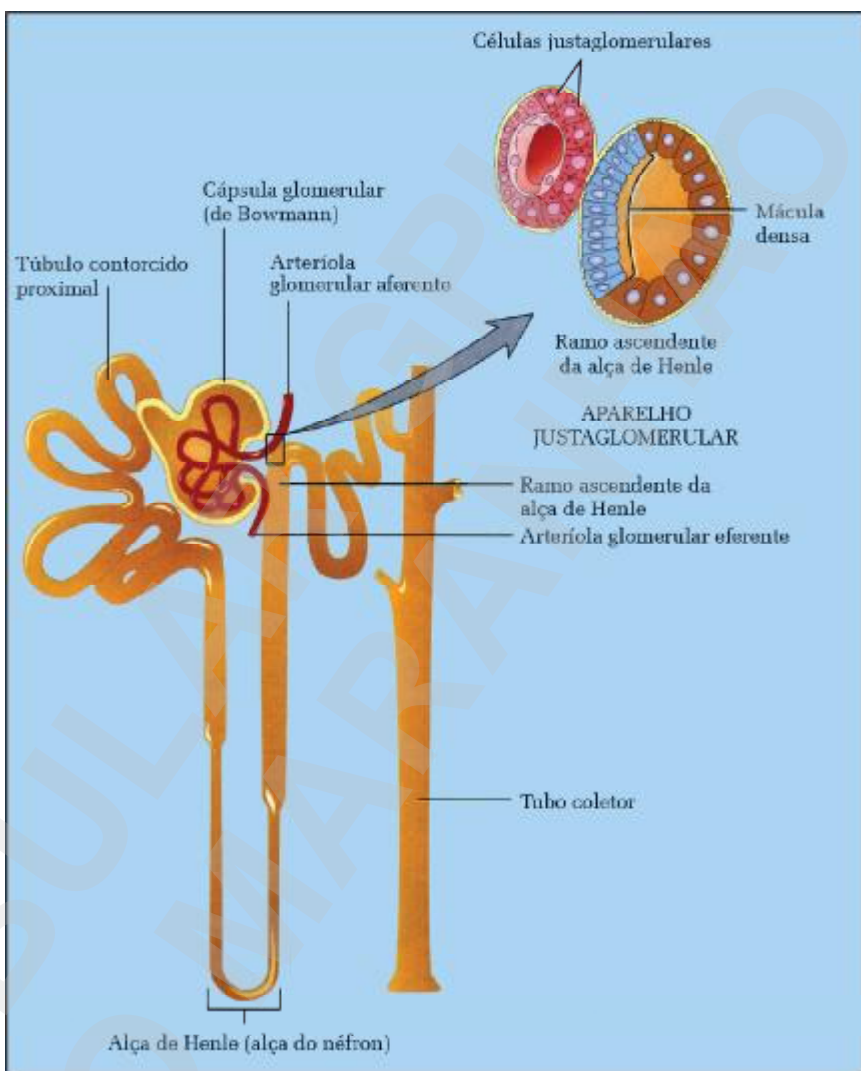
reduzirá a filtração glomerular, poupando líquido (volume) para o corpo, numa tentativa de se corrigir a queda da pressão. O contrário se verificaria num caso de aumento da pressão sanguínea. A angiotensina, potente vasoconstritor, produzida a partir da ação da renina sobre o angiotensinogênio, exerce importante poder vasoconstritor, especialmente sobre a arteriola eferente. Portanto, um aumento na produção de angiotensina ocasiona uma vasoconstrição mais acentuada nesta arteriola e, como consequência, um aumento da pressão de filtração e da filtração glomerular. A noradrenalina, mediador químico liberado pelas terminações nervosas simpáticas, exerce importante efeito vasoconstritor especialmente sobre a arteriola aferente. Portanto, um predomínio da atividade simpática do sistema nervoso autônomo tem o poder de aumentar a vasoconstrição nesta arteriola e, como consequência, provocar uma redução da pressão de filtração e da filtração glomerular.





APARELHO JUSTAGLOMERULAR

Em numerosos néfrons, observamos algo muito interessante: um pequeno segmento do túbulo contornado distal aproxima-se intimamente a um segmento de uma ou ambas as arteríolas (aferente e/ou eferente). Onde isso ocorre, observamos uma diferenciação tanto na parede do túbulo contornado distal quanto na parede da arteríola. A parede do túbulo, que normalmente é constituída por um epitélio cubóide, se torna neste segmento com um epitélio diferente, com grande número de células cilíndricas, umas bem próximas às outras. Tal região recebe o nome de mácula densa. Já na parede da arteríola, verificamos uma grande quantidade de células, neste segmento, com aspecto bem diferente daquelas que formam o restante da parede do vaso. Tais células apresentam em seu citoplasma uma grande quantidade de grânulos de secreção, demonstrando que são células produtoras de alguma substância. A substância produzida nestas células, chamadas de justaglomerulares, é exatamente a famosa renina. O segmento descrito ao lado, formado por células justaglomerulares (na parede das arteríolas) mais a mácula densa (na parede do túbulo contornado distal) é conhecido como aparelho justaglomerular. Portanto, podemos dizer que a renina é produzida por este aparelho.



RENINA – ANGIOTENSINA – ALDOSTERONA

A renina, ao entrar em contato com o angiotensinogênio, transforma-o em angiotensina-1.

Esta, sob ação de enzimas encontradas principalmente em capilares pulmonares, transforma-se em angiotensina-2. A angiotensina-2 é um potente vasoconstritor. Fazendo vasoconstrição, aumenta a resistência ao fluxo sanguíneo e, portanto, eleva a pressão arterial. Além do poder vasoconstritor, a angiotensina é um dos fatores que provocam, na glândula supra-renal, um aumento na secreção do hormônio aldosterona. A aldosterona aumenta a reabsorção de sal + água no túbulo. Conseqüentemente, aumenta o volume do compartimento vascular (volemia). Aumentando o volume sanguíneo, o coração aumenta seu débito (débito cardíaco). O aumento do débito cardíaco faz com que também ocorra um aumento na pressão arterial. Portanto, é fácil concluir que um aumento na secreção de renina determina um aumento na pressão arterial. Já em uma redução em sua secreção, o efeito inverso se verifica.

O HORMÔNIO ANTIDIURÉTICO (ADH)

A permeabilidade à água do segmento final do túbulo distal e do ducto coletor é regulada pelo hormônio antidiurético (ADH).

O hormônio antidiurético (ADH) é um hormônio produzido no hipotálamo e armazenado na hipófise. A partir da neuroipófise, o ADH é liberado para o sangue.

A principal ação do ADH é regular a tonicidade do fluido extracelular, aumentando a permeabilidade do ducto coletor à água.

O ADH aumenta a permeabilidade à água pela abertura dos poros nas células epiteliais do ducto coletor. Pode-se dizer que o ADH é o hormônio da conservação da água.

Quando o ADH está presente, a água pode equilibrar-se através das paredes do túbulo distal e do ducto coletor e a urina descendente torna-se mais concentrada, pois a água é reabsorvida.

Uma das características da ressaca é a sede excessiva. Esta necessidade de água que o nosso corpo manifesta pela sede é compreensível, se considerarmos que durante o período de ingestão de álcool muita água foi eliminada pela urina.

Estímulos dolorosos, certas drogas (como barbitúricos), elevação da temperatura do hipotálamo e queda da PO₂ do sangue provocam a liberação do ADH.

O ADH é rapidamente metabolizado no fígado e rins, com uma meia-vida na circulação de apenas 15 a 20 minutos. Após uma sobrecarga de água, a máxima diurese é alcançada depois de 90 a 120 minutos, tempo necessário para metabolização do hormônio previamente circulante.

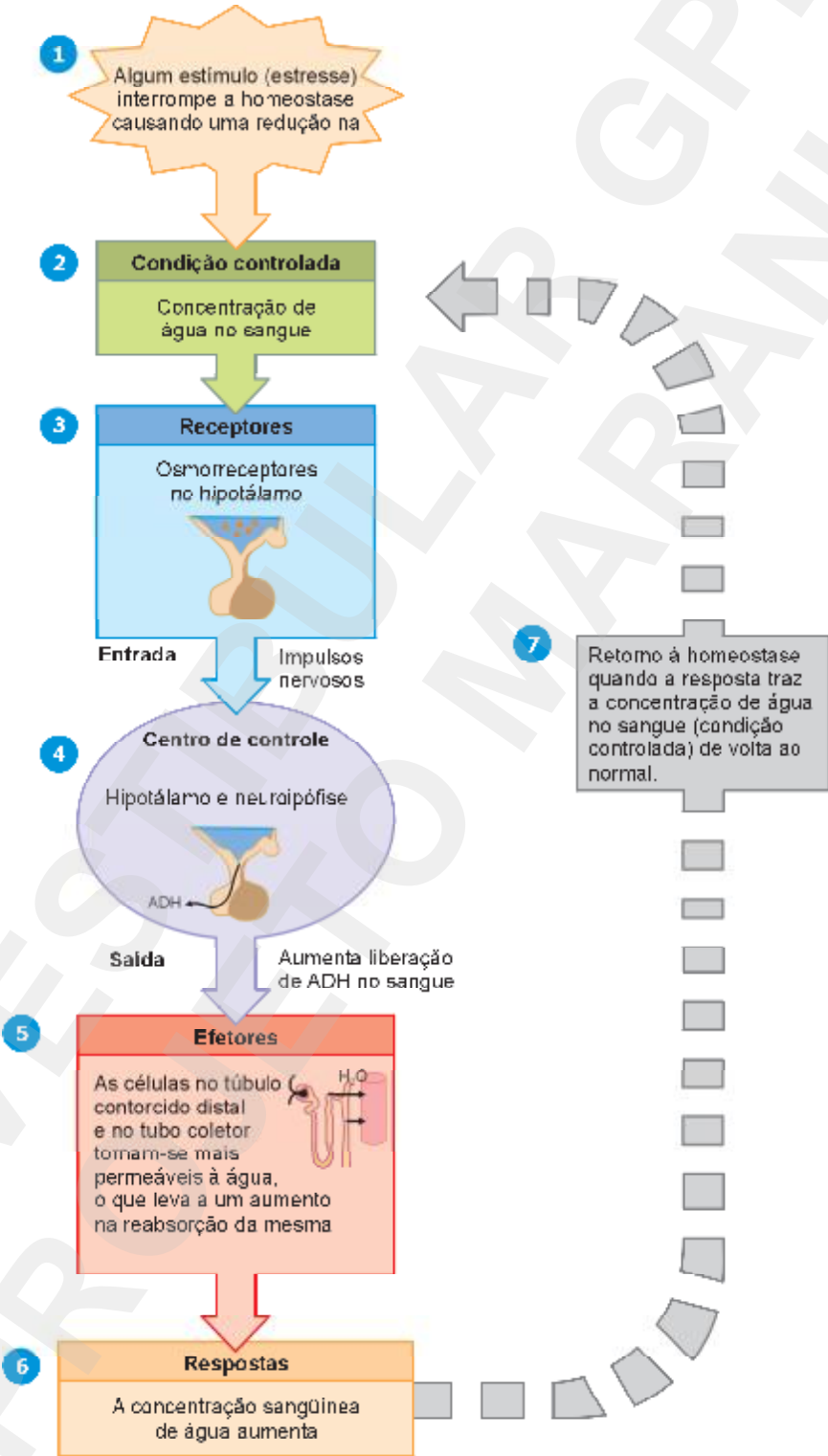
A desidratação ocorre quando as perdas de água corporal superam os ganhos. As causas mais comuns de desidratação são a sudorese excessiva em ambientes quentes, vômitos intensos ou diarreia grave e as doenças renais que levam à produção de grande quantidade de urina diluída.



A ingestão excessiva de álcool ocasiona desidratação porque o álcool inibe a secreção do hormônio antidiurético (ADH), causando a produção de grande volume de urina diluída.

Além da perda de água, há a perda de sal. O sal é perdido pela urina, pelo suor, pelas lágrimas e as secreções do tubo gastrointestinal. Perdas anormais de líquidos corporais por vômitos, diarreia e sudorese excessiva podem ocasionar grandes perdas de sal.

Os ganhos de sal têm de contrabalançar as perdas para a manutenção da homeostasia corporal. Além do consumo direto de sal de cozinha, muitos alimentos contêm sal “oculto” sob a forma de conservantes, como o bissulfeto de sódio, ou sob a forma de aditivos. Algumas bebidas também contêm quantidades significativas de sal.





EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UNESP) João e José foram ao Estádio do Morumbi assistir a um jogo de futebol. Pouco antes do início do jogo, ambos foram ao sanitário do Estádio e urinaram. Durante o primeiro tempo do jogo, João tomou duas latinhas de refrigerante e José, duas latinhas de cerveja. No intervalo da partida, ambos foram novamente ao sanitário e urinaram; antes do término do jogo, porém, José precisou urinar mais uma vez. Sabendo-se que ambos gozavam de boa saúde, responda às seguintes questões:

- (A) Por que o fato de José ter ingerido bebida alcoólica fez com que ele urinasse mais vezes que João?
- (B) A urina, uma vez formada, percorre determinados órgãos do aparelho excretor humano. Qual a trajetória da urina, desde sua formação até sua eliminação pelo organismo?

SOLUÇÃO:

- (A) O álcool inibe a secreção hipofisária do antidiurético (ADH). Tal fato provoca diminuição da reabsorção de água nos túbulos renais e, consequentemente, maior produção de urina.
- (B) Rins, ureteres, bexiga urinária e uretra.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Considere as funções do rim humano.

- (A) Quais os principais processos que ocorrem, respectivamente, no glomérulo localizado na cápsula de Bowmann e no túbulo do néfron?
- (B) Cite uma substância orgânica filtrada que será reabsorvida pelo sangue e dê o nome da principal substância tóxica que será filtrada e posteriormente eliminada pela urina.

02. Através da placenta, estrutura que contém tecidos da mãe e do embrião, o organismo materno fornece oxigênio e nutrientes, recolhendo, também, os resíduos do metabolismo do embrião.

Em condições normais, o mecanismo de trocas materno-fetal ocorre:

- (A) por uma circulação única materno-fetal, isto é, o sangue da mãe entra em contato direto com o do embrião;
- (B) por livre difusão, em que a oxigenação, nutrição e remoção de excretas são feitas através de trocas entre a circulação fetal e materna;
- (C) por transporte ativo, em que o sangue do embrião atrai os nutrientes e o oxigênio do sangue materno;
- (D) pela ação de hormônios gonadotróficos, que fazem o transporte dos elementos do sangue materno para o fetal;
- (E) pelo líquido da bolsa d'água, que recebe os nutrientes e oxigênio do sangue materno, difundindo-os até o sangue do embrião.

03. A ingestão de bebidas alcoólicas inibe a liberação do hormônio responsável pelo aumento da permeabilidade das membranas das células dos túbulos renais.

Com isso, é diminuída a reabsorção:

- (A) passiva de água, o que diminui a concentração sanguínea e concentra a urina;
- (B) passiva de água, o que aumenta a concentração sanguínea e dilui a urina;
- (C) passiva de água, o que diminui a concentração sanguínea e dilui a urina;
- (D) ativa de água, o que aumenta a concentração sanguínea e dilui a urina;
- (E) ativa de água, o que diminui a concentração sanguínea e concentra a urina.

04. Em caso de hipertensão, recomenda-se uma dieta sem sal porque este atua:

- (A) diminuindo o volume de sangue circulante;
- (B) aumentando o volume de sangue circulante;
- (C) reduzindo o calibre dos vasos sanguíneos;
- (D) dilatando o calibre dos vasos sanguíneos;
- (E) obstruindo os capilares arteriais com placas de ateroma.

05. O hormônio ADH atua sobre os túbulos renais promovendo absorção de água do filtrado glomerular. A deficiência na secreção desse hormônio faz com que a pessoa produza:

- (A) muita urina, com alta concentração de excreções;
- (B) muita urina, com baixa concentração de excreções;
- (C) pouca urina, com alta concentração de excreções;
- (D) pouca urina, com baixa concentração de excreções;
- (E) quantidade normal de urina, com alta concentração de excreções.

06. Considere dois indivíduos adultos, metabolicamente normais, designados por A e B.

O indivíduo A tem uma dieta rica em proteínas e pobre em carboidratos. O indivíduo B, ao contrário, tem uma dieta pobre em proteínas e rica em carboidratos.

Pode-se prever que na urina do indivíduo A exista:

- (A) menor concentração de uréia que na urina de B e que a concentração de glicose seja a mesma na urina de ambos;
- (B) maior concentração de uréia que na urina de B e que não se encontre glicose na urina de ambos;
- (C) maior concentração de uréia e maior concentração de glicose que na urina de B;
- (D) menor concentração de uréia e menor concentração de glicose que na urina de B;
- (E) a mesma concentração de uréia e glicose que a encontrada na urina de B.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. Quando uma dieta rica em proteínas é dada a uma criança, observa-se o aparecimento de uma grande quantidade de nitrogênio na sua urina, sob a forma de uréia. A quantidade de nitrogênio encontrada na urina é ligeiramente inferior à quantidade de nitrogênio ingerida pela criança com o alimento.

Quando a criança é submetida a uma dieta sem proteínas, por vários dias, a excreção de uréia diminui, mas não pára, demonstrando que o organismo continua degradando proteínas.

Indique a origem das proteínas degradadas na dieta sem proteínas e explique por que crianças com uma dieta deficiente em proteínas apresentam peso e altura abaixo dos padrões considerados normais.

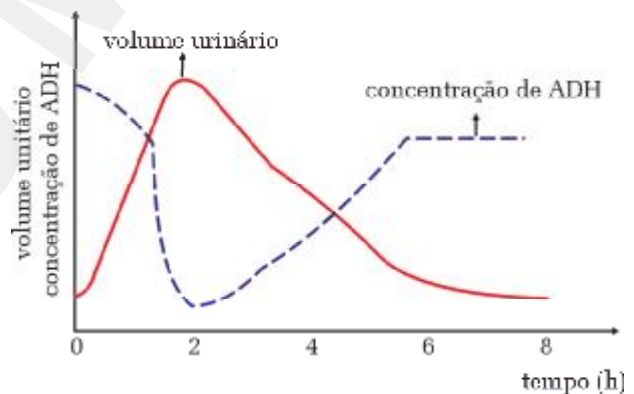
02. O *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*, de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, 2ed., 1986, define "ressaca", em uma de suas acepções, como "indisposição de quem bebeu", depois de passar a "bebedeira".

- (A) Por que as pessoas sentem tanta sede quando estão de ressaca?
- (B) Justifique sua resposta.

03. Nos túbulos do néfron há intenso transporte ativo. Portanto, as células das paredes desses túbulos são ricas em:

- (A) mitocôndrias;
- (B) DNA;
- (C) lisossomos;
- (D) ribossomos;
- (E) retículo endoplasmático.

04. Vinte pessoas normais beberam, cada uma, 2 litros de água num intervalo de 2 horas. A seguir, temos os gráficos que registram as médias das variações dos volumes urinários e das concentrações do hormônio antidiurético (ADH) no sangue em função do tempo:

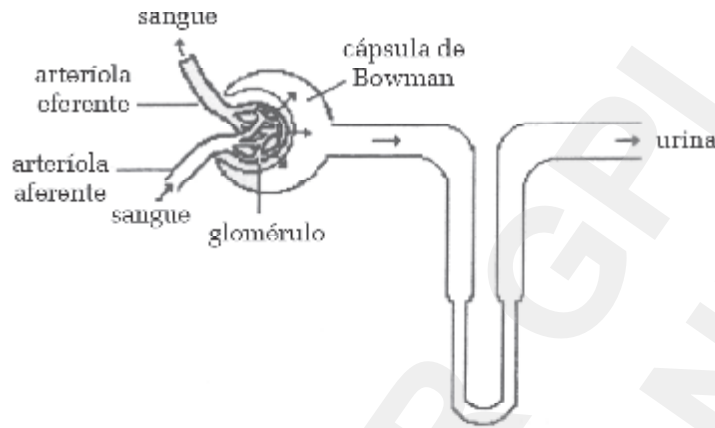


A análise dos gráficos permite concluir que:

- (A) o hormônio ADH tem efeito diurético, o que faz aumentar o volume urinário;
- (B) o volume urinário não tem nenhuma relação com a secreção do hormônio ADH;
- (C) há uma relação diretamente proporcional entre a concentração do hormônio ADH e o volume urinário;
- (D) o aumento do volume urinário influi sobre os rins, inibindo a secreção do hormônio ADH;
- (E) há uma relação inversamente proporcional entre a concentração do hormônio ADH e o volume urinário.



05. Recentemente descobriu-se que, quando aumenta a pressão nos átrios (aurículas) cardíacos, estes secretam um hormônio – o fator atrial – que tem ação direta sobre os néfrons, as unidades filtradoras dos rins. Entre outros efeitos, o fator atrial produz dilatação da arteríola aferente, combinada com a constrição da arteríola eferente (veja o esquema a seguir que representa um néfron):



Dessas informações, pode-se deduzir que a secreção de fator atrial provoca:

- (A) maior filtração glomerular, formação de mais urina, diminuição da pressão sanguínea;
- (B) menor filtração glomerular, formação de mais urina, diminuição da pressão sanguínea;
- (C) maior filtração glomerular, formação de menos urina, elevação da pressão sanguínea;
- (D) menor filtração glomerular, formação de menos urina, elevação da pressão sanguínea;
- (E) menor filtração glomerular, formação de mais urina, elevação da pressão sanguínea.

06. Uma pessoa excreta mais uréia quando come mais:

- (A) amido;
- (B) proteína;
- (C) sacarose;
- (D) gordura.
- (E) glicose;

07. O sangue de um mamífero que chega à veia cava inferior, vindo do fígado, contém, relativamente, grande quantidade de:

- (A) oxigênio e de uréia;
- (B) gás carbônico e de uréia;
- (C) uréia e pequena de gás carbônico;
- (D) gás carbônico e pequena de uréia;
- (E) oxigênio e pequena de uréia.

08. No homem, várias substâncias presentes no sangue chegam ao néfron, atravessam a cápsula de Bowmann e atingem o túbulo renal. Várias dessas substâncias são, normalmente, reabsorvidas, isto é, do néfron elas são lançadas novamente no sangue, retornando a outras partes do corpo. Entre essas substâncias normalmente reabsorvidas, no nível do néfron, podem ser citadas:

- (A) água e uréia;
- (B) água e glicose;
- (C) glicose e uréia;
- (D) água e ácido úrico;
- (E) aminoácidos e uréia.



Tecidos Vegetais

CONCEITO

Da mesma forma que os tecidos animais, os tecidos vegetais podem ser definidos como um conjunto de células com formas semelhantes e exercendo uma ou algumas funções especializadas.

CLASSIFICAÇÃO

De acordo com as suas funções, podemos classificá-los conforme o quadro abaixo:

	Tecidos		Funções
I	Meristema	Primário	Formação ou crescimento
		Secundário	
II	Epiderme		Proteção
	Súber		
III	Colênquima		Sustentação
	Esclerênquima		
IV	Pêlos absorventes		Absorção ou condução
	Vasos lenhosos		
	Vasos Liberianos		
V	Parênquima clorofiliano		Assimilação
VI	Estômatos		Arejamento
	Lenticelas		
VII	Pêlos Secretores		Secreção e Excreção
	Bolsas Secretoras		
	Canais Lactíferos		
	Hidatódio		
VIII	Parênquima Aquífero		Reserva
	Parênquima Aerífero		
	Parênquima Amilífero		

DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS TECIDOS E SUAS FUNÇÕES

TECIDOS MERISTEMÁTICOS

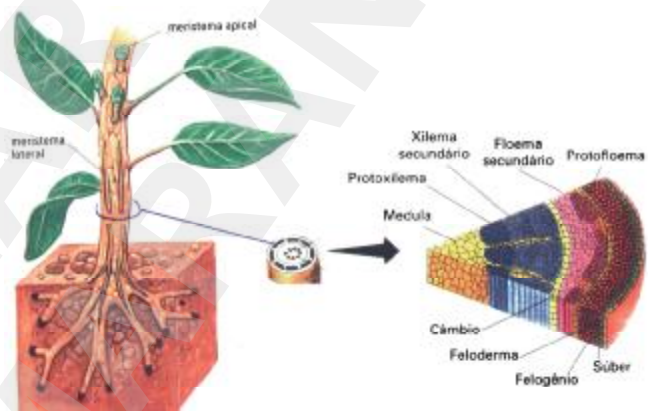
À medida que as células do embrião da planta se especializam, elas perdem gradativamente a capacidade de se dividir. Em algumas regiões da planta, porém, persistem grupos de células de estrutura simples, não-diferenciadas ou não-especializadas, que conservam as características embrionárias (células pequenas, com parede celular fina, muitos vacúolos pequenos etc). Esses grupos de células – chamadas *meristemas* (*meris* = divisão) – encontram-se em constante divisão, promovendo o crescimento da planta e originando, por diferenciação, os outros tecidos vegetais.

O meristema se divide em dois tipos: meristema primário ou apical e meristema secundário ou lateral.

Meristema Primário

Encontrado no embrião nas regiões de crescimento longitudinal, tais como: subterminal da raiz, extremidade do caule etc.

Nos vegetais superiores, os meristemas primários compreendem: o **caliptrogênio**, o **dermatogênio**, o **periblema** e o **pleroma**. O caliptrogênio só é encontrado nas raízes, pois é o tecido embrionário do qual se origina a caliptra ou coifa. O dermatogênio origina os tecidos de revestimento, notadamente a epiderme de caules e raízes. Do periblema derivam os parênquimas corticais (da casca ou córtex). O pleroma responde pela formação dos tecidos do cilindro-central ou estelo.



Meristema Secundário

É constituído por células que readquiriram a capacidade de divisão celular. Diferem das células do meristema primário pela presença de grandes vacúolos no citoplasma.

Está localizado na casca e no cilindro central das dicotiledôneas e gimnospermas.

Na casca encontramos o felogênio, uma subdivisão do meristema secundário, que forma para fora dela um tecido de revestimento morto, chamado súber.

Para dentro da casca, o felogênio forma um tecido vivo chamado feloderma.

No cilindro central, o câmbio forma os tecidos de condução secundários, chamados floema e xilema.

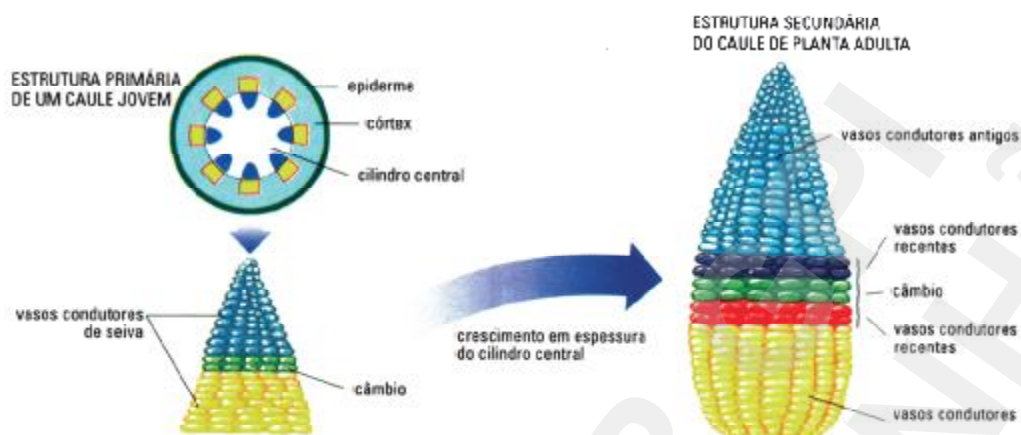
O crescimento secundário é uma característica das gimnospermas e dicotiledôneas, sendo raro nas monocotiledôneas.

Anéis anuais

Nas regiões de clima temperado, a atividade do câmbio varia no decorrer do ano. A atividade cambial é muito intensa durante a primavera e o verão, diminuindo progressivamente no outono até cessar por completo no inverno. No fim do verão, quando está encerrando mais um ciclo de atividade, o câmbio produz vasos lenhosos de paredes grossas e lúmen estreito, que constituem o **lenho estival**. Na primavera, ao retomar seu funcionamento depois do repouso invernal, o câmbio produz vasos lenhosos de paredes delgadas e lúmen grande, que constituem o **lenho primaveril**.



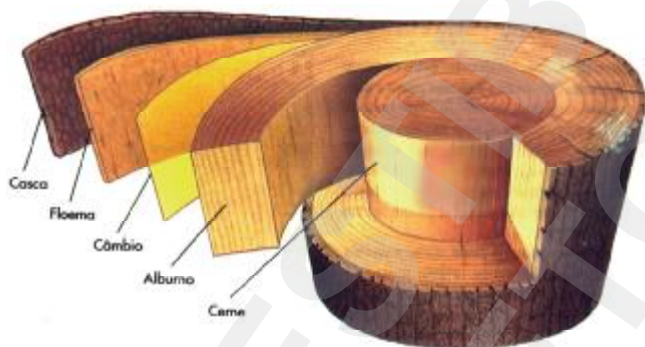
Corte do caule de uma Dicotiledônea



Troncos de árvores que vivem em regiões temperadas apresentam, portanto, anéis de lenho estival intercalados a anéis de lenho primaveril. Quando esses troncos são observados em corte transversal, esses anéis são facilmente identificáveis e o número de pares de anéis corresponde à idade da árvore.

Cerne e albarno

O lenho de uma árvore apresenta, em geral, duas regiões distintas: uma central mais escura e outra mais clara, próxima ao câmbio. A região central, denominada **cerne**, é formada por vasos lenhosos mais antigos e já fora de atividade. A região mais próxima ao câmbio é denominada **albarno** e apresenta vasos lenhosos ainda em atividade.



Organização dos tecidos no tronco de uma árvore.

As plantas herbáceas (mono ou dicotiledôneas) que não possuem o meristema secundário chamam-se **plantas anuais**, pois as células da raiz e do caule morrem e não são substituídas. Assim, a planta cresce e, depois de florescer, morre após um ano (dois anos, em alguns casos). As plantas herbáceas tropicais, porém, permanecem com partes subterrâneas dormentes e podem crescer novamente.

Enquanto isso, as plantas lenhosas, com meristema secundário, substituem as células mortas do caule e da raiz e sobrevivem por tempo indeterminado. Por isso, chamam-se plantas perenes.

Tecidos de revestimento e proteção (regumentar)

Revestindo os vegetais, encontramos tecidos que fornecem proteção e que, no caso das plantas terrestres, evitam a perda excessiva de água. Esses tecidos protetores são a **epiderme** e o **súber**.

Epiderme

Originada do meristema primário (protoderme), a epiderme reveste as folhas e as partes jovens do caule e da raiz das plantas lenhosas e todo o corpo das plantas herbáceas. É formada por uma camada de células vivas, sem clorofila, apresentando na face externa uma cobertura chamada cutícula, constituída por uma substância impermeável, a cutina, que impede a evaporação da água.

A transpiração cuticular

Ao contrário da estomática, a transpiração cuticular é um processo puramente físico de evaporação; não é regulada e ocorre de forma lenta e constante na planta. Além disso, a transpiração cuticular é bastante reduzida quantitativamente, se comparada à transpiração estomática.

Súber

Nos caules e nas raízes das plantas lenhosas surge outro tipo de tecido protetor: o **súber**. Ele é o resultado da atividade do meristema secundário (felogênio) e aparece nas partes mais antigas do vegetal, substituindo regiões antes protegidas pela epiderme.

O **súber** é formado por várias camadas de células mortas e ocas, reduzidas apenas a uma parede bem reforçada por substância impermeável, chamada **suberina**. Além de proteger contra a evaporação, o súber funciona como isolante térmico, defendendo as partes mais internas e delicadas dos caules e das raízes.

A cortiça é obtida a partir do súber extraído das partes das plantas em que ele aparece muito desenvolvido.

Tecidos de sustentação

As plantas possuem dois tecidos especializados na sustentação esquelética: o colênquima e o esclerênquima.

Colênquima

O colênquima é formado por células vivas, alongadas e dotadas de paredes muito grossas e rígidas. A rigidez das células (ou fibras) colenquimáticas se deve a reforços de celulose localizados geralmente nos cantos de suas paredes celulares. Em geral, as células colenquimáticas formam feixes que se distribuem longitudinalmente no interior dos caules, dando-lhes sustentação esquelética.



ESCLERÊNQUIMA

O **esclerênquima** é formado por células mortas e alongadas, as **células** (ou **fibras esclerenquimáticas**, que podem atingir mais de 1 milímetro de comprimento. A distribuição das fibras esclerenquimáticas no caule e nas raízes é longitudinal, como ocorre com o colênquima. O esclerênquima, porém, constitui um tecido mais rígido e resistente, pois as paredes de suas células são altamente impregnadas de **lignina**. Fibras esclerenquimáticas também são encontradas junto aos tecidos condutores, contribuindo para sua sustentação e proteção.

Outras funções do esclerênquima

Além de contribuir na sustentação de certas partes da planta, o esclerênquima pode funcionar como proteção contra animais herbívoros. Certas esclereides, por exemplo, são estreladas e machucam a boca dos animais, desencorajando-os de comer a planta. Nas folhas da vitória-régia, essas duas funções estão associadas.

Muitas fibras de esclerênquima são usadas industrialmente como matéria-prima para a fabricação de tecidos, como o cânhamo, a juta e o linho.

O esclerênquima encontrado nas sementes ajuda também na disseminação da planta, pois não sendo digerido pelo animal que comeu o fruto é eliminado com as fezes em local distante da planta inicial, onde a semente poderá brotar.

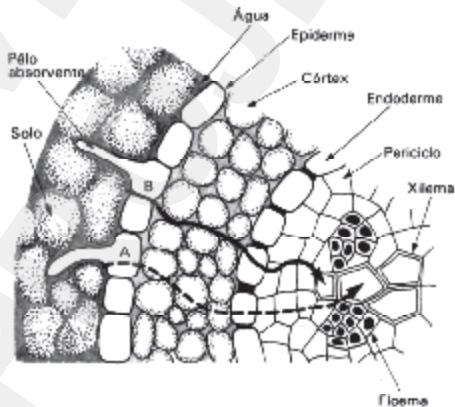
Tecido de Absorção

Nas plantas vasculares, a absorção da água ocorre principalmente na zona dos pêlos absorventes das raízes. Nas regiões mais velhas do sistema radicular, ela é reduzida, devido ao processo de suberização.

Uma experimentação muito simples permite verificar que as raízes absorvem água pela região pilifera: escolhemos duas pequenas plantas da mesma espécie e do mesmo tamanho que estejam com suas raízes íntegras; isolamos com papel impermeável a zona pilifera das raízes de uma delas. Em seguida, colocamos igual quantidade de água em duas provetas semelhantes. Colocamos, então, cada planta em uma proveta, mergulhando inteiramente a raiz.

Em 24 horas, podemos observar claramente o resultado dessa experimentação: a planta cujos pêlos absorventes estavam isolados praticamente não absorve água, ao passo que a outra planta absorve normalmente, determinando o abaixamento do nível de água na proveta.

A figura a seguir mostra um esquema de corte transversal da raiz, na região dos pêlos absorventes, e indica, através de setas, os caminhos que a água e os sais minerais presentes no solo podem fazer para chegar até o interior do xilema.



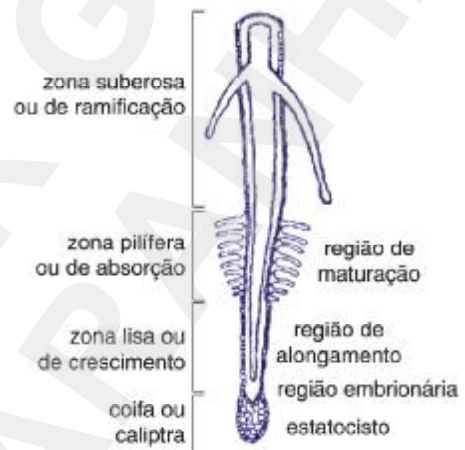
Esquema de corte de raiz indicando o caminho da água do solo para o interior do xilema.

CONSTITUIÇÃO DA RAIZ

Raiz. A raiz da base para o ápice apresenta a seguinte constituição: zona suberosa ou de ramificação; zona pilifera ou de absorção, zona lisa ou de crescimento e coifa ou caliptra.

A zona de transição entre a raiz e o caule denomina-se **colo** ou **coletó**. Sua principal característica morfológica é a junção de vasos condutores (liberianos e lenhosos) que se encontram separados na raiz.

Zona pilifera ou **de absorção** apresenta abundantes pêlos uni e pluricelulares, com função de absorção de água e sais minerais (seiva bruta). As raízes aquáticas, da cebola e do chorão, não apresentam pêlos.



Tipos de Raízes Especializadas

Pneumatóforo

Raiz aérea de plantas de mangue ou de áreas de baixa oxigenação.

Haustórios

Raízes sugadoras, adaptadas à extração de alimento de plantas hospedeiras, são características de plantas parasitas, como o cipó-chumbo e a erva-de-passarinho. As raízes sugadoras possuem um órgão de fixação, chamado **apreensório**, do qual partem finas projeções denominadas **haustórios**. Os haustórios penetram na planta hospedeira até atingir os vasos condutores de seiva, de onde extraem água e nutrientes de que a planta parasita necessita para sobreviver.

Rizóides

Raiz unicelular, encontrada em vegetais inferiores, como briófitas e pteridófitas.

Velame

Raiz aérea é a denominação genérica de qualquer raiz que cresça fora do solo (ou da água, no caso das plantas aquáticas). Esse tipo de raiz pode ter diferentes funções. Em plantas epífitas, como as orquídeas, por exemplo, que vivem sobre outras plantas sem parasitá-las, todas as raízes são aéreas e dotadas de uma camada esponjosa, que absorve umidade do ar.



Tecidos condutores

As plantas vasculares possuem tecidos que transportam substâncias, genericamente chamados **tecidos condutores**. Um desses tecidos é o **lenho** ou **xilema**, que transporta água e sais (**seiva bruta**) das raízes até as folhas. O outro tecido condutor é o **líber** ou **floema**, que leva as substâncias orgânicas produzidas nas folhas (**seiva elaborada**) para o caule e as raízes.

Nas algas e nos musgos, as substâncias absorvidas do ambiente (água e sais minerais) são distribuídas de célula para célula através da difusão e da osmose, sendo consideradas plantas **atraqueófitas** ou **avasculares**. Nas **pteridófitas** (avencas e samambaias), **gimnospermas** (pinheiros) e **angiospermas** (plantas frutíferas), que apresentam um grande número de células, utilizam um sistema de transporte mais rápido feito através dos vasos condutores de seiva.

Esses vasos são um tecido constituído por células cilíndricas e ligadas entre si, formando tubos ao longo da planta. Tais plantas são chamadas **plantas vasculares** ou **traqueófitas** (*traqueos* = tubo; *fito* = planta).

A presença de vasos condutores de seiva é uma adaptação à vida terrestre, pois ajuda o vegetal a repor rapidamente a água perdida pela transpiração. Além disso, permite o desenvolvimento de plantas de grande porte, já que a difusão de célula a célula não repõe com rapidez suficiente a água perdida pela transpiração.

Existem dois tipos de vasos condutores de seiva: os vasos lenhosos e os vasos liberianos.

Vasos lenhosos

Transportam água e sais minerais – que, em conjunto, formam a **seiva bruta** ou **seiva mineral** – da raiz para as folhas. Ou seja, transportam a matéria-prima para a fotossíntese.

Os vasos lenhosos são formados por células que, quando adultas e especializadas, morrem, ficando sem citoplasma ou núcleo. Da célula permanece apenas uma parede celular com um reforço de celulose e lignina. Por ser muito dura, a lignina ajuda na sustentação dos vasos lenhosos e de toda a planta.

O conjunto de vasos lenhosos e do parênquima e esclerênquima a eles associados forma o **xilema** ou **lenho** (*xilo* = madeira).

Há dois tipos de vasos lenhosos: as **traqueídes** e os **elementos de vasos**. Em ambos há formação de células mortas e grudadas umas às outras, de modo a constituir canais no corpo da planta.

Nas samambaias (pteridófitas) e no pinheiro (gimnosperma) só encontramos traqueídes, ao contrário das plantas com flores e frutos (angiospermas), onde são encontrados traqueídes e elementos de vasos. Estudos sobre esses vasos condutores em uma grande variedade de plantas indicam que as traqueídes são células mais primitivas, e que os elementos dos vasos evoluíram a partir das traqueídes.



Condução da seiva bruta

A água e os sais minerais absorvidos pelas raízes elevam-se até a copa das árvores, às vezes localizadas a dezenas de metros acima do nível do solo.

Três fenômenos distintos estão envolvidos na subida da seiva das raízes até as folhas: **capilaridade**, **pressão positiva da raiz** e **transpiração**.

Capilaridade

Capilaridade é um fenômeno físico que resulta das propriedades de **adesão** e **coesão** manifestadas pelas moléculas de água. As moléculas de água são capazes de subir espontaneamente por um tubo de pequeno calibre, chamado "capilar", por ser fino como um cabelo, devido a sua adesão às paredes do tubo.

A altura que a coluna de líquido atinge depende do diâmetro do capilar. Quanto menor o diâmetro do tubo, mais alto a coluna de água subirá. E vice-versa. Isso ocorre porque, quanto mais aumenta o diâmetro do tubo, menos moléculas de água aderem à parede em relação ao número de moléculas que há, naquele volume, para serem arrastadas para cima.

A água pára de subir no tubo capilar quando a força de adesão torna-se insuficiente para vencer o peso da coluna líquida.

Pressão positiva da raiz

As raízes de muitas plantas empurram a seiva bruta para cima, fenômeno conhecido como **pressão positiva da raiz**. Em certas plantas, verificou-se que a pressão positiva da raiz é suficiente para elevar a coluna de água nos vasos xilemáticos a alguns metros de altura.

A pressão da raiz é causada pela alta concentração de sais minerais no cilindro central. Os sais que penetram na raiz são continuamente bombeados para dentro do xilema e seu retorno ao córtex por difusão é dificultado pelas estrias de Caspary. A diferença de concentração salina entre o cilindro central e o córtex força a entrada de água por osmose, gerando a pressão que faz a seiva subir pelos vasos xilemáticos.

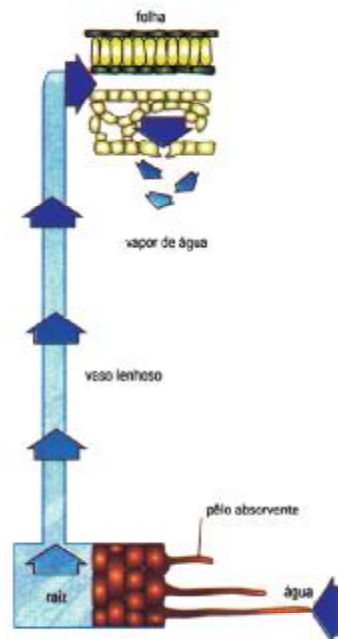
A transpiração nas plantas

Transpiração é a perda de água por evaporação que ocorre através da superfície corporal de plantas e animais. Nas plantas, a perda de água para a atmosfera se dá principalmente nas folhas, através dos estômatos, que se abrem para a planta poder absorver o gás carbônico necessário à fotossíntese.

Teoria da Tensão-coesão

A justificativa mais aceita para o transporte de seiva bruta da raiz até as folhas é fornecida pela **Teoria de Dixon** ou **Teoria Coesotranspiratória** ou, ainda, **Teoria da Tensão-Coesão**. Essa teoria, cujo nome vem de um de seus criadores, o botânico irlandês A. Dixon, baseia-se no fato de a transpiração intensa nas folhas acarretar um forte aumento da concentração salina do suco vacuolar nas células foliares; isso faz surgir nestas células uma força de sucção capaz de absorver a água contida no interior dos vasos lenhosos. Essa absorção de água pelas células foliares cria uma constante **tensão** na coluna líquida, "puxando-a" para cima.

A tensão da seiva no interior do lenho varia de 10 a 20 atmosferas, o que constitui uma força suficiente para elevar a coluna de água metros acima. A coluna líquida não é interrompida graças à forte coesão existente entre as moléculas de água.





Seca fisiológica

Sabe-se que a absorção de água pelos vegetais constitui um processo fisiológico que depende da atividade metabólica da célula. De fato, em solos muito encharcados, onde o excesso de água “expulsa” o oxigênio neles disponível, ou em situações em que a temperatura do solo é muito baixa, ou, ainda, em presença de substâncias tóxicas, a absorção de água pode ser drasticamente reduzida.

A esses casos – em que o solo encontra-se fisicamente úmido, mas a planta não absorve água de maneira satisfatória – dá-se o nome de seca fisiológica.

Vasos Liberianos

A fotossíntese produz a matéria orgânica nas folhas, produzindo glicídios que, somados aos sais minerais, produzem os compostos orgânicos compoendo a seiva elaborada, que vai ser distribuída para todo o corpo da planta através dos vasos liberianos.

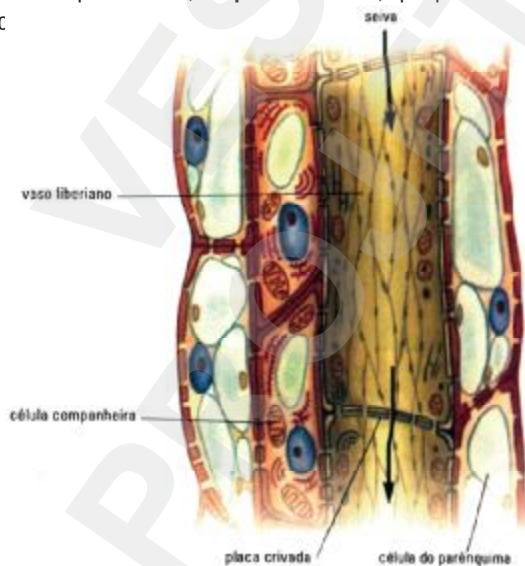
As células que compõem esses vasos são vivas, alongadas e ligadas umas nas extremidades das outras, de modo a formar um tubo. Na união entre duas células, a parede (sem espessamentos de lignina) possui uma série de **orifícios** ou **crivos**, por onde os dois citoplasmas se comunicam. A presença dessa parede ou **placa crivada** justifica o nome de **tubos crivados** para os vasos liberianos.

Tubos crivados

Os **tubos crivados** são formados por células vivas e alongadas, dispostas em seqüência de modo a formar cordões contínuos desde as folhas até as raízes. Tubos crivados são assim chamados porque as paredes transversais das células que os compõem são perfuradas por muitos poros, lembrando o crivo de um chuveiro. Essas paredes transversais perfuradas são chamadas **placas crivadas**.

As células que compõem o tubo crivado são denominadas **elementos de tubo crivado**. Apresentam um grande vacúolo central e uma fina camada de citoplasma localizada em posição periférica, mas **não possuem núcleo**, o qual degenera no decorrer da diferenciação celular.

Através dos muitos poros presentes nas placas crivadas passam filamentos citoplasmáticos, os **plasmodesmos**, que põem em contato direto c



CONDUÇÃO DA SEIVA ELABORADA

O fluxo de seiva orgânica é geralmente **descendente**, pois as folhas, graças ao mecanismo fotossintetizante, apresentam altas concentrações em açúcares solúveis, como moléculas de glicose. A água sugada do lenho pelas folhas arrasta os açúcares para o interior do líber, transportando-os até os órgãos consumidores. Nesses órgãos, se chegarem açúcares solúveis em quantidade maior do que a que eles são capazes de consumir, o excesso é armazenado sob forma insolúvel (amido) e as concentrações são mantidas baixas. Por isso, enquanto houver diferenças de concentração ou de pressão osmótica entre os órgãos produtores e consumidores, o fluxo é mantido.

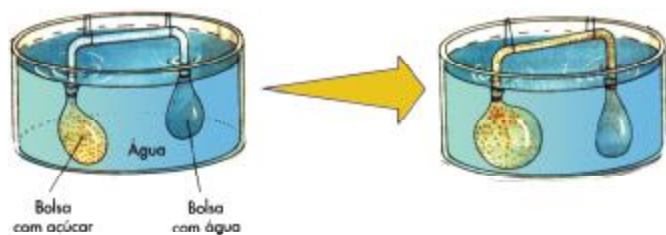
Entende-se, também, por que em determinadas circunstâncias o fluxo de seiva orgânica pode ser **ascendente**. Nos órgãos de reserva, quando as substâncias nutritivas são mobilizadas, o amido armazenado (insolúvel) converte-se em glicoses (solúveis). Isso acarreta o aumento da concentração em açúcares solúveis nesses órgãos, que passam a desenvolver fortes pressões osmóticas. A água absorvida passa a ser sugada pelas células de reserva, fato que promove a ida dos açúcares solúveis para gemas, flores e outras partes da planta, de forma ascendente.

O modelo de Münch

Em 1927, o botânico alemão E. Münch propôs uma explicação bastante plausível para o transporte de seiva elaborada, aceita até hoje. Segundo a hipótese de Münch, o transporte da seiva elaborada pelo floema resulta do desequilíbrio osmótico entre as duas extremidades dos vasos condutores.

A analogia desse modelo com a planta viva é a seguinte: a bolsa com a solução de açúcar representa a extremidade do tubo crivado localizada na folha e a bolsa com água pura representa a extremidade do tubo crivado localizada na raiz ou em outro órgão consumidor de seiva elaborada. O tubo em forma de “U” representa os vasos liberianos.

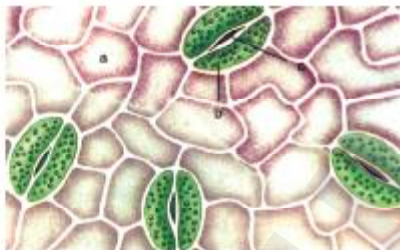
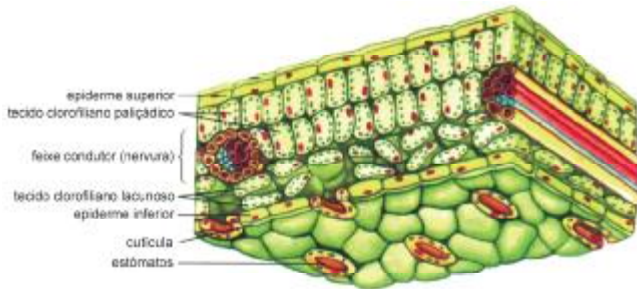
Para testar sua hipótese, Münch desenvolveu um modelo físico semelhante ao que descreveremos a seguir: um tubo em forma de “U”, cujas extremidades são conectadas a bolsas de membrana semipermeável. Na situação inicial, uma das bolsas deve conter uma solução de açúcar e a outra, água pura. Nessa condição, mergulham-se as bolsas na água pura. Estabelece-se osmose na bolsa que contém a solução de açúcar, uma vez que a concentração de solutos no interior da bolsa é maior que a do meio exterior. Através da membrana semipermeável ocorre passagem de água para dentro da bolsa. A pressão de entrada de água determina um fluxo líquido em direção à bolsa com água pura, arrastando moléculas de açúcar pelo tubo que comunica as duas bolsas.



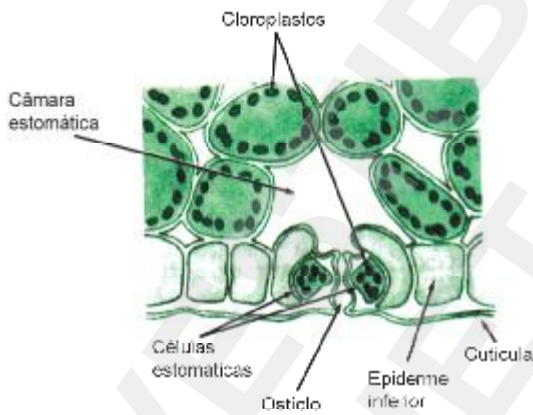


**Tecido de Assimilação
Parênquima Clorofiliano**

É todo o tecido de células poliédricas vivas com membrana celulósica fina e com plastídios. Além da assimilação, está ainda relacionado com a fotossíntese, reserva etc.



Estômatos. São encontrados na epiderme das folhas: a, célula epidérmica; b, célula estomática; c, ostiolo (orifício que comunica o meio externo com o parênquima situado logo abaixo).



Tecidos de Arejamento

São responsáveis pela realização dos fenômenos de respiração, transpiração, sudação e fotossíntese, possibilitando as trocas gasosas entre o vegetal e o meio ambiente.

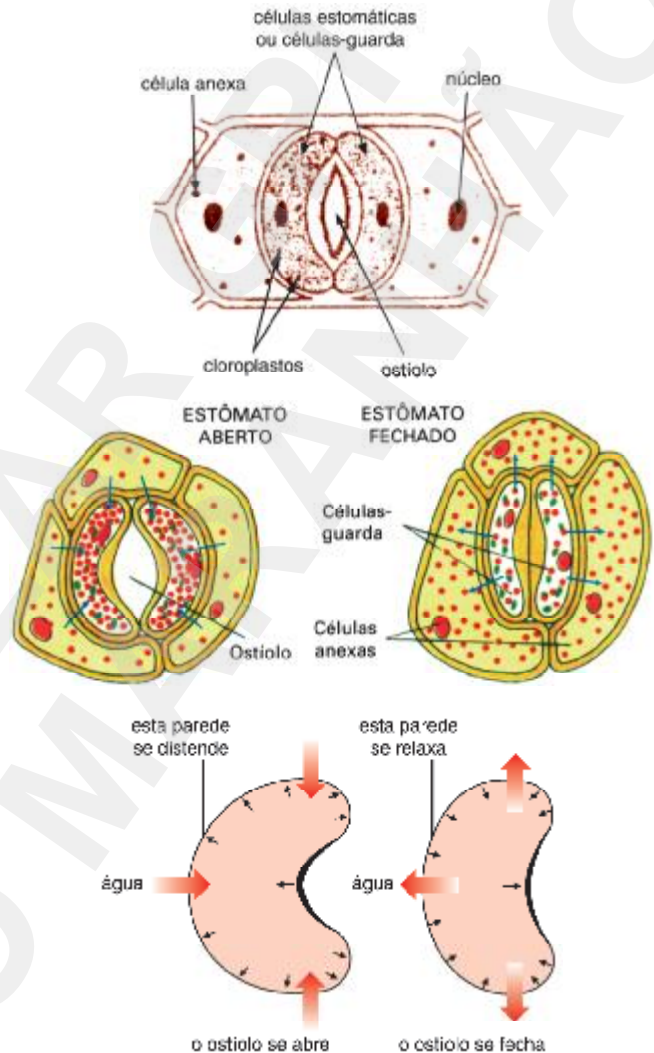
O arejamento da planta: estômatos e lenticelas

A cutina, encontrada na epiderme, dificulta a passagem de gás carbônico e oxigênio pela folha. Mas a entrada e a saída desses gases são garantidas por estruturas que existem na epiderme chamadas de estômatos.

Estômatos

São formações epidérmicas dos caules e das folhas.

A abertura do estômato é regulada pela entrada de água nas células-guarda.



ABERTURA E FECHAMENTO DOS ESTÔMATOS

A **transpiração estomática** é um **processo fisiológico**, ou seja, ocorre com a participação da planta, uma vez que o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos pode ser regulado por ela.

Esse mecanismo dos estômatos é regido por dois tipos de movimentos: hidroativos e fotoativos.

Movimentos hidroativos. Dependem do teor de água na planta. Caso a planta esteja com água suficiente em suas células, elas estarão **túrgidas** e os estômatos apresentam-se **abertos**. Quando o teor de água é insuficiente, os estômatos **fecham-se**, reduzindo a transpiração e acarretando uma economia hídrica ao vegetal.

Movimentos fotoativos. Dependem da luz para acontecer. Existem várias teorias que explicam a abertura e fechamento dos estômatos. Abaixo, estão representadas algumas mais conhecidas.

- 1) Quando a luz incide sobre as células estomáticas, ocorre realização de fotossíntese. Os cloroplastos presentes nessas células retiram o



CO₂ dissolvido no suco celular; como o CO₂ é um óxido-ácido, a perda de CO₂ torna o suco celular **básico** ou **alcalino**. Nessas condições, as enzimas fosforilases convertem o amido (insolúvel) armazenado em glicoses (solúveis), aumentando a concentração do suco celular e, conseqüentemente, sua pressão osmótica. Os estômatos, então, passam a absorver água das células anexas vizinhas, tornando-se túrgidos e, portanto, abertos. Isso explica por que geralmente os estômatos se encontram abertos durante o dia.

No escuro, ou na carência de luz, as mitocôndrias – responsáveis pela respiração – colocam mais CO₂ no suco celular do que os cloroplastos são capazes de absorver: o suco torna-se, então, ácido. Nessas condições, as enzimas fosforilases polimerizam as glicoses (solúveis), convertendo-as em amido (insolúvel). A concentração na célula estomática diminui e ela passa a perder água para as células vizinhas, tornando-se murcha e, conseqüentemente, fechando-se.

2) **Luz e migração de potássio.**

Durante a abertura dos estômatos sob influência da luz, diminui a quantidade de amido presente no citoplasma das células-guarda. Isso ocorre porque a luz, em particular o comprimento de onda relativo ao azul, ativa a quebra de amido nas células-guarda com produção de ácidos orgânicos. O aumento desses ácidos no citoplasma celular propicia a entrada de íons potássio na célula, o que aumenta a pressão osmótica, com conseqüente aumento de turgidez das células-guarda e abertura do estômato.

3) **O papel do ácido abscísico.**

Outra recente descoberta foi a de que o ácido abscísico, um hormônio vegetal, está envolvido no fechamento dos estômatos. Esse ácido parece ser o fator que determina o fechamento estomático em condições de falta de água.

A perda de água parece não ter um efeito direto sobre o fechamento estomático, haja vista que os estômatos se fecham muito antes de as células da folha perderem o turgor e murcharem. Quando começa a faltar água na folha, o ácido abscísico, provavelmente vindo do mesófilo, penetra nas células-guarda e provoca a saída de potássio. Isso faz com que as células-guarda tornem-se flácidas e o estômato se feche.

Lenticelas

São aberturas maiores que os estômatos e mais profundas. Conduzem o ar às regiões mais internas. Encontradas em caules e raízes.



Sistema de Secreção e Excreção

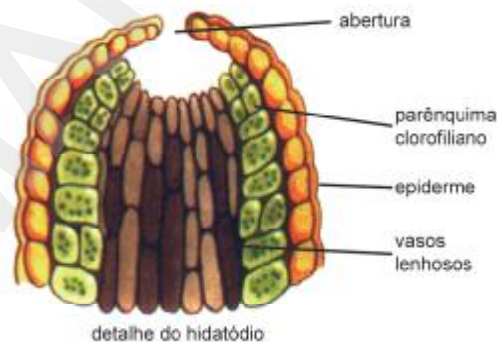
Nos vegetais nem sempre pode se reconhecer a excreção da secreção.

A excreção seria todo material produzido e **não mais** aproveitado no metabolismo vegetal. A secreção seria o material resultante do metabolismo e que ainda pode ser aproveitado.

Como os vegetais acumulam o material de secreção e excreção, nem sempre é possível distinguir uma coisa de outra.

Os tecidos formadores do **sistema de secreção** produzem substâncias que podem ou não ser lançadas no exterior. São eles os **pêlos secretores**, as **bolsas secretoras** e os **canais lactíferos**.

- Os **pêlos secretores** ou glandulares produzem secreções diferentes de acordo com as plantas em que se encontram. Nas plantas carnívoras, por exemplo, eles produzem enzimas que digerem os insetos que essas plantas capturam. Em flores, há pêlos que produzem substâncias perfumadas, e nas urtigas, os que produzem substâncias irritantes para os animais.
- As **bolsas secretoras** encontram-se nas peças florais e produzem o néctar que atrai insetos e aves. Estes animais acabam espalhando os grãos de pólen pelo ambiente.
- Os **canais lactíferos** existem em plantas como a seringueira. Conduzem o látex para o exterior. O látex da seringueira serve à fabricação de borracha.
- Os **hidatódios** são estruturas geralmente situadas nas bordas das folhas, correspondendo à região terminal dos vasos lenhosos e que têm por função eliminar água na forma líquida (gotas). Este fenômeno denomina-se **gutação**.



Parênquima de Reserva

Especializado no acúmulo de substâncias, de maneira que pode ser classificado segundo a natureza do material armazenado. Assim, costuma-se falar em três tipos de parênquima de reserva: aquífero, aerífero e amilífero.

Parênquima aquífero. Caracteriza-se por armazenar água, graças ao poder de retenção hídrica de suas células. Esse parênquima contém um material mucilaginoso (viscoso) que permite às células embeberem-se de água e retê-la para o uso da planta. É comum em vegetais de regiões secas.

Parênquima aerífero (aerênquima). Acumula ar em grandes lacunas presentes entre suas células. Encontra-se em plantas aquáticas flutuantes, como no aguapé.

O acúmulo de ar diminui a densidade relativa da planta e permite sua flutuação.

Parênquima amilífero. Bastante freqüente em órgãos de reserva, armazena amido no interior de leucoplastos. Assim, o parênquima amilífero pode ser facilmente observado em tubérculos, como a batata, e em raízes tuberosas, como a mandioca.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UNICAMP) O calor e a seca do verão de 2003 na França fizeram mais uma vítima fatal: morreu o carvalho que havia sido plantado em 1681 por Maria Antonieta, rainha decapitada na Revolução Francesa. Provavelmente, a árvore será cortada mantendo-se apenas a base do seu tronco de 5,5m de circunferência, o que atesta sua longa vida de 322 anos.

(Adaptado de Reali Júnior, O carvalho de Maria Antonieta em Versalhes morreu. De calor, *O Estado de S. Paulo*, 28-08-2003)

(A) Se não houvesse registros da data do seu plantio, a idade da árvore poderia ser estimada através do número de anéis de crescimento

presentes no seu tronco. Como são formados esses anéis? Quais os fatores que podem influenciar na sua formação?

(B) Seria possível utilizar essa análise em monocotiledôneas? Explique.

Solução:

(A) Originam-se do meristema secundário (câmbio), sendo influenciados por água e temperatura.

(B) Não, pois as monocotiledôneas não crescem em espessura pela atividade do câmbio.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (G2 V3.3) Por que certas pteridófitas, como o samambaiçu, do qual se extrai o xaxim, podem atingir grande porte?

02. (FUVEST) Realizou-se o seguinte experimento com um grupo de plantas: retirou-se um anel de casca contendo o floema, mantendo-se folhas acima e abaixo da região cortada. Em seguida, somente folha abaixo do corte foram expostas a CO₂ radioativo durante 24 horas. Em que regiões da planta serão encontradas substâncias com material radioativo após o experimento? Por quê?

03. (UFV) Em relação aos tecidos vegetais:

- (A) Qual a função dos meristemas primários e onde se localizam?
- (B) Qual a função dos meristemas secundários?
- (C) Escreva uma característica do esclerênquima que o diferencia do colênquima.
- (D) Dê o nome do tecido localizado nas folhas e nos caules jovens, caracterizado por células ricamente clorofiladas com função fotossintética.

04. (UNICAMP) A remoção de um anel da casca do tronco de uma árvore provoca um espessamento na região situada logo acima do anel. A árvore acaba morrendo.

- (A) O que causa o espessamento? Por quê?
- (B) Por que a árvore morre?
- (C) Se o mesmo procedimento for feito num ramo, as folhas ou frutos desse ramo tenderão a se desenvolver mais do que os de um ramo normal. Por que isso ocorre?
- (D) No inverno, em regiões temperadas, a remoção do anel não causa espessamento nas árvores que perdem folhas. Por quê?

05. (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 ().

06. (UDESC) Considere os tecidos vegetais e as suas características e, depois, selecione a alternativa que apresenta correspondência CORRETA entre as colunas.

- (I) meristema secundário
- (II) tegumentar
- (III) esclerênquima
- (IV) parênquima clorofiliano
- (1) função de sustentação
- (2) função de síntese
- (3) se diferenciam e tomam a ter a capacidade de se dividirem intensamente
- (4) predominante nas folhas
- (5) formado por células vivas
- (6) função de proteção

- ((A) I-3; II-2; III-4; IV-5.
- (B) I-1; II-2; III-3; IV-4.
- (C) I-4; II-3; III-6; IV-5.
- (D) I-5; II-6; III-1; IV-2.
- (E) I-6; II-5; III-1; IV-4.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNICAMP) Escreva James W. Wells em *Três mil milhas através do Brasil*:

“A aparência desta vegetação lembra um pomar de frutas mirrado na Inglaterra; as árvores ficam bem distantes umas das outras, ananizadas no tamanho, extremamente retorcidas tanto de troncos quanto de galhos, e a casca de muitas variedades lembra muito a cortiça; a folhagem é geralmente seca, dura, áspera e quebradiça; as árvores resistem igualmente ao calor, frio, seca ou chuva [...]”

- (A) A que tipo de formação vegetal brasileira o texto se refere?
- (B) Qual é a principal causa do aspecto “ananizado” das árvores?
- (C) Qual é a principal causa do aspecto da casca?
- (D) Cite outra característica importante das plantas dessa formação vegetal que não esteja descrita no texto. A que se deve essa característica?

02. (UFRJ) As sementes de diversas espécies de plantas são revestidas por fibras de esclerênquima, um tipo de tecido vegetal rico em celulose e lignina.

Explique como esse revestimento das sementes contribui para a dispersão dessas espécies de plantas.

03. (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 de 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 “invasoras” pelo cipó-chumbo e pela erva-de-passarinho, respectivamente? Justifique sua resposta.

04. (UNICAMP) Uma importante realização da pesquisa científica brasileira foi o seqüenciamento do genoma da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da doença chamada amarelhinho ou clorose variegada dos citros (CVC). O nome da bactéria deriva do fato de que ela se estabelece nos vasos do xilema da planta hospedeira.

- (A) Que processo fisiológico da planta é diretamente prejudicado pela presença da bactéria? Justifique.
- (B) Não se pode atribuir à *Xylella fastidiosa* a morte das células que constituem os vasos do xilema maduro. Por quê?
- (C) Em que consiste o seqüenciamento de um genoma?

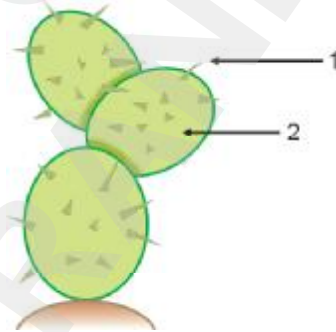
05. (UFLA) Considere uma árvore de 5m de altura, que cresce 1m por ano.

- (A) Se ocorrer uma lesão que deixe uma marca em seu tronco, a 1,5m do solo, a que altura ela estará aos 5 anos? Explique.
- (B) Se for retirado um anel da casca do caule, logo acima do nível do solo, provavelmente a árvore morrerá. Por que isso pode acontecer?

06. (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.

07. (UNESP) A figura refere-se a um cacto típico da região semi-árida nordestina, o qui-pá (*Opuntia sp.*). Trata-se de uma planta xerófila, que apresenta respostas morfológicas adaptativas ao seu ambiente.

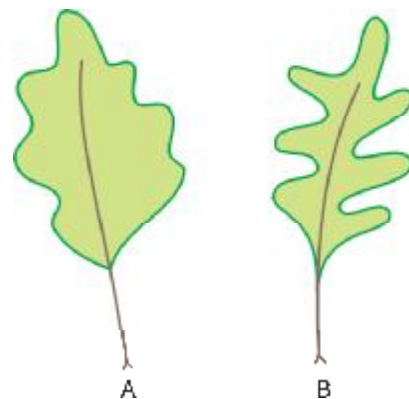


Tendo como referência a figura, responda:

- (A) Que adaptações morfológicas você pode identificar nas estruturas indicadas pelas setas 1 e 2?
- (B) Cite duas formas pelas quais a estrutura indicada por 2 contribui para a sobrevivência dos cactos nas regiões semi-áridas.

08. (FUVEST) Duas plantas da mesma espécie, que vivem em ambientes distintos, apresentam folhas morfológicamente 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?





Crescimento e Desenvolvimento Vegetal

HORMÔNIOS VEGETAIS

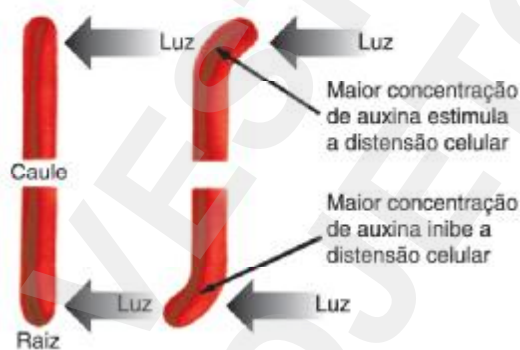
Os **hormônios vegetais** são também chamados **fitormônios** ou reguladores do crescimento e desenvolvimento vegetal. São substâncias orgânicas, ativas em quantidades mínimas, elaboradas por determinadas partes do vegetal e que, transportadas para outras, induzem efeitos especiais no crescimento e desenvolvimento, podendo tanto estimular como inibir esses fenômenos.

Entre os hormônios vegetais destacam-se as **auxinas**, as **giberelinas**, as **citocininas**, o **etileno** e o **ácido abscísico**.

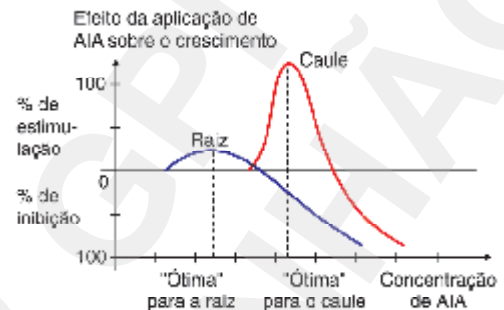
Auxinas

As **auxinas** são hormônios responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento vegetal. Entre elas, destaca-se o **ácido indolil-acético**, conhecido pela sigla AIA.

A curvatura dos coleóptilos, em resposta à colocação em posição deslocada de blocos de ágar contendo AIA ou dos próprios ápices, é explicada pela maior distensão das células no lado em que há mais concentração de auxina. No lado oposto, onde a concentração de auxina é menor, há menor distensão celular. A mesma explicação é dada para o fototropismo positivo dos coleóptilos intactos: o lado destes que recebe a iluminação passa a apresentar menor concentração de auxina, provavelmente por ocorrer migração desse hormônio para o lado não-iluminado. Neste, em função de haver maior concentração de auxina, as células passam a apresentar maior distensão, determinando a curvatura do caule em direção à luz.



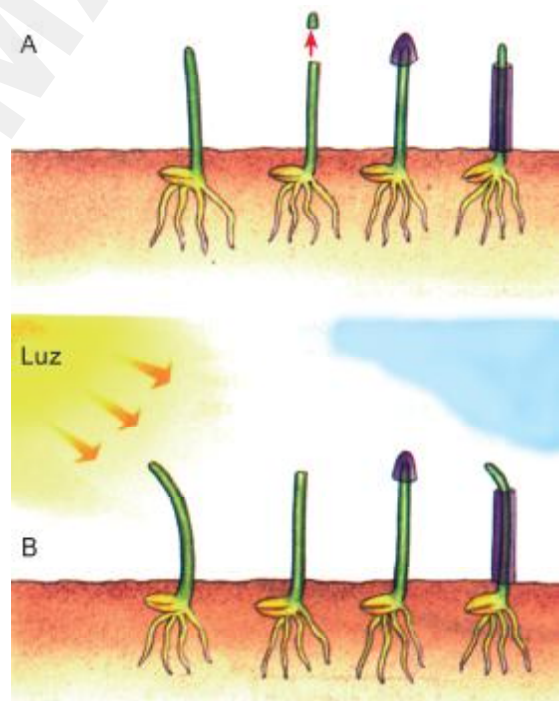
As auxinas, embora sejam hormônios de crescimento, podem atuar também como inibidores do crescimento, dependendo da concentração em que ocorrem. O aumento dessa concentração eleva a porcentagem de estimulação até determinada concentração, denominada "ótima". A partir daí, ele provoca inibição do crescimento. Além disso, diferentes órgãos da planta respondem distintamente a uma mesma concentração de auxina. As raízes, por exemplo, são mais sensíveis do que os caules em relação a esses hormônios. Concentrações de auxinas que estimulam o crescimento do caule provocam inibição do crescimento da raiz, como mostra o gráfico a seguir:



EXPERIÊNCIA:

Para determinar qual região da planta é sensível à luz, iluminam-se quatro coleóptilos, cada um preparado de uma maneira:

1. Coleóptilo intacto.
2. Coleóptilo com o ápice removido.
3. Coleóptilo com o ápice encoberto com "capuz" escuro e opaco e base exposta à luz.
4. Coleóptilo com a base encoberta por material escuro e opaco, mantendo-se o ápice descoberto.



(A) A curvatura do coleóptilo iluminado lateralmente se deve ao maior crescimento das células da face não iluminada do ápice. (B) Quatro coleóptilos preparados de modos diferentes recebem iluminação lateral. Apenas os que têm o ápice íntegro se encurvam.



O geotropismo também é explicado pela interferência do AIA. Colocando-se uma planta em posição horizontal, a concentração de auxina, em função da força de gravidade, aumenta do lado mais próximo ao solo. Nos caules, esse aumento estimula o crescimento das células desse lado, determinando a curvatura para cima (geotropismo negativo). Nas raízes, o crescimento é inibido, determinando a curvatura para baixo (geotropismo positivo).

O AIA produzido nos ápices dos coleótilos é conduzido uniformemente para as demais partes da planta, vindo a atuar na zona de alongamento ou de crescimento do caule, situada logo abaixo do ápice caulinar. Nessa região, o AIA estimula a **distensão ou alongamento das células**, determinando, assim, o crescimento, atuando, portanto, no sentido de promover a distensão e não a divisão celular.

Aplicações práticas das auxinas

Algumas das aplicações práticas das auxinas já foram mencionadas. Elas são, ainda, utilizadas:

- como herbicidas seletivos, sendo aplicadas em plantações de cereais, pois eliminam plantas dicotiledôneas que possam competir com as cultivadas;
- para estimular o enraizamento de estacas; e
- para a indução da formação de frutos partenocárpicos.

Além dessas aplicações, podem-se mencionar outras:

- a **queda de folhas** (abscisão), flores e frutos depende da relação existente entre os teores de auxinas destes órgãos e do caule. Enquanto esses órgãos apresentarem uma concentração de auxina maior que a do caule, não ocorre a queda. Outros hormônios também participam desses fenômenos.
- a auxina elaborada pela gema apical do ramo principal inibe o desenvolvimento das gemas laterais do caule. Esse fenômeno é conhecido como **dominância apical**. A retirada da gema apical permite que as gemas laterais saiam do estado de dormência e dêem origem a ramos, flores e frutos. A poda das plantas baseia-se nesse fato: com o corte da gema apical desenvolvem-se muitos ramos laterais.

Giberelinas

Conhecem-se mais de vinte diferentes tipos de **giberelinas**, hormônios elaborados tanto por fungos como por vegetais superiores. A primeira giberelina identificada estruturalmente recebeu o nome de **ácido giberélico**, A₃ ou AG₃.

As giberelinas são produzidas normalmente no embrião das sementes, no meristema apical do caule e em folhas jovens. São encontradas em maior quantidade nas sementes imaturas e nos frutos. Um dos seus efeitos mais marcantes é o de promover o crescimento e a distensão celular.

Elas são muito conhecidas por estimularem e promoverem o crescimento de plantas geneticamente anãs. Além disso, induzem a **partenocarpia**, a floração em plantas de “dias longos”, e promovem a quebra da dormência de sementes, possibilitando a germinação.

Citocininas

As citocininas correspondem a um outro grupo de fitormônios que atuam principalmente no estímulo à divisão celular, participando, além disso, de outros processos, promovendo a distensão celular, induzindo a quebra de dormência de gemas e de sementes, e retardando o envelhecimento das folhas. Devido a esta última propriedade, as citocininas podem ser aplicadas sobre verduras, no sentido de retardar o envelhecimento delas. Um exemplo de citocinina é a **cinetina**.

Etileno

O etileno é um gás produzido pelas próprias plantas e que atua como hormônio. Sendo de outra origem que não a das plantas, exerce também efeito hormonal sobre elas.

Dois dos principais efeitos do etileno são:

- **provocar a abscisão**: o etileno parece participar da formação de enzimas que dissolvem as paredes celulares das células formadas na zona de abscisão, provocando, assim, queda precoce das folhas.
- **estimular o amadurecimento de frutos**: frutos bem maduros, ou então podres, liberam etileno. Este provocará o amadurecimento mais rápido de frutos verdes ou o apodrecimento mais rápido de frutos já maduros. Por esse motivo é que se diz que um só fruto podre perto de outros, sadios, provoca o apodrecimento de todos.

Para se retardar o apodrecimento de frutos estocados, devem-se mantê-los em baixas temperaturas e em recipientes com elevadas taxas de CO₂, pois esses dois fatores inibem a produção de etileno.

Ácido Abscísico

O ácido abscísico apresenta múltiplos e variados efeitos. Destes, podem ser destacados: indução da queda de frutos e folhas; retardamento ou inibição do crescimento de embriões, raízes e coleótilos; retardamento ou inibição da germinação de sementes de muitas espécies e indução do estado de dormência nas plantas, possibilitando-lhes sobreviver em condições adversas.

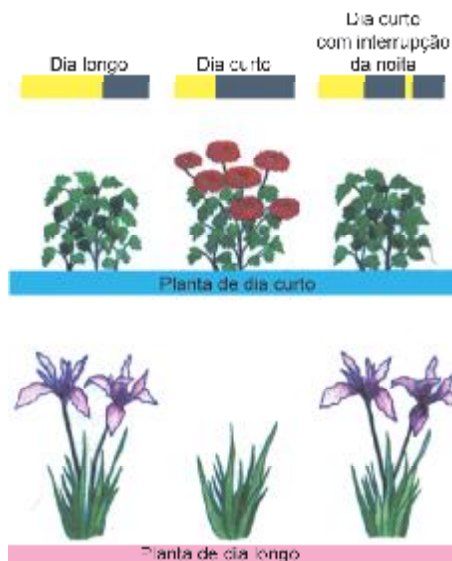
Fotoperiodismo

O fotoperiodismo é a capacidade de o organismo responder a determinado fotoperíodo, isto é, a períodos de exposição à iluminação.

Nos vegetais, o fotoperiodismo influi no fenômeno da floração e, conseqüentemente, no processo reprodutivo e formação dos frutos.

O florescimento do vegetal é controlado em muitas plantas pelo comprimento dos dias (período de exposição à luz) em relação aos períodos de noites (períodos de escuro).

Ao longo do ano, em regiões onde as estações (outono, inverno, primavera e verão) são bem definidas, existe variação do comprimento dos dias em relação às noites, e muitas plantas são sensíveis a estas variações, respondendo com diferentes fotoperíodos em relação à floração.





Classificação das plantas quanto ao fotoperíodo

Plantas de dia longo: São as plantas que florescem quando expostas a um fotoperíodo acima de um valor crítico, que é chamado de fotoperíodo crítico. Quando esta planta estiver exposta a um fotoperíodo menor que o seu fotoperíodo crítico, ela cresce, mas não floresce.

Algumas plantas que respondem deste modo são espinafre, aveia, rabanete, entre outras. Observe a resposta de uma planta de dia longo em relação à exposição à luz.

Plantas de dia curto: São as plantas que florescem quando submetidas a fotoperíodos abaixo do seu fotoperíodo crítico. Quando expostas a fotoperíodos maiores que o seu fotoperíodo crítico, estas plantas crescem, mas não florescem.

Algumas plantas que respondem deste modo são: morangueiro, crisântemo, café e orquídea.

A figura mostra o comportamento de uma planta de dia curto quando exposta à luz.

Plantas neutras ou indiferentes: São as plantas que florescem independentemente do fotoperíodo ou que não respondem a um determinado fotoperíodo, como o tomateiro e o milho.

Pesquisas sobre as respostas das plantas a fotoperíodos mostraram que os períodos de escuro a que a planta fica exposta deve ser contínuo, ao contrário dos períodos de iluminação que não precisam ser contínuos, pois a interrupção dos períodos de escuro leva à inibição da floração do vegetal.

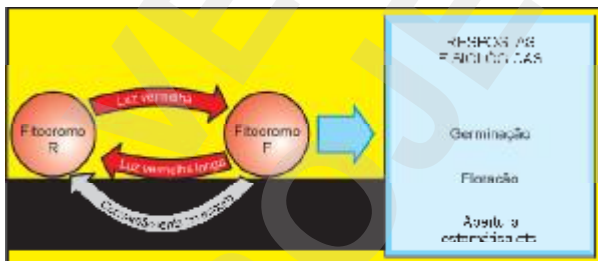
A resposta do vegetal à floração está relacionada com a ação de um pigmento chamado fitocromo, que é sensível à variação do comprimento do dia de iluminação, desencadeando uma resposta.

PAPEL DO FITOCROMO NA FLORAÇÃO

Nas plantas de dia curto, o fitocromo F é um **inibidor da floração**. Plantas de dia curto florescem em estações do ano em que as noites são longas porque, durante o período prolongado de escuridão, o fitocromo F converte-se espontaneamente em fitocromo R, deixando de inibir a floração. Uma breve exposição à luz (cerca de 10 minutos) durante o período de escuridão é suficiente para impedir a floração das plantas de dia curto, pois, nessa fase, fitocromo R é convertido em fitocromo F.

Nas plantas de dia longo, o fitocromo F é um **indutor da floração**. Assim, plantas de dia longo só florescem se o tempo de escuridão não for muito prolongado, de modo que não haja conversão total de fitocromo F em fitocromo R.

Nas estações do ano em que as noites são longas, as plantas de dia longo não florescem, porque todo o fitocromo F é convertido em fitocromo R, que não induz à floração.



MOVIMENTOS DE CRESCIMENTO E CURVATURA

1. Nastismos

São movimentos que não são orientados em relação à fonte de estímulo. Dependem da simetria interna do órgão, que devem ter disposição dorso-ventral, como as folhas dos vegetais.

2. Tigmonastismo e Quimionastismo

Movimentos que ocorrem em plantas insetívoras ou mais comumente plantas carnívoras, que, em contato com um inseto, fecham suas folhas com tentáculos ou com pêlos urticantes, e, logo em seguida, liberam secreções digestivas que atacam o inseto. Às vezes, substâncias químicas liberadas pelo inseto é que provocam esta reação.

3. Seismonastia

Movimento verificado nos folíolos das folhas de plantas do tipo sensitiva ou mimosa, que, ao sofrerem um abalo com a mão de uma pessoa ou com o vento, fecham seus folíolos. Este movimento é explicado pela diferença de turgescência entre as células de parênquima aquoso que estas folhas apresentam.

4. Tropismo

Movimento de crescimento em relação a um estímulo. O crescimento nesse caso é orientado.

5. Geotropismo

Movimento orientado pela força da gravidade. O caule responde com geotropismo negativo e a raiz com geotropismo positivo, dependendo da concentração de auxina nestes órgãos.

6. Tigmotropismo

Movimento orientado por um choque mecânico ou suporte mecânico, como acontece com as gavinhas de chuchu e maracujá que se enrolam quando entram em contato com algum suporte mecânico.

7. Fototropismo

Movimento orientado pela direção da luz. Existe uma curvatura vegetal em relação à luz, podendo ser em direção ou contrária a ela, dependendo do órgão vegetal e da concentração do hormônio auxina.

O caule apresenta um fototropismo positivo, enquanto que a raiz apresenta fototropismo negativo.

8. Nastia

Reação não orientada a um estímulo.

9. Fotonastismo

Movimento das pétalas das flores que fazem movimento de curvatura para a base da corola. Este movimento não é orientado pela direção da luz, sendo sempre para a base da flor. Existem as flores que abrem durante o dia, fechando-se à noite como a “onze horas” e aquelas que fazem o contrário, como a “dama da noite”.

MOVIMENTOS DE LOCOMOÇÃO OU DESLOCAMENTO

Movimentos de deslocamentos de células ou organismos que são orientados em relação à fonte de estímulo, podendo ser positivos ou negativos, são definidos como **tactismos**.

Tipos de tactismo:

Quimotactismo – movimento orientado em relação a substâncias químicas, como, por exemplo, o movimento orientado de uma bactéria em direção ao alimento.

Aerotactismo – movimento orientado em relação à fonte de oxigênio, como ocorre com as bactérias aeróbicas que migram para áreas com mais O₂.



Fototactismo – movimento orientado em direção à luz, como ocorre com os cloroplastos que migram para área de luz.

Após estudarmos a Fisiologia vegetal, temos certeza que a invasão da terra firme pelas plantas está intimamente associada à capacidade de se promover um perfeito balanceamento de água no organismo; esse fato envolve a presença de inúmeras adaptações, entre as quais se destacam:

- ⇒ **raízes portadoras de pêlos absorventes**, que aumentam consideravelmente a superfície de contato da planta com a solução do solo, contribuindo para uma eficiente absorção de água e de sais minerais;
- ⇒ **tecidos especializados de transporte**, que contribuem, por exemplo, para uma rápida reposição nas folhas da água perdida através da transpiração;
- ⇒ **tecidos de revestimento relativamente impermeáveis**, capazes de evitar uma desidratação excessiva;
- ⇒ **estômatos na epiderme foliar**, que promovem uma eficiente troca gasosa entre a planta e o meio;
- ⇒ **tubo polínico**, que conduz o gameta masculino até o gameta feminino, permitindo a independência da água para a fecundação; e
- ⇒ **produção de sementes**, que protegem o embrião contra a desidratação.

A produção de sementes e a independência da água para a fecundação são adaptações verificadas apenas entre as gimnospermas e as angiospermas, plantas efetivamente adaptadas para a vida em ambientes terrestres.

O estudo dos componentes fisiológicos das plantas nos permite também ter uma idéia das adaptações diversas que os vegetais apresentam.

AS ADAPTAÇÕES PARA CLIMAS SECOS

As **plantas xerófitas**, que vivem em climas quentes e secos – como os desertos e as caatingas do Nordeste brasileiro –, são portadoras de adaptações diversas, entre as quais se destacam:

- ⇒ **rapidez de abertura e fechamento dos estômatos** – com os estômatos abertos, a planta pode transpirar livremente e absorver CO₂ em quantidade suficiente para a fotossíntese, enquanto a disponibilidade de água no ambiente for adequada; havendo escassez de água, os estômatos se fecham rapidamente, reduzindo de maneira significativa a transpiração;
- ⇒ **perda de folhas no início da seca** – esse fato permite uma considerável economia hídrica durante o período em que a disponibilidade de água é baixa; e
- ⇒ **raízes com altos valores osmóticos** – o que contribui com uma eficiente absorção de água.

Mas várias características morfológicas – denominadas **xeromorfas** – podem auxiliar no processo de economia hídrica e na conseqüente adaptação da planta a ambientes áridos. Dentre essas características, destacam-se:

- ⇒ **superfície foliar reduzida**, às vezes em nível de espinhos, como ocorre entre os cactus; e
- ⇒ **epiderme dotada de cutícula espessa**, rica em ceras impermeabilizantes ou portadora de um **emaranhado de pêlos** que retêm umidade no ar que circunda a folha, restringindo a transpiração.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UEL) Considere o esquema a seguir:

Considere também as seguintes afirmações:

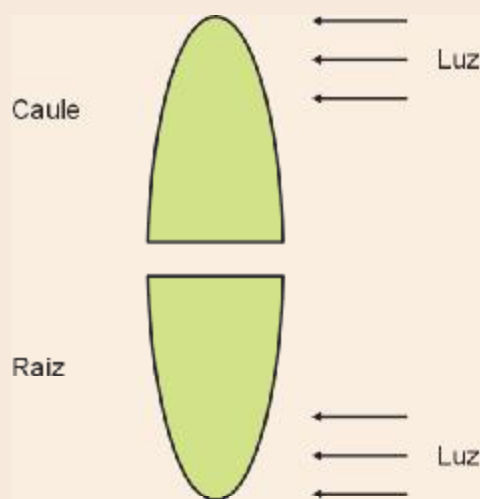
- I. A auxina migra do lado iluminado para o não-iluminado, tanto no caule como na raiz.
- II. O caule passará a apresentar fototropismo positivo porque a maior concentração de auxina no lado não-iluminado faz com que nele ocorra distensão celular.
- III. A raiz passará a apresentar fototropismo negativo porque a maior concentração de auxina no lado não-iluminado inibe no mesmo a distensão celular.

É correto o que se afirma em:

- (A) I, somente;
- (B) I e II, somente;
- (C) I e III, somente;
- (D) II e III, somente;
- (E) I, II e III.

SOLUÇÃO:

Letra E.



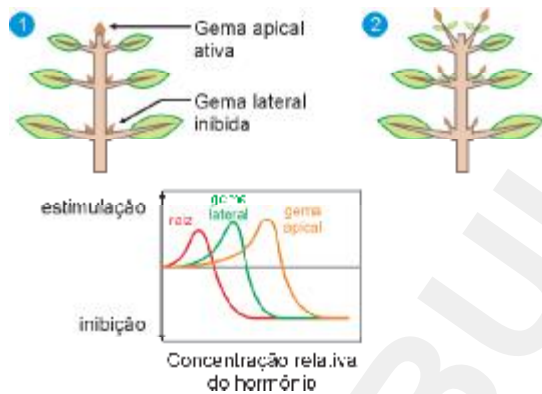
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST) Quando uma planta é colocada na posição horizontal, em ambiente homogêneo iluminado, exibe uma resposta de crescimento orientado, conhecido como geotropismo.

- (A) Como são os geotropismos do caule e da raiz?
- (B) Explique o mecanismo fisiológico responsável por esse crescimento orientado.

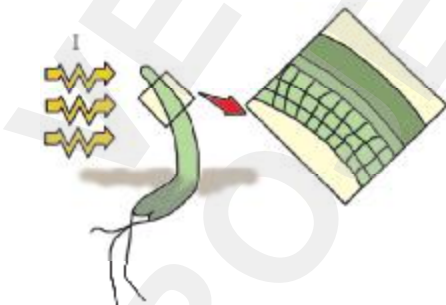
02. (UFES) Uma prática comum em agricultura é a poda de árvores frutíferas. Numa laranjeira, por exemplo, a formação de novos ramos contribui para a produção de mais flores e mais frutos.

Com base nas figuras apresentadas acima e em seus conhecimentos biológicos, responda aos itens a seguir:



- (A) Qual é a denominação do fenômeno evidenciado nas figuras 1 e 2?
- (B) Qual é o hormônio vegetal envolvido no fenômeno em questão e representado no gráfico?
- (C) A partir da interpretação do gráfico, explique o fenômeno em análise.

03. (UFV) Estudos feitos com caules de ervilha mostraram que nessa região há forte correlação entre a taxa de crescimento e a quantidade de hormônio difusível. Assim, a distribuição desigual desse hormônio no caule é um dos fatores que podem ocasionar a sua curvatura.



- (A) Qual o hormônio diretamente envolvido na curvatura do caule?
- (B) Qual o fator externo, representado pelo número I, que induz a curvatura do caule?
- (C) Que nome recebe o movimento de curvatura, representado na figura anterior?

04. (UNICAMP) Sabe-se que uma planta daninha de nome “striga”, com folhas largas e nervuras reticuladas, invasora de culturas de milho, arroz, cana e de muitas outras espécies de gramíneas na Ásia e na África, é a nova dor de cabeça dos técnicos agrícolas no Brasil. Sabe-se, também, que algumas auxinas sintéticas são usadas como herbicidas porque são capazes de eliminar dicotiledôneas e não agem sobre monocotiledôneas.

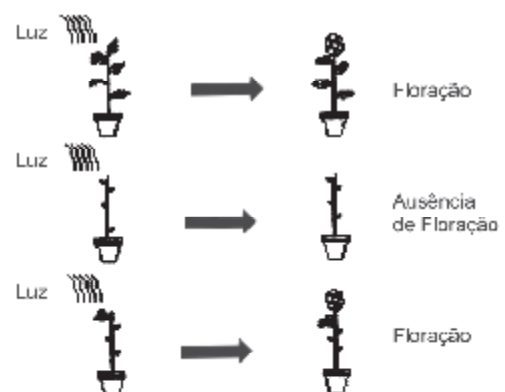
- (A) Qual seria o resultado da aplicação de um desses herbicidas no combate à “striga” invasora em um canalial? E em uma plantação de tomates? Explique sua resposta.
- (B) Indique uma auxina natural e mencione uma de suas funções na planta.

05. (UFPR) A Fisiologia vegetal compreende as diferentes funções exercidas pelos tecidos e órgãos das plantas. Em relação à Fisiologia, é correto afirmar que:

- 01) a absorção de água e sais minerais do solo se efetua por meio de pêlos absorventes da raiz;
- 02) os estômatos, através do seu mecanismo de abertura e fechamento, têm papel importante no transporte da seiva bruta;
- 04) gás carbônico, água, energia luminosa e clorofila são imprescindíveis para que haja fotossíntese;
- 08) as auxinas, que são fitormônios, têm papel importante no mecanismo de crescimento dos vegetais;
- 16) o gás etileno tem papel importante no processo de amadurecimento dos frutos;
- 32) a germinação das sementes depende de vários fatores externos, como umidade, temperatura e oxigênio.

Soma ().

06. (UFMG) Este esquema refere-se a um experimento realizado para estudar a floração em três plantas da mesma espécie que foram submetidas ao mesmo tempo de exposição à luz (fotoperíodo):

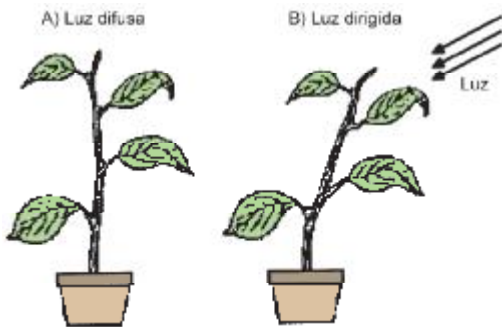


Com base nos resultados observados, todas as conclusões são possíveis, exceto:

- (A) o tratamento fotoperiódico de uma única folha ou de toda a planta produz o mesmo efeito;
- (B) a floração de planta depende da retirada de algumas folhas;
- (C) a planta sem folhas NÃO apresenta fotoperiodismo;
- (D) a planta intacta floresce após um fotoperíodo adequado.



07. (UNIRIO) A figura adiante ilustra um fenômeno que ocorre com vegetais. A esse respeito, analise as seguintes afirmações:



- I – O fenômeno mostrado é decorrente da atividade das auxinas.
- II – A esse fenômeno dá-se o nome genérico de fototropismo.
- III – A planta cresce voltando-se na direção da luz porque esta estimula a produção das auxinas.

A(s) afirmação(ões) correta(s) é(são):

- (A) somente a III;
- (B) somente a I e a II;
- (C) somente a I e a III;
- (D) somente a II e a III;
- (E) a I, a II e a III.

08. (CESGRANRIO) Ao preparar uma cerca-viva, o jardineiro tem o cuidado de fazer podas periódicas, assim que as pontas dos galhos atingem determinada altura. Ao fim de algum tempo, resulta uma cerca densa através do surgimento de novos galhos. Verifique as afirmativas, a seguir, para explicar, cientificamente, o procedimento do jardineiro.

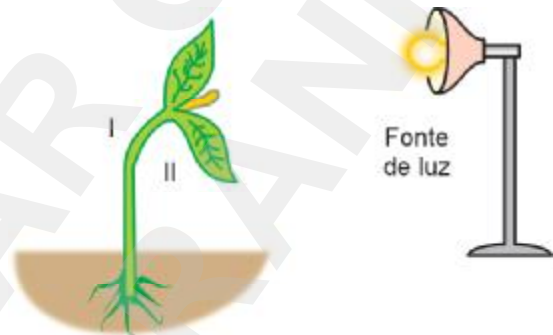
- I – As podas periódicas possibilitam um suprimento extra de nutrientes que estimula a produção de novos galhos.

- II – Nas pontas dos galhos são fabricadas auxinas que, em altas concentrações, inibem o surgimento de novos galhos.
- III – A prática das podas periódicas serve para manter as partes inferiores da planta igualmente iluminadas, produzindo mais nutrientes.

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

- (A) I;
- (B) II;
- (C) III;
- (D) I e II;
- (E) I e III.

09. (FUVEST) Uma planta submetida à iluminação unilateral crescerá em direção à fonte de luz, como mostrado no esquema:

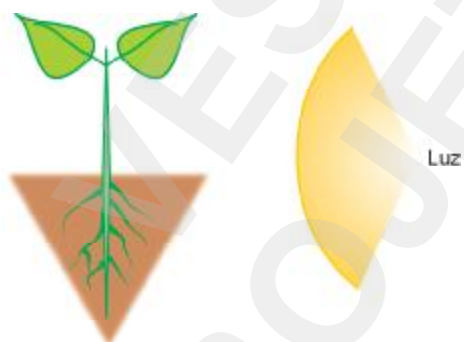


Isso ocorre devido à migração de auxina para:

- (A) a região I, o que provoca maior divisão das células desse lado;
- (B) a região II, o que provoca maior divisão das células do lado oposto;
- (C) a raiz que, ao crescer em direção oposta à luz, orienta o crescimento do caule no sentido contrário;
- (D) a região II, o que provoca maior alongação das células do lado oposto;
- (E) a região I, o que provoca maior alongação das células desse lado.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNESP) Considere uma plântula sendo iluminada lateralmente como indica a figura adiante, desde o ápice da folha até a extremidade da raiz:



Resposta:

Para que lado se inclinarão o caule e a raiz, durante o crescimento dessa plântula?

- (B) Por quê?

02. (UFC) Em um experimento, o pesquisador submeteu uma determinada planta, com fotoperíodo crítico de 12 horas, a três tratamentos que diferiam com relação ao fornecimento de luz, e obteve os seguintes resultados quanto à floração:

- I) 14 horas de luz e 10 horas de escuro e não floresceu.
- II) 10 horas de luz e 14 horas de escuro e floresceu.
- III) 10 horas de luz, 4 horas de escuro, flash de luz e mais 10 horas de escuro e não floresceu.

Pergunta-se:

- (A) Que classificação devemos dar a esta planta em relação ao fotoperiodismo (que controla a floração)?
- (B) Por que o tratamento III inibiu a floração?
- (C) Qual o nome, a natureza química e a provável localização, na célula, da substância envolvida na percepção do período de exposição à luz (ou escuro)?

Num segundo experimento, foram removidas as folhas da metade superior de plantas da mesma espécie. Estas plantas foram subdivididas em 2 (dois) lotes sendo cada lote submetido a um tratamento diferente, segundo o quadro abaixo:



Lote: 1

- 1- Tratamento: As folhas da metade inferior da planta foram expostas a 10 horas de luz e 14 de escuro, e a metade superior (sem folhas) foi exposta a 14 horas de luz e 10 de escuro.

Resposta: Surgiram flores em todos os ápices caulinares das plantas.

Lote: 2

- 2- Tratamento: As folhas da metade inferior da planta foram expostas a 14 horas de luz e 10 de escuro e a metade superior (sem folhas) foi exposta a 10 horas de luz e 14 de escuro.

Resposta: As plantas não floresceram.

Com base no experimento acima, pergunta-se:

- (D) Que órgão da planta foi o responsável pela percepção do estímulo para a floração?
 (E) Como se explica o surgimento de flores em todos os ápices caulinares das plantas do lote 1?

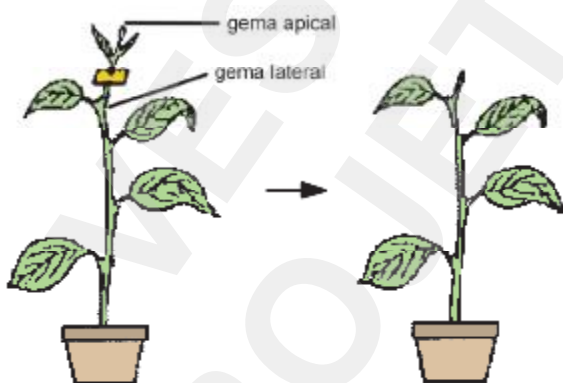
03. (UNESP) Uma planta de dia curto foi submetida aos fotoperíodos esquematizados nas figuras I e II a seguir.

Com base neste esquema pergunta-se:



- (A) Sob qual das condições, I ou II, essa planta florescerá?
 (B) Justifique sua resposta.

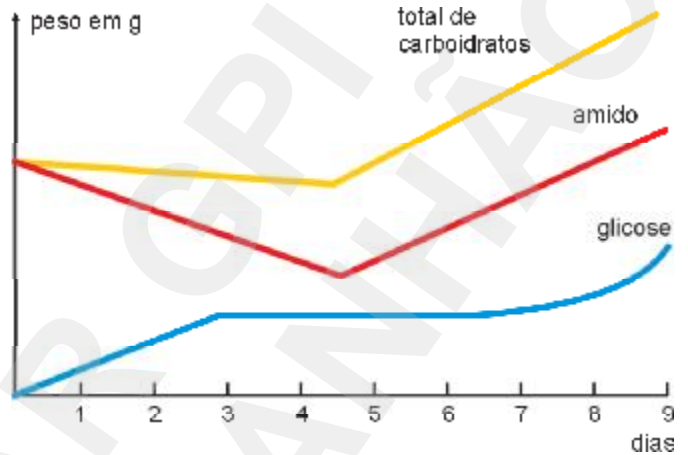
04. (FUVEST) Por que os agricultores cortam a extremidade apical de certas plantas como mostra a figura a seguir? Que mecanismo explica o resultado que obtêm com esse processo?



05. (UFRJ) O etileno é um hormônio vegetal gasoso e incolor, produzido nas folhas, nos tecidos em fase de envelhecimento e nos frutos, onde determina o seu amadurecimento e sua queda.

Que relação pode ser feita entre a ação do etileno e o hábito, bastante comum, de se embrulhar em jornal os frutos verdes, retirados precocemente, para que amadureçam mais rapidamente?

06. (FUVEST) Um lote de sementes, plantadas em solo úmido, começou a germinar. O gráfico a seguir representa as variações nas quantidades de amido, glicose e total de carboidratos medidas em amostras de sementes do lote, em um período de 9 dias após o início da germinação.

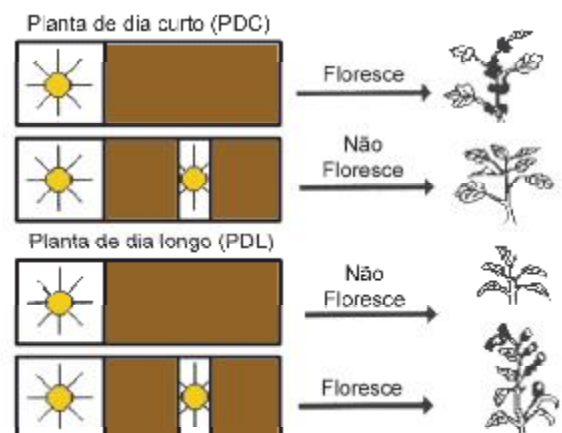


- (A) Que processo metabólico é responsável pelas variações que ocorrem até o 5º dia?
 (B) E após o 5º dia?

07. (UNESP) Em ruas e avenidas arborizadas, periodicamente as companhias distribuidoras de eletricidade realizam cortes da parte superior das árvores que estão em contato com os fios elétricos de alta tensão. As podas são necessárias para se evitarem problemas que podem ocorrer em dias chuvosos e de fortes ventos.

- (A) O que deverá acontecer com as árvores, após o corte da região apical que estava atingindo os fios elétricos?
 (B) Que mecanismo explica o resultado obtido com o corte da região apical?

08. (PUCCAMP) As figuras a seguir representam o comportamento de plantas submetidas a diferentes fotoperíodos.



Com base nessas figuras, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. As plantas de dia curto precisam de uma noite longa não interrompida pela luz, para florescer.



- II. As plantas de dia longo podem florescer quando noites longas são interrompidas pela luz.
III. As plantas de dia longo e as de dia curto florescem nas mesmas condições de iluminação.

Dessas afirmações, APENAS:

- (A) I é correta;
b) II é correta;
(C) III é correta;
(D) I e II são corretas;
(E) I e III são corretas.

CONTEXTUALIZANDO

(UFF-RJ) Dois grupos de sementes de estévia foram submetidos, alternadamente, a dez lampejos de luz nos comprimentos de onda de 660 nm (vermelho curto) e 730 nm (vermelho longo). No primeiro grupo, iniciou-se a experiência com o lampejo correspondente ao vermelho longo e, no segundo grupo, o primeiro lampejo foi o correspondente ao vermelho curto. Após este tratamento, as sementes de estévia apresentaram alterações fisiológicas importantes.

- (A) Que substâncias presentes nas sementes respondem aos estímulos luminosos usados nessa experiência?
(B) Que efeito fisiológico importante o programa de iluminação exerce sobre as sementes em cada um dos dois grupos? Justifique a resposta.



Ecologia e Nível de Organização

CONCEITOS BÁSICOS DE ECOLOGIA

Ecologia é o estudo das relações entre os seres vivos e o ambiente onde vivem. O termo Ecologia (do grego *oikos*: casa, e *logos*: estudo) foi criado pelo alemão Ernst Haeckel em 1866. Nas últimas décadas, este termo tornou-se amplamente conhecido quando praticamente invadiu os meios de comunicação. A Ecologia envolve diversos ramos do conhecimento humano, inclusive as áreas das Ciências Sociais e Econômicas. Muitas organizações ambientalistas, em todo o mundo, têm contribuído para o processo de integração da natureza com o homem, em uma tentativa de minimizarem os danos ambientais causados pela poluição ambiental, pela escassez de recursos naturais e pelo aumento da população humana.

Os Níveis de Organização

Espécie

É o conjunto de indivíduos morfofisiologicamente semelhantes que, ao serem cruzados entre si, produzem descendentes férteis.

Pertencerão à mesma espécie os indivíduos que trocarem genes na natureza.

As diferenças entre indivíduos de mesma espécie constituem as variações e raças.

Ex.: os cães das raças fila, rottweiler, pastor alemão etc.

População

É o grupo de indivíduos de mesma espécie, limitado por um espaço determinado na mesma unidade de tempo.

Ex.: população humana de uma cidade.

Comunidade

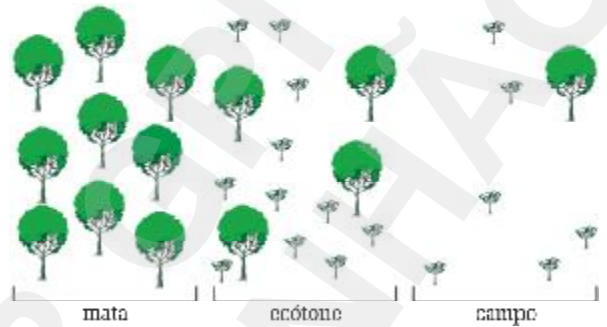
Biocenose (*bios*: vida, e *koinos*: comum) é o conjunto de todas as populações presentes em uma determinada região.

Ex.: Em uma área do pantanal Mato-Grossense, são observadas várias populações diferentes, que incluem jacarés, jaburus (pássaros), peixes, garças e outras que compartilham do mesmo espaço, onde trocam relações diretas ou indiretas e que constituem os fatores bióticos, representantes da comunidade.

Ecótono

É a zona de transição e tensão entre duas comunidades diferentes, onde a flora e a fauna são, em parte, diferentes dessas regiões e, em parte, iguais. Portanto, há uma mistura dessas comunidades, com aparecimento de novas espécies de plantas e animais nessa região.

Ex.: Entre a mata e o campo, por exemplo, existe uma pequena região onde a flora e a fauna são em parte iguais e em parte diferentes da mata e do campo, e o número de espécies é maior, em geral. Essa região chama-se Ecótono.



CONCEITOS ECOLÓGICOS

HÁBITAT

Referindo-se ao local (floresta, lago, rio, ilha, tipo de árvore, camada de solo) onde se encontram os indivíduos de uma espécie, os ecólogos costumam usar o termo habitat. Cada habitat é caracterizado pelas condições ambientais que lhe são próprias. Assim, um terreno em declive pode possuir dois habitats: um, situado na parte alta do terreno, onde o solo é mais seco, e outro – de solo úmido – na parte baixa. A ação do homem sobre o meio ambiente pode criar novos habitats, que favorecerão a sobrevivência de algumas espécies. É o caso do meio urbano (cidades), ao qual nós, os pombos e os variados tipos de ratos estamos bem adaptados.

VALÊNCIA ECOLÓGICA

As espécies podem ser classificadas levando-se em conta a possibilidade de ocuparem habitats diferentes. Para isso, os ecólogos usam o critério de valência ecológica, que é a capacidade que a espécie possui de povoar habitats variados, suportando grandes variações ambientais. A valência ecológica é uma característica da espécie que regula a amplitude de sua distribuição sobre a Terra.

FATORES ECOLÓGICOS

Ao estudar a distribuição das espécies pelos diversos habitats da Terra, os ecólogos evolutivos têm-se perguntado por que determinada espécie existe em certos locais e não em outros, ou o que faz uma espécie ter distribuição mais ampla do que outra. Procurando responder a essas questões, eles concluíram que não só a distribuição da espécie pelos diversos habitats, mas também a própria sobrevivência do indivíduo, são determinadas pela existência de certos eventos e elementos do meio ambiente, que podem agir diretamente sobre o funcionamento do organismo e sobre o seu ciclo de vida. Esses eventos, chamados fatores ecológicos, foram didaticamente divididos em:

Biótopos

São áreas da natureza, ocupadas por determinados seres vivos.

Ex.: uma praia, um córrego na planície etc.



Biomias

É o conjunto de flora, fauna e o clima de uma região.

Ex.: floresta tropical, deserto, savanas etc.

Nicho Ecológico

“Nicho ecológico é o conjunto de relações e atividades próprias de uma espécie, ou seja, o ‘modo de vida’ único e particular que cada espécie explora no habitat.”

O conceito de nicho ecológico é abstrato e engloba desde a maneira pela qual uma espécie se alimenta até suas condições de reprodução, tipo de moradia, hábitos, inimigos naturais, etc.

Obs.: Competição e o princípio de Gause:

Quando duas espécies de uma biocenose exploram nichos ecológicos semelhantes, estabelece-se entre elas uma competição por um ou mais recursos do meio. Por exemplo, espécies que comem capim, como os gafanhotos e o gado, competem por alimento. Plantas cujas raízes estão na mesma profundidade do solo competem por água e por nutrientes minerais.

Com base nessas observações, o cientista russo Gause concluiu que, teoricamente, se duas espécies ocuparem exatamente o mesmo nicho ecológico, a competição entre elas será tão severa que não poderão conviver. Essa premissa ficou conhecida como princípio de Gause ou princípio da exclusão competitiva.

ECOSSISTEMA E SEUS COMPONENTES

ECOSSISTEMA

Interação entre a comunidade e o meio ambiente. Podemos dizer ainda que ecossistema é o círculo fechado de transferência de energia na natureza. Como exemplo, podemos citar as plantas e os animais da comunidade. As plantas usam a luz solar para obtenção de energia, os animais usam as plantas com a mesma finalidade.



O ecossistema está formado pelos seguintes constituintes:

FATORES ABIÓTICOS

São os elementos compostos do meio ambiente. Este grupo é dividido em dois fatores.

a) Fatores Climáticos

Luz, temperatura, salinidade, pressão, pH, umidade etc.

b) Fatores Edáficos

Água e substâncias nutritivas.

As condições do ambiente são variadas na superfície terrestre. Elas se fazem sentir em diferentes regiões e mesmo em uma mesma região, assim como em uma área reduzida a pequeníssimas dimensões.

FATORES CLIMÁTICOS

a) Luz

A principal fonte de energia para os seres vivos em nosso planeta é o SOL.

As plantas realizam a fotossíntese, graças à luz solar. Os raios ultravioletas sintetizam vitamina D.

A luz influencia na formação dos vegetais. A época de floração de um vegetal pode ser modificada quando se altera o fotoperíodo, ou seja, as horas de luz recebidas.

A presença ou ausência de luz determina uma série de adaptações.

Ex.: O esquilo voador, adaptado à vida noturna, possui grandes pupilas para recolher toda a claridade possível.

Os animais que são atraídos pela luz recebem a denominação de fotófilos ou lucífilos.

Ex.: Os insetos em geral.

Os animais que fogem da luz são classificados como fotófobos ou lucífobos.

Ex.: Os ratos, as corujas, etc.

b) Temperatura

A temperatura é um dos componentes do ecossistema, de grande importância, pois influencia no nascimento e maturação dos frutos.

Podemos citar exemplo das geadas que caíram no Sul do país, ocasionando a morte da relva, que serve de alimento para o gado, e, conseqüentemente, ocasionando a morte do gado, que serve de alimento para o homem.

Muitos animais, quando o frio é excessivo, ou o calor é muito forte, podem morrer, pois vivem na dependência direta desse fator externo e por isso são chamados PECILOTÉRMICOS.

As aves e mamíferos possuem a temperatura corpórea constante e por isso são chamados de HOMEOTÉRMICOS.

- **HOMEOTÉRMICOS OU ENDOTÉRMICOS:** são chamados animais de sangue quente.

- **PECILOTÉRMICOS OU ECTOTÉRMICOS:** são chamados animais de sangue frio.

Encontramos vários tipos de adaptações especiais para fazer frente às variações extremas de temperatura.

- **HIBERNAÇÃO:** é aplicada a todos os casos em que o metabolismo se reduz durante o inverno, quando o ambiente se torna muito frio. Muitos animais hibernam, como, por exemplo: urso, beija-flor, cobras, lagartos etc.

- **ESTIVAÇÃO:** é o letargo causado por temperaturas altas, secas ou falta de alimentação. É comum entre os insetos. Um exemplo de estivação nos é dado pelo esquilo terrestre da região da Califórnia. Fica abrigado por vários meses nas tocas durante o verão, superando assim o período de falta d’água e alimentação.

A piramboia, peixe pulmonado, quando o rio seca, realiza a estivação.

- **DIAPAUSA:** é um estado em que o crescimento e desenvolvimento param, ou sofrem grande atraso; é comum nos insetos e nas sementes de vegetais.



- **MIGRAÇÕES TÉRMICAS:** consiste em evitar as altas ou baixas temperaturas partindo para outro lugar. São praticadas por animais que se locomovem. Alguns se deslocam apenas alguns centímetros e outros realizam viagens longínquas.

Ex.: As migrações dos pássaros.

- **TERMOTACTISMO:** quando o animal é atraído por fonte de calor.

c) Salinidade

É a concentração de sais minerais do meio ambiente. Os animais podem ser classificados como:

- **EURIALINOS:** são capazes de suportar grandes variações de salinidade.

Ex.: Salmão, tainha, robalo etc.

- **ESTENOALINOS:** não suportam grandes variações de salinidade.

Ex.: Cocoroca, lambari, sardinha etc.

d) Pressão

A pressão atmosférica varia de local para local; portanto, influi na distribuição dos seres vivos.

e) pH

As variações do pH determinam alterações metabólicas, e assim é um fator capaz de limitar o desenvolvimento do organismo.

f) Umidade

Concentração de vapor d'água no meio ambiente. A umidade depende das chuvas ou da proximidade de grandes massas líquidas, como, por exemplo, o mar etc. Podemos classificar os seres vivos em:

XEROBIONTES: são animais adaptados ao meio seco.

Ex.: lagarto, tatu etc.

HIGROBIONTES: são animais adaptados ao meio úmido.

Ex.: lesmas, minhoca etc.

XERÓFITAS: são os vegetais adaptados ao meio seco.

Ex.: cactus etc.

HIGRÓFITAS: são os vegetais adaptados ao meio úmido.

Ex.: samambaia, violeta etc.

TROPÓFITAS: são vegetais que se comportam como xerófitas e higrófitas.

g) Água

Faz parte na formação estrutural dos seres vivos. É de importância vital na sobrevivência de qualquer ser vivo.

h) Gases

O oxigênio é utilizado por animais e vegetais para obtenção de energia. O gás carbônico é importante para que ocorra a fotossíntese.

FATORES BIÓTICOS

São representados pelos seres vivos de nosso planeta. Podem ser divididos em:

a) Produtores

São os organismos que sintetizam seus alimentos. Podemos dizer que são os vegetais clorofilados ou os seres autotróficos.

b) Consumidores (ou macroconsumidores)

São organismos que se alimentam de outros, pois não possuem a capacidade de sintetizar seu próprio alimento. São heterotróficos.

Ex.: Os animais.

c) Decompositores

Em geral, as bactérias e os fungos são organismos decompositores, pois desdobram os complexos orgânicos do protoplasma morto, absorvendo alguns dos produtos de decomposição e libertando substâncias simples que serão usadas pelos produtores.

BIOSFERA

Conjunto formado por todos os ecossistemas da Terra. O termo biosfera significa literalmente "esfera de vida". Constitui a porção do planeta habitada por qualquer tipo de ser vivo.

A Terra apresenta uma grande quantidade de ecossistemas, que, em conjunto, constituem a biosfera.

Apesar da abundância de seres vivos em nosso planeta, não encontramos vida em toda a extensão da Terra. Não há vida nas grandes profundidades do solo nem em altas camadas da atmosfera. Assim, a biosfera é restrita à superfície da crosta terrestre e a uma parte dos ambientes aquáticos e da atmosfera.

A BIOSFERA E SUAS DIVISÕES

A vida pode se desenvolver nas terras emersas, na água doce e na água salgada. Assim, considera-se que a biosfera pode ser dividida em três grandes biociclos – terrestre, dulcícola e marinho.

Biociclo Terrestre ou Epinociclo

É o conjunto formado por todos os ecossistemas de terra firme.

Biociclo Dulcícola ou Limnociclo

Compreende todos os ecossistemas de água doce.

Biociclo Marinho ou Talassociclo

É o conjunto formado por todos os ecossistemas de água salgada.

Cada biociclo, por sua vez, pode ser subdividido em parcelas menores, com características nitidamente particulares e distintas: são os biomas. Correspondem a grandes ecossistemas com aspecto homogêneo e estáveis, abrigando frequentemente uma comunidade clímax.

O BIOCICLO TERRESTRE

O biociclo terrestre é constituído por diversas unidades relativamente uniformes e estáveis, com fauna, flora e climas próprios. Essas unidades constituem exemplos de grandes ecossistemas e cada uma delas pode ser chamada de bioma.

Os principais biomas terrestres são: a tundra, a taiga, as florestas temperadas decíduas, as florestas tropicais, os campos e os desertos.

As características particulares dos biomas serão vistas em Geografia.



BIOCICLOS AQUÁTICOS

Os AMBIENTES AQUÁTICOS

Nos ecossistemas aquáticos, marinhos e dulcícolas, os seres vivos podem ser classificados, de acordo com a maneira como se locomovem, em plâncton, nécton e bentos.

O plâncton compreende o conjunto dos seres vivos flutuantes que se movem passivamente, levados pelos ventos ou pelas correntezas líquidas, já que são destituídos de órgãos locomotores ou os têm muito rudimentares.

Existem dois tipos básicos de seres planctônicos:

- **fitoplâncton** – abrange todos os seres flutuantes de natureza vegetal e é representado principalmente pelas algas;
- **zooplâncton** – formado pelo conjunto de seres flutuantes de natureza animal.

O nécton compreende o conjunto dos seres que nadam livremente, por atividade própria, vencendo a correnteza. É o caso dos peixes em geral, baleias, golfinhos, focas, botos, tartarugas etc.

Os bentos compreendem o conjunto dos seres que vivem restritos ao fundo das águas. Podem ser fixos, como as esponjas, ou móveis, como as estrelas-do-mar.

A INFLUÊNCIA DA LUZ NO AMBIENTE MARINHO

Nos ambientes aquáticos, os fatores abióticos geralmente variam numa faixa normalmente bastante estreita e, por isso, são relativamente estáveis.

Nos mares, a luminosidade exerce uma influência marcante na distribuição dos seres vivos. A luz penetra bem nos mares até mais ou menos 100 metros de profundidade; a partir daí, a disponibilidade de luz vai diminuindo até desaparecer completamente. Por isso, nos mares, pode-se reconhecer a presença de três zonas distintas.

Zona Eufótica

Região bem iluminada, que se estende da superfície até cerca de 100 metros de profundidade.

Zona Disfótica

Região mal iluminada, situada mais ou menos entre 100 e 200 metros de profundidade; abriga organismos autótrofos, embora em proporção menor quando comparada com a zona eufótica.

Zona Afótica

Região totalmente destituída de luz e, portanto, de organismos fotossintetizantes; situa-se normalmente abaixo dos 200 metros de profundidade.

BIOMA DE ÁGUA SALGADA – TALASSOCICLO

É o maior dos três biociclos: ocupa 3/4 da biosfera, abrangendo os oceanos e mares. A profundidade média é de 3.800 metros, porém a vida concentra-se na superfície e nos litorais. Caracteriza-se por ser contínuo, ter água em constante movimento, causado pelos ventos e pelas diferenças de densidade, e por apresentar grande estabilidade nos fatores abióticos.

No ambiente marinho há representantes de quase todos os grandes grupos animais, exceção feita aos miriápodes (lacraias e centopeias) e anfíbios. São exclusivos desse biociclo apenas os equinodermos, os protocordados e os foraminíferos. A diversidade das formas e o tamanho das populações costumam ser grandes. Entretanto, o número de espécies de peixes é menor que no limnociclo.

Os fatores abióticos mais importantes na determinação da distribuição dos seres vivos no ambiente marinho são: pressão, luz, salinidade e temperatura.

No talassociclo podem ser distinguidos quatro biomas, claramente diferenciados, cujos organismos possuem adaptações específicas. São os sistemas: litorâneo, nerítico, batial e abissal.

Zona Litorânea ou Zona Intertidal ou Entremarés ou Sistema Litorâneo

Corresponde à região entre a maré alta e a maré baixa.

Zona Nerítica ou Sistema Nerítico (nero = água)

Corresponde à região do mar com até 200 metros de profundidade sobre a plataforma continental.

A plataforma continental tem um declive suave e se estende, em média, até uma distância de 70 quilômetros do litoral. Embora seja a região de maior produtividade do oceano e a de maior importância para a pesca, sua proximidade com o litoral faz com que essa plataforma receba a maior parte da poluição vinda das regiões costeiras.

Zona Batial ou Sistema Batial

Situa-se entre 200 e 2.000 metros de profundidade.

Zona Abissal ou Sistema Abissal

Encontra-se a mais de 2.000 metros de profundidade.

Como veremos a seguir, a intensidade da luz, a pressão e a salinidade variam de um sistema para outro. Por isso, alguns autores chamam essas quatro zonas de biomas aquáticos. Outros utilizam o termo bioma apenas para as grandes comunidades terrestres (floresta tropical, floresta temperada, etc.).

BIOMA DE ÁGUA DOCE – LIMNOCICLO

O conjunto de rios, córregos, lagos, lagoas, pântanos e brejos forma o limnociclo ou biociclo das águas doces. É o menor dos biociclos (0,017% da água do planeta), possuindo, em relação ao mar, menor salinidade e profundidade.

Os biomas de água doce podem ser de dois tipos: de águas lênticas ou paradas (lagos, lagoas e charcos) e de águas lóticicas ou em movimento (rios, riachos e corredeiras).

Águas Lênticas

Os lagos, as lagoas e os charcos geralmente são ricos em flora e fauna. Contudo, em qualquer bioma, nas águas lênticas, os produtores são organismos fotossintetizantes, representados por plantas que vivem parcial ou totalmente submersas e pelo fitoplâncton, constituído por uma infinidade de microscópicos seres fotossintetizantes, tais como: algas verdes, cianofíceas e diatomáceas, que flutuam próximo à superfície.

O fitoplâncton serve de alimento ao zooplâncton, formado por microcrustáceos, protozoários e larvas de diversos organismos. Os habitantes de maior porte dos biomas de águas lênticas são os peixes.

Os maiores biomas lênticos do mundo são o lago Baikal, localizado na Sibéria, e o lago Tanganica, na África.

Águas Lóticicas

Os biomas de águas em movimento são pobres em plâncton. Seus habitantes são principalmente algas fixadas às rochas e também moluscos, insetos e peixes, que dependem de alimento proveniente das margens.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Estão relacionados, a seguir, cinco ambientes com suas respectivas produções primárias anuais médias. Indique um fator ambiental importante que justifique os valores de produção em cada uma dessas áreas:

- I. Regiões abissais – menor que 36 g/m².
- II. Deserto – 36 a 183 g/m².
- III. Tundra – 183 a 1095 g/m².
- IV. Floresta tropical úmida – 1095 a 3650 g/m².
- V. Estuários – 3650 a 9125 g/m².

SOLUÇÃO:

Nas regiões abissais, a ausência de luz limita a produção de matéria orgânica. Nos desertos, o fator limitante é a quantidade de água e as amplitudes térmicas observadas. Na tundra, a produtividade aumenta devido à maior disponibilidade de luz e água, sendo o fator limitante as temperaturas baixas. A produção das florestas tropicais úmidas atinge valores altos devido à grande disponibilidade de água e temperatura amenas. Nos estuários, a produtividade atinge valores mais altos devido à grande disponibilidade de nutrientes.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Escreva nos parênteses a letra (V) se a afirmativa for verdadeira ou (F) se for falsa.

As subdivisões ecológicas do mar podem ser consideradas sob vários aspectos, dependendo do critério utilizado.

Assim, com relação aos seres vivos à profundidade, temos que:

- () Plâncton – seres sem movimentos próprios e que são arrastados passivamente pelas correntes, são microscópicos e vivem nas camadas superficiais.
- () Bentos – seres que possuem movimentos próprios: peixes, mamíferos marinhos, tartarugas, diversos crustáceos etc.
- () Nécton – seres que vivem no fundo do mar, fixos ou rastejantes junto aos sedimentos, rochas ou entre algas fixas, como: moluscos, celenterados, equinodermos etc.
- () Sistema Nerítico – que vai abaixo da linha das marés até aproximadamente 200 metros e é a região de maior importância econômica.
- () Sistema Batial – que vai de 200 até, aproximadamente, a 2000 metros, e sistema abissal, até 11.000 metros, onde há poucos animais, com curiosas adaptações.

02. Nas cadeias alimentares que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, o nível trófico dos produtores é ocupado por:

- (A) zooplâncton.
- (B) microcrustáceos.
- (C) protozoários.
- (D) fitoplâncton.
- (E) peixes pequenos.

03. Os seres aquáticos podem ser divididos em três grupos:

- I. Organismos que nadam ativamente vencendo as correntes.
- II. Organismos flutuadores que se deslocam passivamente na água.
- III. Organismos do fundo que podem ser fixos ou rastejantes.

Os grupos I, II e III são denominados, respectivamente:

- (A) planctônicos, bentônicos e nectônicos.
- (B) planctônicos, nectônicos e bentônicos.
- (C) bentônicos, planctônicos e nectônicos.
- (D) nectônicos, planctônicos e bentônicos.
- (E) nectônicos, bentônicos e planctônicos.

04. No ambiente marinho, a região que se estende dos 200 m aos 2000 m de profundidade, onde a luz não penetra, é:

- (A) a zona onde vive o fitoplâncton marinho.
- (B) onde vivem animais sustentados pela matéria orgânica da superfície.
- (C) repleta de grandes cardumes.
- (D) rica em zooplâncton.
- (E) local de intensa atividade fotossintetizante.

05. Em uma comunidade de água doce, em que ocorre diminuição de oxigênio como resultado da poluição, são beneficiadas apenas as populações:

- (A) de peixes e de protozoários.
- (B) de bactérias anaeróbicas e do zooplâncton.
- (C) de protozoários.
- (D) de bactérias anaeróbicas.
- (E) do zooplâncton.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. “Hábitat” e “Nicho ecológico” são dois importantes conceitos aplicados em Ecologia. Diferencie esses termos citando exemplos tipicamente brasileiros.

02. Escreva no espaço apropriado a soma dos itens corretos.

“Conservação da natureza e exploração racional dos recursos..., problemas que remontam, em sua própria essência, à aparição do homem sobre a Terra. Pois, desde o início, a humanidade exerceu uma profunda

influência no seu hábitat, muito maior do que qualquer espécie animal e, por vezes, num sentido desfavorável aos equilíbrios naturais e aos seus próprios interesses, a longo prazo.”

(DORST, Jean. *Antes que a Natureza Morra*. Editora Edgard Blucher Ltda., 1973, p. 394.)

Sobre a influência humana na natureza, é correto afirmar que:



- 01. A extinção de espécies pode comprometer o equilíbrio ecológico de toda a comunidade.
- 02. A destruição da vegetação tem contribuído para o processo de desertificação de várias áreas do planeta.
- 04. A introdução de espécies em determinado local é sempre vantajosa, pois aumenta a biodiversidade.
- 08. Na região Amazônica, a degradação ambiental é devida, exclusivamente, ao desmatamento e queima da floresta tropical úmida.

Soma ().

03. O conjunto de todos os ecossistemas da Terra forma:

- (A) a biosfera.
- (B) um hábitat.
- (C) uma comunidade.
- (D) um bioma.
- (E) um nicho ecológico.

04. Classifique as entidades biológicas abaixo como comunidade, ecossistema ou população:

- (A) floresta Amazônica;
- (B) conjunto de seres vivos de um certo tipo, na floresta Amazônica;
- (C) todos os seres vivos da floresta Amazônica.

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

Essa descrição refere-se ao:

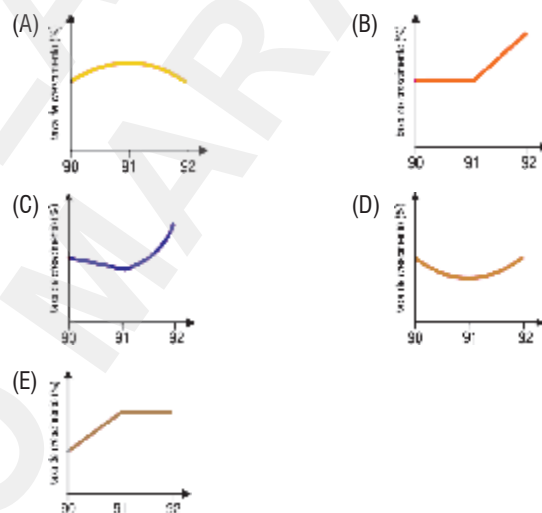
- (A) habitat.
- (B) nicho ecológico.
- (C) biótopo.
- (D) bioma.
- (E) ecossistema.

CONTEXTUALIZANDO

Na tabela a seguir, são apresentadas taxas que influenciaram o tamanho de uma dada população em três anos consecutivos:

Taxas de	1990	1991	1992
natalidade	20%	22%	25%
mortalidade	8%	10%	12%
imigração	10%	9%	10%
emigração	2%	5%	3%

Qual das alternativas representa o gráfico correto do crescimento da população no período considerado?



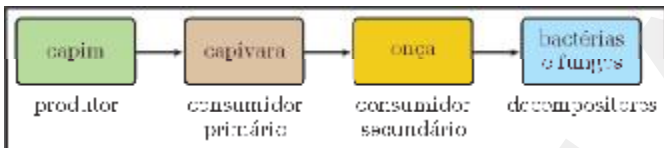


Cadeias Alimentares

Cadeia alimentar é a contínua transferência de matéria e de energia que se observa entre os seres de um ecossistema em função de uns consumirem a matéria de outros com finalidade alimentar, num constante reprocessamento molecular que começa em nível dos produtores, passa pelos consumidores e se conclui pela ação dos decompositores.

Obs.1: Toda cadeia alimentar começa com um produtor e termina em um decompositor.

Obs.2: Decompositores ou Sapróbios ou Saprófitas ou Microconsumidores.



PRODUTORES

São organismos capazes de transformar matéria inorgânica em matéria orgânica (autótrofos). Os produtores podem ser fotossintetizantes ou quimiosintetizantes.

Nos ecossistemas aquáticos, os principais produtores são representados pelas algas fotossintetizantes que integram o fitoplâncton (organismos flutuantes de natureza vegetal). Nos ecossistemas terrestres, os principais produtores são normalmente representados pelas plantas do grupo das angiospermas; é o caso, por exemplo, das gramíneas, plantas que normalmente constituem a paisagem dominante de um campo.

CONSUMIDORES OU HETERÓTROFOS

Compreendem os organismos incapazes de produzir seu próprio alimento. Em vista disso, nutrem-se dos produtores ou de outros consumidores.

Para se alimentar, os animais herbívoros dependem diretamente dos vegetais e são, por esse motivo, chamados de consumidores primários. Os herbívoros, por sua vez, servem de alimento aos carnívoros, que são os consumidores secundários.

Esses carnívoros também podem servir de alimento para outros carnívoros, que são os consumidores terciários, e assim por diante, formando uma cadeia alimentar. Como veremos, a cadeia não pode ser muito longa, porque a quantidade de matéria e energia disponível nos últimos níveis é pequena demais para sustentar uma população de seres vivos.

Cada etapa da cadeia alimentar é chamada de nível trófico. Assim, as plantas ocupam o nível trófico dos produtores, os animais herbívoros ocupam o nível trófico dos consumidores primários, e assim por diante.

DECOMPOSITORES

São consumidores muito especiais, uma vez que se nutrem de organismos mortos. Os decompositores, geralmente microscópicos (bactérias

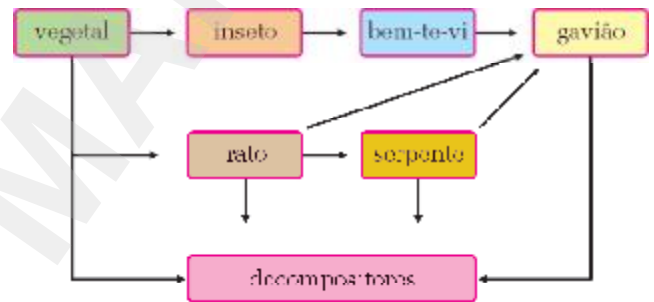
e fungos), desagregam a matéria orgânica morta, transformando-a em compostos inorgânicos simples, que são devolvidos ao meio ambiente e podem ser reutilizados pelos produtores.

Essa verdadeira demolição dos compostos orgânicos, chamada decomposição ou mineralização, é fundamental para a reciclagem da matéria e faz dos decompositores as grandes “usinas processadoras de lixo” do mundo. A ação decompositora, portanto, impede que o planeta fique inteiramente recoberto por uma camada orgânica morta, fato que inviabilizaria a existência da vida na Terra.

TEIA ALIMENTAR

A expressão que melhor caracteriza as relações nutritivas entre os seres de uma comunidade é a teia ou rede alimentar. Ao contrário do que a expressão cadeia alimentar indica, essas relações não formam uma série linear. A razão é que os seres vivos são, regra geral, polívoros, isto é, comem seres de várias espécies, assim como são comidos por vários. Por isso, são múltiplos os caminhos de uma teia alimentar.

O esquema abaixo representa uma teia alimentar:



Os consumidores podem ter várias denominações, de acordo com o tipo de alimento obtido.

Eis algumas delas:

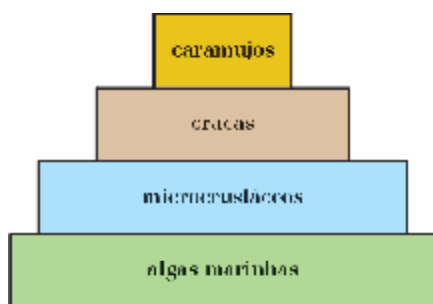
- herbívoros ou fitófagos: nutrem-se de plantas;
- carnívoros: nutrem-se de carne;
- onívoros: nutrem-se de plantas e animais;
- ictiófagos ou piscívoros: nutrem-se de peixes;
- hematófagos: nutrem-se de sangue;
- coprófagos: nutrem-se de fezes;
- ornitófagos: nutrem-se de aves;
- insetívoros: nutrem-se de insetos;
- planctófagos: nutrem-se de plâncton;
- detritívoros: nutrem-se de detritos vegetais e animais.

PIRÂMIDES ECOLÓGICAS

PIRÂMIDES ALIMENTARES

Pirâmides dos Números

A pirâmide dos números indica a quantidade de seres vivos em cada nível trófico de uma cadeia alimentar.



Exemplo: São necessárias muitas algas marinhas do fitoplâncton para nutrir o zooplâncton, mas o número de microcrustáceos do zooplâncton é ainda muito maior do que o de crustáceos macroscópicos (cracas); no entanto, ainda é necessário para nutrir os moluscos (caramujos) um número bem maior de cracas.

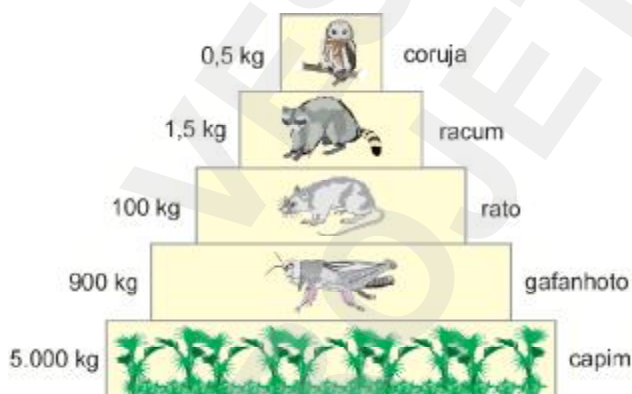
A representação apenas numérica tem o inconveniente de não levar em conta o tamanho dos organismos nem a quantidade de matéria orgânica (biomassa) existente nos diversos níveis. Por isso, algumas pirâmides de números surpreendem.



Exemplo: embora haja um número menor de árvores do que de preguiças e destas em relação aos piolhos, há, contudo, uma biomassa de produtores maior do que a de consumidores primários e destes em relação aos consumidores secundários, o que permite o perfeito equilíbrio do ecossistema.

Pirâmide de Biomassa

A pirâmide de biomassa é construída pela avaliação da quantidade total de matéria viva (representada pela matéria orgânica) nos vários níveis tróficos de uma cadeia.



São necessários cerca de 5.000 kg de capim para alimentar 900 kg de gafanhotos. Esta massa de gafanhotos alimenta 100 kg de ratos, que, por sua vez, alimenta 1,5 kg de racum. Estes últimos servem para manter apenas 0,5 kg de corujas. Pelos dados fornecidos, verifica-se que

apenas parte da massa é transferida e aproveitada no nível seguinte e que é necessária grande quantidade de massa do primeiro nível trófico (base da pirâmide) para sustentar os outros níveis.

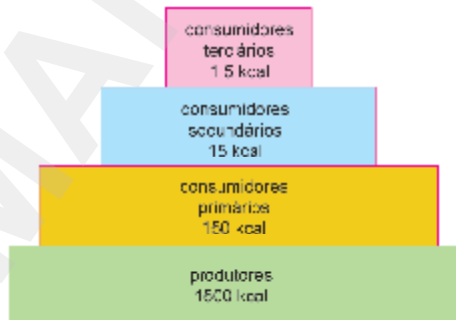
O inconveniente das pirâmides de biomassa é que elas não levam em conta o fator tempo. Apenas representam a massa biológica, em um dado instante, não acusando, portanto, a velocidade com que a matéria orgânica é produzida. Por isso, algumas pirâmides de biomassa também surpreendem.



Exemplo: Ainda que a biomassa dos produtores (fitoplâncton) seja menor do que a dos consumidores primários (zooplâncton), a grande capacidade reprodutora do fitoplâncton possibilita a renovação constante e rápida do estoque de matéria nutritiva para os consumidores primários e daí o equilíbrio.

Pirâmide de Energia

A pirâmide de energia é a forma mais satisfatória de representação. Demonstra o princípio da perda de energia a cada nível trófico de cadeia.



Exemplo: Para cada 1500 kcal fornecidas pelos produtores de uma floresta, apenas 150 kcal são efetivamente transferidas e aproveitadas pelos herbívoros. Do mesmo modo, para cada 150 kcal disponíveis desses consumidores para os de segunda ordem, só 15 kcal são aproveitadas e assim por diante.

Nas cadeias alimentares, a matéria tem um caminho cíclico, passando pelos diversos componentes da cadeia, sendo devolvida ao meio sob forma simples pelos decompositores, ficando à disposição dos produtores para ser reaproveitada.

Já o fluxo energético é unidirecional, decrescendo em cada nível trófico. Assim, quando um gafanhoto come capim, recebe dele a energia química acumulada no alimento; porém, esta energia é muito menor do que a energia solar absorvida pelo capim; quando uma rã come um gafanhoto, recebe uma quantidade de energia bem menor do que aquela que o gafanhoto recebeu do capim. O mesmo ocorre com a cobra que come a rã.

A quantidade de energia decresce em cada nível trófico, em parte porque os organismos utilizam uma boa parcela de energia para se manterem vivos. As atividades biológicas consomem a energia extraída dos alimentos orgânicos pela respiração. Além disso, há perdas pelas fezes e outras, como é o caso de transformações de energia em formas que não podem mais ser aproveitadas pelos seres vivos, como a de energia térmica (calor).

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Assim, quanto menos níveis tróficos tiver uma cadeia alimentar, maior será a quantidade de energia disponível para os níveis mais afastados da origem. Podemos exemplificar com uma superfície de 40.000 m² de terra que é capaz de produzir, em condições adequadas, arroz suficiente para alimentar duas dúzias de pessoas durante um ano. Se, em vez de arroz, no mesmo espaço, for criado gado, a carne produzida poderá alimentar apenas uma pessoa no mesmo período do tempo.

A tabela a seguir mostra relações entre organismos de uma comunidade:

Presa	Alimento da presa	predadores
preá	folhas	gavião
sabiá	insetos, frutos e sementes	gavião
insetos	folhas	louva-a-deus, rã, lagarto, sabiá, aranha
louva-a-deus	insetos	rã, lagarto, sabiá
lagarto	insetos, aranhas	gavião
rã	insetos	jararaca, gavião
jararaca	rãs	jararaca,

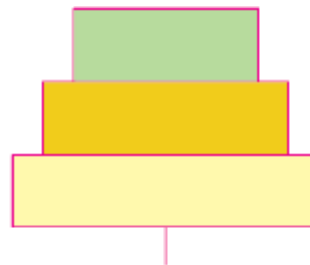
- (A) Construa, com os organismos da tabela, uma cadeia alimentar que tenha o gavião como consumidor de quarta ordem.
- (B) A que nível trófico pertence cada um dos animais da cadeia que você construiu?
- (C) Que organismo da tabela pode ser tanto consumidor de primeira ordem como de segunda ordem?

Solução:

- (A) folhas → insetos → louva-a-deus → sabiá → gavião.
- (B) Insetos são consumidores de primeira ordem, louva-a-deus é consumidor de segunda ordem, sabiá é consumidor de terceira ordem e o gavião é consumidor de quarta ordem.
- (C) Sabiá.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01 O esquema a seguir é uma pirâmide ecológica, na qual cada retângulo representa o número de indivíduos que se relacionam numa comunidade através de alimentação e transferência de energia. Assinale a alternativa que indica a cadeia alimentar relacionada a esta pirâmide:



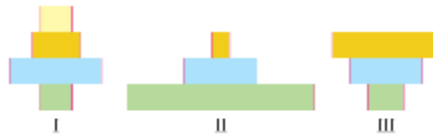
- (A) árvore → pulgões → joaninhas → pássaros.
- (B) capim → preás → cobras → gaviões.
- (C) árvore → pulgões → bactérias → vírus.
- (D) capim → gafanhotos → aranhas → bactérias.
- (E) árvore → líquens → pulgões → joaninhas.

02 Ao longo de uma cadeia alimentar, as quantidades de energia e biomassa, normalmente no meio terrestre:

- (A) aumentam.
- (B) diminuem.
- (C) aumentam e diminuem, respectivamente.
- (D) diminuem e aumentam, respectivamente.
- (E) nem aumentam, nem diminuem.



03 Considere os seguintes esquemas de pirâmides ecológicas:



Pirâmides de energia podem ter o formato de, apenas:

- (A) I.
- (B) II.
- (C) III.
- (D) I e II.
- (E) II e III.

04 O fluxo de energia em um ecossistema é unidirecional e, iniciando-se pelos produtores:

- (A) mantém-se constante nos diversos níveis tróficos.
- (B) mantém-se constante dos produtores aos consumidores de primeira ordem, aumentando progressivamente nos demais níveis tróficos.
- (C) aumenta dos produtores aos consumidores de primeira ordem, mantendo-se constante nos demais níveis tróficos.
- (D) aumenta progressivamente nos diversos níveis tróficos.
- (E) diminui progressivamente nos diversos níveis tróficos.

05 Que quantidade de energia está disponível para os consumidores primários de uma comunidade?

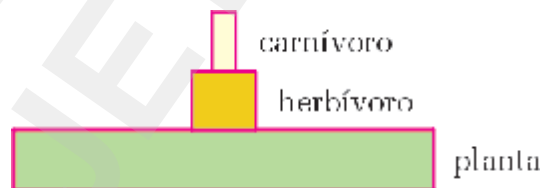
- (A) Toda energia incorporada na fotossíntese durante a vida do vegetal.
- (B) Toda a energia luminosa que é absorvida pelas plantas.
- (C) A porção de energia incorporada nas substâncias químicas existentes na planta.
- (D) A porção de energia transformada em calor durante as reações químicas das células do vegetal.
- (E) A porção de energia utilizada pela respiração celular do vegetal.

06 “À transferência de energia, desde os produtores até os decompositores, através de uma série de organismos que consomem e são consumidos, dá-se o nome de cadeia alimentar ou trófica. Assim, as plantas verdes ocupam o primeiro nível trófico, os herbívoros o segundo nível e os carnívoros os níveis superiores.”

Baseado nesta afirmativa, justifique por que os vegetais são qualificados como produtores.

07 Nas cerca de 120 redes tróficas estudadas até hoje, o número de níveis tróficos (planta – herbívoro – carnívoro primário – etc.) é, muito frequentemente, igual ou inferior a 4. Por que cadeias com 8 ou 10 níveis tróficos são muito pouco frequentes?

08 O diagrama a seguir é uma pirâmide de energia:



- (A) O que representa a largura de cada nível do diagrama?
- (B) Por que a largura de um nível não pode ser maior que a do nível abaixo dele?

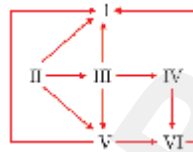
09 Qual é a diferença entre os fluxos de matéria e de energia ao longo das cadeias alimentares?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01 Nos campos de uma fazenda abandonada vivem cobras, ratos, gaviões, corujas e tamanduás. Depois que se retomaram as atividades agrícolas nessa fazenda, construíram-se extensos depósitos para armazenar os cereais colhidos. Em decorrência desse fato, a primeira população a sofrer um grande aumento foi a de:

- (A) ratos.
- (B) cobras.
- (C) gaviões.
- (D) corujas.
- (E) tamanduás.

02 Observe o esquema a seguir:



Comporta(m)-se, ao mesmo tempo, como consumidor(es) secundário(s) e terciário(s), respectivamente:

- (A) apenas o IV.
- (B) apenas o VI.
- (C) o I e o III.
- (D) o IV e o V.
- (E) o IV e o VI.

03 “Importante para exterminar besouros que atacavam canaviais, sapo brasileiro vira praga na Austrália.”

(Revista *IstoÉ*, número 1302, 1994)

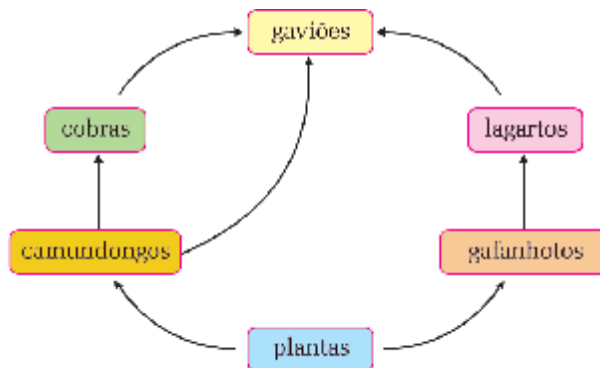
Assinale a alternativa que não se aplica ao fenômeno acima:

- (A) Houve queda da sinergia ambiental.
- (B) Este é um exemplo de alteração abiótica no ecossistema.
- (C) O ocorrido deveu-se à baixa resistência do meio e ao elevado potencial biótico do sapo.
- (D) O ocorrido comprova os perigos da introdução de espécies vivas em outros ecossistemas.
- (E) O sapo encontrou um excelente nicho ecológico e foi beneficiado com a inexistência de predadores naturais.

04 Numa cadeia alimentar, os decompositores podem ser:

- (A) bactérias e vírus.
- (B) cianofíceas e insetos.
- (C) algas e fungos.
- (D) fungos e bactérias.
- (E) pássaros e roedores.

05 Considere a teia alimentar abaixo. Nesta teia, são consumidores primários e secundários, respectivamente:



- (A) cobras e lagartos.
- (B) cobras e gaviões.
- (C) camundongos e lagartos.
- (D) gafanhotos e camundongos.
- (E) lagartos e gaviões.

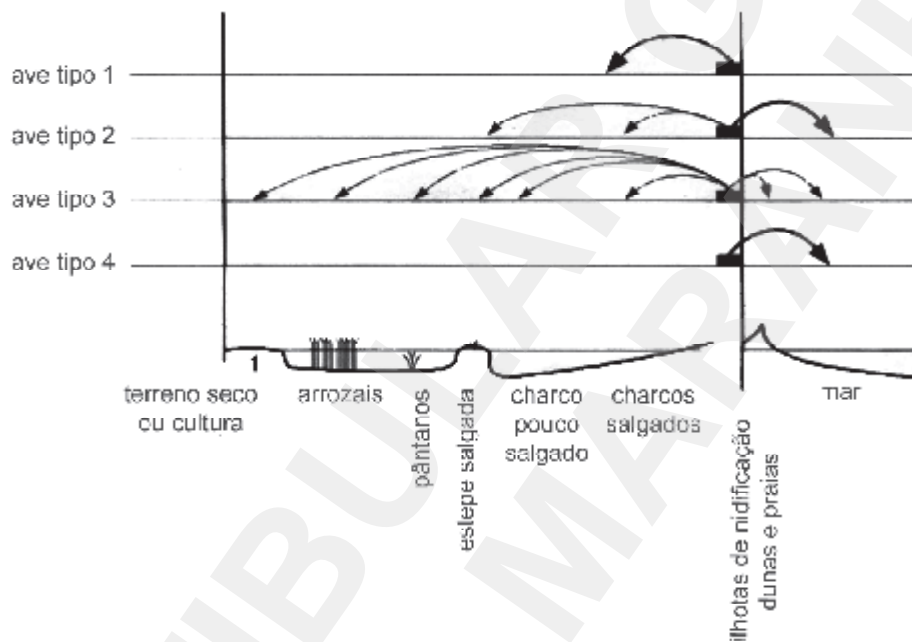


06 Os consumidores terciários ocupam, na cadeia alimentar da qual fazem parte:

- (A) o primeiro nível trófico.
- (B) o segundo nível trófico.
- (C) o terceiro nível trófico.
- (D) o quarto nível trófico.
- (E) posição variada.

CONTEXTUALIZANDO

O esquema abaixo representa os diversos meios em que se alimentam aves, de diferentes espécies, que fazem ninho na mesma região.



Com base no esquema, uma classe de alunos procurou identificar a possível existência de competição alimentar entre essas aves e concluiu que:

- (A) não há competição entre os quatro tipos de aves porque nem todas elas se alimentam nos mesmos locais.
- (B) não há competição apenas entre as aves dos tipos 1, 2 e 4 porque retiram alimentos de locais exclusivos.
- (C) há competição porque a ave do tipo 3 se alimenta em todos os lugares e, portanto, compete com todas as demais.
- (D) há competição apenas entre as aves 2 e 4 porque retiram grande quantidade de alimentos de um mesmo local.
- (E) não se pode afirmar se há competição entre as aves que se alimentam em uma mesma região sem conhecer os tipos de alimento que consomem.



Ciclos Biogeoquímicos

Todos os seres vivos, dos mais rudimentares aos mais complexos, são formados por incontáveis milhões de elementos químicos que se agrupam para constituir a matéria viva.

Após a morte dos organismos, a matéria que os compõe é degradada, e os elementos químicos que dela fazem parte retornam ao ambiente, onde serão reaproveitados por outros seres vivos. Fala-se, assim, em ciclos dos elementos químicos, ou ciclos biogeoquímicos (do grego *bios*, vida, e *geo*, Terra), para ressaltar o fato de que os elementos químicos circulam entre os seres vivos e a Terra.

Os fungos e bactérias decompositores desempenham papel fundamental no processo de reciclagem dos elementos químicos na natureza. Eles se nutrem dos cadáveres de plantas e animais, decompondo-os, isto é, transformando as substâncias orgânicas do cadáver em outras mais simples. Os produtos da decomposição podem eventualmente ser reutilizados como matéria-prima para a síntese de novas moléculas orgânicas.

CICLO DA ÁGUA

Embora a água não seja um elemento químico, e sim uma substância composta de hidrogênio e oxigênio, estudaremos seu ciclo

pelo fato de ela estar intimamente associada a todos os processos metabólicos.

O ciclo da água pode ser considerado sob dois aspectos: o pequeno ciclo, ou ciclo curto, e o grande ciclo, ou ciclo longo.

O Pequeno Ciclo

No pequeno ciclo, a água dos oceanos, lagos, rios, geleiras e mesmo a embebida no solo sofre evaporação pela ação do calor ambiental e passa à forma gasosa, dando origem às nuvens. Nas camadas mais altas da atmosfera, o vapor.

O Grande Ciclo

No grande ciclo, a água é absorvida pelos seres vivos e participa de seu metabolismo, sendo posteriormente devolvida para o ambiente.

As plantas absorvem, por meio de suas raízes, a água infiltrada no solo. Além de ser solvente e reagente de inúmeras reações químicas intracelulares, a água é uma das matérias-primas da fotossíntese: seus átomos de hidrogênio irão fazer parte da glicose fabricada, e seus átomos de oxigênio se unem para formar o O_2 (gás oxigênio) liberado para a atmosfera. Na respiração, as plantas degradam as moléculas orgânicas que elas mesmas fabricaram para obter energia, liberando gás carbônico e água.



CICLO DO CARBONO

O carbono presente nos seres vivos é, originalmente, proveniente da atmosfera. Através da fotossíntese, os seres fotossintetizantes fixam o carbono que retiram do CO_2 atmosférico. Esses átomos de carbono passam a fazer parte das moléculas orgânicas fabricadas.

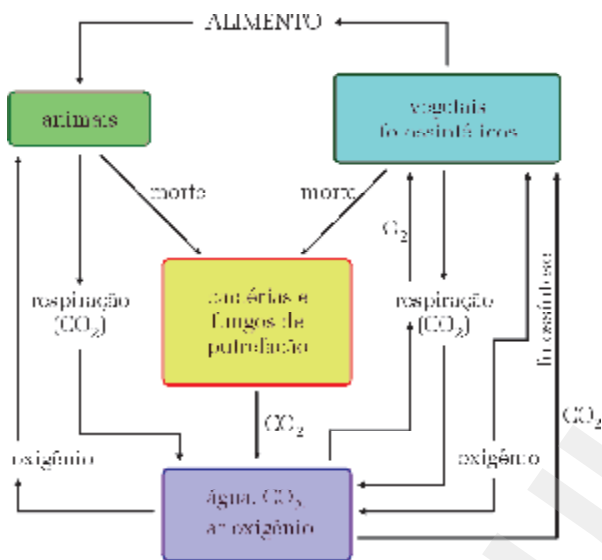
Durante a respiração, uma parte das moléculas orgânicas é degradada, e o carbono que as constituía é devolvido à atmosfera, novamente na forma de CO_2 . Parte do carbono retirado do ar passa a constituir a biomassa

dos seres fotossintetizantes, podendo eventualmente ser transferida aos animais herbívoros.

Nos herbívoros, parte do carbono contido nas moléculas orgânicas dos alimentos é liberada durante a respiração, e o resto irá constituir sua biomassa, que poderá ser transferida para o carnívoro. Dessa forma, o carbono fixado na fotossíntese vai passando de um nível trófico para outro, enquanto retorna gradativamente à atmosfera, em consequência da respiração dos próprios organismos e da ação dos decompositores, que atuam em todos os níveis tróficos.



Os combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, puderam se formar e chegar até nossos dias em virtude de falhas na ação dos decompositores. Por terem sido submetidos a condições especiais, isto é, terem ficado protegidos entre sedimentos isentos de microrganismos, restos de organismos do passado não sofreram decomposição. Ao longo de milhões de anos, os resíduos orgânicos acumulados sofreram lentas transformações químicas e originaram os combustíveis que hoje utilizamos. A energia que eles contêm foi originalmente captada da luz solar através da fotossíntese, milhões de anos atrás.



A utilização desses combustíveis fósseis pelo homem tem restituído à atmosfera, na forma de CO_2 , átomos de carbono que ficaram fora de circulação durante milhões de anos.

Devido à queima de combustíveis, a concentração de gás carbônico no ar aumentou, nesses últimos 100 anos. De acordo com muitos cientistas, o aumento do teor de CO_2 atmosférico pode provocar a elevação da temperatura média global através de um mecanismo denominado efeito estufa.

CICLO DO NITROGÊNIO

O nitrogênio é tão necessário aos seres vivos quanto o carbono, uma vez que entra na composição química das proteínas. Embora 80% do ar seja constituído por esse gás, a grande maioria dos organismos é incapaz de absorvê-lo nesta forma. Há, porém, um grupo que constitui exceção e que introduz o nitrogênio na teia alimentar: são as bactérias do gênero *Rhizobium* e algumas algas que conseguem fixar o nitrogênio.

O gênero *Rhizobium* assegura principalmente para as leguminosas (feijão, por exemplo) uma fonte de nitrogênio independente dos sais do solo. O ciclo regular do nitrogênio é dividido didaticamente em vários estágios, que podem ser apresentados resumidamente do seguinte modo:

- 1) Com a morte dos animais e vegetais, assim como os produtos de evacuação e excreção nitrogenados, o solo recebe esses elementos, os quais são atacados por bactérias e fungos que os transformam em materiais nitrogenados mais simples.
- 2) Os materiais nitrogenados do solo sofrem amonificação, através de bactérias saprófitas, sendo simplificados até a fase de amoníaco.
- 3) É o estágio que compreende a nitrificação, dividido em duas partes:

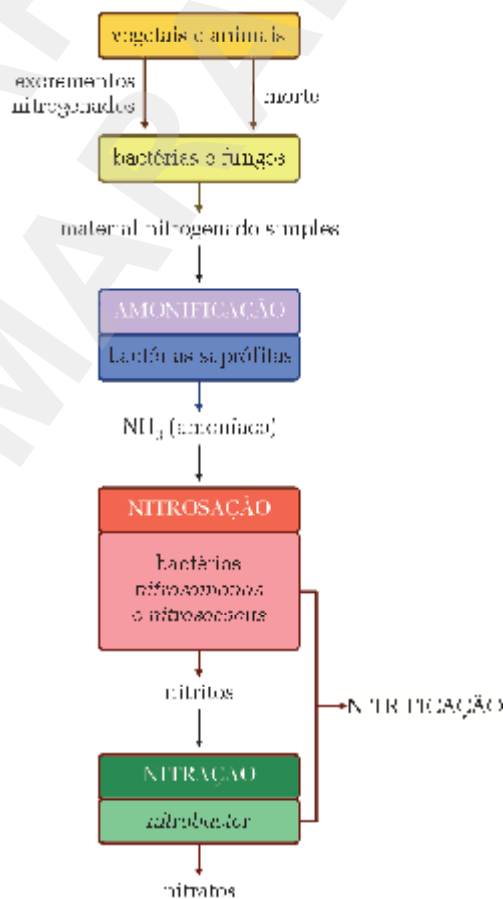
- Nitrosação: ocorre com a participação de bactérias do gênero *Nitrosococcus*, *Nitrosomonas*, que transformam (oxidam) amônia a ácido nítrico (HNO_2) que se dissocia em nitrito (NO_2^-).
- Nitração: realizada pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*, em última instância, resulta em nitratos. Os nitratos podem ser utilizados pelos vegetais na forma iônica.

Finalmente, algumas bactérias podem devolver ao meio atmosférico os nitratos produzidos pelas bactérias de nitrificação, assim como os das bactérias de fixação. A este processo chamamos DENITRIFICAÇÃO.

O ciclo do nitrogênio é muito importante para a manutenção da biomassa de um ecossistema.

A ciência bacteriológica permitiu o desenvolvimento de culturas de *Rhizobium*, que são comercializadas e podem ser facilmente adquiridas pelo agricultor. Este, então, promove a inoculação das bactérias nas sementes de leguminosas, garantindo a formação de nódulos radiculares e o conseqüente fornecimento de nitrogênio à planta, por via bacteriana.

ESQUEMA DO CICLO DO NITROGÊNIO



Rotação de Culturas e Adubação Verde

A rotação de culturas é uma prática agrícola em que se intercalam plantas de espécies diferentes em plantios sucessivos. Essa técnica favorece a produtividade dos campos, principalmente quando se utilizam leguminosas. Essas plantas assimilam o N_2 atmosférico através da associação estabelecida com as bactérias do gênero *Rhizobium*. Com a morte e a decomposição, as leguminosas enriquecem o solo com sais nitrogenados, compensando o esgotamento promovido pela cultura anterior, como, por exemplo: milho, trigo, etc.



Quanto à adubação verde, trata-se de uma técnica agrícola que consiste basicamente na utilização de plantas como fontes de adubo. Enterradas no solo, essas plantas fornecem, após a decomposição, sais minerais diversos para a cultura que aí deverá se desenvolver. A adubação verde é recomendada, por exemplo, nas regiões tropicais e subtropicais, onde os adubos sintéticos podem ser arrastados facilmente pela água das chuvas. O adubo verde é decomposto lentamente e ainda atua como uma camada protetora do solo. Quando se usa uma leguminosa como adubo verde, essa técnica permite o enriquecimento do solo com sais nitrogenados.

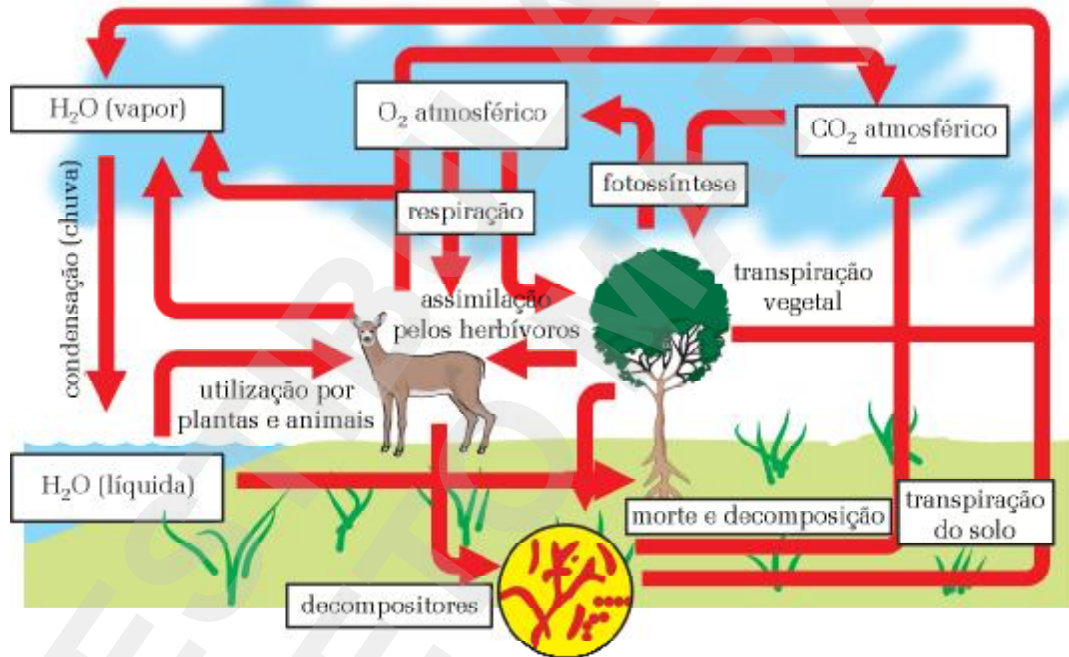
CICLO DO OXIGÊNIO

O oxigênio molecular (O₂), indispensável à respiração aeróbica, é o segundo componente mais abundante da atmosfera, onde existe na proporção de cerca de 21%.

O oxigênio pode ser consumido da atmosfera através das seguintes vias:

- atividade respiratória de plantas e animais.
- combustão.
- degradação, principalmente pela ação de raios ultravioleta, com formação de ozônio (O₃).
- combinação com metais do solo (principalmente o ferro), formando óxidos metálicos.

O oxigênio já teria desaparecido da atmosfera há muito tempo, não fosse o contínuo reabastecimento promovido pela fotossíntese, principalmente através do fitoplâncton marinho, considerado o verdadeiro “pulmão” do mundo.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

As fontes primárias dos elementos carbono e nitrogênio que compõem as moléculas dos seres vivos são, respectivamente, o gás carbônico e o gás nitrogênio.

- (A) Que organismos são capazes de fixar esses elementos?
- (B) Por meio de que processo celular se dá a fixação do carbono?

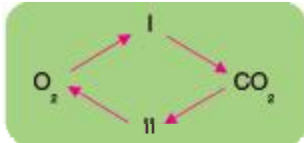
SOLUÇÃO:

- (A) Os organismos capazes de fixar o elemento carbono são os vegetais clorofilados. O elemento nitrogênio é fixado pelas bactérias fixadoras que vivem em simbiose nas raízes de vegetais da família das leguminosas e por algumas espécies de cianofíceas (algas azuis).
- (B) Os vegetais clorofilados fixam o carbono através da fotossíntese.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

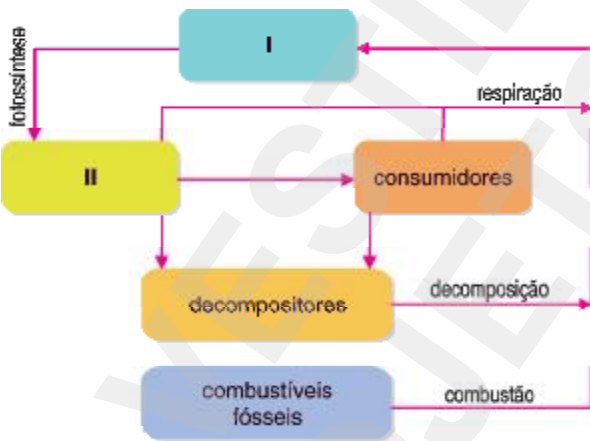
01. O esquema representa, de forma simplificada, os ciclos do oxigênio e do carbono.

Nos quadro abaixo, assinale a alternativa que identifica corretamente os processos I e II e os organismos nos quais eles ocorrem:



Processos		Organismos	
I	II	I	II
a) respiração	fotossíntese	sementes heterótrofos	sementes autótrofos
b) fotossíntese	respiração	sementes autótrofos	sementes heterótrofos
c) respiração	fotossíntese	sementes heterótrofos	sementes autótrofos
d) fotossíntese	respiração	sementes heterótrofos	sementes heterótrofos
e) respiração	fotossíntese	sementes autótrofos	sementes heterótrofos

02. O esquema a seguir representa um dos ciclos biogeoquímicos que ocorrem nos ecossistemas:



Nesse esquema, os espaços I e II devem ser substituídos, correta e respectivamente, por:

- (A) oxigênio e consumidores primários.
- (B) água e consumidores primários.
- (C) dióxido de carbono e produtores.
- (D) oxigênio e produtores.
- (E) dióxido de carbono e consumidores primários.

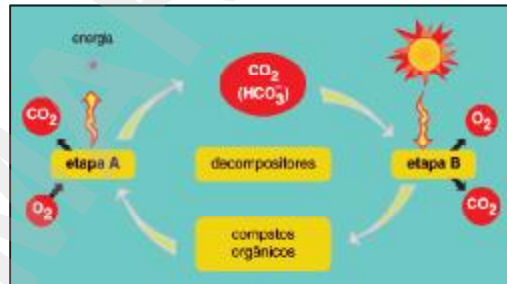
03. Qual dos seguintes fenômenos é um resultado do efeito estufa?

- (A) Aumento das concentrações de ozônio a nível de rua.
- (B) Diminuição da camada de ozônio na estratosfera superior.
- (C) Mudança nas condições meteorológicas globais.
- (D) Aumento da poluição oceânica.
- (E) Desmatamento.

04. Uma diminuição de CO₂ na atmosfera, contribuindo para amenizar o efeito estufa, pode ocorrer através do aumento da:

- (A) respiração.
- (B) fotossíntese.
- (C) transpiração.
- (D) fermentação.
- (E) combustão.

05. Nos ambientes aquáticos, o ciclo do carbono pode ser esquematizado, simplificada, conforme mostra o esquema a seguir. Estude-o com atenção e assinale a opção que descreve a participação do plâncton na(s) etapa(s) A e B:



- (A) O zooplâncton participa das etapas A e B.
- (B) O fitoplâncton participa das etapas A e B.
- (C) O zooplâncton só participa da etapa B.
- (D) O fitoplâncton só participa da etapa B.
- (E) O fitoplâncton só participa da etapa A.

06. De que maneira a água existente nos organismos vivos é eliminada para o meio ambiente?

07. As fontes primárias dos elementos carbono e nitrogênio que compõem as moléculas dos seres vivos são, respectivamente, o gás carbônico e o gás nitrogênio.

- (A) Que organismos são capazes de fixar esses elementos?
- (B) Por meio de que processo celular se dá a fixação do carbono?

08. Dados experimentais demonstraram que uma plantação de cana-de-açúcar com cerca de 4000 m² é capaz de retirar da atmosfera 20 toneladas de carbono/ano. Se não houvesse maneira de devolver à atmosfera o carbono incorporado, provavelmente, em pouco séculos, os vegetais consumiriam todo o suprimento atmosférico de carbono.

Cite três maneiras através das quais a reciclagem desse elemento químico pode ocorrer.



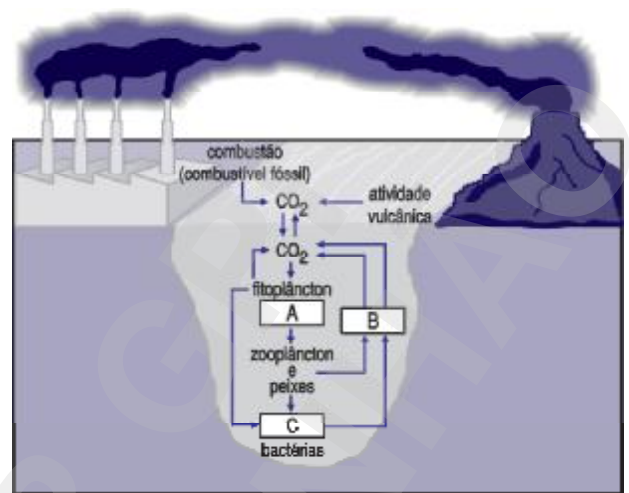
09. Analise o ciclo (parcial) do carbono na coluna d'água representado na figura ao lado:

Em relação aos processos indicados pelas letras A, B e C, pode-se afirmar que:

- I. A, B e C referem-se à fotossíntese, respiração e decomposição, respectivamente.
- II. A, B e C referem-se à fotossíntese, decomposição e respiração, respectivamente.
- III. Os organismos envolvidos no processo A são autótrofos, enquanto aqueles envolvidos em B e C são heterótrofos.

Assinale a alternativa correta:

- (A) II e III estão corretas. (D) somente I está correta.
- (B) somente II está correta. (E) somente III está correta.
- (C) I e III estão corretas.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. O elemento carbono presente nas moléculas orgânicas que constituem os seres vivos é restituído ao ambiente, em forma aproveitável pelos vegetais, através da:

- (A) desnitrificação pelas algas cianofíceas do solo.
- (B) fotossíntese de organismos produtores.
- (C) respiração celular de produtores e consumidores.
- (D) transformação de amônia em nitratos.
- (E) liberação de gás oxigênio pelas algas marinhas.

02. É normal, na agricultura, fazer rotação de culturas vegetais, alternando leguminosas (feijão, soja) com outro tipo de plantação. Este procedimento ocorre porque:

- (A) as leguminosas recuperam o prejuízo do agricultor.
- (B) as leguminosas evitam a erosão do solo.
- (C) as leguminosas têm a capacidade de fixar carbono no solo, deixando-o mais fértil.
- (D) as leguminosas apresentam bactérias associadas às suas raízes que fixam nitrogênio no solo, deixando-o mais fértil.
- (E) as leguminosas impedem o aparecimento de substâncias tóxicas no solo.

03. O nitrogênio é essencial a todos os organismos vivos, especialmente para a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos. Apesar de ele não existir na atmosfera terrestre em grande quantidade, sob a forma de N₂, nenhum organismo eucarionte é capaz de usá-lo diretamente nessa forma. Por outro lado, a fertilidade do solo depende de adequado teor de nitrogênio.

Indique a afirmação correta:

- (A) Os animais vertebrados obtêm o nitrogênio através dos alimentos.
- (B) Os animais vertebrados obtêm o nitrogênio através do ar que respiram.
- (C) Os animais vertebrados obtêm o nitrogênio através da água que bebem.
- (D) Os aracnídeos obtêm o nitrogênio através da água.
- (E) Os insetos obtêm o nitrogênio através do ar.

04. A produtividade primária em um ecossistema pode ser avaliada de várias formas. Nos oceanos, um dos métodos para medir a produtividade primária utiliza garrafas transparentes e garrafas escuras, totalmente preenchidas com água do mar, fechadas e mantidas em ambiente iluminado. Após um tempo de incubação, mede-se o volume de oxigênio dissolvido na água das garrafas. Os valores obtidos são relacionados à fotossíntese e à respiração.

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

Sucessão Ecológica

Sucessão ecológica é a denominação que identifica a evolução das comunidades ao longo do tempo, resultando em uma comunidade estável. Consiste em uma substituição gradativa de espécies de uma região até atingir o clímax, isto é, o máximo de flora e fauna permitido pelas condições ecológicas da região.

Se a sucessão teve início em uma região estéril, onde as condições não eram favoráveis no início, temos a sucessão primária. Se ocorreu em uma área com um campo abandonado ou uma floresta após um incêndio, falamos em sucessão secundária. Esta, obviamente, tem estágios mais curtos e atinge a estabilidade mais rapidamente.

O estágio inicial de povoamento de um determinado ambiente por espécie pioneira é chamado ecese. À sequência de comunidades que se instalam a seguir e se substituem, denominamos sere. A sucessão termina quando a comunidade clímax (bioma) é formada.

Como exemplo de sucessão primária em uma região totalmente nua e virgem, podemos ter: cianofíceas ou cianobactérias como seres pioneiros (ecese) trazidas pelo vento ou água de outras regiões. Fazendo fotossíntese, fixando o nitrogênio atmosférico e se desenvolvendo, criam condições para a instalação de seres vivos mais exigentes. Inicia-se a sere com a instalação dos líquens, enquanto as cianofíceas vão sendo substituídas. Os líquens desagregam parcialmente as rochas, criando um fino solo poroso, ao mesmo tempo que seus cadáveres aumentam a camada orgânica iniciada pelas cianofíceas. Agora, o solo serve à instalação de sementes de capim, que ao se desenvolverem criam condições ótimas para o estabelecimento de esporos de samambaias. E assim, esporos e sementes trazidas pelo vento e pelas aves vão proporcionando a sequência, desenvolvendo-se arbustos e árvores até que o clímax (bioma) se instale e se mantenha.

Obs.: No ambiente do cerrado, por exemplo, as regiões destruídas por incêndios ocasionais são logo recompostas pela sucessão ecológica. A sucessão que ocorre em locais já habitados, cujo equilíbrio foi rompido por alguma mudança ambiental, causada ou não pelo homem, é chamada sucessão secundária. Essas sucessões costumam atingir o clímax mais rapidamente do que as sucessões primárias, já que o terreno costuma ser mais propício para a instalação de novas comunidades.

Diversidade e Estabilidade

Ao longo do processo de sucessão ecológica, observa-se um aumento progressivo na diversidade de espécies e na biomassa total (a quantidade de matéria orgânica na comunidade). As teias alimentares tornam-se mais complexas e novos nichos ecológicos se formam.

Para alguns cientistas, o aumento na diversidade de espécies e na complexidade das teias é importante para garantir a estabilidade da comunidade clímax. O grande número de espécies e o fato de cada uma servir de alimento a várias outras, formando complexas e variadas teias alimentares, tornam mais fácil restabelecer o equilíbrio na eventual extinção de uma das espécies. Numa comunidade simples, as espécies têm poucas opções alimentares e os desequilíbrios são mais difíceis de ser contornados; daí sua menor estabilidade.

Sabemos que as grandes culturas agrícolas (monoculturas) – mantidas fora do clímax pela ação do homem – são mais sensíveis ao ataque de pragas do que uma floresta ou outra comunidade clímax. Essa maior fragilidade das monoculturas pode estar ligada à perda de diversidade, uma vez que elas são sistemas extremamente pobres em cadeias alimentares e em outros tipos de relação.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Considerando um ecossistema aquático, em processo de sucessão ecológica, responda:

- (A) O que ocorre com a biomassa desse ecossistema durante o processo de sucessão?
- (B) Quando a comunidade atingirá o clímax?

SOLUÇÃO:

- (A) Aumenta.
- (B) Atingirá o estágio clímax no momento em que a produtividade for igual ao consumo, ou seja, quando as taxas de fotossíntese e respiração forem equivalentes.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Uma rocha nua começa a ser colonizada por seres vivos. Os primeiros organismos a se instalarem, são:

- (A) gramíneas.
- (B) líquens.
- (C) fungos.
- (D) briófitas.
- (E) pteridófitas.

02. Considere a sequência:

líquens → musgos → capim → arbustos.

Essa sequência pode representar a evolução de uma:

- (A) população.
- (B) comunidade.
- (C) sociedade em formação.
- (D) sucessão primária.
- (E) sucessão secundária.



03. Uma comunidade clímax é definida como:

- (A) aquela que inicia uma área despovoada em que nunca houve vida ou na qual os organismos preexistentes tenham sido completamente extintos.
- (B) aquela que possui a capacidade de perdurar indefinidamente, enquanto perdurarem as condições ambientais nas quais se originou, através do fenômeno de sucessão ecológica.
- (C) aquela que se estabelece numa área pelo fenômeno de sucessão ecológica, onde a comunidade anterior foi praticamente destruída e é substituída em intervalos de tempo bastante curtos.
- (D) aquela que, numa dada região e submetida às mesmas condições climáticas, vai se modificando, lenta e progressivamente, até tornar-se completamente diferente.
- (E) nenhuma das afirmativas anteriores está correta.

04. Todas as afirmativas a seguir representam características de uma comunidade em clímax na sucessão ecológica, exceto:

- (A) aumento da biomassa total.
- (B) aumento da produtividade líquida.
- (C) aumento da estabilidade ambiental.
- (D) aumento da respiração da comunidade.
- (E) aumento da diversidade de espécies.

05. A colonização de uma lagoa recém-formada se inicia com:

- (A) plantas vasculares.
- (B) anfíbios.
- (C) peixes.
- (D) decompositores.
- (E) fitoplâncton.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. Uma sucessão ecológica caracteriza-se por apresentar:

- (A) uma diminuição da biomassa no decorrer do processo.
- (B) inicialmente todas as comunidades em homeostase.
- (C) uma maior eficiência energética no estágio de clímax.
- (D) homogeneidade nos fatores físicos do ambiente.

02. Durante o processo de evolução de uma comunidade ou sucessão ecológica, não se observa:

- (A) aumento de produtividade primária.
- (B) aumento de taxa respiratória.
- (C) aumento de complexidade da cadeia alimentar.
- (D) diminuição do fluxo de energia.
- (E) diminuição de biomassa.

03. Numa sucessão de comunidade ocorre:

- (A) constância de biomassa e de espécie.
- (B) diminuição de biomassa e menor diversificação de espécies.
- (C) diminuição de biomassa e maior diversificação de espécies.
- (D) aumento de biomassa e menor diversificação de espécies.
- (E) aumento de biomassa e maior diversificação de espécies.

04. Uma comunidade clímax caracteriza-se:

- (A) por uma sucessão de comunidade em uma determinada área.
- (B) por um aumento das relações de competição em detrimento das relações de cooperação entre as espécies.
- (C) pelo seu desenvolvimento em curto prazo de tempo.
- (D) pela exaustão das reservas abióticas de sua área.
- (E) pela reprodução, sem substituição de espécies, de seus componentes bióticos e pelo controle limitado do ambiente.

05. O processo pelo qual uma comunidade muda gradualmente, até a sua identificação como uma comunidade diferente, recebe o nome de:

- (A) clímax.
- (B) homeostase.
- (C) integração.
- (D) migração.
- (E) sucessão.

06. Uma comunidade em que as espécies se reproduzem e se mantêm, sem serem substituídas por outras espécies, é uma comunidade:

- (A) jovem.
- (B) clímax.
- (C) transitória.
- (D) instável.
- (E) sem dominância.

CONTEXTUALIZANDO

Uma população experimental, iniciada com 1200 roedores, ocupa uma área de 300 m². A tabela ao lado contém os dados populacionais que foram coletados de 1995 a 1997.

Considerando as unidades fornecidas, calcule a densidade dessa população no final do ano de 1997. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

Evento	Número de animais		
	1995	1996	1997
nascimento	504	582	514
imigração	132	54	81
emigração	36	132	225
morte	111	156	204

Relações entre os Seres Vivos



Utilizando-se de símbolos em que (+) indica benefício, (-) prejuízo e (0) indiferença e neutralidade, podemos indicar os tipos de relações interespecíficas por meio das seguintes combinações: (0 0), (- -), (+ +), (+ 0), (- 0) e (+ -).

Lembre-se de que os exemplos citados podem mudar de classificação, dependendo da interpretação, do tipo de troca existente entre os seres vivos da relação.

INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Duas espécies que habitam uma mesma região podem ter, uma sobre a outra, influência nula (0), positiva (+) ou negativa (-).

A interação entre duas espécies é nula quando a taxa de reprodução ou de sobrevivência dos indivíduos de uma população não é afetada pelos indivíduos da outra população.

INTERESPECÍFICA

RELAÇÕES HARMÔNICAS

Relações harmônicas são aquelas que beneficiam um dos dois componentes da associação ou os dois.

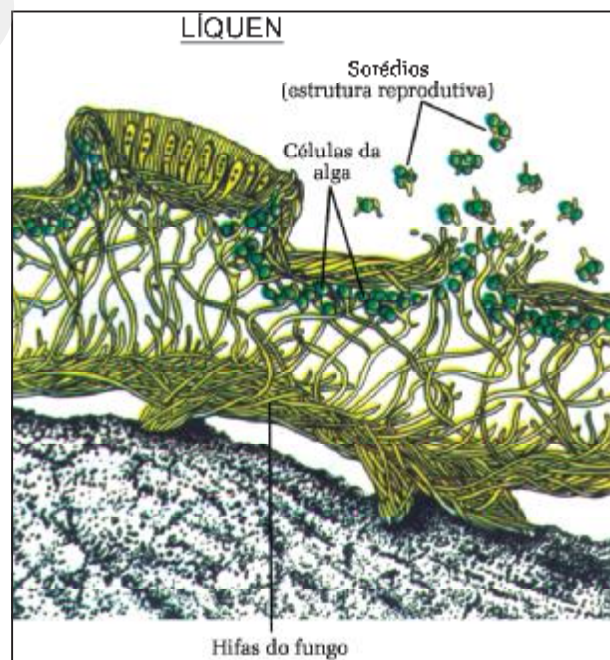
Mutualismo

Mutualismo é uma associação na qual as duas espécies envolvidas são beneficiadas. Os benefícios, entretanto, podem estabelecer ou não um estado de interdependência fisiológica bilateral. Existem formas de interdependência fisiológica em que a separação das espécies acarreta, para elas, um sério desequilíbrio metabólico, podendo, inclusive, levá-las à morte. É o caso dos líquens, dos cupins e protozoários, dos ruminantes e microrganismos, das bactérias e leguminosas e das micorrizas (plantas e fungos). Alguns autores ainda classificam esta relação como sendo um caso de simbiose.

EXEMPLOS:

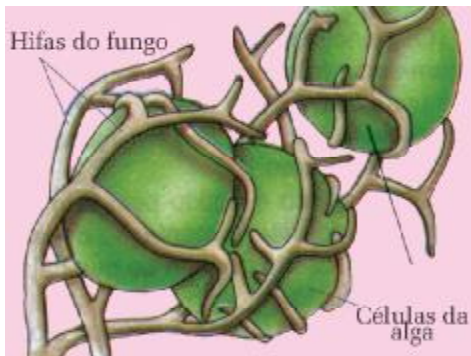
a) Líquens

Os líquens constituem um dos exemplos mais tradicionais de mutualismo, caracterizando um perfeito casamento entre as espécies envolvidas. São constituídos pela associação entre algas unicelulares (azuis ou verdes) e fungos, geralmente ascomicetos. As algas, como organismos produtores, sintetizam matéria orgânica e fornecem aos fungos parte do





alimento produzido. Estes, por sua vez, retiram água e sais minerais do substrato, protegendo-as contra desidratação.



b) Cupins e protozoários

Os cupins, ao comerem madeira, obtêm grandes quantidades de celulose. No entanto, são incapazes de promover a digestão desse carboidrato. Esse papel é desempenhado por certos protozoários (*Triconympha collaris*) que vivem em seu intestino:



Membros de uma associação mutualística. À esquerda, fotografia de um cupim-de-madeira. À direita, desenho de um protozoário que habita o trato digestivo do cupim.

c) Ruminantes e microrganismos

Como se sabe, os ruminantes (boi, ovelha etc.) são animais que abrigam inúmeros microrganismos que decompõem a celulose dos vegetais ingeridos, estabelecendo uma associação semelhante àquela verificada entre cupins e protozoários do gênero *Triconympha*.

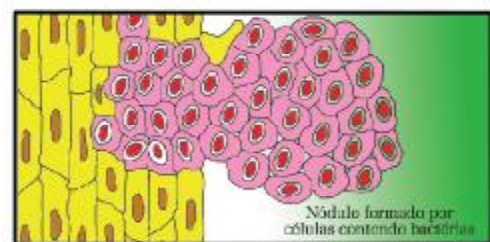
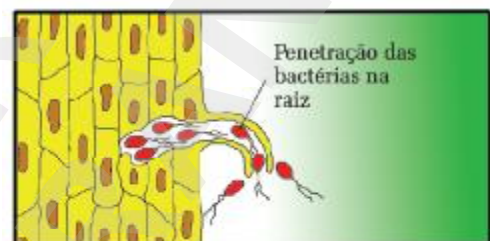
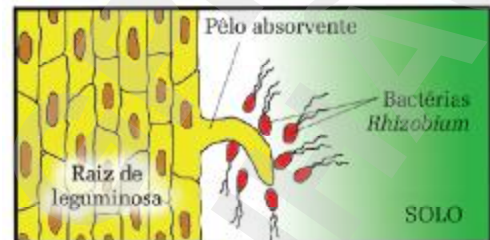
d) Micorrizas

São associações estabelecidas entre fungos e raízes de certas plantas, orquídeas, morangueiros, tomateiros etc. Os fungos degradam substâncias orgânicas do substrato, transformando-as em nutrientes minerais (sais de nitrogênio, fósforo etc.), que são cedidos à planta. Esta fornece ao fungo parte da matéria produzida através da fotossíntese.

e) Bactérias e raízes de leguminosas

Como vimos, no ciclo do nitrogênio, as bactérias do gênero *Rhi-*

zobium promovem a fixação do N₂ atmosférico, transformando-o em sais nitrogenados, que são assimilados pelas leguminosas (soja, feijão, ervilha etc) e utilizados como matéria-prima na construção de compostos orgânicos nitrogenados. As plantas, por sua vez, fornecem a essas bactérias heterótrofas a matéria orgânica necessária ao desempenho de suas funções vitais.



Protocooperação

Ocorre quando duas espécies se associam com troca de benefício. A diferença, em relação ao mutualismo, é que na protocooperação o grau de dependência entre os associados é menor. Quando as espécies associadas se separam, não vivem tão bem, mas não morrem.

EXEMPLOS:

a) Caranguejo paguro e actínias

O caranguejo paguro ou bernardo-eremita é um crustáceo encontrado com relativa facilidade em nossas praias. Caracteriza-se pela presença de um abdome longo e mole, desprovido de carapaça protetora. Para compensar tal fato, esse caranguejo aloja-se no interior de conchas vazias de moluscos diversos e com algumas actínias ou anêmonas-do-mar (celenterados), animais sabidamente portadores de tentáculos. Na troca de favores, o paguro ganha proteção; e a actínea, movimento.



b) Pássaro-palito e crocodilo

O pássaro-palito é uma ave que se introduz na boca do crocodilo africano, de onde retira sanguessugas que normalmente aí se encontram, parasitando o réptil. Tal como ocorre na associação anu e gado, o crocodilo é beneficiado, ao livrar-se dos parasitas, e constitui uma opção alimentar indireta ao pássaro.

A associação ecológica verificada entre o pássaro-palito e o crocodilo africano é um exemplo de mutualismo não-obrigatório, quando se considera que o pássaro retira parasitas da boca do réptil. Mas pode ser também descrita como exemplo de comensalismo; nesse caso, o pássaro atua

retirando apenas restos alimentares que ficam situados entre os dentes do crocodilo. Daí o nome popular do animal: pássaro-palito.

c) Formigas e pulgões

Os pulgões (afídeos) são conhecidos insetos parasitas de certas plantas, de onde extraem a seiva elaborada que serve de alimento. O excesso da seiva sugada, eliminado através do ânus do pulgão, é utilizado por certas formigas como fonte de alimento. As formigas, por sua vez, protegem os pulgões contra o ataque de inimigos naturais como, por exemplo, as joaninhas. Esta relação, quando vista por outro ângulo, pode se chamar simfilia.

Comensalismo

É um tipo de relação em que uma das espécies associadas é beneficiada, sem prejuízo para outra espécie.

EXEMPLOS:

a) A rêmora ou peixe-piolho

É um peixe dotado de uma ventosa fixadora no alto da cabeça. Através da ventosa, fixa-se geralmente na região ventral de um tubarão, sendo por ele transportada. Quando o tubarão ataca algum animal, os restos da presa que se mantêm flutuando na água são imediatamente ingeridos pela rêmora, que obtém, assim, o alimento necessário para a manutenção de seu metabolismo.

b) A relação entre o tuim e o pica-pau

É um exemplo típico de comensalismo. O tuim é um periquito verde que faz o seu ninho no interior de árvores ocas; porém, estas nem sempre têm aberturas naturais. Como o bico curvo desta ave não é apropriado para a perfuração do tronco, ela se instala nos ninhos abandonados pelos pica-paus, que os constroem no mesmo tipo de árvores. O pica-pau consegue furá-la com o seu bico resistente, e assim o tuim se beneficia do trabalho do pica-pau, sem afetá-lo por isso.

Inquilinismo

É um tipo de relação em que uma espécie vive no interior de outra sem prejudicá-la. Isso ocorre com o peixe Fieraster, que vive no tubo digestivo de um equinoderma denominado holotúria ou pepino-do-mar.

Entre os vegetais, há um mecanismo denominado epifitismo. As epifitas são vegetais autótrofos que são encontrados geralmente na copa de outros grandes vegetais, aproveitando as melhores condições de luminosidade aí existentes, sem prejuízo da espécie suporte. Exemplos de epifitismo são encontrados em orquídeas e bromélias, entre outras.

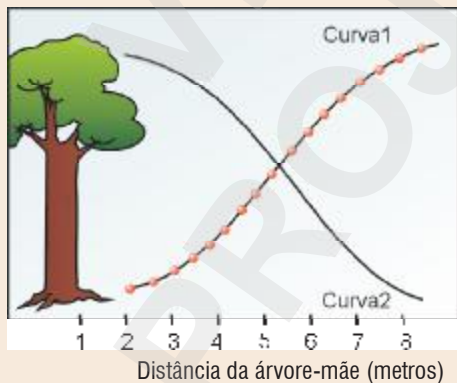
Foresia

É uma associação entre duas espécies em que uma delas utiliza a outra para lhe dar transporte. Ex.: Pássaros transportando sementes.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

As curvas da figura representam, uma, a relação existente entre a probabilidade de encontro de uma planta jovem em diferentes distâncias a partir da árvore-mãe e, outra, a probabilidade de sobrevivência dessas plantas jovens.



Considerando esta figura, responda:

- (A) Que curva deve representar a probabilidade de sobrevivência das plantas jovens em relação à distância da árvore-mãe? Cite duas relações interespecíficas que podem ser responsáveis pela tendência observada nessa curva.
- (B) Cite um exemplo de mutualismo entre a árvore-mãe e animais que podem contribuir para o estabelecimento de plantas jovens em pontos distantes dessa árvore.

SOLUÇÃO:

- (A) A curva 1 representa a probabilidade de sobrevivência. As relações que podem estar levando à eliminação das plantas jovens podem ser o predatismo ou o parasitismo.
- (B) A árvore produz frutos comestíveis aos animais que, por sua vez, dispersam a semente.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST) Uma semente deixada por um pássaro origina uma planta que se desenvolve em cima de uma árvore. Um investigador faz observações freqüentes acerca do desenvolvimento desta planta e da árvore que a suporta.

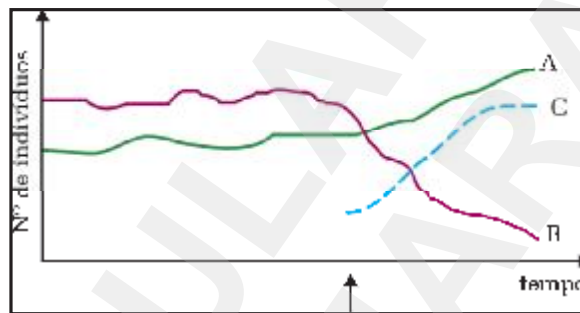
Após um longo período de coleta de dados, ele conclui que se trata de uma planta epífita e não de uma parasita.

- (A) Cite duas características que permitiriam ao investigador distinguir essa planta de uma parasita.
- (B) Qual a vantagem de uma planta epífita se desenvolver em cima de outra planta?

02. (UERJ) As plantas leguminosas apresentam freqüentemente nódulos nas suas raízes causadas por invasão de bactérias fixadoras de nitrogênio nas células vegetais.

Podemos afirmar, então, que se estabelece uma relação classificada como mutualismo entre a bactéria e a planta. Justifique esta afirmativa.

03. (UFRRJ) Em um determinado ambiente vivem duas espécies A e B que não se inter-relacionam. Neste mesmo ambiente foi introduzida uma espécie C, indicada pela seta, que se inter-relacionou com as outras duas. Os dados foram representados no gráfico a seguir.



Analisando o gráfico, que tipo de relação ecológica a espécie C manteve com A e com B? Justifique sua resposta.

04. (UNESP) Os vegetais apresentam, entre outros compostos orgânicos, a celulose, de alto valor energético (calórico). Ruminantes, que são essencialmente herbívoros, não apresentam enzimas para digerir este carboidrato.

- (A) De que forma os ruminantes conseguem o aproveitamento deste nutriente?
- (B) Cite um invertebrado que se utiliza do mesmo processo para se alimentar da celulose.

05. (UNICAMP) Leia com atenção o que Calvin está dizendo às formigas:



- (A) Justifique, do ponto de vista biológico, a afirmação de Calvin: “se elas estivessem me entendendo, nunca mais teremos problemas com as formigas.”
- (B) Cite dois outros grupos de insetos com modo de vida semelhante ao das formigas.



06. (UFRRJ)



Analisando a charge acima, podemos classificar a interação ecológica entre os dois seres vivos como um caso de:

- (A) mutualismo.
- (B) protocooperação.
- (C) parasitismo.
- (D) competição.
- (E) sociedade.

07. (UFRRJ) Leia as afirmativas a seguir, que contêm exemplos de interações entre os seres vivos.

- I. Os pardais são abundantes em Porto Alegre, porque encontram alimento e abrigo no ambiente construído pelo homem.
- II. Várias espécies de baleias foram caçadas pelo homem nas décadas passadas.
- III. Na água, a chamada “maré vermelha” pode causar a morte de milhares de peixes, como resultado da liberação de substâncias tóxicas pela proliferação excessiva de certas algas.

Podemos associá-las, respectivamente, aos tipos de interação denominados:

- (A) mutualismo, amensalismo e parasitismo;
- (B) comensalismo, predação e amensalismo;
- (C) amensalismo, predação e comensalismo;
- (D) competição, parasitismo e predação;
- (E) cooperação, comensalismo e parasitismo.

08. (UFF) Os itens enumerados a seguir são exemplos de diferentes relações entre os seres vivos.

- I. A caravela vive flutuando nas águas do mar. É formada por um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem fisicamente juntos, dividindo o trabalho. Uns são responsáveis pela flutuação, outros pela captura de alimentos, outros pela defesa.
- II. As orquídeas, para conseguirem luz, prendem-se com raízes ao tronco e aos ramos altos das árvores.
- III. O leão mata e devora o gnu rajado, para se alimentar.
- IV. O fungo fornece água e sais minerais retirados do meio para a alga; esta, por sua vez, fornece ao fungo as substâncias orgânicas que produz.

As relações descritas nestes itens são classificadas, respectivamente, como:

- (A) colônia / inquilinismo / predatismo / mutualismo;
- (B) comunidade / parasitismo / canibalismo / comensalismo;
- (C) mutualismo / parasitismo / predatismo / simbiose;
- (D) população / inquilinismo / canibalismo / mutualismo;
- (E) comunidade / inquilinismo / canibalismo / simbiose.

09. (UNIFESP) A raflesia é uma planta asiática que não possui clorofila e apresenta a maior flor conhecida, chegando a 1,5 metro de diâmetro. O caule e a raiz, no entanto, são muito pequenos e ficam ocultos no interior de outra planta em que a raflesia se instala, absorvendo a água e os nutrientes de que necessita. Quando suas flores se abrem, exalam um forte odor de carne em decomposição, que atrai muitas moscas em busca de alimento. As moscas, ao detectarem o engano, saem da flor, mas logo pousam em outra, transportando e depositando no estigma desta os grãos de pólen trazidos da primeira flor.

O texto descreve duas interações biológicas e um processo, que podem ser identificados, respectivamente, como:

- (A) inquilinismo, mutualismo e polinização;
- (B) inquilinismo, comensalismo e fecundação;
- (C) parasitismo, mutualismo e polinização;
- (D) parasitismo, comensalismo e fecundação;
- (E) parasitismo, comensalismo e polinização.



10. (UNIRIO) A seguir são citados exemplos de interações ecológicas que ocorrem na natureza.

Exemplo 1: os gafanhotos e o gado alimentam-se do capim de um mesmo pasto.

Exemplo 2: o eucalipto libera, de suas raízes, substâncias que impedem a germinação de sementes de outras espécies ao seu redor.

Exemplo 3: as anêmonas-do-mar são beneficiadas por sua associação com o caranguejo Pagurus, que, ao se deslocar, possibilita à anêmona uma melhor exploração do espaço, em busca do alimento; esta última possui células urticantes que afugentam os predadores beneficiando o Pagurus.

Exemplo 4: alguns protozoários que produzem celulase vivem no tubo digestivo de cupins, possibilitando a esses insetos a utilização da madeira que ingerem.

Analisados os quatro exemplos, podemos afirmar que dizem respeito, respectivamente, a:

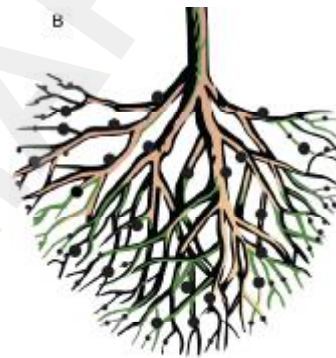
- (A) competição, amensalismo, protocooperação e mutualismo;
- (B) competição, amensalismo, mutualismo e protocooperação;
- (C) competição, comensalismo, protocooperação e mutualismo;
- (D) predatismo, amensalismo, protocooperação e mutualismo;
- (E) amensalismo, protocooperação, competição e mutualismo;



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. A figura A representa um bernardo-eremita (também conhecido como paguro-eremita) com uma anêmona instalada sobre a concha; e a figura B, uma raiz de feijão com inúmeros nódulos, dentro dos quais estão bactérias do gênero *Rhizobium*.



Responda:

- (A) Qual o tipo de interação estabelecida entre os organismos, em A e em B?
- (B) Qual a diferença fundamental entre elas?

02. (UNESP) Em certas regiões da Floresta Amazônica, o desmatamento era permitido desde que se mantivessem intactas as castanheiras-do-pará. Pessoas interessadas no terreno para diferentes finalidades desmataram boa parte de uma grande área, deixando intactas as castanheiras existentes no local. Verificou-se que, após o desmatamento, as castanheiras continuavam florescendo, mas não davam frutos.

- (A) Por que não se formavam frutos?
- (B) Justifique sua resposta.

03. (FEI) Líquens são resultantes da associação de certas espécies de fungos com determinadas algas. As algas produzem, por fotossíntese, a matéria orgânica que é utilizada pelo fungo. Este, por sua vez, auxilia a absorção da água e de nutrientes que as algas aproveitam. Esta associação permite que os líquens habitem locais onde nem algas nem fungos poderiam viver separadamente. Este tipo de associação é denominada:

- (A) amensalismo;
- (B) comensalismo;
- (C) predatismo;
- (D) inquilinismo;
- (E) mutualismo.



04. (UEL) Para responder à(s) questão(ões), considere o texto a seguir sobre um assunto que vem sendo debatido por ecologistas há algum tempo:

Há vantagem para a planta que é pastada?

“A maioria dos especialistas acha que o herbivorismo é nocivo à planta (...). Outros sustentam que o processo é benéfico às plantas que, por um mecanismo de supercompensação, adquiriram maior aptidão darwiniana, isto é, maior capacidade de se reproduzir.”

(José Reis. “Ato de pastar melhora a vegetação?”. Folha de S.Paulo. 30/5/99.)

De acordo com a opinião do segundo grupo de especialistas, mencionada no texto, a relação ecológica entre a planta pastada e os pastadores pode ser considerada um caso de:

- (A) competição;
- (B) parasitismo;
- (C) mutualismo;
- (D) protocooperação;
- (E) comensalismo.

05. (MACKENZIE) Certos fungos se desenvolvem nas raízes de certas plantas, formando uma associação denominada micorriza.

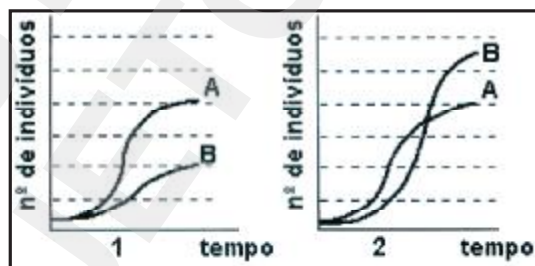
Sobre essa associação, é correto afirmar que é um tipo de:

- (A) parasitismo, pois o fungo prejudica a planta hospedeira;
- (B) comensalismo, pois o fungo é beneficiado e a planta não é prejudicada;
- (C) mutualismo, pois tanto o fungo quanto a planta são beneficiados;
- (D) epifitismo, pois o fungo só se desenvolve na raiz da planta para conseguir absorver melhor os nutrientes do solo;
- (E) predatismo, pois o fungo mata a planta ao sugar-lhe a seiva orgânica.

06. A sinfilia é um tipo da associação que pode ser exemplificada na relação existente entre:

- (A) algas e fungos;
- (B) formigas e pulgões de plantas;
- (C) tubarão e lampréias;
- (D) tubarão e peixe-piloto;
- (E) anêmona-do-mar e peixe-palhaço.

07. (FATEC) Analise os gráficos a seguir, em relação a duas espécies diferentes A e B.



O gráfico 1 representa as curvas de crescimento populacional das duas espécies separadas, enquanto o gráfico 2 representa o crescimento das duas espécies juntas. Assinale a alternativa que explica corretamente as consequências da reunião das duas espécies:

- (A) A espécie A se aproveitou da B, porém esta última lutou mais para sobreviver.
- (B) A espécie B se aproveitou da A, porém esta última, com dificuldades, conseguiu sobreviver.
- (C) As espécies A e B passaram a conviver harmonicamente, formando uma associação do tipo mutualismo.
- (D) As espécies A e B passaram a conviver harmonicamente, formando uma associação do tipo comensalismo.
- (E) As espécies A e B passaram a viver de maneira desarmônica, e B levou vantagem, aumentando sua população.



08. (PUC MG) Considere as seguintes associações entre seres vivos:

- I. Os cupins, apesar de se alimentarem de celulose da madeira, não conseguem digeri-la. Possuem protozoários no interior do seu intestino que fazem a digestão da celulose para eles. Os cupins, por sua vez, oferecem abrigo e alimento para estes protozoários.
- II. Os pólipos de corais hermatípicos abrigam nas suas células algas verdes denominadas de zooxantelas. As zooxantelas realizam fotossíntese, fornecendo matéria orgânica para os pólipos, que por sua vez oferecem carbono sob a forma de CO_2 e abrigo.
- III. As rêmoras se fixam, através de ventosas, na região ventral dos tubarões. Quando os tubarões atacam e dilaceram uma presa, os pedaços que se desprendem são ingeridos pelas rêmoras.

Com base nas descrições anteriores, assinale a alternativa a seguir que contém as relações ecológicas harmônicas mutualísticas:

- | | |
|-----------------------|------------------|
| (A) I, II e III. | (D) II, apenas. |
| (B) I e II, apenas. | (E) III, apenas. |
| (C) II e III, apenas. | |

CONTEXTUALIZANDO

“Em 1788 foi introduzido o gado bovino na Austrália. Os locais de criação começaram a se deteriorar rapidamente. Parte das pastagens tornou-se inutilizável devido ao acúmulo de fezes bovinas não decompostas rapidamente. As placas de esterco endureciam, permanecendo longo tempo no pasto, matando o capim embaixo delas. A causa da decomposição lenta era a ausência, no continente australiano, do escaravelho ‘Garreta nitens’.

Esses animais transformam as grandes placas de esterco do gado em pequenas bolas e as levam para buracos escavados no solo. Em seguida, as fêmeas depositam seus ovos nessas bolinhas de esterco, que servirão de alimento para as suas larvas.

Os criadores de gado australianos tiveram que importar escaravelhos para recuperar seus pastos sem causar maiores danos ao meio ambiente.”

(Adaptado do livro *Biologia 3*, de Amabis e Martho.)

Com base na análise desse texto, assinale a alternativa correta:

- (A) A relação do escaravelho com o gado bovino é de inquilinismo, pois suas larvas desenvolvem-se no esterco deles.
- (B) Os escaravelhos, em relação ao capim, são decompositores, pois suas larvas se alimentam de esterco.
- (C) A interferência humana em comunidades equilibradas pode colocar em risco a intrincada trama de relações entre as várias espécies que ocupam o mesmo ecossistema há milhares de anos.
- (D) A relação do gado bovino com as pastagens australianas é de predatismo, pois as destruiu violentamente.
- (E) O solo australiano mudou seu pH com o esterco bovino, e por isso o capim se decompôs.

Relações Desarmônicas

PREDATISMO

É a relação em que uma espécie predadora se alimenta dos indivíduos de uma espécie-presa, envolvendo, obrigatoriamente, a morte desta última.

Esta é a relação básica que permite o fluxo de energia dentro do ecossistema. Embora seja prejudicial à vítima, é benéfica e fundamental para a sua espécie, pois os predadores realizam uma seleção: eliminam os mais fracos e doentes e exercem um controle sobre a população, evitando o crescimento excessivo.

A destruição dos predadores naturais ou a introdução de uma espécie num hábitat que não possua o seu respectivo predador pode provocar graves desequilíbrios ecológicos.

PARASITISMO

Tipo de associação em que um indivíduo vive à custa de outro, causando-lhe danos (doença).

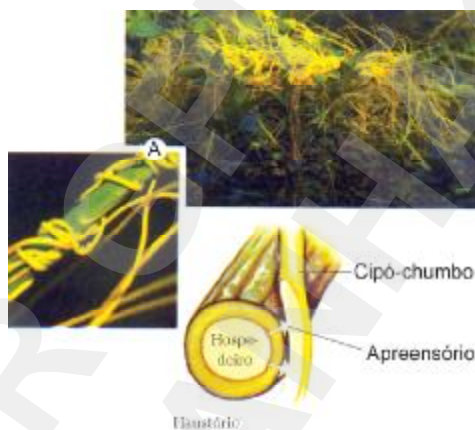
Classificação dos Parasitas	Características básicas	Exemplos
Onogenéticos ou Homoxeno	Completam o ciclo evolutivo no interior de um único hospedeiro.	Lombriga (<i>Ascaris lumbricoides</i>)
Digenéticos ou Heteroxeno	Completam o ciclo evolutivo no interior de dois ou mais hospedeiros.	Tripanossomo (<i>Trypanosoma Cruzi</i>)
Ectoparasitas	Alojam-se externamente no hospedeiro.	Piolhos, Pernilongos
Endoparasitas	Alojam-se internamente no hospedeiro.	Bactérias (Tuberculose, sífilis etc.), Vírus (Poliomielite, hidrofia etc.)

Nos vegetais, podemos considerar ainda os casos de holoparasitismo e hemiparasitismo:

Holoparasitas

Plantas aclorofiladas que retiram de outra, hospedeira, o alimento orgânico (seiva elaborada) necessário à sua sobrevivência. Apresentam raízes sugadoras, ou haustórios, que penetram pelo caule do hospedeiro até os vasos liberianos, quando, então, promovem a sua perfuração e sugam a seiva presente no seu interior.

Ex.: cipó-chumbo.



(Fotografia de uma planta de hibisco coberta pelo cipó-chumbo.)

O cipó-chumbo possui projeções (apreensórios com que adere ao hospedeiro). Destes, salientam-se prolongamentos (haustórios) que atingem os vasos condutores de seiva.

Hemiparasitas

Plantas que retiram seiva mineral (bruta) de vasos lenhosos (xilema) de outra planta. São hemiparasitas, pois realizam a fotossíntese.

Ex.: erva-de-passarinho.

Obs.: Ao contrário do que muitos pensam, as orquídeas são plantas epífitas (*epi* = sobre; *phyton* = planta), pois vivem fixadas a outras, mas não são parasitas. Há autores que consideram estes casos como exemplos de comensalismo ou de inquilinismo.

Esclavagismo

É a associação entre indivíduos de espécies diferentes, em que há exploração sistemática do trabalho de uma espécie por organismos de outra espécie. Para alguns autores, trata-se de um "comensalismo desarmônico".

Um exemplo clássico é o de algumas formigas, que capturam sistematicamente ovos, larvas e pupas (formas jovens, imóveis ou indefesas) de outras espécies de formigas. Quando essas formas jovens se tornam adultas, passam a trabalhar como escravas para a espécie raptora, com função de obreiras auxiliares.

ANTIBIOSE

É a associação entre indivíduos de espécies diferentes em que uma produz substâncias tóxicas ou repugnantes que vão matar ou afastar os indivíduos da outra espécie. Há autores que consideram a antibiose como o oposto do comensalismo.

O exemplo clássico é o de diversos fungos que produzem substâncias (antibióticos) que matam ou afastam bactérias. O homem vale-se desse fato para usar essas substâncias no combate a bactérias patogênicas.



O fenômeno da “maré-vermelha” é causado por determinados gêneros de algas marinhas do plâncton que eliminam substâncias tóxicas capazes de acarretar a morte de toda a fauna em uma grande extensão.

A competição atua regulando a densidade populacional, eliminando indivíduos com baixo poder adaptativo e evitando a superpopulação das espécies.

COMPETIÇÃO

É a interação ecológica em que indivíduo da mesma espécie (competição intra-específica) ou de espécie diferente (competição interespecífica) disputa alimento, território ou outro recurso do meio.

RESUMO

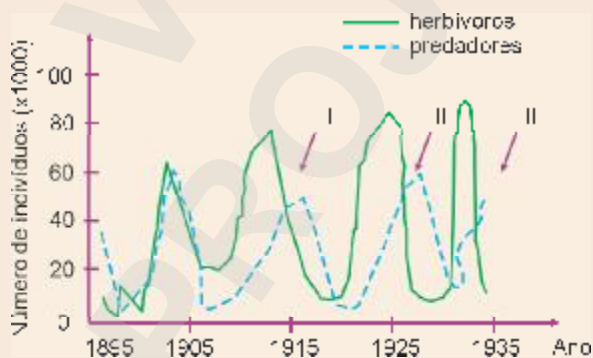
O quadro a seguir resume as diversas relações estudadas. O sinal “+” indica benefício; “-”, prejuízo; e “0”, nenhum efeito.

PRINCIPAIS RELAÇÕES

Relações Harmônicas (um ou ambos lucram; não há prejuízo)	Intra-específicas (entre seres da mesma espécie)	Sociedade – grupo de indivíduos que cooperam entre si (+/+). Ex.: Insetos sociais.
		Colônia – união anatômica de indivíduos (+/+). Ex.: corais, caravela.
	Interespecíficas (entre seres de espécies diferentes)	Mutualismo – troca mútua de benefícios. As espécies não sobrevivem isoladas (+/+). Ex.: cupim / protozoários, algas / fungos (líquen), <i>Rhizobium</i> / leguminosa.
		Protocooperação – troca mútua de benefício em que as espécies sobrevivem isoladas (+/+). Ex.: paguro / anêmona, pássaro-palito / crocodilo.
Relações Desarmônicas (há prejuízo)	Intra-específicas	Comensalismo – associação com benefício de um indivíduo, sem prejuízo ou benefício do outro (+/0). Ex.: rêmora / tubarão, peixe fierásfer / pepino-do-mar (inquilinismo), orquídea / árvore (epitífismo).
		Canibalismo – relação na qual um animal mata ou devora outro da mesma espécie (+/-). Ex.: aranha, louva-a-deus.
	Interespecíficas	Competição – concorrência por alimento, espaço etc. entre seres da mesma espécie (-/-). Fator importante na evolução.
		Competição – duas espécies disputam nichos semelhantes levando uma delas a emigrar ou à extinção (-/-).
		Predatismo – relação na qual um animal mata outro para se alimentar (+/-). Ex.: carnívoro (predador) / herbívoro (presa).
		Amensalismo – uma espécie é prejudicada e a outra não é afetada (0/-). Ex.: maré-vermelha.
		Parasitismo – instalação de um ser no outro, prejudicando-o, mas sem matá-lo rapidamente (+/-). Ex.: vermes / mamíferos, cipó-chumbo / árvores, vírus / homem.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

O gráfico a seguir representa o crescimento de uma população de herbívoros e da população de seus predadores:



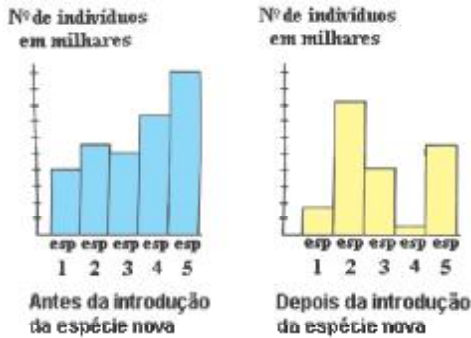
- (A) Pela análise do gráfico, como se explica o elevado número de predadores nos pontos I, II e III? Justifique sua resposta.
- (B) Se, a partir de 1935, os predadores tivessem sido retirados da região, o que se esperaria que acontecesse com a população de herbívoros? Justifique sua resposta.

SOLUÇÃO:

- (A) O crescimento da população de predadores, indicado no gráfico por I, II e III, está diretamente relacionado com o aumento anterior do número de presas.
- (B) A população de herbívoros aumentaria inicialmente. Após determinado tempo, entraria em declínio devido à falta de alimento disponível.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (CESGRANRIO) Observe os gráficos a seguir, que representam o tamanho de diferentes populações de um mesmo ecossistema, antes e depois da introdução de uma nova espécie:



A análise desses gráficos permite afirmar que esta nova espécie:

- (A) manteve comensalismo com a espécie 1;
- (B) realizou predatismo na espécie 2;
- (C) serviu de alimento para a espécie 3;
- (D) ocupou o mesmo nicho da espécie 4;
- (E) entrou em mutualismo com a espécie 5.

02. (ENEM) No início deste século, com a finalidade de possibilitar o crescimento da população de veados no planalto de Kaibab, no Arizona (EUA), moveu-se uma caçada impiedosa aos seus predadores – pumas, coiotes e lobos. No gráfico a seguir, a linha cheia indica o crescimento real da população de veados, no período de 1905 a 1940; a linha pontilhada indica a expectativa quanto ao crescimento da população de veados, nesse mesmo período, caso o homem não tivesse interferido em Kaibab.



Extraído de Amabis & Martho, Fundamentos da Biologia Moderna, pág. 42.

Para explicar o fenômeno que ocorreu com a população de veados após a interferência do homem, um estudante elaborou as seguintes hipóteses e/ou conclusões:

- I. Lobos, pumas e coiotes não eram, certamente, os únicos e mais vorazes predadores dos veados; quando estes predadores, até então despercebidos, foram favorecidos pela eliminação de seus competidores, aumentaram numericamente e quase dizimaram a população de veados.
- II. A falta de alimentos representou para os veados um mal menor que a predação.

- III. Ainda que a atuação dos predadores pudesse representar a morte para muitos veados, a predação demonstrou-se um fator positivo para o equilíbrio dinâmico e sobrevivência da população como um todo.
- IV. A morte dos predadores acabou por permitir um crescimento exagerado da população de veados; isto levou à degradação excessiva das pastagens, tanto pelo consumo excessivo como pelo seu pisoteamento.

O estudante acertou se indicou as alternativas:

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

03. (ENEM) Um produtor de larvas aquáticas para alimentação de peixes ornamentais usou veneno para combater parasitas, mas suspendeu o uso do produto quando os custos se revelaram antieconômicos.

O gráfico registra a evolução das populações de larvas e parasitas.



O aspecto biológico, ressaltado a partir da leitura do gráfico, que pode ser considerado o melhor argumento para que o produtor não retome o uso do veneno é:

- (A) A densidade populacional das larvas e dos parasitas não é afetada pelo uso do veneno.
- (B) A população de larvas não consegue se estabilizar durante o uso do veneno.
- (C) As populações mudam o tipo de interação estabelecida ao longo do tempo.
- (D) As populações associadas mantêm um comportamento estável durante todo o período.
- (E) Os efeitos das interações negativas diminuem ao longo do tempo, estabilizando as populações.

04. (PUC SP) Em certas áreas do nordeste brasileiro é cultivado um tipo de cacto que produz frutos conhecidos por figos-da-índia. Além de essa planta servir de alimento para o gado, seus frutos são consumidos pelo homem.

Durante muito tempo esse cacto foi bastante atacado por cochonilhas, pequenos insetos que proliferam rapidamente nas áreas de plantio.



Para controlar a população de cochonilhas, pesquisadores introduziram, nas áreas em questão, populações de pequenos coleópteros, as joaninhas.

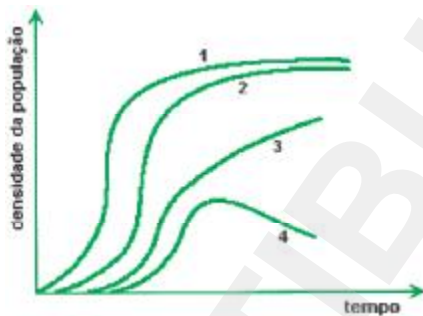
Esse procedimento levou a uma diminuição drástica nas populações de cochonilhas, garantindo uma plantação sadia, sem provocar danos à saúde do gado e do homem.

Com relação ao papel dos organismos citados no texto, pode-se afirmar:

- (A) A joaninha e a cochonilha são consumidores secundários.
- (B) O cacto serve de alimento para a cochonilha e para a joaninha.
- (C) A cochonilha é predada pela joaninha.
- (D) O homem e o gado são consumidores secundários.
- (E) A joaninha e o gado ocupam o mesmo nível trófico.

05. (UERJ) Bactérias de duas espécies foram cultivadas separadamente e em conjunto, nas mesmas condições experimentais e com suprimento constante do mesmo tipo de alimento.

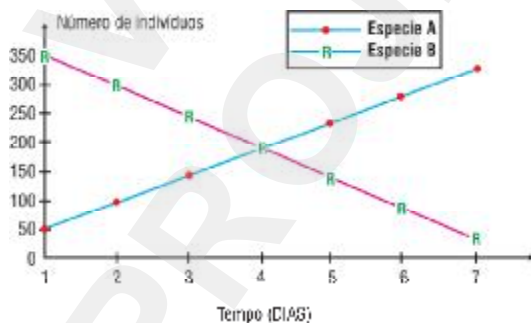
No gráfico a seguir, as curvas mostram a variação da densidade populacional das bactérias estudadas em função do tempo de cultivo. As curvas 1 e 2 representam os resultados encontrados para as duas espécies quando cultivadas separadamente e as curvas 3 e 4, quando cultivadas em conjunto.



A relação ecológica estabelecida entre as bactérias que melhor explica os resultados encontrados é classificada como:

- (A) predação;
- (B) parasitismo;
- (C) competição;
- (D) comensalismo.

06 (UF LAVRAS) O gráfico a seguir indica o crescimento de duas populações de espécies diferentes de animais, mantidas juntas em condições de laboratório.



Pelos dados do gráfico, a única alternativa incorreta é:

- (A) O crescimento da população da espécie A foi inversamente proporcional ao da espécie B.
- (B) As populações das espécies A e B tinham o mesmo tamanho no quarto dia.
- (C) Durante o experimento, a população da espécie B teve um tamanho máximo menor que o da população da espécie A.
- (D) No segundo dia, a população da espécie A era três vezes menor do que a população da espécie B.
- (E) No sétimo dia, as populações das espécies A e B, somadas, eram de 400 indivíduos.

07. (UFRN)

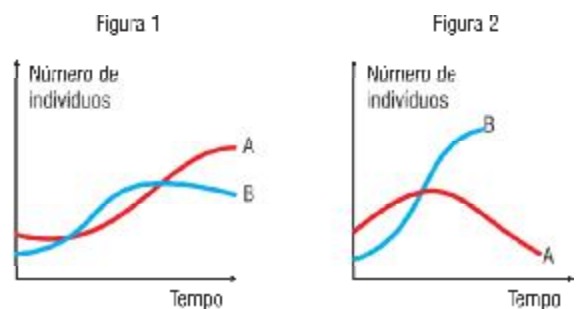


Diante do efeito produzido pelo bafo de naftalina da barata, a aranha passou a não mais atacar baratas com esse cheiro.

Uma reação análoga à da aranha observa-se quando um:

- (A) bem-te-vi evita caçar "lagartas-de-fogo";
- (B) gavião evita capturar uma falsa cobra-coral;
- (C) bicho-pau fica imóvel no ramo de uma planta;
- (D) polvo lança pigmento escuro na água.

08. (UFSCAR) As figuras 1 e 2 mostram curvas de crescimento de duas espécies de protozoários, A e B. Em 1, as espécies foram cultivadas em tubos de ensaio distintos e, em 2, elas foram cultivadas juntas, em um mesmo tubo de ensaio.



Considerando que as condições do meio foram as mesmas em todos os casos, a explicação mais plausível para os resultados mostrados é:

- (A) A espécie A é predadora de B.
- (B) A espécie B é predadora de A.
- (C) A espécie A é comensal de B.
- (D) A espécie B é comensal de A.
- (E) As espécies A e B apresentam mutualismo.

09. (UFMS) No combate às larvas dos mosquitos 'Aedes' (transmissores da dengue e febre amarela) foi utilizado, com eficiência, um microcrustáceo larvófago (Classe Copepoda). A utilização desse animal em experimentos controlados de campo e laboratório foi bem-sucedida no interior do estado de São Paulo. O método citado, não-tóxico, pode substituir o tradicional uso de DDT ou outros inseticidas para matar os mosquitos.

A ação do microcrustáceo em relação às larvas dos mosquitos é um exemplo de:

- (A) amensalismo;
- (B) comensalismo;
- (C) predação;
- (D) mutualismo;
- (E) competição.

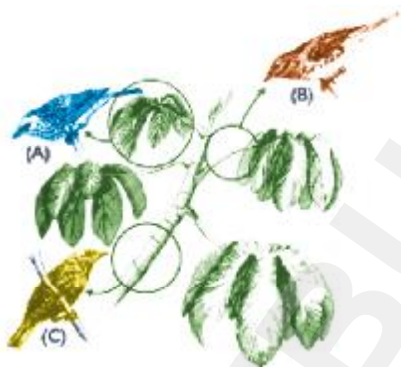
10. (PUC-SP) Um vegetal conhecido como "cipó-chumbo" tem aspecto filamentosos e produz flores e frutos. Suas raízes são do tipo haustório e penetram até o floema da planta sobre a qual vive.

O "cipó-chumbo" é uma:

- (A) angiosperma epífita, cujas raízes lhe dão suporte, não causando nenhum prejuízo à outra planta;
- (B) angiosperma hemiparasita, pois retira a seiva bruta da planta sobre a qual vive;
- (C) gimnosperma parasita, que retira a seiva elaborada da outra planta;
- (D) gimnosperma hemiparasita, que retira a seiva bruta da planta hospedeira;
- (E) angiosperma parasita, que retira a seiva elaborada da outra planta.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UERJ) Os três pássaros abaixo, identificados pelas letras A, B e C, coexistem na mesma floresta. Cada um deles se alimenta de insetos que vivem em locais diferentes da mesma árvore, indicados pelos círculos.



(COX, C. Barry e MOORE, Peter D. "Biogeography". London: Blackwell Science, 1993.)

- (A) Indique o tipo de relação ecológica existente entre esses pássaros e os insetos.
- (B) Explique o fato de não existir competição direta entre os pássaros.

02. (UFC) Na pastagem existe uma cadeia alimentar na qual o boi alimenta-se de capim, tem seu sangue sugado pelo carrapato que se aloja na superfície de seu corpo e que, por sua vez, serve de alimento a certas aves que pousam sobre os bois. Cite as interações populacionais entre o boi e o capim, entre o boi e o carrapato, entre o carrapato e as aves e entre as aves e o boi.

03. (FUVEST) Na opinião de alguns ecologistas, os animais herbívoros que comem sementes devem ser considerados predadores e os que comem folhas devem ser considerados parasitas. Justifique essa classificação.

04 (FUVEST)

- (A) Apesar de o predatismo ser descrito como uma interação positiva para o predador e negativa para a presa, pode-se afirmar que os predadores têm um efeito positivo sobre a população de presas. Explique como uma população de presas pode ser beneficiada por seus predadores.

(B) Alguns ecologistas consideram os herbívoros comedores de sementes como predadores das populações de plantas que lhes fornecem alimento. Já os herbívoros que se alimentam apenas de folhas são considerados parasitas das plantas que comem. Justifique essas classificações.

05. (UFRJ) As principais interações bióticas (relações ecológicas) entre indivíduos das diferentes espécies que compõem um ecossistema são: predação, mutualismo, competição e comensalismo.

Nessas interações, cada indivíduo pode receber benefícios (+), prejuízos (-) ou nenhum dos dois (0).

No quadro a seguir, as interações entre pares de espécies estão identificadas pelas letras A, B, C e D.

	1ª Espécie	2ª Espécie
A	+	+
B	+	-
C	+	0
D	-	-

Identifique as interações A, B, C e D.

06. (UNICAMP) Muitas espécies são introduzidas em um ambiente sem que haja uma avaliação dos riscos associados a essa prática. Isso tem acontecido em larga escala com peixes pelo mundo todo. A truta arco-íris já foi introduzida em 82 países, uma espécie de tilápia, em 66 países, e a carpa comum, em 59 países.

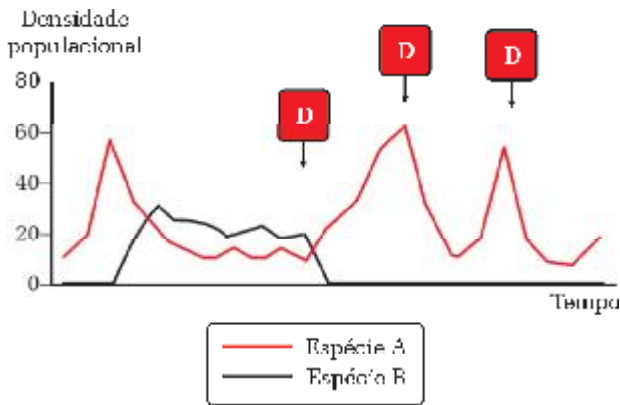
(Ciência Hoje, 21, (124): 36-44, 1996)

- (A) Cite duas possíveis conseqüências da introdução de peixes exóticos em rios e lagoas.
- (B) Caracterize os peixes quanto à anatomia do coração, quanto ao tipo de sistema respiratório e quanto ao tipo de sistema circulatório.

07. (UNICAMP) A espécie A é um ácaro comum em plantações de morango na Califórnia que causa danos quando atinge a densidade de 20 indivíduos por lote de morango. Pesquisadores observaram que, nos lotes de morango em que ocorria a espécie A, ocorria também outra espécie de ácaro (espécie B). Visando a compreender a interação entre essas espécies, realizou-se um experimento em laboratório, no qual se



introduziu a espécie B em uma criação da espécie A. Após algum tempo, os pesquisadores aplicaram um defensivo agrícola (D) na criação. Os resultados obtidos estão mostrados no gráfico a seguir.

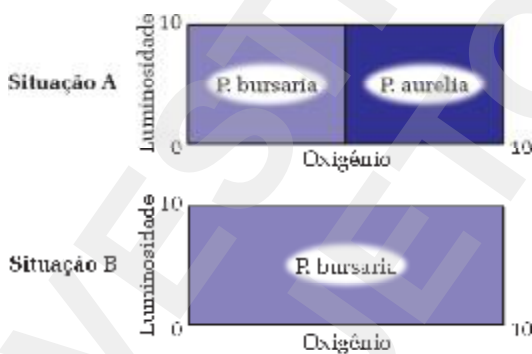


- (A) Tendo em vista os resultados obtidos, explique qual é a interação entre as duas espécies na natureza.
- (B) A que se deve o aumento da densidade populacional da espécie A após a primeira aplicação do defensivo agrícola?
- (C) Como esses resultados podem ser úteis à agricultura?

08. (UNIRIO) Em um aquário, foram colocadas duas espécies de protozoários: o 'Paramecium bursaria' e o 'Paramecium aurélia'.

Nesse aquário foram criados dois gradientes, um de luminosidade e outro de oxigênio. Depois de alguns dias, a distribuição dos protozoários se estabilizou, conforme é mostrado na figura (situação A).

Em dois outros aquários, foram criados os mesmos gradientes de luminosidade e oxigênio e, em cada um deles, foi colocada uma só espécie. A espécie 'P. aurélia', após alguns dias, estabilizou, ocupando todo o aquário (situação C).



Pela observação da figura, explique os conceitos de nicho potencial ou pré-interativo e nicho realizado ou pós-interativo.

09. (UNESP) Em determinada região, o pardal foi introduzido para controlar o aumento populacional de um tipo de lagarta. Ele efetuou tal controle com eficiência, mas, com o tempo, o próprio pardal tornou-se uma praga.

- (A) Que nome se dá à técnica empregada no exemplo anterior?
- (B) Por que o pardal tornou-se praga?

10. (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 "invasoras" pelo cipó-chumbo e pela erva-de-passarinho, respectivamente? Justifique sua resposta.

CONTEXTUALIZANDO

Em florestas temperadas de coníferas, a serrapilheira (detritos vegetais particulados no chão) constitui 20% do total da biomassa vegetal, enquanto nas florestas tropicais úmidas constitui somente 1 a 2%. Há poucos nutrientes no solo das florestas tropicais úmidas em comparação com as florestas temperadas. Diz-se, freqüentemente, que as queimadas e o desmatamento nas florestas tropicais úmidas levarão ao empobrecimento total do solo, fazendo com que, em pouco tempo, as áreas assim desmatadas não sirvam nem para pastagem.

- (A) Como se explica o fato de haver poucos nutrientes no solo das florestas tropicais úmidas em contraste com a exuberância dessas florestas?
- (B) Explique por que o desmatamento e as queimadas poderão provocar o empobrecimento total do solo dessas áreas.

Fatores de Desequilíbrio Ecológico

Detritos orgânicos ou inorgânicos são considerados poluentes quando, ao serem introduzidos em um determinado ambiente, provocam as alterações abaixo citadas, ou porque são aí colocados em ambiente que não se encontra adaptado à presença deles.

ALGUNS FATORES DE DESEQUILÍBRIO

Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono é gás inodoro e incolor, que normalmente constitui o principal poluente encontrado na atmosfera. É produzido sempre que ocorre a queima de algum combustível portador de carbono. Uma vez inspirado, o CO passa dos alvéolos pulmonares para o sangue, penetrando nas hemácias e estabelecendo com a hemoglobina uma ligação tão estável (carboxiemoglobina), que essa importante molécula torna-se completamente inutilizada para o transporte de oxigênio, pois o O₂ não consegue “deslocar” o CO que se acha ligado à hemoglobina.

Eutrofização

O lançamento de uma quantidade excessiva de substâncias orgânicas na água, mesmo as biodegradáveis, pode causar um grave desequilíbrio ecológico. Esse fenômeno, conhecido por eutrofização (*eu* = bem; *trofo* = nutrição), pode ser explicado do seguinte modo: a grande quantidade de matéria orgânica presente nos restos de alimentos, esgotos ou produtos industriais, quando despejada em rios ou lagos, favorece a proliferação de microrganismos decompositores. Com o aumento desses microrganismos, o consumo de oxigênio da água também cresce. Assim, a quantidade de oxigênio dissolvido na água diminui, podendo provocar a morte de peixes e de outros animais que necessitam de uma taxa mínima desse gás para sobreviver.

Inversão térmica

Normalmente, a luz solar é absorvida pela superfície terrestre e irradiada na forma de raios infravermelhos (calor), que provocam o aquecimento do ar superficial. O ar atmosférico das camadas superiores é, porém, mais frio e, portanto, mais denso que o ar das camadas inferiores (superficiais). Então, em condições normais, o ar frio (das camadas superiores) desce, enquanto o ar quente (das camadas inferiores) sobe, acarretando um contínuo fluxo de ar entre as altas e as baixas camadas da atmosfera. Entretanto, principalmente no inverno, pode ocorrer um fenômeno natural chamado inversão térmica. Nessas condições, o solo esfria ou o ar inferior, mais frio, não sobe, interrompendo-se o fluxo de ar nas altas e nas baixas camadas da atmosfera. Esse fenômeno, aliado à ausência de ventos, agrava fortemente a poluição nos grandes centros, uma vez que os poluentes ficam retidos e concentrados no ar inferior. Surge, então, o *smog* (palavra inglesa formada pela contração de *smoke* = fumaça; *fog* = névoa), uma névoa portadora de poluentes diversos. Muitas vezes, e principalmente pela alta concentração de SO₂, o *smog* tem provocado a morte de centenas de pessoas, geralmente idosas, com afecções pulmonares e cardíacas.

A camada de ozônio

A camada de ozônio, situada a 30 ou 40 quilômetros de altura, com cerca de 2 a 4 milímetros de espessura, atua como um verdadeiro escudo de proteção, filtrando o excesso de raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Gases nitrogenados liberados por aviões e automóveis, assim como o CFC (clorofluorcarbono, conhecido como freon, composto volátil usado como propelente em aerossóis e também em circuitos de refrigeração em aparelhos de ar condicionado e geladeiras, e em embalagens para ovos e sanduíches), têm efeito destrutivo sobre a camada de ozônio.

Atualmente, supõe-se que o metano – um dos gases normalmente liberados durante a decomposição da matéria orgânica – seja um dos principais responsáveis pela destruição dessa camada protetora.

Em 1985, cientistas ingleses detectaram um imenso buraco na camada de ozônio, do tamanho da América do Norte.

O preço dessa destruição é o aumento da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre, fato que provocaria um aumento na taxa de mutações nos seres vivos, acarretando, por exemplo, uma maior incidência de câncer de pele.

Além disso, é muito provável a ocorrência de distúrbios no processo de formação das proteínas vegetais, com o comprometimento do crescimento das plantas e a redução das safras agrícolas. O plâncton marinho, principalmente aquele situado até 1 metro de profundidade, seria muito atingido, afetando, em consequência, as cadeias alimentares marinhas e a produção de O₂ através da fotossíntese. Admite-se, ainda, que o clima da Terra sofreria modificações, com a superfície do planeta tornando-se mais quente.

Magnificação trófica

Os defensivos agrícolas, especialmente os inseticidas à base de DDT, pulverizados nas lavouras, são arrastados pelas chuvas até os rios, mares, chegando a matar peixes, crustáceos, moluscos etc. No entanto, quando doses não-letais são acumuladas nesses organismos, eles podem chegar até o homem na forma de alimento contaminado.

Os mares podem sofrer, ainda, a contaminação pelo petróleo e seus derivados. Os navios petroleiros são os grandes responsáveis por esse tipo de poluição, pois os reservatórios de petróleo são lavados com água do mar. Além disso, ocorrem acidentes com poços de extração submarina e vazamentos de petróleo.

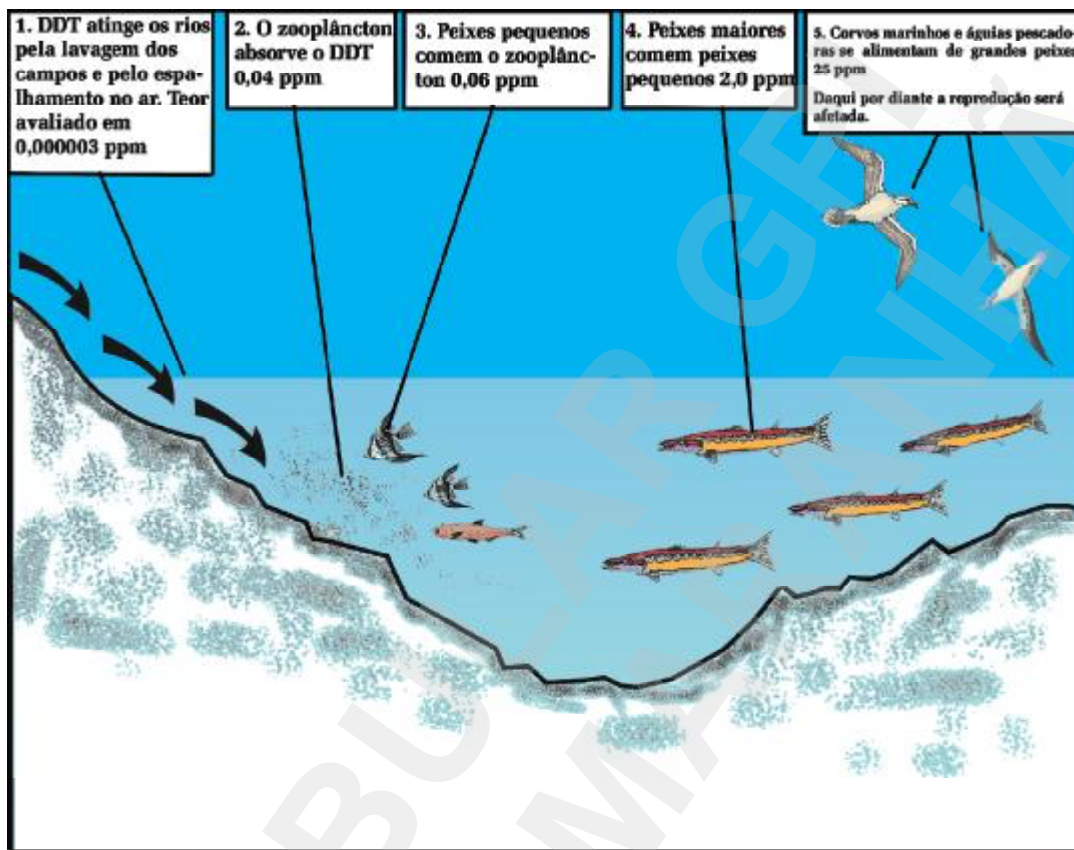
O petróleo derramado no mar pode aderir à plumagem das aves marinhas, impedindo o voo e matando-as por afogamento. Por formar uma camada impermeável na superfície do mar, também destrói o plâncton, com sérias consequências para todos os seres marinhos que dele dependem.

Quando as doses de poluentes não são letais para os organismos marinhos, estes poderão ser ingeridos pelo homem, que sofrerá efeitos das substâncias neles acumuladas.

Magnificação trófica é o aumento do teor de substâncias não-biodegradáveis nos tecidos dos seres vivos ao longo da cadeia alimentar, já que as perdas pela respiração, excreção e outras são pequenas em relação à quantidade efetivamente transferida. É desta forma que o teor de DDT aumenta cerca de 10 milhões de vezes nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar (ppm = partes por milhão).



O DDT (diclorodifeniltricloreto) é um inseticida sintético que atua sobre o sistema nervoso dos insetos, causando-lhes a morte. Por ser composto muito estável, permanece no ambiente por longo tempo sem se decompor, entrando nas cadeias alimentares e se acumulando nos organismos animais, com sérios prejuízos para eles. O BHC (benzeno-hexacloreno) tem efeito similar ao DDT, e é mais potente do que ele.



O EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL

O gás carbônico – juntamente com o metano (um gás produzido nos arrozais, na queima de matéria orgânica, na fermentação em pântanos e no aparelho digestivo do cupim e dos mamíferos herbívoros), com o vapor de água e outros gases – forma uma barreira na atmosfera que deixa passar a luz do Sol, mas retém o calor irradiado pela superfície terrestre. Fato semelhante ocorre numa estufa de vidro onde se cultivam plantas. O vidro deixa passar a luz, que é absorvida pelo solo e refletida na forma de calor. Portanto, as ondas de calor não atravessam bem o vidro e são refletidas, aquecendo a estufa. Por essa razão, o efeito de aquecimento do planeta é chamado de **efeito estufa**.

Embora o clima seja influenciado por muitos fatores diferentes, a maioria dos cientistas acha que o aumento do gás carbônico é um fator importante para esse fenômeno. Por isso, o termo **efeito estufa** passou a ser usado popularmente como sinônimo do aquecimento global do planeta provocado pela emissão de gás carbônico e, em menor grau, pelo lançamento dos **clorofluorcarbonos** (gases usados em aerossóis e refrigeradores) e do metano, entre outros gases produzidos ou não pelo homem.

Alguns cálculos apontam um aumento entre 0,12 e 0,26°C a cada dez anos na temperatura média do planeta. Esse aumento pode provocar a subida no nível dos mares. Isso acontece devido à expansão térmica da água (a água quente ocupa mais volume do que a água fria) e também devido ao degelo de parte das calotas polares. Segundo o cálculo de alguns

cientistas, até 2100 a temperatura média poderá subir 4,0°C, enquanto o nível do mar poderá subir cerca de meio metro. Se isso realmente ocorrer, haverá inundação de regiões costeiras e a submersão de muitas ilhas do Pacífico e do Caribe.

As conseqüências seriam graves nas regiões costeiras; as colheitas e o suprimento de água potável seriam destruídos e milhões de pessoas ficariam desabrigadas.

O aquecimento do planeta também poderá interferir nos caminhos das correntes de ar e de água, provocando uma alteração no regime das chuvas e no clima de várias regiões diferentes, prejudicando, assim, a agricultura. Outro fator negativo será a proliferação de insetos (que se reproduzem melhor em climas mais quentes) transmissores de doenças e que atacam plantações.

A CHUVA ÁCIDA

Ao condensar-se para formar as nuvens, e depois as chuvas, o vapor de água dissolve várias substâncias e gases presentes na atmosfera, fazendo uma autêntica lavagem no ar. A chuva carrega as substâncias lavadas da atmosfera e chega ao solo ligeiramente ácida, com valores de pH de até 5,7. Mas o aumento de poluentes atmosféricos tem tornado a água da chuva cada vez mais ácida, trazendo imensos prejuízos para a fauna e a flora.

São várias as substâncias responsáveis pela acidez da chuva. A principal é o ácido sulfúrico, mas também podem ser encontrados ácidos

nítrico, nitroso e clorídrico. A primeira etapa da produção de ácido sulfúrico é acelerada pela presença de luz forte e NO_2 , que agem como catalisadores das reações químicas. A chuva ácida é assim classificada quando possui pH inferior a 4,0. Ela pode afetar indiretamente a saúde humana, tornando insalubre a água dos reservatórios. Essa água pode dissolver o cobre dos encanamentos, provocando diarreias em crianças. No sul da Noruega constatou-se que uma maior incidência de chuva ácida era responsável pela presença de altos níveis de alumínio na água potável. Isso parece estar ligado com uma incidência crescente do **mal de Alzheimer**, doença degenerativa do sistema nervoso causadora de demência e paralisia.

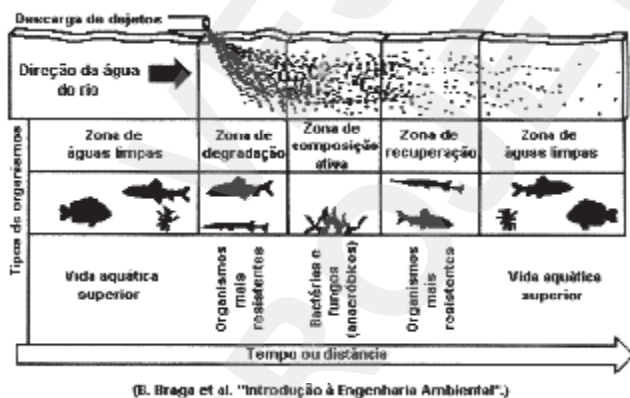
A chuva ácida transfere sua acidez ao solo, dificultando a absorção de nutrientes pela raiz, com conseqüente diminuição no crescimento, perda de folhas ou até mesmo morte das plantas. Mas os organismos mais sensíveis à chuva ácida são os peixes e demais animais aquáticos. Uma pequena redução no pH da água onde vivem é suficiente para causar inúmeras mortes e alterações profundas nos ecossistemas aquáticos. Foi o que aconteceu em 1987, no Canadá, que sofreu redução na produção pesqueira, conseqüência da contaminação em nada menos que 14 mil lagoas!

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (ENEM) Segundo a legislação brasileira, o limite máximo permitido para as concentrações de mercúrio total é de 500 nanogramas por grama de peso úmido. Ainda levando em conta os dados fornecidos e o tipo de circulação do mercúrio ao longo da cadeia alimentar, pode-se considerar que a ingestão, pelo ser humano, de corvinas capturadas nessas regiões:

- (A) não compromete a sua saúde, uma vez que a concentração de mercúrio é sempre menor que o limite máximo permitido pela legislação brasileira;
- (B) não compromete a sua saúde, uma vez que a concentração de poluentes diminui a cada novo consumidor que se acrescenta à cadeia alimentar;
- (C) não compromete a sua saúde, pois a concentração de poluentes aumenta a cada novo consumidor que se acrescentar à cadeia alimentar;
- (D) deve ser evitada, apenas quando entre as corvinas e eles se interponham outros consumidores, como, por exemplo, peixes de maior porte;
- (E) deve ser evitada sempre, pois a concentração de mercúrio das corvinas ingeridas se soma à já armazenada no organismo humano.

02. (ENEM) Um rio que é localmente degradado por dejetos orgânicos nele lançados pode passar por um processo de autodepuração. No entanto, a recuperação depende, entre outros fatores, da carga de dejetos recebida, da extensão e do volume do rio. Nesse processo, a distribuição das populações de organismos consumidores e decompositores varia, conforme mostra o esquema:



Com base nas informações fornecidas pelo esquema, são feitas as seguintes considerações sobre o processo de depuração do rio:

- I. A vida aquática superior pode voltar a existir a partir de uma certa distância do ponto de lançamento dos dejetos.
- II. Os organismos decompositores são os que sobrevivem onde a oferta de oxigênio é baixa ou inexistente e a matéria orgânica é abundante.
- III. As comunidades biológicas, apesar da poluição, não se alteram ao longo do processo de recuperação.

Está correto o que se afirma em:

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

03. (FUVEST) A eutrofização marinha por nitratos e fosfatos tem provocado proliferação excessiva das populações de algas, fenômeno conhecido como "floração das águas". A alta mortalidade de peixes que acompanha esse fenômeno deve-se à (ao):

- (A) acúmulo de nitratos e fosfatos ao longo da cadeia alimentar;
- (B) competição entre algas e peixes por espaço físico;
- (C) competição entre algas e peixes por alimentos.
- (D) liberação excessiva de uréia pelas algas;
- (E) diminuição de oxigênio na água, causada pela decomposição das algas.

04. (FUVEST) Em uma comunidade de água doce, em que ocorre diminuição de oxigênio como resultado da poluição, são beneficiadas apenas as populações:

- (A) de peixes e de protozoários;
- (B) de bactérias anaeróbicas e do zooplâncton;
- (C) de protozoários;
- (D) de bactérias anaeróbicas;
- (E) do zooplâncton.

05. (FUVEST) Analise os seguintes eventos que podem ocorrer em conseqüência do despejo de esgoto urbano em lagoas:

- I. Morte de organismos aeróbicos, tanto autótrofos quanto heterótrofos.
- II. Diminuição do teor de gás oxigênio na água.
- III. Aumento de nutrientes nitrogenados e fosfatos.
- IV. Proliferação de microrganismos aeróbicos.
- V. Proliferação de algas e bactérias fotossintetizantes.

Indique a alternativa que apresenta a seqüência temporal dos acontecimentos:



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

06. (UEL) Em uma lagoa foram lançados produtos organoclorados e, após dez anos, fez-se uma análise da concentração dessas substâncias nos organismos que aí ocorrem. Os resultados, em partes por um milhão, foram os seguintes:

- garças: 13,80
- fitoplâncton: 0,40
- peixes herbívoros: 0,23
- peixes carnívoros: 2,08
- plantas submersas: 0,08

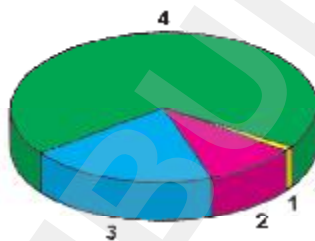
Esses resultados comprovam que os produtos organoclorados são:

- (A) decompostos por bactérias;
 (B) destruídos naturalmente com o tempo;
 (C) estáveis, concentrando-se mais nos organismos produtores;
 (D) estáveis, acumulando-se ao longo das cadeias alimentares;
 (E) biodegradáveis e totalmente consumidos pelos organismos autótrofos.

07. (UERJ) Na região de um rio próxima a um garimpo de ouro, em atividade há mais de dez anos, foram coletados quatro tipos de amostras: sedimento, água, peixes carnívoros e pequenos crustáceos.

As amostras foram numeradas aleatoriamente de 1 a 4 e o somatório de suas concentrações de mercúrio foi considerado igual a 100.

A distribuição desse somatório, por amostra, está mostrada no gráfico a seguir:



As amostras de peixes carnívoros e de água são, respectivamente, as de números:

- (A) 1 e 4
 (B) 2 e 3
 (C) 3 e 2
 (D) 4 e 1

08. (UFMG) No trajeto de um rio, localizou-se um ponto de despejo de esgoto doméstico, como mostrado nesta figura:



Para avaliar-se a extensão das conseqüências desse despejo, foram feitas a medição do oxigênio dissolvido e a contagem das bactérias encontradas em amostras de água coletadas nos pontos I, II, III e IV.

Considerando-se essa situação, é CORRETO afirmar que, entre as seguintes previsões, a mais provável é a de que:

- (A) O número de bactérias será igual nos pontos I e II.
 (B) A taxa de oxigênio no ponto III será menor que no ponto II.
 (C) O número de bactérias no ponto IV será maior que no ponto II.
 (D) A taxa de oxigênio será semelhante nos pontos I e IV.

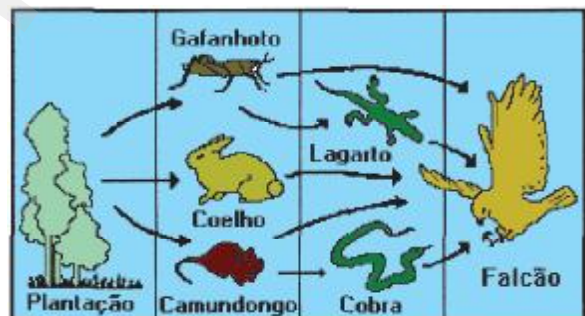
09. (UNIRIO) A poluição da hidrosfera traz sérios problemas aos ecossistemas. O lançamento de esgotos e a recepção de adubos fertilizantes provocam o acúmulo de nutrientes minerais na água, desencadeando o fenômeno da eutrofização. Como conseqüência, ocorre um desequilíbrio ecológico que se processa através dos seguintes acontecimentos:

- I - Aumento da população de decompositores aeróbicos.
- II - Maior demanda bioquímica de oxigênio.
- III - Proliferação e morte de algas.
- IV - Processos fermentativos realizados por decompositores anaeróbicos.
- V - Morte dos aeróbios.
- VI - Produção de gases tóxicos.

Qual a seqüência correta desses eventos?

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

10. (UNESP) Se fizermos aplicações de DDT para combater as pragas de uma plantação, qual dos animais, representados na rede alimentar esquematizada, terá maior concentração de DDT armazenado em seus tecidos, depois de um certo período?



- (A) Camundongo.
 (B) Coelho.
 (C) Gafanhoto.
 (D) Falcão.
 (E) Lagarto.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FUVEST) Dentre várias formas de interferência do homem moderno no ambiente natural, podem ser citados o efeito-estufa e a destruição da camada de ozônio. Escolha um desses dois fenômenos e explique:

- (A) Como ele é provocado.
 (B) Uma das conseqüências previsíveis advindas desse fenômeno para a humanidade.



02. (FUVEST) Se as usinas elétricas utilizam madeira em lugar de combustíveis fósseis e se novas árvores são plantadas constantemente para substituir aquelas queimadas nas usinas, não é liberado dióxido de carbono adicional. (“Folha de S. Paulo”, 18/10/97)

- (A) O que são combustíveis fósseis? Dê um exemplo.
- (B) Por que a queima da madeira não liberaria dióxido de carbono adicional para a atmosfera, desde que novas árvores fossem constantemente plantadas?

03. (UFF) Sabe-se hoje que a “chuva ácida” prejudica tanto os ecossistemas terrestres quanto os aquáticos. Seus efeitos acarretam problemas de desenvolvimento e sobrevivência de muitos animais. Maior controle sobre as indústrias e utilização de equipamento antipoluição representam medidas que podem conduzir à diminuição de ocorrência desse fenômeno.

Descreva de forma sucinta como ocorre esse tipo de precipitação.

04. (UNIRIO) No envenenamento por monóxido de carbono – gás que se liga fortemente à hemoglobina – um indivíduo afetado fica privado de oxigênio e pode até morrer, mesmo que passe a respirar oxigênio puro. Nessas situações, é possível impedir a morte por meio do tratamento hiperbárico, no qual o indivíduo permanece no interior de uma câmara hermética, submetida à alta pressão com oxigênio puro. Por que esse tratamento consegue manter o indivíduo vivo?

05. (FUVEST) O inseticida organoclorado DDD foi aplicado em um lago para combater larvas de mosquitos. Sua concentração na água, por ocasião da aplicação, era da ordem de 0,015 parte por milhão (ppm). Depois de algum tempo, os vários seres vivos do lago possuíam o DDD acumulado em seus corpos nas seguintes concentrações médias:

- algas do plâncton 5 ppm
- peixes herbívoros 520 ppm
- peixes carnívoros 1400 ppm

- (A) Como interpretar esses dados?
- (B) Cite uma maneira de combater os mosquitos sem o uso de inseticidas ou outras substâncias poluentes.

06. (UFRJ) Em uma lagoa costeira, foram medidas as concentrações na água de algumas substâncias tóxicas. Os peixes dessa lagoa também foram analisados para as mesmas substâncias. Os resultados dessas medições estão apresentados na tabela a seguir:

Substância tóxica	Presença da Substância (µg/g)		Fator de Bioconcentração*
	Água	Peixe	
Lindane	0,0003	0,3	1.000
Triclorobenzeno	0,0005	0,6	1.200
PCB 153	0,00003	240	8.000.000
Mirex	0,000008	110	13.750.000

Fator de Bioconcentração = concentração da substância tóxica no peixe / concentração da substância tóxica na água.

Os peixes analisados são todos carnívoros.

Por que a concentração das substâncias tóxicas nos peixes é maior do que a observada nas águas da lagoa?

07. (UFRJ) Os salmões do Pacífico (*Oncorhynchus nerka*) são peixes carnívoros. Estudos demonstram que as concentrações de bifenilas policloradas (BPC – compostos organoclorados utilizados em diversos processos industriais) nos tecidos desses peixes são maiores do que as encontradas nos oceanos.

Explique por que a concentração de BPC nos salmões é maior do que a verificada nos oceanos.

08. (UFV) “Embora ‘sapiens’ o ‘Homo’ parece não se ter dado conta, ainda, de que a Terra é finita, e que necessariamente são finitos também os suprimentos de ar, água e solo” (Ferri, 1978). Apesar dessa e de outras advertências, o homem continua a provocar distúrbios ecológicos graves como os recentes derramamentos de petróleo. Considere os dois grandes derramamentos de petróleo que ocorreram na costa do Estado do Rio de Janeiro e no rio Barigui, no Paraná, para responder aos itens:

- (A) Cite duas regiões fitogeográficas diretamente afetadas.
- (B) Cite dois fatores abióticos que comprometeram a teia alimentar desses ambientes.
- (C) Qual o nível trófico mais baixo da pirâmide alimentar atingido pela camada de petróleo?
- (D) Cite a consequência grave que o derramamento de petróleo no rio Barigui poderia ter causado para o homem, e cujo tipo difere dos riscos de um derramamento ocorrido no mar.

09. (UNICAMP) Os recursos hídricos estão sendo cada vez mais contaminados por esgoto doméstico, que traz consigo grande número de bactérias. Apesar de parte delas não ser patogênica, muitas causam problemas de saúde ao homem. Levando em conta que as bactérias decompõem a matéria orgânica por processo aeróbico ou anaeróbico e que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o índice de coliformes fecais são utilizados como indicativos da poluição da água, resolva as questões a seguir.

- (A) Compare águas poluídas e não poluídas quanto a: DBO, índice de coliformes fecais, teor de oxigênio dissolvido e ocorrência de processos aeróbicos e anaeróbicos.
- (B) Os coliformes fecais são bactérias anaeróbicas facultativas. Metabolicamente, o que é um organismo anaeróbico facultativo?
- (C) Cite uma doença bacteriana adquirida pela ingestão de água contaminada e dê o nome de seu agente causador.

10. (ENEM) A corvina é um peixe carnívoro que se alimenta de crustáceos, moluscos e pequenos peixes que vivem no fundo do mar. É bastante utilizada na alimentação humana, sendo encontrada em toda a costa brasileira, embora seja mais abundante no sul do País. A concentração média anual de mercúrio no tecido muscular de corvinas capturadas em quatro áreas, bem como as características destas áreas estão descritas adiante:

Baía de Guanabara (RJ) – 193,6
Área de intensa atividade portuária, que recebe esgotos domésticos não tratados e rejeitos industriais de cerca de 6.000 fontes.

Baía de Ilha Grande (RJ) – 153,8
Recebe rejeitos de parque industrial ainda em fase de crescimento e é uma das principais fontes de pescado do estado.

Baía de Sepetiba (RJ) – 124,0
Área sujeita a eficientes efeitos de maré e com baixa atividade pesqueira, sem fontes industriais de contaminação por mercúrio.



Lagoa da Conceição (SC) – 90,6*

Importante fonte de pescado no litoral catarinense, na qual praticamente inexistente contaminação industrial por mercúrio.

*Concentração natural de mercúrio, característica de local não contaminado. (KEHRIG, H. A. & MALM, O. Mercúrio: uma avaliação na costa brasileira. "Ciência Hoje", outubro, 1997.)

Comparando as características das quatro áreas de coleta às respectivas concentrações médias anuais de mercúrio nas corvinas capturadas, pode-se considerar que, à primeira vista, os resultados:

- (A) correspondem ao esperado, uma vez que o nível de contaminação é proporcional ao aumento da atividade industrial e do volume de esgotos domésticos;
- (B) não correspondem ao esperado, especialmente no caso da Lagoa da Conceição, que não apresenta contaminação industrial por mercúrio;
- (C) não correspondem ao esperado no caso da Baía da Ilha Grande e da Lagoa da Conceição, áreas nas quais não há fontes industriais de contaminação por mercúrio;
- (D) correspondem ao esperado, ou seja, corvinas de regiões menos poluídas apresentam as maiores concentrações de mercúrio;
- (E) correspondem ao esperado, exceção aos resultados da Baía de Sepetiba, o que exige novas investigações sobre o papel das marés no transporte de mercúrio.

CONTEXTUALIZANDO

O Brasil ocupa um confortável 16º lugar entre os países que mais emitem gás carbônico para gerar energia. Mas se forem considerados também os gases do efeito estufa liberados pelas queimadas e pela agropecuária, o país é o quarto maior poluidor.

("Veja", 21/06/2006)

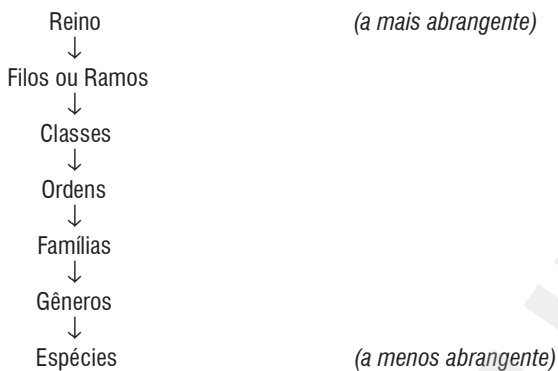
A atividade agropecuária produz outro gás que contribui para o efeito estufa. Considere a criação de gado e responda. Qual é esse gás e que processo leva à sua formação?

Taxonomia – Classificação dos seres vivos

TAXONOMIA

Ramo da Biologia que se ocupa da identificação, classificação e da nomenclatura dos seres vivos.

HIERARQUIAS TAXONÔMICAS

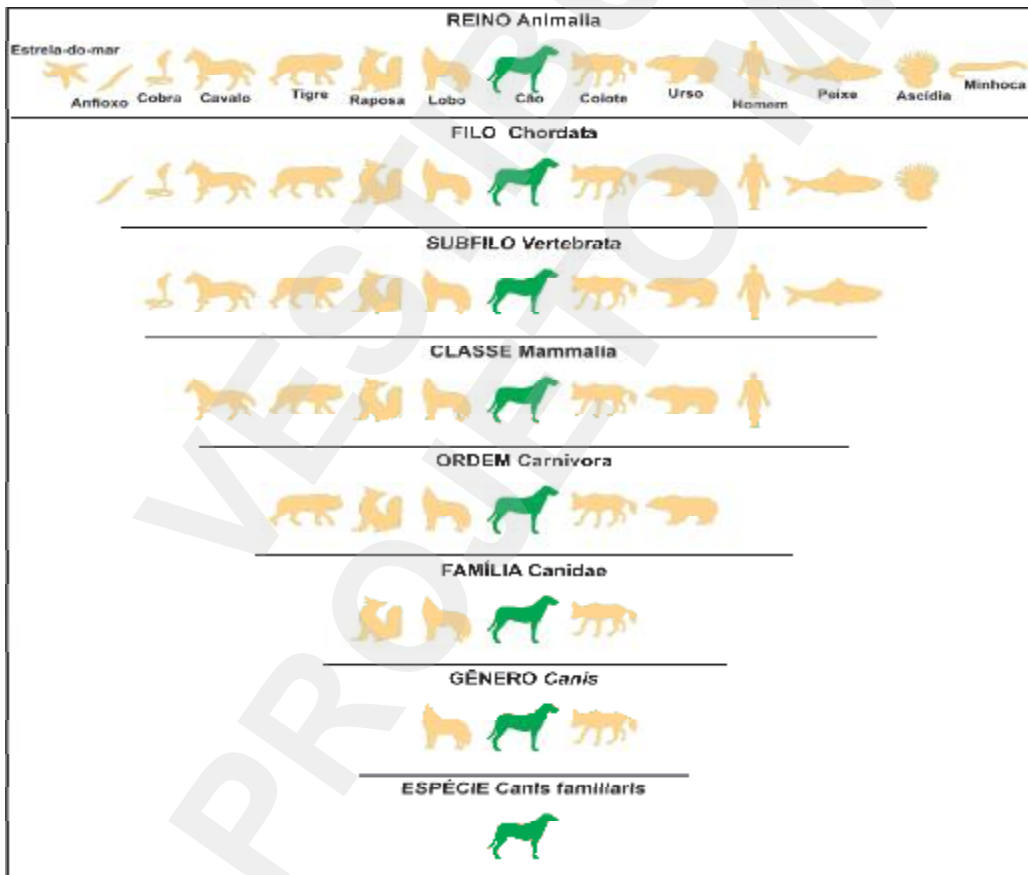


• Espécie:

Grupo de indivíduos semelhantes, nos aspectos anatômicos, fisiológicos, bioquímicos e genéticos, capazes de se reproduzir entre si, gerando descendentes férteis.

• Classificação do homem:

Reino	→	<i>Animalia</i>
Filo	→	<i>Chordata</i>
Subfilo	→	<i>Vertebrata</i>
Classe	→	<i>Mammalia</i>
Subclasse	→	<i>Theria</i>
Ordem	→	<i>Primata</i>
Família	→	<i>Hominidae</i>
Gênero	→	<i>Homo</i>
Espécie	→	<i>Homo sapiens</i>
Subespécie	→	<i>Homo sapiens sapiens</i>



Para exemplificar o atual sistema de classificação, vamos ver a classificação do cão, desde a categoria mais geral, que é o reino, até a mais restrita, que é a espécie.

Um exemplo de classificação taxonômica: o cão.



DIVERSIDADE E CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS

O mundo vivo é constituído por uma enorme variedade de organismos. Para estudar e compreender tamanha variedade, foi necessário agrupar os organismos de acordo com as suas características comuns, ou seja, classificá-los.

As primeiras classificações não eram mais que catálogos de seres, mas hoje em dia elas refletem as semelhanças e o seu grau de parentesco.

No tempo de Aristóteles (séc. IV a.C.), um dos primeiros naturalistas a considerar a classificação dos animais, eram conhecidas cerca de 1000 espécies, das quais 450 eram animais.

Com os Descobrimentos (séc. XVI) houve um enorme aumento do número de espécies conhecidas, passando a ser referidas cerca de 10.000. A partir daí, com a facilidade de contato, livros, museus, jardins botânicos, no século XIX já eram conhecidas 1.293.000 espécies e atualmente estima-se em cerca de 10.000.000, das quais apenas 15% se encontram devidamente descritas.

Regras de Nomenclatura

- O nome do gênero e da espécie deve ser escrito em latim e grifados.
- Cada organismo deve ser reconhecido por uma designação binominal, em que o primeiro termo indica o seu gênero e mais o segundo, a sua espécie. Ex.: *Canis familiaris* (cão), *Musca domestica* (mosca). O nome relativo ao gênero deve ser escrito com inicial maiúscula e o da espécie com inicial minúscula. Ex.: *Homo sapiens* (homem).

Obs.: Nos casos em que o nome da espécie se refere a uma pessoa, a inicial pode ser maiúscula ou minúscula. Ex.: *Trypanosoma cruzi* (ou *Cruzi*) – nome dado por Carlos Chagas ao micróbio causador da doença de Chagas, em homenagem a Oswaldo Cruz.

- Quando se trata de subespécies, o nome indicativo deve ser escrito sempre com inicial minúscula (mesmo quando se refere a pessoas), depois do nome da espécie. Exs.: *Rhea americana alba* (ema branca); *Rhea americana grisea* (ema cinza).
- Nos casos de subgênero, o nome deve ser escrito com inicial maiúscula, entre parênteses e depois do nome do gênero. Ex.: *Anopheles (Nyssurhynchus) darlingi* (um tipo de mosquito).
- Se desejamos mencionar o autor da descrição de uma espécie, seu nome deve aparecer em seguida ao termo binominal, sem qualquer pontuação. A data em que ele descreveu a espécie em questão vem após seu nome, precedida de uma vírgula ou entre parênteses. Exemplo: *Trypanosoma Cruzii* Chagas, 1990.
- Quando uma espécie é transferida de um gênero para outro ou quando se muda o nome do gênero, o nome do autor da primeira classificação é colocado entre parênteses. Exemplo: em 1758, Lineu classificou uma espécie de formiga como *Formiga sexdens*. Mais tarde, em 1804, Fabricius transferiu-a para o gênero *Atta*. Podemos então escrever: *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) Fabricius, 1804.

- Têm prioridade os nomes apresentados em primeiro lugar, de 1758 para cá – data da 10ª edição do livro de Lineu, no qual ele apresentou uma visão revista de suas regras, se os autores os publicarem em revistas científicas, segundo todas as regras.
- Têm terminações padronizadas as seguintes categorias: superfamília (*oidea*), (*idae*), subfamília (*inae*) e tribo (*ini*). Ex.: O pernilongo vetor da malária pertence à superfamília *Culicoidea*, família *Culicidae*, subfamília *Culicinae* e à tribo *Anophelini*.

Os REINOS DE SERES VIVOS

Desde o tempo de Aristóteles, os seres vivos eram agrupados em dois reinos: Vegetal e Animal. Com o desenvolvimento da Biologia, e principalmente em decorrência dos estudos microscópicos, percebeu-se que apenas dois reinos não eram suficientes para englobar toda a diversidade da vida em nosso planeta.

O biólogo alemão Ernst Haeckel (1834 – 1919) propôs, em 1899, a criação de dois novos reinos: Protista e Monera, para incluir os organismos estruturalmente mais simples do que animais e vegetais. Em 1969, o biólogo R. H. Whittaker sugeriu que os fungos, tradicionalmente classificados no reino Vegetal, fossem separados em um reino à parte, denominado Fungo ou Fungi.

Neste livro, dividimos o mundo vivo em cinco reinos: Monera, Protista, Fungo, Vegetal e Animal. Outras classificações, porém, são também usadas. Seja qual for o sistema adotado, o importante é conhecer os principais grupos de seres vivos e as características que levam à sua inclusão em um ou outro reino.

Reino Monera

Abrange todos os organismos unicelulares e procariontes, representados pelas bactérias e pelas algas azuis ou cianofíceas (cianobactérias) e o P.P.L.O (micoplasma).

Reino Protista

Compreende os organismos unicelulares e eucariontes, como os protozoários e certas algas.

Reino Fungi

Compreende todos os fungos, que podem ser uni ou pluricelulares e são organismos eucariontes e heterotróficos por absorção.

Reino Plantae ou Metaphyta

Abrange os organismos pluricelulares, eucariontes e autótrofos. Nesse reino, também conhecido como reino das plantas, incluem-se certas algas e todos os outros vegetais: briófitas (musgos e hepáticas), pteridófitas (como samambaias e avencas), gimnospermas (como pinheiros e se- quóias) e angiospermas (limoeiro, feijão, capim etc.).

Reino Animalia ou Metazoa

Compreende os organismos pluricelulares, eucariontes e heterotrófos por ingestão. Esse reino abrange todos os animais, desde os poríferos até os mamíferos.

Veja no quadro a seguir alguns exemplos de seres pertencentes aos cinco grandes reinos do mundo vivo.

A EVOLUÇÃO E OS CINCO REINOS

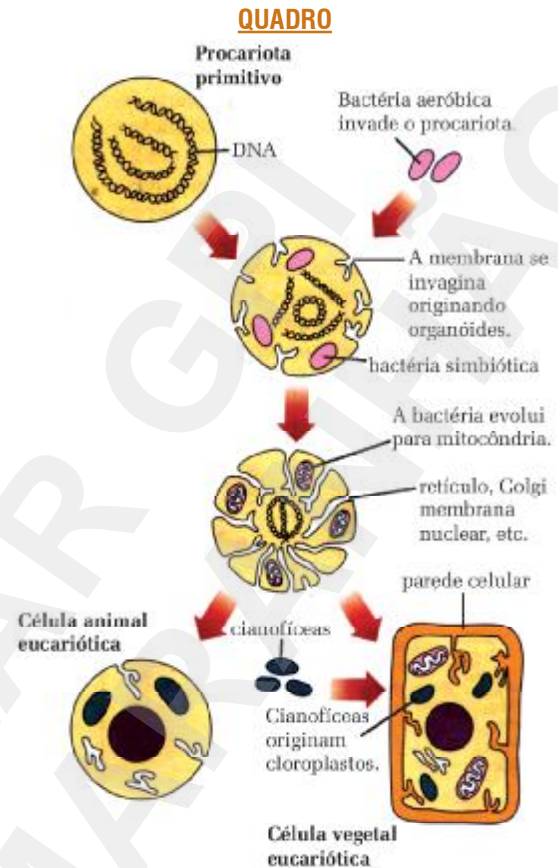
A primeira estrutura celular, surgida há mais de 3 bilhões de anos, foi a procarionte.

Alguns procariontes evoluíram sem alterar basicamente essa estrutura, originando as bactérias atuais. Outros procariontes, porém, evoluíram de forma a originar dobras em sua membrana. Dessas dobras, surgiram várias estruturas, como vacúolos, retículos e aparelho de Golgi, típicas de células eucariontes.

Além disso, outras estruturas da célula eucariota, como as mitocôndrias (responsáveis pela respiração aeróbia) e os cloroplastos (que fazem a fotossíntese), provavelmente formaram-se pela invasão da célula por procariontes primitivos (bactérias), que passariam a viver em cooperação com a célula invadida.

Os seres pluricelulares poderiam ter surgido a partir de colônias protistas, com um gradativo aumento na divisão de trabalho entre as células da colônia. Dessa forma, teriam surgido os tecidos, os órgãos e os aparelhos. Os vegetais poderiam ter evoluído a partir de protistas autotróficos e os animais a partir de protistas heterotróficos. Os fungos teriam evoluído a partir de colônias protistas, entre as quais não tivesse ocorrido uma grande divisão de trabalho.

(Fonte de consulta: Brock, T. D. et alii. Biology of microorganisms. 7. ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1994, p. 598-700.)



EXERCÍCIO RESOLVIDO

De acordo com o sistema binomial de nomenclatura estabelecido por Linnaeus, o nome científico 'Felis catus' aplica-se a todos os gatos domésticos como angorás, siameses, persas, abissínios e malhados. O gato selvagem ('Felis silvestris'), o lince ('Felis lynx') e o puma ou suçuarana ('Felis concolor') são espécies relacionadas a gato.

- (A) A que gênero pertencem todos os animais mencionados?
- (B) Por que todos os gatos domésticos são designados por um mesmo nome científico?
- (C) Qual dos nomes a seguir designa corretamente a família a que pertencem esses animais: *Felinaceae*, *Felidae*, *Felini*, *Felinus* ou *Felidaceae*? Justifique.

SOLUÇÃO:

- (A) Gêneros *Felis*.
- (B) Todos os gatos domésticos têm o mesmo nome científico porque pertencem à mesma espécie.
- (C) A família a que pertencem os animais citados chama-se FELIDAE. A terminação latina -IDAE é designativa de família.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST) Entre os cães domésticos encontramos uma grande diversidade morfológica (p. ex.: Fox, São Bernardo, Doberman, Poodle e muitos outros). Já entre os cães selvagens (Cachorro-do-mato, Lobo-guará), a diversidade é muito menor.

- (A) Como se explica, em termos evolutivos, essa diferença?
- (B) Que nível taxonômico atribuímos à grande diversidade encontrada

- dentro de cada grupo de animais domésticos? Por quê?
- (C) Por que os cães "vira-latas" são, em média, mais resistentes a doenças que os cães com pedigree?

02. (UFPR) Na(s) questão(ões) a seguir, escreva no espaço apropriado a soma dos itens corretos. Classificando-se os seres vivos, é possível estabelecer uma ordem



na diversidade da natureza, facilitando a sua compreensão. Assim, é correto afirmar que:

- 01) O sistema binomial de nomenclatura adota a Espécie como unidade básica de classificação.
- 02) Em taxionomia, uma Ordem engloba diversas Famílias, assim como um Gênero reúne diferentes Espécies.
- 04) Um determinado vegetal, de acordo com a classificação vigente, pertencerá obrigatoriamente a um Reino, a um Filo ou Divisão, a uma Classe, a uma Ordem, a uma Família, a um Gênero e a uma Espécie.
- 08) O Reino Protista engloba organismos unicelulares eucariontes, entre os quais se incluem protozoários e certas algas.
- 16) O Reino Fungi engloba os cogumelos, os líquens e as briófitas.
- 32) Os seres vivos pertencentes ao Reino Monera se caracterizam por serem todos unicelulares, com uma membrana nuclear bem estruturada. Soma ()

03. (CESGRANRIO) As categorias taxonômicas são ordenadas de modo ascendente. Assinale a alternativa que apresenta a seqüência correta:

- (A) classe, ordem, gênero, família, espécie
- (B) gênero, espécie, família, ordem, classe
- (C) espécie, gênero, família, ordem, classe
- (D) espécie, gênero, ordem, família, classe
- (E) espécie, família, gênero, ordem, classe

04. (PUCRS) Considerando a hierarquia das categorias taxonômicas, é correto afirmar que dois animais que fazem parte da mesma ordem obrigatoriamente pertencerão, e dois animais pertencentes sempre terão maior semelhança entre si.

- (A) à mesma classe – à mesma espécie
- (B) à mesma família – ao mesmo gênero
- (C) ao mesmo gênero – à mesma família
- (D) ao mesmo gênero – à mesma espécie
- (E) à mesma espécie – à mesma classe

05. A enorme diversidade das formas de vida sempre encanta aqueles que tentam descrever e classificar espécies. A taxonomia moderna não leva em consideração apenas as características do animal, mas procura correlacioná-las a outros organismos, baseando-se em estruturas hereditárias. Desse modo, à medida que se analisam as variações ocorridas na passagem do nível de ESPÉCIE para o nível do REINO, é possível observar que:

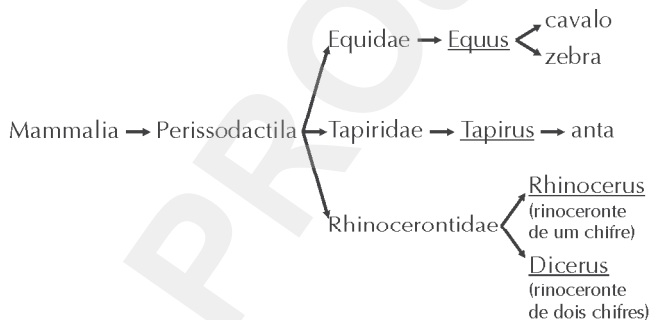
- (A) diminui a diversidade biológica.
- (B) diminui a relação de parentesco.
- (C) aumenta a semelhança histofisiológica.
- (D) aumenta o número de estruturas comuns.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNESP) Alunos de uma escola, em visita ao zoológico, deveriam escolher uma das espécies em exposição e pesquisar sobre seus hábitos, alimentação, distribuição, etc. No setor dos macacos, um dos alunos ficou impressionado com a beleza e agilidade dos macacos-pregos. No recinto desses animais havia uma placa com a identificação:
Nome vulgar: Macaco-prego (em inglês Ring-tail Monkeys ou Weeping capuchins). Ordem Primates. Família Cebidae. Espécie Cebus apella. Esta foi a espécie escolhida por esse aluno. Chegando em casa, procurou informações sobre a espécie em um site de busca e pesquisa na internet. O aluno deveria digitar até duas palavras-chaves e iniciar a busca.

- a) Que palavras o aluno deve digitar para obter informações apenas sobre a espécie escolhida?
- b) Justifique sua sugestão.

02 (MACKENZIE)



A respeito do esquema anterior, assinale a alternativa correta:

- (A) Cavalos e zebra pertencem a gêneros diferentes.
- (B) As antas apresentam maior parentesco evolutivo com os cavalos do que com os rinocerontes.
- (C) O parentesco evolutivo entre cavalo e zebra é maior do que entre rinocerontes de um chifre e rinocerontes de dois chifres.
- (D) As antas pertencem à mesma família dos rinocerontes.
- (E) Todos os animais citados pertencem à mesma família.

03. (UDESC) O cão doméstico ('Canis familiaris'), o lobo ('Canis lupus') e o coiote ('Canis latrans') pertencem a uma mesma categoria taxonômica. Esses animais fazem parte de um(a) mesmo(a):

- (A) gênero;
- (B) espécie;
- (C) subespécie;
- (D) raça;
- (E) variedade.

04. (UBES) Em um trabalho de pesquisa, foram classificados dois mosquitos como sendo: 'Aedes (Stegomyia) aegypti' e 'Anopheles (Myzomya) gambiae'.

O grau de semelhança entre esses mosquitos permite que sejam colocados no(a) mesmo(a)

- (A) espécie;
- (B) subespécie;
- (C) gênero;
- (D) subgênero;
- (E) família.



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

ARARAS	PAPAGAIOS	PERIQUITOS
Arara-vermelha Ara chloroptera	Papagaio-verdadeira Amazona aestiva	Periquito-de-cabeça-azul Aratinga acuticaudata
Arara-canga Ara macau	Papagaio-de-cara-roxa Amazona brasiliensis	Periquito-rei Aratinga aurea
Arara-canindé Ara ararauna	Papagaio-chauá Amazona rhodocorytha	Periquito-da-caatinga Aratinga cactoram

O grupo de aves relacionadas compreende:

- (A) 3 espécies e três gêneros;
- (B) 9 espécies e três gêneros;
- (C) 3 espécies de uma única família;
- (D) 9 espécies de um mesmo gênero;
- (E) 3 espécies de uma única ordem.

CONTEXTUALIZANDO

(UFPR) Na tabela a seguir, observam-se alguns exemplos de animais que constam da última revisão da lista de animais ameaçados de extinção, divulgada em 2003 (a lista completa pode ser encontrada no site do Ministério do Meio Ambiente, na internet). Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) referente(s) às informações da tabela.

<p><i>Hylomantis granulosa</i> (Cruz, 1988) Nome popular: perereca-verde Categoria da ameaça: criticamente em perigo UF: PE</p>	<p><i>Picumnus Lima</i> (Sneathlage, 1924) Nome popular: pica-pau-anão-da-caatinga Categoria da ameaça: em perigo UF: CE</p>	<p><i>Simopelta mínima</i> (Brandão, 1989) Nome popular: formiga Categoria da ameaça: extinta UF: BA</p>	<p><i>Phoneutria bahiensis</i> (Simó & Brescovit, 2001) Nome popular: aranha-armadeira Categoria da ameaça: vulnerável UF: BA</p>
<p><i>Megalobulimus parafragilior</i> (Leme & Indrusiak, 1988) Nome popular: caracol-gigante Categoria da ameaça: em perigo UF: SP</p>	<p><i>Rhinodrilus fafner</i> (Michaelsen, 1918) Nome popular: minhococoçu, minhoca-gigante Categoria da ameaça: extinta UF: MG</p>	<p><i>Myotis ruber</i> (E. Geoffrou, 1806) Nome popular: morcego Categoria da ameaça: vulnerável UF: PR, RJ, SC, SP</p>	<p><i>Liolaemus lutzae</i> (Mertens, 1938) Nome popular: lagartixa-da-areia Categoria da ameaça: criticamente em perigo UF: RJ</p>

- () Pode-se perceber, pelos exemplos acima, que tanto invertebrados como vertebrados estão correndo risco de extinção no Brasil.
- () A primeira linha de cada célula na tabela refere-se ao nome científico do animal, no qual a primeira palavra diz respeito à família a que o animal pertence, e a segunda palavra, à espécie.
- () A perereca verde, o caracol-gigante e o minhococoçu são, respectivamente, um anfíbio, um molusco e um anelídeo, todos eles animais terrestres que necessitam de ambientes úmidos para sua sobrevivência.
- () Morcegos são classificados como mamíferos da ordem Chiroptera e apresentam os membros anteriores transformados em asas.
- () A formiga *Simopelta mínima* pertence ao grupo dos crustáceos porque apresenta exoesqueleto de quitina e apêndices articulados.
- () O pica-pau-anão-da-caatinga é uma ave. Para a maioria das aves, as penas são importantes no voo, contribuem como isolante térmico e suas cores são utilizadas para atrair o sexo oposto durante a corte.



Reino Monera

O reino monera compreende todos os organismos unicelulares e procariontes, representados pelas bactérias, pelas algas azuis ou cianofíceas e pelo micoplasma (P.P.L.O).

Sendo procariontes, os moneras exibem uma estrutura celular relativamente simples. Ao contrário do que ocorre com as células dos demais seres vivos, nos moneras não existe a carioteca ou membrana delimitante do núcleo; assim, nos moneras não se verifica a presença de núcleo individualizado. Além disso, as células desses organismos não possuem organelas membranosas, como o retículo endoplasmático, o complexo de Golgi, as mitocôndrias e os plastos. Logo, os pigmentos fotossintetizantes, sempre presentes nas algas azuis e muito raramente nas bactérias, encontram-se dissolvidos no fluido citoplasmático.

MORFOLOGIA E FISILOGIA DAS BACTÉRIAS

Várias espécies de bactérias são parasitas, provocando doenças em outros seres vivos – inclusive o homem. Mas também há bactérias úteis, como as que vivem no intestino humano e fabricam vitamina K e vitaminas do complexo B, as que digerem a celulose no tubo digestivo dos ruminantes e as que são utilizadas na produção de iogurtes e queijos. Não podemos esquecer também que as bactérias são fundamentais para a reciclagem da matéria na natureza, pois, juntamente com os fungos, respondem pela decomposição dos resíduos orgânicos e dos cadáveres.

Praticamente todas as bactérias possuem um envoltório rígido, a parede celular, envolvendo a membrana plasmática. A parede celular constitui-se de uma rede de peptídeo (pequenas cadeias de quatro aminoácidos) ligados a polissacarídeos (glicídios formados pela união de muitos açúcares simples ou monossacarídeos). A substância que resulta da união dos peptídeos com os polissacarídeos é chamada de peptidoglicano. Em algumas bactérias, a parede celular possui ainda uma camada de lipídios unidos a polissacarídeos, formando lipopolissacarídeo.

Certas espécies de bactérias possuem ao redor da parede celular uma cápsula, de consistência viscosa, formada por proteínas e polissacarídeos. Além de conferir uma proteção extra à bactéria contra a penetração de vírus e contra o ataque de glóbulos brancos, a cápsula facilita a adesão à bactéria em vários tipos de superfície – inclusive nos dentes, no caso das bactérias que provocam a cárie.

Abaixo da parede bacteriana, encontramos apenas o DNA (ácido desoxirribonucleico), ribossomo e grãos de glicogênio (reserva de alimento), faltando os outros organelos que são típicos das células eucariotas. O DNA tem a forma circular, não estando ligado a proteínas, como ocorre nos eucariotes. A região onde se localiza o DNA é chamada nucleóide.

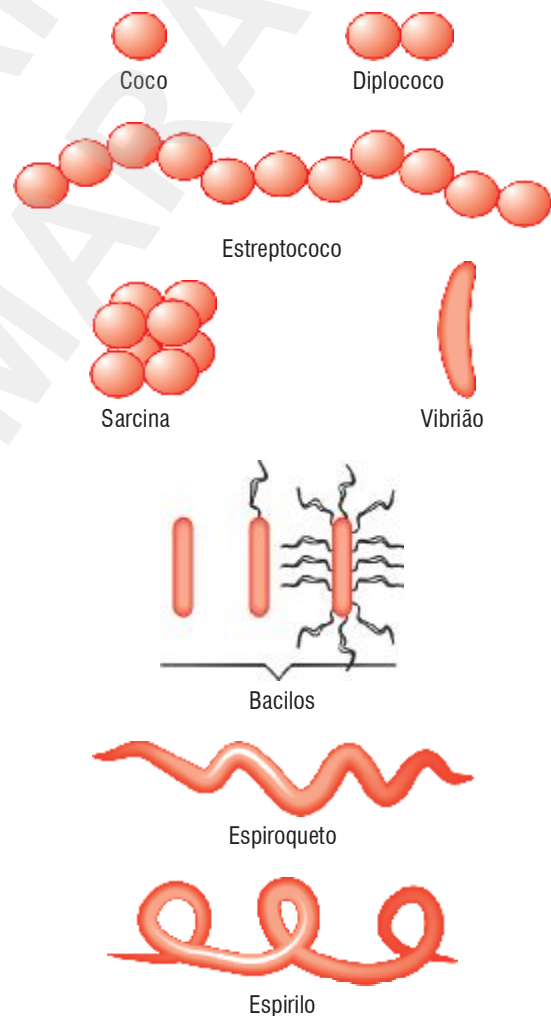
Não há membrana nuclear separando o material genético do citoplasma, ou seja, não há um núcleo individualizado. Além do DNA principal, pode haver uma ou mais moléculas menores de DNA, os plasmídeos. Alguns plasmídeos podem conter genes que dão à bactéria resistência a antibióticos; outros podem ser injetados em bactérias competidoras, fazendo com que sintetizem uma substância tóxica que determina sua morte.

Muitas bactérias possuem filamentos longos usados para locomoção

– os flagelos. Estes são formados por apenas uma fibrila que serve de eixo – e não por nove grupos de periféricos e duas centrais, como nas células eucariotas. Além dos flagelos, pode haver também filamentos de citoplasma, os pêlos ou fimbrias, que funcionam na conjugação (troca de material genético entre duas bactérias), servindo também para ajudar na adesão da bactéria às células do hospedeiro, facilitando assim a infecção.

De acordo com a sua forma, as bactérias podem ser esféricas (cocos), em bastonete reto (bacilo), em bastonete curvo (vibriões) ou em hélice (espirilos – com célula rígida – e espiroquetas – com célula flexível).

Em algumas bactérias, várias células se unem umas às outras, formando colônias (uma associação formada pela união anatômica de seres da mesma espécie) típicas de cada espécie.





Cocos e bacilos podem, em alguns casos, formar **colônias**, tais como:

- **diplococos:** colônias formadas por dois cocos;
- **estreptococos:** colônias formadas por vários cocos em fileira;
- **tétrades:** quatro cocos;
- **estafilococos:** colônias formadas por vários cocos arranjados de modo semelhante a um cacho de uva;
- **sarcinas:** colônias formadas por vários cocos em arranjos cúbicos;
- **diplobacilos:** colônias formadas por dois bacilos;
- **estreptobacilos:** colônias formadas por vários bacilos em fileira.

Nutrição

A maioria das bactérias é heterotrófica por absorção, retirando moléculas orgânicas já digeridas do ambiente ou de seres vivos que parasitam. As outras são autotróficas por fotossíntese (usam a energia da luz para sintetizar compostos orgânicos) ou por quimiossíntese (usam energia química para produzir compostos orgânicos).

As cianobactérias (cianofíceas) possuem uma clorofila idêntica à encontrada nas plantas, mas as outras bactérias fotossintéticas possuem outro tipo de clorofila, a bacterioclorofila. É o caso das bactérias verdes e das bactérias púrpuras, cuja fotossíntese não libera oxigênio, já que em vez de água elas usam gás sulfídrico (H₂S). Este tem a função da água na fotossíntese tradicional: ceder átomos de hidrogênio que se combinam ao gás carbônico para formar glicose e outros compostos orgânicos.

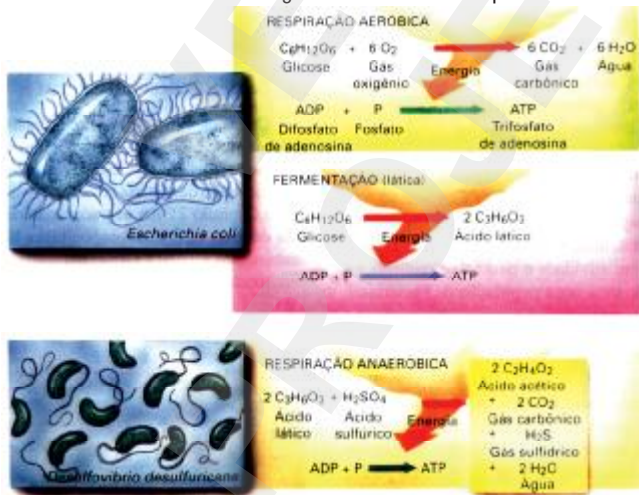
As bactérias heterotróficas podem ser classificadas em saprofágicas ou parasitas, de acordo com o modo como obtêm alimento. **Bactérias saprofágicas** (do grego *sapros*, podre, e *phagos*, comer) obtêm alimento a partir de cadáveres ou resíduos eliminados por outros organismos. **Bactérias parasitas** vivem no corpo de organismos vivos, de onde retiram seu alimento.

Respiração

A respiração celular é o processo pelo qual os seres vivos conseguem energia para realizar suas atividades, oxidando compostos orgânicos – principalmente a glicose.

Certas espécies de bactéria só conseguem viver em ambientes onde exista gás oxigênio, e por isso são chamadas **aeróbicas obrigatórias**. Outras espécies podem viver com ou sem gás oxigênio no meio, razão pela qual são chamadas **aeróbicas facultativas**. Há, ainda, bactérias que morrem ao entrar em contato com o gás oxigênio, daí serem denominadas **anaeróbicas obrigatórias**.

As bactérias anaeróbicas obrigatórias ou estritas não possuem enzimas



necessárias ao aproveitamento do oxigênio e, por isso, morrem a partir de determinada concentração de oxigênio no ambiente. Isto acontece porque, se o oxigênio não for utilizado, ficando livre na célula, ele poderá danificar moléculas importantes, como DNA e as enzimas.

Reprodução

A principal forma de reprodução das bactérias é a assexuada, por divisão binária ou bipartição: a célula aumenta de tamanho e o DNA se duplica. Em seguida, a célula se divide, ficando uma cópia do DNA para cada célula-filha.

O processo de reprodução assexuada origina uma população de indivíduos geneticamente iguais, que chamamos de clone. Mas as bactérias podem realizar um processo chamado conjugação: duas bactérias se ligam por filamentos especiais (pêlos sexuais), por onde ocorre então a transferência do DNA de uma bactéria para a outra.

Após a troca, as bactérias se separam. Uma das bactérias recebeu novos genes. Assim, quando essa bactéria se dividir serão produzidas bactérias diferentes da bactéria original (antes da conjugação). Por isso, a conjugação pode ser considerada uma forma de reprodução sexuada, uma vez que em ambos os casos há uma recombinação de genes entre indivíduos da mesma espécie. Esta recombinação aumenta a variedade genética de uma população. A variedade genética é importante para a evolução das espécies.

Além disso, a conjugação ajuda a espalhar a resistência entre as bactérias. Isto acontece quando um plasmídeo, contendo um gene que confere resistência a determinado antibiótico, é transferido para uma bactéria sensível àquele antibiótico. Desse modo, pode surgir uma bactéria resistente a vários tipos de antibióticos. É importante esclarecer, no entanto, que o gene que confere resistência à bactéria surge por mutação e não devido à ação do antibiótico. Tudo o que o antibiótico faz é eliminar as bactérias sensíveis, enquanto as resistentes ficam livres para se reproduzir, aumentando o número.

Transformação Bacteriana

Na **transformação**, a bactéria absorve moléculas de DNA que se encontram livres no ambiente. Os genes contidos no DNA capturado podem conferir novas características à bactéria.

Transdução Bacteriana

Na **transdução**, genes são transferidos de uma bactéria para outra por intermédio de vírus. Algumas partículas virais, ao se formarem no interior de uma bactéria infectada, eventualmente incorporam pedaços do cromossomo bacteriano. Essas partículas, quando infectarem outras bactérias, transmitirão genes bacterianos. Se uma dessas bactérias sobreviver à infecção viral, pode recombinar seus genes com os trazidos pelo vírus e, assim, adquirir novas características genéticas.

As BACTÉRIAS PATOGENICAS

Muitas doenças que acometem o homem e outros seres vivos são causadas por certas bactérias patogênicas (do grego *pathos* = sofrimento). As doenças causadas por bactérias serão vistas mais tarde, no módulo de higiene e saneamento.



As Cianoíceas (Cianobactérias ou Algas Azuis)

Conhecidas também como cianoíceas ou algas azuis, as cianobactérias são autotróficas, vivendo isoladamente ou associando-se em colônias que podem atingir até um metro de comprimento. A maioria vive em água doce, mas podem ser encontradas também no mar, em solos úmidos e agregadas a fungos, formando os líquens.

Além de possuir clorofila (a molécula é a clorofila, encontrada também nas plantas), as cianobactérias possuem também ficocianina (um pigmento azul) e, às vezes, ficoeritrina (pigmento vermelho). Esses pigmentos estão distribuídos ao longo de membranas espalhadas no citoplasma.

Na superfície do Mar Vermelho, localizado entre a África e a Ásia, existe grande quantidade de cianoíceas avermelhadas – daí a origem do nome do mar.

Embora microscópicas individualmente, as cianoíceas podem formar colônias filamentosas ou globosas.

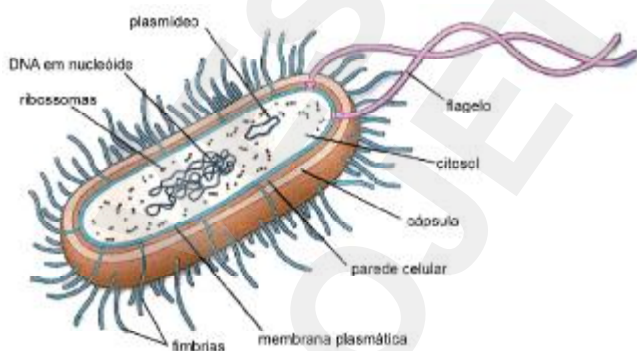
As cianoíceas, a exemplo de algumas bactérias, têm a capacidade de assimilar o gás nitrogênio da atmosfera. Assim, transformando esse gás em sais nitrogenados, como os nitratos, elas contribuem para a fixação desse elemento no solo, favorecendo os vegetais na produção de suas proteínas.

O poder das Algas Azuis

Barkadruso é um minúsculo povoado africano, com menos de 1.000 habitantes, na maioria mulheres. Naquela região, antigamente prosperava a criação de gado. Mas a seca dizimou os animais, e a vida se tornou muito difícil. Os homens em condição de trabalhar foram para outras regiões, deixando as mulheres, os velhos e as crianças.

Os habitantes desse povoado costumam dizer que estão vivos graças ao *dihé*. O *dihé* é uma cianoícea que prolifera nos charcos de alguns rios. Riquíssimas em proteínas – 150 gramas de *dihé* equivalem a 1000 gramas de carne –, as cianoíceas são consumidas na forma de purê ou de molho, constituindo a alimentação básica dos habitantes daquele povoado africano. De fato, as crianças de Barkadruso não têm sinais de subnutrição.

ESTRUTURA



BRASILEIROS ACHAM BACTÉRIA MULTICELULAR

Está nos livros de biologia: bactérias são organismos compostos por uma única célula. Mas algumas criaturas encontradas em várias lagoas no Rio de Janeiro, apesar de terem todos os traços que caracterizam uma

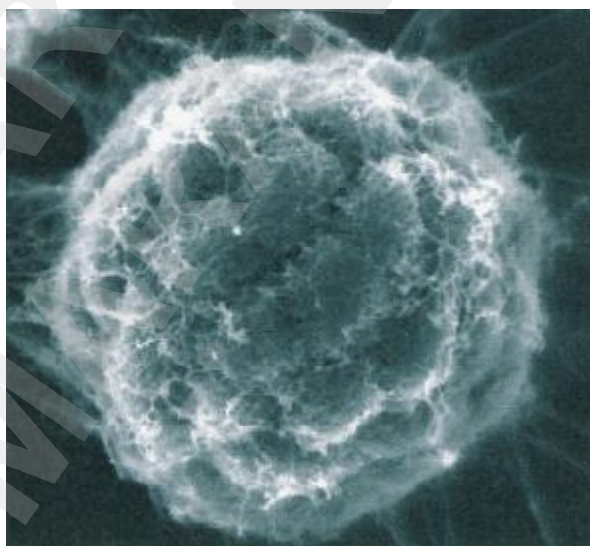
bactéria, insistem em ser multicelulares. A descoberta, que torna muito mais sutil a fronteira entre seres vivos simples e complexos, foi feita por um grupo de brasileiros.

As bactérias são a forma de vida mais elementar. Estão em toda parte e sequer possuem um núcleo organizado para guardar seu material genético.

O DNA fica todo espalhado, boiando no citoplasma (o gel que contém todas as organelas celulares).

Embora compostos por uma célula, em alguns casos as bactérias vivem em colônias e têm um “comportamento” conjunto. Mas isso não é suficiente para caracterizá-las como multicelulares, pois não há divisão clara de tarefas entre as células, elas conseguem sobreviver sozinhas e chegam até a competir entre si.

Esse não é o caso do organismo descrito por Carolina Keim, do Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), e seus colegas num artigo publicado na edição de março da revista científica “Journal of Structural Biology”.



(A bactéria consiste numa esfera formada por 20 células em média, como mostra a imagem por microscopia eletrônica. Os ‘fiapos’ na superfície correspondem aos flagelos.)

REINO PROTISTA

Os organismos unicelulares eucariontes, representados pelos protozoários – como amebas e paramécios – e certas algas unicelulares – como pirófitas e crisófitas –, constituem o reino Protista.

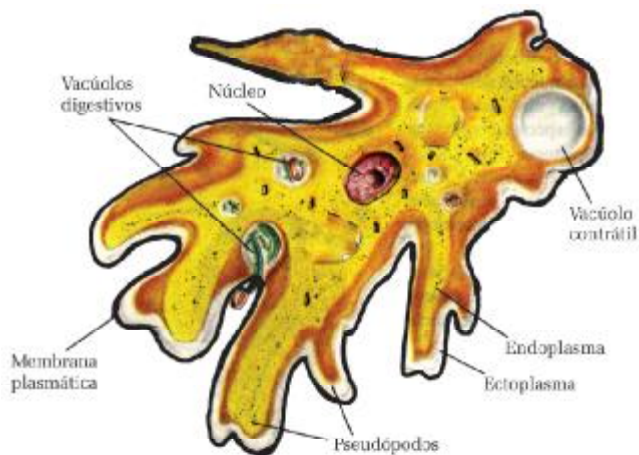
Sendo eucariontes, os protistas são portados de núcleo individualizado – delimitado por membrana nuclear denominada carioteca e de organelas citoplasmáticas bem definidas. Essas características permitem a distinção entre protistas e moneras.

Protozoários

Os protozoários são organismos eucariotos unicelulares tipicamente heterotróficos desprovidos de pigmentos e paredes celulares e apresentam imensa **diversidade morfológica**. Os membros da maioria dos grupos se nutrem por ingestão de alimento ou absorção de nutrientes dispersos no meio. Contudo, há espécies que transportam algas simbióticas e utilizam os produtos de sua fotossíntese, mantendo um estado nutricional denominado mixotrofia, no qual autotrofia e heterotrofia são combinadas em uma variedade de modos em diferentes graus.



Sarcodina (Rizópodos)



A Sarcodina reúne protozoários tipicamente amebóides – designados genericamente de **amebas** – que compõem um grupo extremamente diverso de protozoários que provavelmente evoluiu de diferentes ancestrais primitivos. A maioria das espécies é composta por organismos de vida livre, dulcícolas ou marinhas, e que são, normalmente, inofensivos. Contudo, existem espécies que estabelecem relações comensais ou parasíticas com animais e humanos. A espécie representativa das amebas é a forma dulcícola, de vida livre, *Amoeba proteus*.

Locomovem-se e alimentam-se pela emissão de pseudópodos que variam em estrutura e número entre as diferentes espécies. As amebas fagocitam fragmentos de matéria orgânica, protozoários menores inteiros e bactérias. Após a internalização do alimento, **vacúolos digestivos** que se formam próximo do sítio da ingestão procedem à sua digestão.

Mastigophora (Flagelados)

A Mastigophora reúne os organismos denominados flagelados, por se locomoverem por **propulsão flagelar**. Os flagelados podem exibir morfologia simples de células individuais ovaladas ou alongadas, com um ou mais flagelos. Algumas espécies exibem morfologia mais sofisticada, apresentando um único flagelo circundado por pseudópodos com os quais capturam partículas de alimento.

Os flagelados exibem a maior **diversidade nutricional** entre os protozoários. Embora a maioria seja heterótrofa, alimentando-se de bactérias, algas e de outros protozoários, muitos grupos contêm pigmentos fotossintetizantes e são autótrofos. Estes são considerados algas verdes unicelulares em alguns esquemas de classificação. Membros de várias espécies transportam simbiontes fotossintetizantes, como nos casos de *Oikomonas syncyanotica*, que transporta **cianobactérias** em sua superfície celular (ectossimbiontes), e de *Amphisolenia*, que contém cianobactérias no interior de suas células (endossimbiontes).

Os flagelados exibem um espectro nutricional completo que varia de totalmente autótrofo ao completamente heterótrofo, com variações de diferentes graus de mixotrofia entre ambos.

Algumas espécies estabeleceram associações mutualísticas com insetos como membros do gênero *Trichonympha* que, por secretar enzimas celulolíticas, participa da digestão da celulose no trato digestório de cupins. Outras espécies evoluíram um modo de vida parasitário. *Trypanosoma cruzi* e *Trypanosoma brucei* causam a doença de Chagas e doença do sono, respectivamente, e, em algum estágio de seu ciclo vital, vivem na circulação sanguínea de um hospedeiro vertebrado, daí serem denominados flagelados sanguíneos ou hemoflagelados. *Trichomonas vaginalis*

é o agente causador da tricomoníase, uma infecção comum do trato genito-urinário feminino. *Giardia lamblia* é parasita do intestino humano, podendo causar diarreia aguda ou crônica. *Trypanosoma gambiense* é causador da doença do sono.

Os flagelados parasitas podem apresentar ciclos vitais complexos com variações morfológicas nos seus hospedeiros intermediários (artrópodos vetores) e definitivos (vertebrados).

Os membros do gênero *Trypanosoma* sofrem variações morfológicas durante os vários estágios dos seus ciclos vitais nos seus hospedeiros insetos (intermediários) e mamíferos (definitivos).

Entre os membros do gênero *Leishmania* que causam leishmaniose cutânea ou leishmaniose visceral, ocorrem duas formas distintas conforme o hospedeiro. No trato alimentar do inseto vetor (hospedeiro intermediário) ocorre uma forma flagelada denominada promastigota e no humano (hospedeiro definitivo) formas não-flageladas denominadas de amastigotas parasitam macrófagos em diferentes regiões do organismo.

Os flagelados parasitas nutrem-se por absorção de nutrientes presentes no organismo ou célula em que habitam:



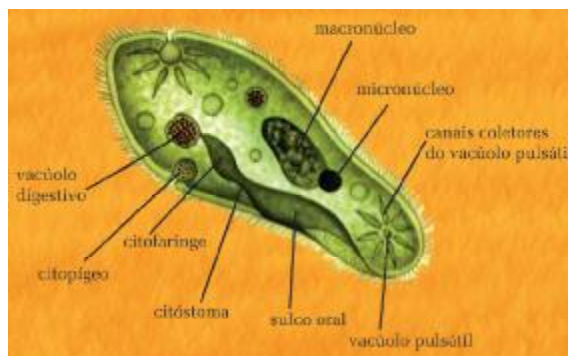
Trypanosoma gambiense

Ciliophora

Ciliophora reúne os protozoários que se locomovem por **propulsão ciliar** e que apresentam dois tipos de núcleo em cada organismo. Os ciliados são organismos de vida livre e o gênero *Paramecium* é o tipo representativo deste grupo. *Balantidium coli* é o único parasita humano importante deste grupo.

Os ciliados alimentam-se por meio de uma depressão da superfície, denominada **sulco oral**. No final do sulco oral existe uma estrutura chamada citóstoma (“boca” da célula). O movimento deles provoca turbilhonamento na água, que facilita a penetração de uma eventual partícula alimentar no sulco oral; o alimento atravessa então o citóstoma e penetra numa região denominada **citofaringe**. No final da citofaringe, o alimento é definitivamente adquirido pelo paramécio formando um vacúolo digestivo. Após a digestão e absorção de nutrientes, os digestivos são eliminados através de um poro denominado **citopígeo** ou **citoprocto**. Há ainda um **vacúolo pulsátil**, que elimina o excesso de água.

Outras importantes características dos ciliados é o fato de possuírem dois tipos de núcleos em suas células, o **macronúcleo** e **micronúcleo**, **reprodução sexuada** por conjugação e **reprodução assexuada** por fissão binária do plano equatorial ou do plano transverso.



(Paramecium)



Apicomplexa (Esporozoários)

O Apicomplexa reúne organismos exclusivamente parasitas intracelulares obrigatórios de animais e humanos. O termo Apicomplexa deriva de uma estrutura especializada, o complexo apical – visualizada somente ao microscópio eletrônico – que esses protozoários utilizam para se aderirem ou penetrarem nas células do hospedeiro. Os membros deste grupo não apresentam sistemas de locomoção aparentes, são numerosos e de distribuição mundial.

Os protozoários exclusivamente parasitas tendem a ser estruturalmente menos complexos que os de vida livre, mas os apicomplexa apresentam ciclo de vida complexo com fases reprodutivas sexuadas e assexuadas alternadas, envolvendo dois hospedeiros diferentes como artrópodes (mosquito ou carrapato) e vertebrados (animal ou humano). O filo Apicomplexa inclui importantes patógenos humanos, tais como as espécies de *Plasmodium*, causadores da malária, *Toxoplasma gondii*, causador da toxoplasmose, patógenos oportunistas associados à AIDS e patógenos de animais silvestres e de importância econômica:

A transmissão da toxoplasmose, doença causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*, se dá por contato ou por fezes de animais domésticos, principalmente os gatos. As fezes do gato podem conter cistos do parasita, que são disseminados por animais, como moscas e baratas. Normalmente, a doença evolui de forma benigna, desaparecendo sem deixar seqüelas no organismo; mas, em mulheres grávidas, o protozoário pode atingir o feto, provocando-lhe cegueira, deficiência mental e até mesmo a morte.

Algas do Reino Protista

As algas estudadas neste reino são divididas em três filós: **Euglenophyta** (euglenófitas), **Chrysoophyta** (crisófitas) e **Pyrrophyta** (pirrófitas). São unicelulares, ao contrário de outras algas mais complexas que serão estudadas no reino vegetal (*Plantae*).

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Em algumas regiões do Brasil, como no Estado de São Paulo, a maneira usual de transmissão de *Trypanosoma cruzi* para o ser humano, por meio de triatomídeos, deixou de ser importante, principalmente em consequência das medidas de controle desse artrópode. Dê duas explicações para o aparecimento, nessas regiões, de novos casos humanos autóctones da doença de Chagas.

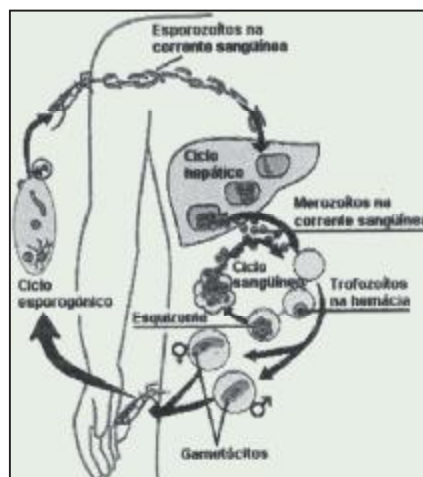
SOLUÇÃO:

Transfusões sanguíneas e transmissão vertical, da mãe infectada pelo 'T. cruzi', para seu filho, durante a gestação ou da amamentação.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UNESP) Alice e Antônio moravam em um pequeno sítio, em uma humilde casa de barro, no interior do Estado de Minas Gerais. Da mesma maneira que a maior parte dos habitantes dessa região, o casal sofria de doença de Chagas. Procurando melhorar de vida, o casal reuniu todas as economias e mudou-se para a região central de Belo Horizonte, onde, dois anos depois, teve um filho sadio. Preocupados com a possibilidade de o filho apresentar a mesma doença, pelo fato de morarem juntos, perguntaram a um médico se o menino corria risco de também ser portador da doença de Chagas.

- (A) Quais seriam a resposta e a justificativa corretas dadas pelo médico?
- (B) Se essa família voltar a residir na região de origem, cite duas providências que os pais deveriam tomar para evitar que o filho adquira doença de Chagas.



Explique por que os cientistas selecionam os estágios esporozoítos e merozoítos como fontes de antígenos.

02. (UFRJ) O diagrama abaixo representa o ciclo do plasmódio causador da malária, uma doença que mata milhões de pessoas anualmente na África e no Brasil e para a qual não existem vacinas. O diagrama mostra os estágios do parasita: esporozoítos, merozoítos, trofozoítos, esquizonte e gametócitos. Muitos cientistas tentam, no momento, produzir vacinas concentrando suas estratégias nos estágios de esporozoítos e merozoítos.

- 03. (UFSCAR)** Os vetores da malária são dípteros do gênero 'Anopheles'.
- (A) Um anófele adulto, que pela primeira vez em sua vida pica uma pessoa, pode transmitir-lhe malária? Por quê?

(B) Considerando o ciclo de vida dos insetos transmissores da malária e o tipo de ambiente em que as fases larvais ocorrem, proponha uma medida de prevenção da doença.

04. (UNESP) Analise a figura. O organóide mencionado é o vacúolo contrátil, presente em alguns seres protistas.



- (A) Quais as principais funções desta organela citoplasmática, e em que grupo de protistas ela está presente?
- (B) Em quais condições ambientais esta organela entra em atividade?

05. O modo de nutrição das bactérias é muito diversificado: existem bactérias fotossintetizantes, que obtêm energia da luz; bactérias quimiossintetizantes, que obtêm energia de reações químicas inorgânicas; bactérias saprofágicas, que se alimentam de matéria orgânica morta; bactérias parasitas, que se alimentam de hospedeiros vivos.

Indique a alternativa que relaciona corretamente cada um dos tipos de bactéria mencionados com sua posição na teia alimentar.

	Fotossintetizante	Quimiossintetizante	Sapofágica	Parasita
(A)	Decompositor	Produtor	Consumidor	Decompositor
(B)	Consumidor	Consumidor	Decompositor	Consumidor
(C)	Produtor	Consumidor	Decompositor	Decompositor
(D)	Produtor	Decompositor	Consumidor	Consumidor
(E)	Produtor	Produtor	Decompositor	Consumidor

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UERJ) Os antibióticos, largamente usados no combate às infecções bacterianas, deveriam matar as bactérias de modo seletivo, sem interferir no metabolismo das células do corpo humano, o que nem sempre ocorre.

- (A) Os derivados de cloranfenicol, apesar de terem sido usados como antibióticos, por atuarem sobre o ribossomo de bactérias, também interferem na função de uma organela humana. Indique o processo que é inibido pelo cloranfenicol e explique por que apenas uma organela humana é afetada por sua ação.
- (B) O tratamento prolongado com qualquer antibiótico por via oral pode levar à carência de algumas vitaminas. Cite uma dessas vitaminas e explique como a antibioticoterapia oral pode provocar sua carência.

02. (UNICAMP) Estima-se que um quarto da população européia dos meados do século XIX tenha morrido de tuberculose. A progressiva melhoria da qualidade de vida, a descoberta de drogas eficazes contra a tuberculose e o desenvolvimento da vacina BCG fizeram com que a incidência da doença diminuisse na maioria dos países. Entretanto, estatísticas recentes têm mostrado o aumento assustador do número de casos de tuberculose no mundo, devido à diminuição da eficiência das drogas usadas e à piora das condições sanitárias em muitos países.

- (A) Qual é o principal agente causador da tuberculose humana?
- (B) Como essa doença é comumente transmitida?
- (E) Explique por que a eficiência das drogas usadas contra a tuberculose está diminuindo.

03. (UFF) A tabela a seguir apresenta a incidência (número de casos/100.000 habitantes) de três doenças em cinco regiões de um determinado país, no ano de 2001.

DOENÇAS	REGIÕES				
	I	II	III	IV	V
Hepatite A	5	7	10	1.840	5
Cólera	0	8	11	253	4
Doença de Chagas	15	1.156	25	22	14

- (A) Quais os agentes etiológicos das três doenças?
- (B) Qual das cinco regiões possui o sistema de tratamento de águas e esgotos mais precário? Justifique sua resposta.
- (C) Considerando o mecanismo de transmissão pelo vetor, qual das cinco regiões possui maior extensão de área rural próxima a regiões silvestres? Justifique sua resposta.

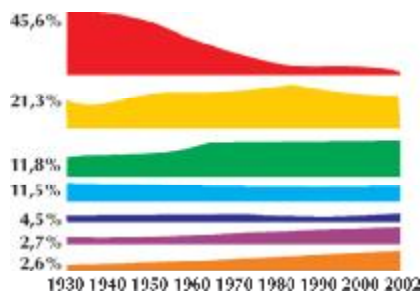
04. (UNICAMP) A anemia falciforme é caracterizada por hemácias em forma de foice, em função da produção de moléculas anormais de hemoglobina, incapazes de transportar o gás oxigênio. Indivíduos com anemia falciforme são homocigotos (SS) e morrem na infância. Os heterocigotos (Ss) apresentam forma atenuada da anemia. Na África, onde a malária é endêmica, os indivíduos heterocigotos para anemia falciforme são resistentes à malária.

- (A) Explique o que é esperado para a frequência do gene S em presença da malária. E em ausência da malária?
- (B) Qual é a explicação para o fato dos heterocigotos para anemia serem resistentes à malária?

05. (UFG) Os insetos constituem um grupo de animais que apresenta grande diversidade biológica e desempenha importante papel nos ecossistemas terrestres. Por outro lado, algumas espécies desse grupo podem causar sérios prejuízos à agricultura e à saúde humana e animal.



- (A) Descreva três adaptações estruturais que contribuíram para o sucesso evolutivo dos insetos, bem como para sua ampla dispersão em ambientes terrestres.
- (B) Explique o processo de transmissão de uma doença humana, na qual um inseto é o vetor de um protozoário.
06. (ENEM) Algumas doenças que, durante várias décadas do século XX, foram responsáveis pelas maiores porcentagens das mortes no Brasil, não são mais significativas neste início do século XXI. No entanto, aumentou o percentual de mortalidade devida a outras doenças, conforme se pode observar no diagrama a seguir:



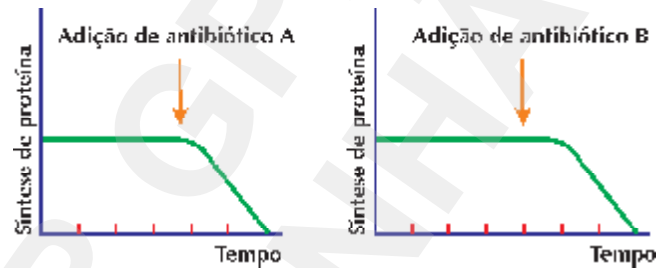
No período considerado no diagrama, deixaram de ser predominantes, como causas de morte, as doenças:

- (A) infecto-parasitárias, eliminadas pelo êxodo rural que ocorreu entre 1930 e 1940.
- (B) infecto-parasitárias, reduzidas por maior saneamento básico, vacinas e antibióticos.
- (C) digestivas, combatidas pelas vacinas, vermífugos, novos tratamentos e cirurgias.
- (D) digestivas, evitadas graças à melhoria do padrão alimentar do brasileiro.

- (E) respiratórias, contidas pelo melhor controle da qualidade do ar nas grandes cidades.

07. (UFMG) Analise estes gráficos:

EFEITOS DOS ANTIBIÓTICOS A E B SOBRE A SÍNTESE DE PROTEÍNAS EM BACTÉRIAS



Antibióticos:

A – inibidor da tradução B – inibidor da transcrição

Considerando-se as informações desses gráficos, é CORRETO afirmar que

- (A) os mRNAs transcritos antes da adição do antibiótico B são traduzidos.
- (B) a queda da síntese de proteína resulta da inibição da duplicação do DNA.
- (C) os dois antibióticos - A e B - atuam sobre o mesmo alvo.
- (D) o antibiótico A impede a síntese de novas moléculas de mRNA.
- Até há algum tempo, considerava-se que fungos e bactérias pertenciam ao reino vegetal. Com o reconhecimento das diferenças entre eucariotos e procariotos, as bactérias foram separadas, mas os fungos permaneceram incluídos no reino vegetal. Mais recentemente, porém, tornou-se claro que os organismos agrupados como fungos definitivamente não são plantas.

CONTEXTUALIZANDO

Até há algum tempo, considerava-se que fungos e bactérias pertenciam ao reino vegetal. Com o reconhecimento das diferenças entre eucariotos e procariotos, as bactérias foram separadas, mas os fungos permaneceram incluídos no reino vegetal. Mais recentemente, porém, tornou-se claro que os organismos agrupados como fungos definitivamente não são plantas.

- (A) Apresente uma característica comum a bactérias e fungos que permitiu considerá-los como plantas.
- (B) Apresente uma característica das bactérias que demonstra serem elas pertencentes a outro reino. Qual é esse reino?
- (C) Cite duas características das plantas que não são encontradas nos fungos.

Reino Fungi

Os fungos, também conhecidos como cogumelos, são organismos uni ou pluricelulares, destituídos de pigmentos fotossintetizantes. Dotados de parede celular, sua reprodução normalmente envolve a participação de esporos, como ocorre entre as plantas. Mas armazenam glicogênio e apresentam nutrição heterótrofa, como os animais. E, enquanto os animais são heterótrofos por ingestão, os fungos são heterótrofos por absorção, conforme ainda veremos melhor neste módulo. Pelas diferenças que apresentam tanto em relação aos vegetais como aos animais, modernamente os fungos são enquadrados num reino “somente deles”: o reino Fungi.

Os fungos multicelulares são formados por uma rede de filamentos chamados de **micélio**. Os filamentos são chamados de **hifas**.

A estrutura em micélio confere aos fungos uma elevada relação área/volume, facilitando a aquisição de alimento, pois esta estrutura rapidamente se estende em todas as direções sobre o alimento, podendo crescer mais de um quilômetro por dia, no total, e afastar-se mais de 30 metros do local de início do crescimento. Por este motivo, um fungo tem um importante efeito no meio, nomeadamente na degradação de substrato e na acumulação de partículas.

NUTRIÇÃO EM FUNGOS

Fungos mutualistas

Os fungos estabelecem relações com seres autotróficos, tornando-os mais eficientes na colonização de habitats inóspitos. São disso exemplo os **líquenes**. Neste caso, as células autotróficas (de clorófitas ou de **cianobactérias**) ficam protegidas por uma camada de hifas, que forma quase uma epiderme. Dado que a alga não se pode deslocar, o fungo fornece-lhe os nutrientes minerais de que necessita para a fotossíntese e protege-a das alterações ambientais, recebendo em troca compostos orgânicos.

Outra importante associação simbiótica dos fungos são as **micorrizas**, associações entre as hifas e as raízes de **árvores**.

Fungos predadores

Estes fungos capturam e alimentam-se de pequenos animais vivos (**nemátodos**) que vivem no solo. As hifas destes fungos segregam substâncias anestésicas que imobilizam estes animais, após o que envolvem o seu corpo com o micélio e o digerem. Outras espécies de fungos predadores capturam os **nemátodos** com o auxílio de verdadeiras armadilhas formadas por argolas de hifas, que, quando estimuladas pela passagem do animal, aumentam de tamanho em cerca de 0,1 segundo, aprisionando-o, sendo em seguida digerido.

Fungos saprófitos

Fungos que vivem sobre matéria orgânica morta, criando estruturas reprodutoras a partir do micélio. São de grande importância nos ecossistemas, pois são decompositores, reciclando os elementos químicos vitais, como, por exemplo, carbono, azoto, fósforo, entre outros.

Fungos parasitas

Fungos que retiram o alimento do corpo dos hospedeiros, prejudicando-os e causando-lhes doenças. Alguns são parasitas de protozoários, plantas e animais. Os fungos parasitas geralmente não matam o hospedeiro, mas limitam grandemente o seu crescimento.

As **micoses** são extremamente difíceis de tratar, pois os fungos são organismos eucarióticos; logo, a maioria dos antibióticos eficazes também afetariam as células humanas.

Os antimicóticos mais eficazes agem sobre lípidos da membrana, exclusivos dos fungos, como o **ergosterol**, cuja estrutura é semelhante à do colesterol, que existe nas membranas animais.

ANTIBIÓTICO POR ACASO

Enquanto alguns fungos provocam espirros, outros salvam vidas. Prova dessa benevolência dos membros do reino Fungi é a descoberta que o bacteriologista Alexander Fleming (1881 – 1955) fez em 1928. Ele trabalhava num laboratório em Paris, na França, quando descobriu um ser alienígena desenvolvendo-se no meio das bactérias *Staphylococcus* com as quais realizava pesquisas. Em vez de ficar irado com o intruso, Fleming decidiu estudá-lo e o identificou como sendo esporos do fungo *Penicillium*. Notou que eles estavam “acidentalmente” inibindo o desenvolvimento das bactérias. Ele acabava de descobrir a penicilina, o primeiro de uma série de antibióticos que revolucionariam a Medicina.

DIVERSIDADE DOS FUNGOS

O reino Fungi é freqüentemente dividido em dois filios: **Eumycota** (fungos verdadeiros) e **Mixomycota** (fungos gelatinosos). O filo Eumycota é o que possui maior variedade de espécies, distribuídas em quatro classes: **Phycomycetes**, **Ascomycetes**, **Basidiomycetes** e **Deuteromycetes**. O principal critério para separar os fungos nessas quatro classes é o tipo de processo sexual e de estrutura reprodutiva que apresentam.

IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E ECONÔMICA DOS FUNGOS

Os fungos são utilizados em diversas indústrias humanas, nomeadamente a panificação, cervejaria, farmacêutica e alimentar, entre outras.

O fabrico da cerveja implica a sacarificação do amido da cevada – germinação, secagem e fervura – e a sua fermentação – inoculação com *Sacharomyces cerevisiae*, com produção de álcool e CO₂.

O fabrico do vinho implica a fermentação direta de açúcares solúveis por *Sacharomyces ellipsoideus*.

Outro importante antibiótico usado na atualidade é a **ciclosporina**, a “droga maravilhosa” como foi designada. Esta substância foi isolada a partir de um fungo do solo *Tolypocladium inflatum*, e reprime as reações imunológicas que causam a rejeição de órgãos transplantados.

No fabrico do pão, o CO₂ produzido pela fermentação realizada por *Sacharomyces cerevisiae* provoca o aumento de volume e a leveza, características do pão.

No fabrico do queijo são usadas diversas espécies do género *Penicillium*, o qual também produz o antibiótico penicilina.

REINO METAPHYTA (PLANTAE)

É formado por seres pluricelulares, clorofilados e, portanto, autotróficos e fotossintetizantes. Compreende as algas pluricelulares, as briófitas, pteridófitas, gimnospermas e as angiospermas.



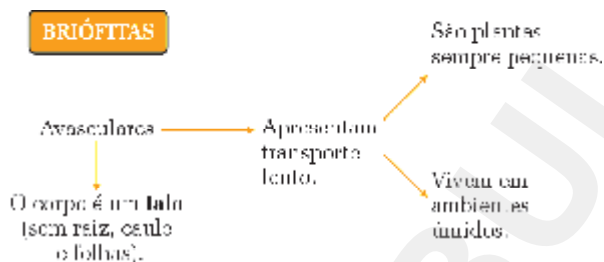
ALGAS DO REINO PLANTAE

São seres eucariontes, pluricelulares, clorofilados e, portanto, com capacidade de realizar o fenômeno fotossintético. Englobam vegetais relativamente simples, mas bastante diversificados quanto às formas, pigmentos e tipos de reprodução. São encontrados principalmente no meio aquático. Elas podem viver associadas a fungos, formando os líquens.

Além da clorofila, apresentam outros pigmentos como: caroteno (de cor abóbora), xantofila (de cor amarela), ficoeritrina (de cor vermelha) e ficocianina (de cor azul).

BRIÓFITAS (ATRAQUEÓFITAS)

São vegetais bastante primitivos, de pequeno porte, geralmente com menos de 40 cm de altura. De uma maneira geral, vivem em terrenos úmidos e sombreados. Apresentam algumas formas de água doce. Seu corpo é formado de estruturas rudimentares, sem diferenciação. Não apresentam ainda um sistema vascular (tecido condutor). A água entra por osmose, passando de célula para célula e por isso esses vegetais apresentam um tamanho limitado. Apresentam alternância de gerações e sua fecundação depende da água para o encontro dos gametas. Sua fase mais evoluída é a gametofítica.

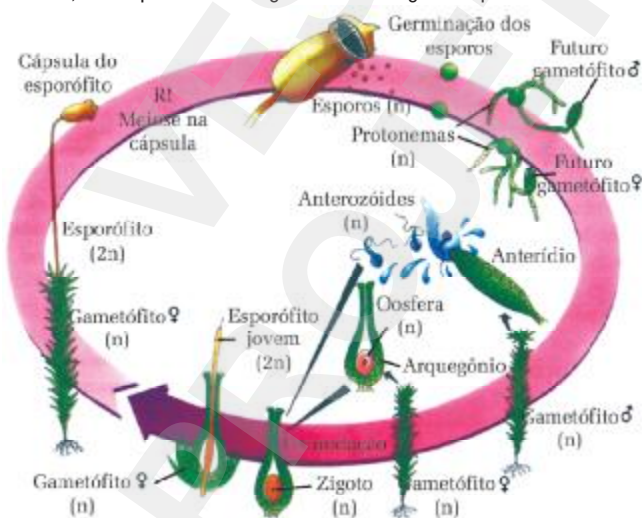


Classificação das Briófitas

As briófitas são divididas em três grupos:

- musgos, com aproximadamente 14.500 espécies;
- hepáticas, apresentando cerca de 9.000 espécies;
- antóceros, tendo cerca de 200 espécies.

As classificações mais recentes apresentam esses grupos como **divisões**, com apenas os musgos sendo designados por **briófitas**.



(Representação esquemática do ciclo reprodutivo de um musgo.)

TRAQUEÓFITAS

Compreende organismos com vasos condutores: xilema (seiva bruta) e floema (seiva elaborada), que são tecidos especializados em transportar fluidos através do corpo do vegetal. Em virtude de sua capacidade de transportar água e sais minerais a distâncias relativamente longas e num tempo relativamente curto, as plantas vasculares conseguem atingir tamanho bem maior do que as plantas avasculares.

Classificação das Traqueófitas

Pteridófitas, Gimnospermas e Angiospermas são as plantas mais conhecidas na divisão Traqueófitas.

Classe Pteridófitas ou Filicíneas

São os primeiros vegetais a apresentarem tecido condutor e raízes verdadeiras. Podem atingir tamanho bem superior aos das Briófitas. Vivem tanto em solo úmido como seco. São vegetais com raiz, caule e folhas diferenciados.

O sistema vascular é formado por vasos condutores que movimentam substâncias no interior do vegetal. Os vasos lenhosos levam água e sais minerais das raízes até as folhas (movimento ascendente), enquanto os vasos liberianos trazem a seiva elaborada nas folhas pelo fenômeno fotossintético até as raízes (movimento descendente).

O caule das pteridófitas cresce paralelo ao solo e é chamado de rizoma.

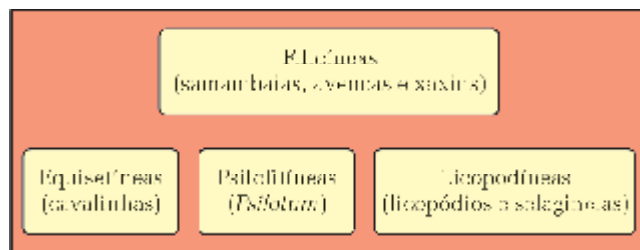
Exs.: Samambaias e avencas.

Importância

As pteridófitas têm grande importância ecológica, evolutiva e econômica. São encontradas em diversos ambientes, principalmente em terrestres úmidos, em florestas temperadas e pluviais, em fendas de rochas ou na água. Realizam fotossíntese e produzem matéria orgânica, podendo servir de alimento para muitos animais. As pteridófitas são também importantes nas sucessões ecológicas, nas quais aparecem em grande quantidade.

As pteridófitas foram as primeiras plantas terrestres a abrir o caminho para a evolução de outras plantas e de animais. Elas reinaram sobre a superfície da Terra por mais de 100 milhões de anos. Durante o período Carbonífero, a partir das pteridófitas, formaram-se muitos dos grandes depósitos de carvão, que é ainda hoje importante combustível para muitas atividades humanas.

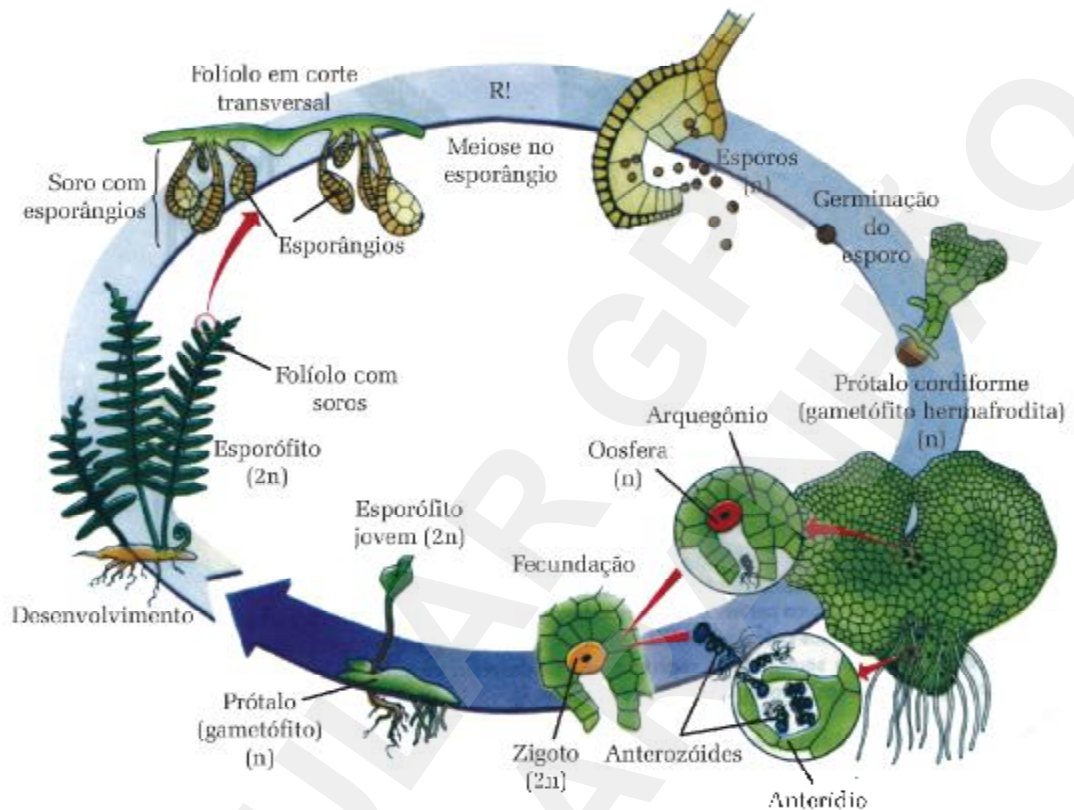
O grupo de pteridófitas com maior número de espécies inclui samambaias, avencas e xaxins e recebe a denominação de **filicíneas**. Assim, as pteridófitas apresentam a seguinte composição:



Samambaia, nome comum aos membros de uma divisão de plantas criptógamas (produtores de esporos). As samambaias arbórescentes, como a samambaiaçu, são também chamadas de fetos e formam troncos rematados por uma fronde. Esses troncos costumam ser usados para fazer vasos de xaxim, mas a maior parte das samambaias carece de tronco e as folhas brotam diretamente de um pequeno talo subterrâneo.

O ciclo reprodutivo das samambaias compreende duas gerações: uma assexuada e outra sexuada. A assexuada ou esporófito corresponde à planta verde da samambaia, tal como é conhecida. Sobre suas folhas, formam-se grupos de estruturas portadoras de esporos chamadas esporângios, dispostas em pequenas formações de cor castanha denominadas soros.

Quando um esporo cai num lugar que reúne as condições apropriadas de calor e umidade, começa a germinar e se transforma numa pequena samambaia sexuada, chamada prótalo. O prótalo é o gametófito: uma estrutura pequena, na qual encontram-se os órgãos sexuais (o feminino ou arquegônio e o masculino ou anterídio). De cada prótalo surge apenas um esporófito; quando a planta inicia seu desenvolvimento, o prótalo do qual surgiu morre.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

Até há algum tempo, considerava-se que fungos e bactérias pertenciam ao reino vegetal. Com o reconhecimento das diferenças entre eucariotos e procariontes, as bactérias foram separadas, mas os fungos permaneceram incluídos no reino vegetal. Mais recentemente, porém, tornou-se claro que os organismos agrupados como fungos definitivamente não são plantas.

- (A) Apresente uma característica comum a bactérias e fungos que permitiu considerá-los como plantas.
- (B) Apresente uma característica das bactérias que demonstra serem elas pertencentes a outro reino. Qual é esse reino?
- (C) Cite duas características das plantas que não são encontradas nos fungos.

Solução:

- (A) Parede celular.
- (B) São organismos procariontes, pertencentes ao reino Monera.
- (C) Cloroplastos, fotossíntese, tecidos organizados.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFRRJ) Um dos armários do laboratório da escola apareceu com pontos e fios brancos em suas portas, do lado interno. Um dos alunos identificou os pontos e os fios brancos como sendo um tipo de mofo. Para eliminá-lo, passou um pano embebido em álcool na porta, até limpá-la totalmente. Na semana seguinte, para surpresa do aluno, os pontos e fios reapareceram.

A partir dos seus conhecimentos a respeito da estrutura e biologia dos fungos, explique por que o mofo reapareceu.

02. (UNICAMP) O impressionante exército de argila de Xian, na China, enfrenta finalmente um inimigo. O oponente é um batalhão composto por mais de quarenta tipos de fungos, que ameaça a integridade dos 6000 guerreiros e cavalos moldados em tamanho natural. Os fungos que agora os atacam se alimentam da umidade provocada pela respiração das milhares de pessoas que visitam a atração a cada ano.

(Adaptado de Veja, 27/09/2000).



- (A) Ao contrário do que está escrito no texto, a umidade não é suficiente para alimentar os fungos. Explique como os indivíduos do Reino Fungi se alimentam.
- (B) Os fungos são encontrados em qualquer ambiente. Como se explica essa grande capacidade de disseminação?

03. (UFSCAR) Muitas das características que surgiram ao longo da história evolutiva das plantas permitiram a conquista do ambiente terrestre. Considere os musgos e as samambaias e

- (A) cite uma característica compartilhada por esses dois grupos que torna essas plantas dependentes da água para a fertilização;
- (B) compare os dois grupos com relação à presença de um sistema vascular para transporte de água e nutrientes.

04. (UNIFESP) Suponha que você queira inventar uma pomada que elimine, ao mesmo tempo, as bactérias saprófitas e os fungos que existem na sola do pé e tenha, para combinar nessa pomada, os princípios ativos e seus modos de ação discriminados no quadro.

PRINCÍPIOS	MODO DE AÇÃO
M	Destrói polissacarídeos compostos (como do exoesqueleto dos artrópodes).
N	Fragmenta moléculas circulares de DNA.
O	Impede a formação de membranas tilacóides.
P	Impede síntese de celulose na parede celular.
Q	Degrada o glicogênio presente na célula.

Das combinações relacionadas, aquela que contém somente princípios ativos eficientes para você atingir seu objetivo é

- (A) M,N e P;
- (B) N,O e P;
- (C) O, P e Q;
- (D) M,N e Q;
- (E) M,O e Q.

05. (PUCPR) Um estudante de Biologia, ao realizar uma pesquisa científica, chegou à conclusão de que um determinado ser vivo apresenta as seguintes características:

- tem como substância de reserva o glicogênio;
- apresenta quitina como um dos componentes da membrana celular;
- é pluricelular, muito embora suas células não constituam tecidos diferenciados;

- é eucarionte, porém não sintetiza pigmento fotossintetizante.

Pelas características expostas, conclui-se que o ser vivo pesquisado pertence ao reino:

- (A) Protista;
- (B) Fungi;
- (C) Monera;
- (D) Plantae;
- (E) Animalia.

06. (PUCMG) São características das briófitas:

- (A) fase gametofítica dominante, esporófito dependente do gametófito, fecundação dependente da água;
- (B) fase esporofítica dominante, gametófito dependente do esporófito, fecundação dependente da água;
- (C) fase gametofítica dominante, esporófito independente do gametófito, fecundação independente da água;
- (D) fase esporofítica dominante, gametófito independente do esporófito, fecundação independente da água;
- (E) fase gametofítica dominante, esporófito reduzido a uma célula gamética, fecundação independente da água.

07. (SPG2) Assinale a alternativa que relaciona a característica evolutiva que permitiu às Pteridófitas sobreviver em ambientes terrestres e atingir porte maior que as Briófitas como os musgos:

- (A) caule subterrâneo;
- (B) folhas compostas;
- (C) vasos condutores;
- (D) flores monóicas;
- (E) sementes aladas.

08. (MACKENZIE) Os termos “criptógama” e “fanerógama” são utilizados, respectivamente, para indicar plantas que não têm flores e as que têm flores; “avascular” e “vascular” designam, respectivamente, plantas que não têm e que têm vasos condutores de seiva. Assinale a alternativa que apresenta exemplo de planta criptógama vascular:

- (A) Samambaia;
- (B) Pinheiro;
- (C) Musgo;
- (D) *Elodea*;
- (E) Cacto.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FUVEST) As leveduras podem viver tanto na presença quanto na ausência do gás oxigênio.

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

02. (UNESP) Fungos e bactérias têm sido considerados, por muitos, os “vilões” entre os seres vivos. Sabemos, entretanto, que ambos apresentam aspectos positivos e desempenham importantes funções ecológicas.

- (A) Cite uma forma pela qual bactérias e fungos podem contribuir para a reciclagem de nutrientes minerais.
- (B) Cite um exemplo de conquista científica no combate a infecções que foi possível a partir da utilização de fungos.

03. (FUVEST) O molho de soja mofado vem sendo usado na China, há mais de 2.500 anos, no combate a infecções de pele. Durante a Segunda Guerra Mundial, prisioneiros russos das prisões alemãs, que aceitavam comer pão mofado, sofriam menos infecções de pele que os demais prisioneiros, os quais recusavam esse alimento.



- (A) O que é mofo?
- (B) Por que esses alimentos mofados podem combater as infecções de pele?

04 (UFG) O reino Fungi possui cerca de 70.000 espécies, entre elas fungos de importância ecológica e/ou econômica.

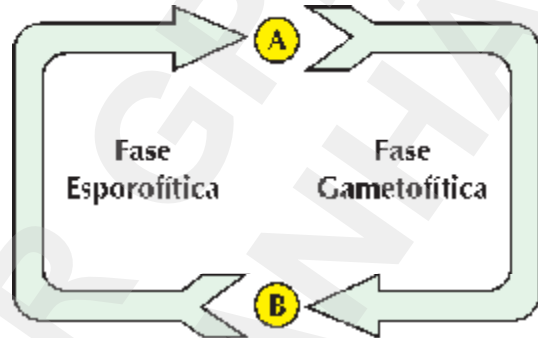
- (A) Explique, sucintamente, por que os fungos, juntamente com as bactérias heterotróficas, são ecologicamente tão importantes?
- (B) Por que alguns fungos como 'Aspergillus flavus' e 'A. parasiticus', que crescem em sementes estocadas de milho, trigo e amendoim, são danosos à saúde humana mesmo depois do fungo ter sido eliminado dessas sementes?
- (C) Planta ou animal? Os fungos não são nem uma coisa nem outra. Cite uma característica dos fungos que se assemelha aos animais e uma outra que se assemelha às plantas.

05 (UFG) As briófitas e as pteridófitas são vegetais característicos de ambientes úmidos.

- (A) Explique como ocorre o transporte da água no interior desses organismos.

- (B) Apresente uma razão para o fato de as briófitas serem consideradas organismos importantes na dinâmica das comunidades.

06 (FUVEST) O esquema a seguir representa o ciclo de vida da samambaia. A letra [A] representa a célula haplóide que faz a transição da fase esporofítica para a fase gametofítica; a letra [B] representa a célula diplóide que faz a transição da fase gametofítica para a fase esporofítica.



- (A) Descreva resumidamente a aparência das plantas que representam a fase esporofítica e a fase gametofítica.
- (B) Quais são os nomes das células representadas pelas letras A e B?

CONTEXTUALIZANDO

Um século atrás, Louis Pasteur, investigando o metabolismo do levedo, um organismo anaeróbico facultativo, observou que, em solução de água e açúcar, esse microorganismo se multiplicava. Observou também que a multiplicação era maior quando a solução era aerada.

- (A) Explique a importância do açúcar para o levedo.
- (B) Justifique a diferença de crescimento nas condições aeróbica e anaeróbica.



Classes Gimnosperma e Angiosperma

CLASSE GIMNOSPERMAS

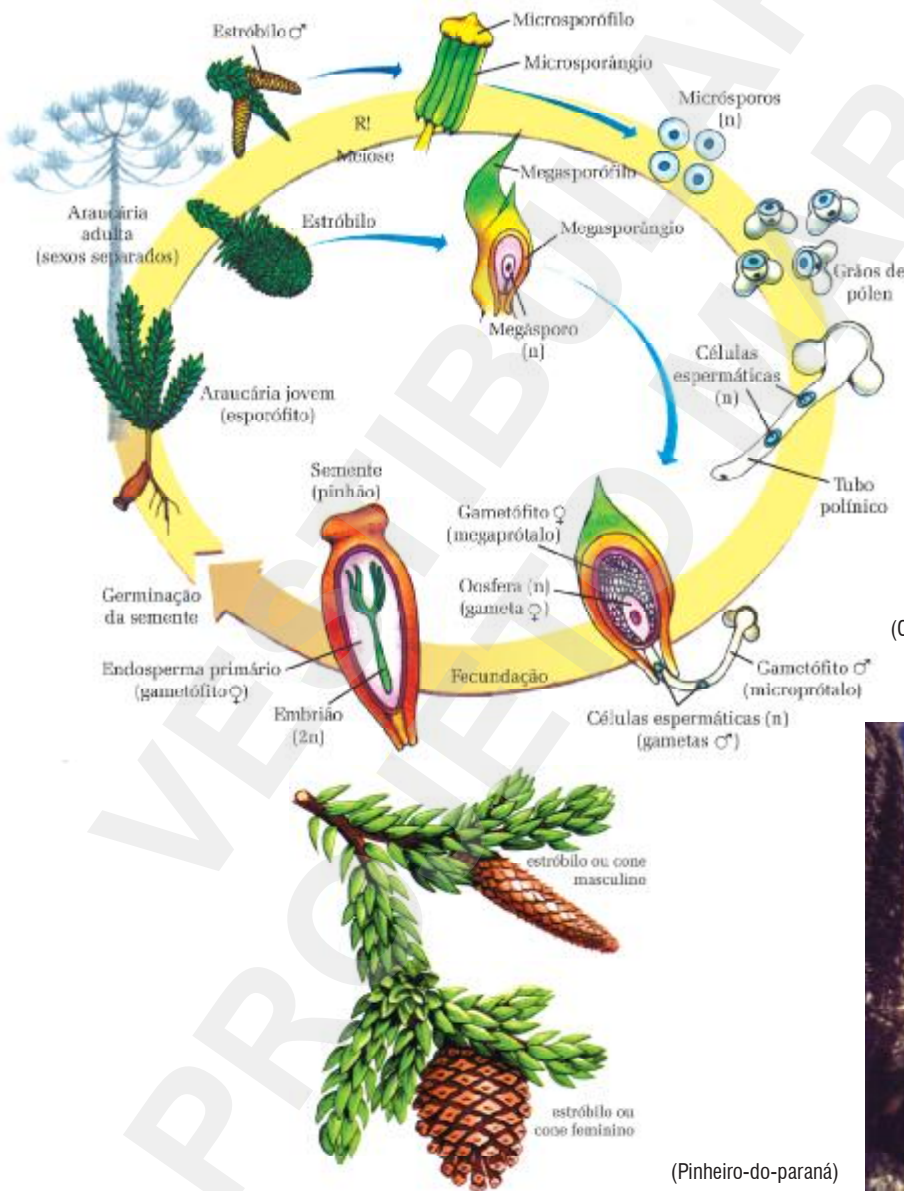
São plantas que apresentam sementes nuas, isto é, não formam frutos. As sementes são estruturas reprodutivas que abrigam no seu interior um embrião, sendo compostas por três partes:

- a) um esporófito jovem embrionário;
- b) alimento armazenado e tecido, produtos que o embrião necessitará quando começar a crescer;

c) tecidos externos que circulam e protegem tudo que existe no seu interior.

As gimnospermas são plantas geralmente perenes ou sempre verdes, ou seja, não perdem as folhas à chegada do inverno. São classificadas como Fanerógamas (do latim: *fanero* – visível; *gamos* – casamento), plantas com flor, embora não possuam flores verdadeiras, porque não têm cálice, corola, nem ovário verdadeiro.

Muitas gimnospermas alcançam grande tamanho, estando evidente o desenvolvimento dos vasos condutores. Existem gimnospermas com 4.600 anos, sendo, portanto, os mais antigos seres vivos sobre a Terra. Exs.: Gênero: *Zania*, *Ginkygos*, *Cygas*, *Pinus*, *Gnetum*, *Ephdra*, *Cunninghamia* (árvore de Natal), *Araucária* (pinheiro-do-Paraná), *Cupressus* (ciprestes), *Sequoiadendron* etc.





FORMAÇÃO DA SEMENTE EM GIMNOSPERMAS

Polinização e Fecundação

A chegada dos grãos de pólen ao óvulo é chamada **polinização**. Nas gimnospermas, o agente responsável pela polinização é o vento. Um grão de pólen que atinge o óvulo germina, produzindo um longo **tubo polínico**. Duas **células espermáticas**, originadas pela divisão mitótica da célula geradora, deslizam pelo tubo polínico em direção à micrópila do óvulo.

O tubo polínico perfura o megasporângio e atinge a oosfera. Esta é fecundada por uma das células espermáticas, surgindo, assim, o **zigoto** diplóide.

Formação do Embrião

O zigoto sofre sucessivas divisões mitóticas originando um **embrião** diplóide. Enquanto o embrião está se formando, o tecido gametofítico ao redor dele armazena substâncias nutritivas e se transforma no **endosperma primário**, cuja função é nutrir o embrião. Os tegumentos do óvulo tornam-se espessos, formando uma casca resistente. Esse conjunto, resultante do desenvolvimento do óvulo fecundado, é a **semente**. Ao amadurecer, ela se desprende do megasporófilo e cai ao solo. Se as condições forem apropriadas, a semente germina.

A **germinação** da semente nada mais é do que a retomada do desenvolvimento do embrião, que cresce e perfura a casca da semente, dando origem a uma pequena planta diplóide.

Durante a germinação, o embrião se nutre das substâncias armazenadas no endosperma. Quando estas se esgotam, a jovem plantinha já apresenta raízes e folhas, sendo capaz de retirar nutrientes minerais do solo e de produzir substâncias orgânicas por meio da fotossíntese.

CLASSE ANGIOSPERMA

São plantas cujas sementes são produzidas em flores verdadeiras. A flor é órgão de reprodução das Angiospermas. Nela estão presentes os gametófitos masculinos e femininos. Como resultado da fecundação dos gametófitos surgem as sementes, encerradas no interior dos frutos. As Angiospermas são as plantas mais abundantes, constituindo um grupo diversificado com aproximadamente 200.000 espécies, distribuídas por toda a extensão da Terra. Podem ser aquáticas ou terrestres. Subdividem-se em Monocotiledôneas e Dicotiledôneas.

CARACTERÍSTICAS QUE DIFERENCIAM MONOCOTILEDÔNEAS E DICOTILEDÔNEAS

Monocotiledôneas

Apresentam sementes com apenas um cotilédono (estrutura especial, que é formada na semente e cuja função principal é nutrir o embrião).

Com raiz fasciculada ou em cabeleira.

Caule sem crescimento em espessura (salvo raras exceções). Dois tipos: estipe e colmo.

Feixes líbero-lenhosos dispersos no caule.

Com folhas paralelinérveas (com nervuras paralelas).

Flores Trímeras, isto é, com elementos florais (estame, pétala, sépala etc.) em número de 3 (três) ou múltiplo de três.

Ex.: Cereais, Bambu, Grama etc.

Dicotiledôneas

Apresentam sementes com dois cotilédones.

Com raiz axial ou pivotante.

Caule com crescimento em espessura.

Feixes vasculares abertos e distribuídos em forma de cilindro contínuo.

Com flores pentâmeras ou tetrâmeras, isto é, seus elementos florais estão presentes em número de 5 ou 4 e seus múltiplos (5 pétalas, 5 sépalas etc).

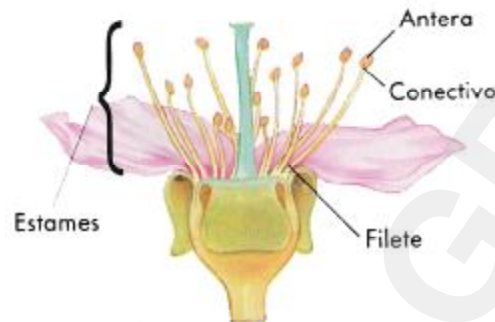
Ex.: A maioria das plantas frutíferas.

Corpo Vegetativo	Monocotiledôneas	Dicotiledôneas
Raiz	<ul style="list-style-type: none"> fasciculada ou em cabeleira; endoderme com reforço em U; crescimento primário 	<ul style="list-style-type: none"> axial ou pivotante; endoderme com estrias de Caspary; crescimento primário e secundário.
Caule	<ul style="list-style-type: none"> em geral não ramificado; feixes líbero-lenhosos fechados e dispersos; ausência de câmbio; crescimento primário (em geral). 	<ul style="list-style-type: none"> em geral ramificado; feixes líbero-lenhosos abertos; com câmbio, distribuído em anel; crescimento primário e secundário.
Folha	<ul style="list-style-type: none"> com nervuras paralelas. 	<ul style="list-style-type: none"> com nervuras em rede (reticuladas).
Flor	<ul style="list-style-type: none"> flores trímeras (peças componentes organizam-se em número de três ou múltiplos de três). 	<ul style="list-style-type: none"> flores tetrâmeras ou pentâmeras (compostas por 2 ou 5 elementos ou seus múltiplos).
Semente	<ul style="list-style-type: none"> com um cotilédono. 	<ul style="list-style-type: none"> com dois cotilédones
Exemplos	<p>Milho, trigo, arroz, aveia, cevada, bambu, cana-de-açúcar, gramíneas, cereais, orquídeas, etc.</p>	<p>Algodão, ervilha, soja, alfafa, amora, urtiga, feijão, melancia, melão, abacate, maçã, laranja, limão, manga, uva, melancia, melão, etc.</p>

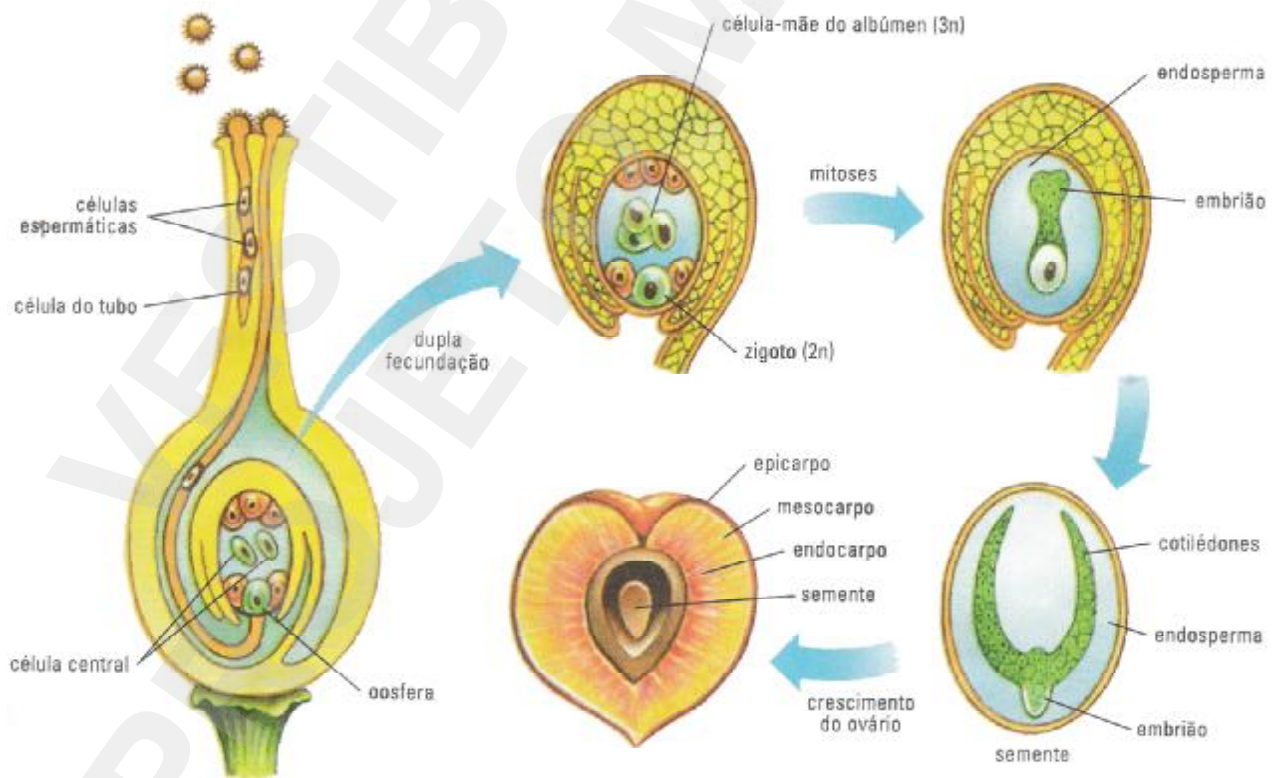
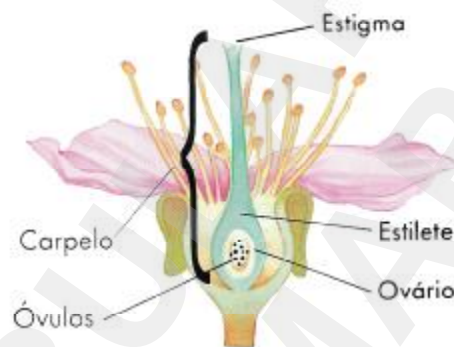


Morfologia da Flor

Androceu



Gineceu



A fecundação e a formação da semente e do fruto.



As angiospermas fazem parte de nosso dia-a-dia, servindo como fonte de alimento, sendo usadas como pastagens e fornecendo fibras, madeiras, bebidas, medicamentos, óleos ou temperos.

As angiospermas têm grande influência no equilíbrio ecológico, atuando de diversas maneiras:

- como componentes de interações como mutualismo (por exemplo, na polinização) e comensalismo (por exemplo, hospedeiras de epífitas);
- como participantes do ciclo do nitrogênio, como as leguminosas, que abrigam em suas raízes, em interação mutualística, bactérias fixadoras de nitrogênio;
- como produtoras de matéria orgânica, podendo servir de alimento para animais, fungos e bactérias;
- como controladoras do tamanho de outras populações, produzindo substâncias nocivas, como venenos, látex, e inibidoras da germinação.

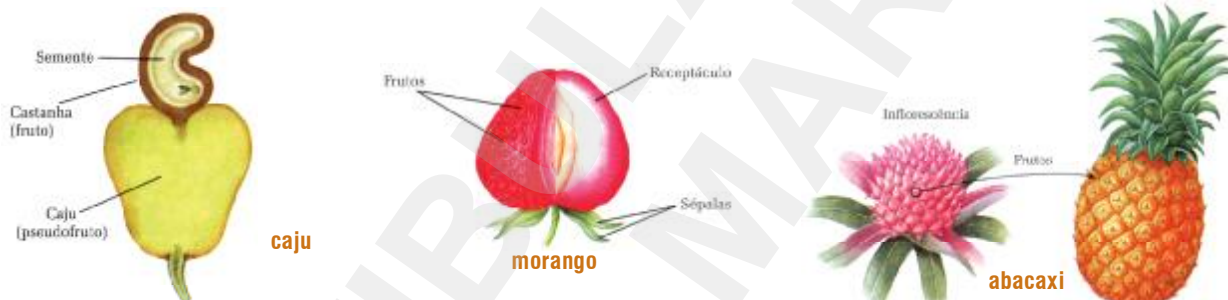
PSEUDOFRUTOS E FRUTOS PARTENOCÁRPICOS

Até aqui, foi descrito um padrão em que ovários formam frutos e óvulos formam sementes, mas há muitas variações desse modelo habitual. Algumas variações importantes são os pseudofrutos e os frutos partenocárpicos.

Pseudofrutos são estruturas semelhantes a frutos, que não se desenvolvem a partir do ovário. A maçã e a pêra derivam do receptáculo floral. O caju se origina do pedúnculo floral e sua castanha é o fruto verdadeiro, que contém a semente.

Frutos partenocárpicos, como abacaxi, banana e laranja-da-baía, não apresentam sementes. A flor produz hormônios de crescimento, que convertem o ovário em fruto.

A parte suculenta do caju é um pseudofruto simples, que se origina do pedúnculo e do receptáculo florais. O verdadeiro fruto do caju é a parte dura em forma de rim, que contém a semente, conhecida como castanha-de-caju. O morango é um pseudofruto composto. Sua flor apresenta diversos ovários, cujas bases acumulam substâncias nutritivas, originando a polpa vermelha comestível. Os ovários são os pontos escuros sobre a polpa do morango, e contêm uma pequeníssima semente em seu interior. O verdadeiro fruto da maçã, onde se localizam as sementes, fica envolvido pelo receptáculo floral suculento, que é a parte comestível. O abacaxi é um pseudofruto múltiplo. Sua parte comestível se origina do desenvolvimento dos receptáculos florais das diversas flores que compõem sua inflorescência.



REPRODUÇÃO

Nas fanerógamas, as estruturas que participam da reprodução sexuada são as flores, que, nas angiospermas, são formadas por um pedúnculo e um receptáculo onde se inserem os verticilos florais. Estes são:

cálice: formado pelo conjunto de sépalas;

corola: formada pelo conjunto de pétalas;

androceu: formado pelo estames, que constituem o sistema reprodutor masculino;

gineceu: formado pelo pistilo, que constitui o sistema reprodutor feminino.

Há flores que apresentam apenas o androceu ou apenas o gineceu, sendo, nestes casos, denominadas flores masculinas e femininas, respectivamente. A maioria das flores, entretanto, é hermafrodita, apresentando androceu e gineceu. Essas flores geralmente desenvolvem mecanismos que impedem a autofecundação.

As sépalas e as pétalas são folhas modificadas, estéreis, não formando elementos de reprodução.

O estame e o pistilo são folhas modificadas que produzem elementos de reprodução.

O estame é uma folha modificada em cuja extremidade diferencia-se a antera, no interior da qual desenvolvem-se esporângios, que produzirão esporos. Estes, à semelhança do que ocorre nas gimnospermas, iniciam a produção de gametófito masculino no interior da parede do esporo (desenvolvimento

endospórico), dando origem ao grão de pólen, que permanece no interior dos esporângios até a época da reprodução.

O grão de pólen das angiospermas contém em seu interior duas células haplóides: a célula do tubo ou vegetativa e a célula geradora ou reprodutiva. A parede do grão de pólen é espessa, apresentando ornamentações que são típicas para diferentes grupos de plantas. Os grãos de pólen das angiospermas são semelhantes aos das gimnospermas, diferindo destes por não apresentarem expansões aladas.

O pistilo é formado por uma ou mais folhas modificadas, que se fundem dando origem a uma porção basal dilatada, denominada ovário, e uma porção alongada, denominada estilete, cujo ápice é o estigma.

Nas angiospermas os óvulos possuem dois tegumentos, a primina e a secundina, havendo um orifício de passagem denominado micrópila.

No interior do megasporângio, forma-se o megásporo funcional (haplóide), que dá origem ao gametófito feminino no interior do óvulo: o saco embrionário. Este possui, próximo à micrópila, duas células laterais, as sinérgides e um central, a oosfera, que é gameta feminino; no polo oposto, há três células denominadas antípodas; no centro, há dois núcleos denominados núcleos polares, que se podem fundir, dando origem a um núcleo diplóide, o núcleo secundário do saco embrionário.

O saco embrionário, portanto, corresponde ao gametófito feminino. Nele não há formação de arquegônios, como ocorre nas gimnospermas, havendo diferenciação direta de uma oosfera (n), que é o gameta feminino.



Comparando-se, então, o óvulo maduro de angiosperma com o de gimnosperma, verifica-se que nas angiospermas o óvulo é mais simples, possuindo um gametófito feminino ainda mais reduzido, formado por apenas oito células e que não apresenta diferenciação de arquegônios.

Após a polinização inicia-se a germinação do grão de pólen. Forma-se o tubo polínico que cresce penetrando no estilete em direção ao ovário. À medida que isto ocorre, a célula geradora e o núcleo da célula vegetativa (núcleo vegetativo) migram para o tubo polínico. A célula geradora sofre divisão mitótica e dá origem a dois núcleos espermáticos, que são os gametas masculinos.

O tubo polínico geralmente penetra no óvulo através da micrópila, sendo que o núcleo da célula vegetativa, ao entrar em contato com o saco embrionário, degenera-se. Um aspecto exclusivo das angiospermas é a dupla fecundação, pois em cada óvulo uma das células espermáticas funde-se com a oosfera, dando origem ao zigoto, que é, portanto, diplóide, e a outra funde-se com os núcleos polares, dando origem a um núcleo triplóide.

Após a fecundação, as sinérgides e as antípodas sofrem degeneração. O zigoto sofre várias divisões mitóticas, dando origem ao embrião, e o núcleo triplóide, também por divisões mitóticas, dá origem ao endosperma, tecido triplóide que muitas vezes acumula reservas nutritivas, utilizadas pelo embrião durante seu desenvolvimento.

Com o desenvolvimento do embrião, os tecidos do óvulo tornam-se desidratados e os envoltórios do óvulo, impermeáveis. Neste ponto, a estrutura toda passa a ser chamada de semente. Assim, a semente nada mais é do que o óvulo fecundado e desenvolvido.

Em algumas angiospermas, o endosperma é digerido pelo embrião antes de entrar em dormência. O endosperma digerido é transferido e armazenado geralmente nos colitédones, que se tornam, assim, ricos em reservas nutritivas.

Isto ocorre, por exemplo, em feijões, ervilhas e amendoins.

As sementes que transferem as reservas do endosperma para os colitédones são denominadas sementes sem endosperma ou sementes sem albúmen. Nas sementes em que isto não ocorre, os colitédones não contêm reservas nutritivas e as sementes são chamadas de sementes com albúmen (ou endosperma).

A semente, ao germinar, dá origem à planta jovem (plântula), que por sua vez dá origem à planta adulta.

Comparando-se as sementes de gimnospermas com as de angiospermas verifica-se que ambas apresentam:

- casca ou tegumento da semente, originada da diferenciação dos tegumentos do óvulo e que, portanto, é $2n$;
- megasporângio reduzido ($2n$);
- tecido nutritivo denominado endosperma;
- embrião, que corresponde ao esporófito jovem e que, portanto, é $2n$.

A diferença que se verifica é que o tecido nutritivo ou endosperma, nas gimnospermas, é um tecido haplóide que corresponde ao gametófito feminino. Nas angiospermas, o endosperma é um tecido triplóide, que se forma após a fecundação e não corresponde ao gametófito feminino. É um tecido nutritivo especial.

O endosperma das gimnospermas é também chamado de endosperma primário (n) e o das angiospermas, de endosperma secundário ($3n$), pois este se forma após a fecundação.

À medida que a semente está-se formando, verifica-se, nas angiospermas, desenvolvimento da parede do ovário da flor e, em alguns casos, de estruturas associadas, dando origem ao fruto.

O fruto é ovário desenvolvido.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Um botânico recebeu duas plantas de origens desconhecidas. Estudando-as, concluiu que uma delas era polinizada por insetos e oriunda de região de alta pluviosidade; já a outra era polinizada pelo vento e provinha de uma região árida.

Explique como ele pôde ter chegado a estas conclusões, com base nas observações e análises realizadas.

SOLUÇÃO:

Uma das plantas seria proveniente de região com alta pluviosidade e polinizada por insetos porque deve apresentar as seguintes características:

- corola vistosa, colorida e perfumada com nectários abundantes;
- nas folhas observam-se estômatos grandes e pouco numerosos.

O outro vegetal, polinizado pelo vento e de região árida, apresentaria as seguintes características:

- grãos de pólen pequenos, leves e numerosos;
- estigmas amplos e pegajosos;
- folhas pequenas, ou transformadas em espinhos, com estômatos protegidos e em grande número;
- raízes muito desenvolvidas.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFRRJ) Leia o texto a seguir, sobre evolução dos processos reprodutivos das plantas, e responda.

Os cientistas afirmam que as plantas terrestres evoluíram a partir de algas verdes que conquistaram o ambiente terrestre. Basicamente, a tendência manifestada na reprodução foi eliminar sua dependência da água.

(AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. "Fundamentos da biologia moderna". São Paulo: Moderna, 1995.)

- (A) Que estrutura tornou os vegetais superiores independentes da água, para a sua reprodução?
 (B) De que maneira age a estrutura que torna os vegetais superiores independentes da água?

02. (UFRJ) Na conquista do meio terrestre pelos vegetais, as adaptações referentes à reprodução foram fundamentais.

No contexto da propagação dos gametas, indique se são as Angiospermas ou as Pteridófitas as que apresentam menor dependência da água. Justifique sua resposta.

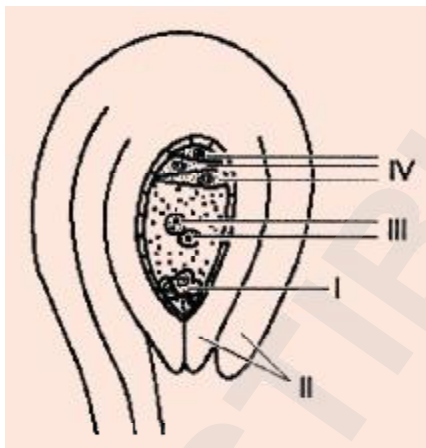


03. (UNICAMP) O projeto “Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo”, financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), envolveu diversas instituições de pesquisa e ensino. O levantamento realizado no Estado comprovou a existência de cerca de oito mil espécies de fanerógamas.

- (A) Cite duas características exclusivas das fanerógamas.
- (B) As fanerógamas englobam dois grupos taxonomicamente distintos, sendo que um deles é muito freqüente no Estado e o outro representado por um número muito pequeno de espécies nativas. Qual dos grupos é pouco representado?
- (C) Que outro grupo de plantas vasculares não foi incluído nesse levantamento?

04. (PUCCAMP) O amendoim é uma planta originária da América do Sul. Sua importância econômica está relacionada ao fato das sementes possuírem sabor agradável e serem ricas em óleo, proteínas, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Os ácidos graxos insaturados presentes no amendoim ainda servem de veículo de transporte para a vitamina E, pois a mesma é lipossolúvel.

O esquema a seguir mostra a estrutura de um óvulo de angiosperma, grupo ao qual pertence o amendoim.



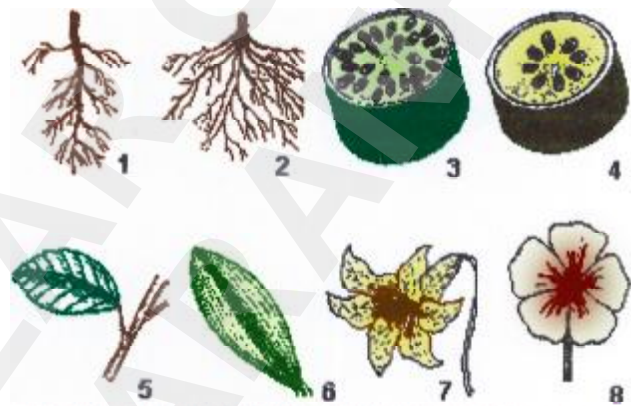
O embrião da semente origina-se a partir de:

- (A) I, somente;
- (B) I e III, somente;
- (C) III e IV, somente;
- (D) I, III e IV, somente;
- (E) I, II, III e IV.

05. Numa árvore angiosperma de 5 metros de altura, um indivíduo escreveu com canivete o seu nome a 1 metro do nível do solo. Após 10 anos, o indivíduo retornou ao local e constatou que a árvore atingira o triplo da altura. A que distância do solo está a inscrição com o nome do indivíduo, decorridos esses 10 anos?

- (A) 1 metro;
- (B) 3 metros;
- (C) 5 metros;
- (D) 10 metros;
- (E) 15 metros.

06. (UFU) As ilustrações adiante representam algumas características morfológicas das angiospermas, usadas para classificá-las em monocotiledôneas e dicotiledôneas.



(Adaptado de Amabis, J. M. e Martho, G. R. “Biologia dos organismos”. São Paulo: Moderna, 2002.)

Assinale a alternativa que apresenta apenas características comumente encontradas nas monocotiledôneas:

- (A) 2, 3, 6 e 7.
- (B) 1, 3, 5 e 8.
- (C) 2, 4, 5 e 7.
- (D) 1, 3, 6 e 7.

07. (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:

- (A) Abacaxi, ameixa e pêssego.
- (B) Morango, uva e tomate.
- (C) Caju, laranja e mamão.
- (D) Maçã, trigo e milho.
- (E) Melancia, mamão e feijão.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FAETC) Relacione os grupos da Coluna I com as características da Coluna II.

- Coluna I**
- 1. Algas
 - 2. Fungos

- Coluna II**
- () organismos vasculares, sem flores e sementes.
 - () organismos avasculares com fase gametofítica mais desenvolvida e duradoura do que a esporofítica.

- 3. Briófitas () organismos que apresentam tubo polínico, vasos condutores e frutos.
- 4. Pteridófitas () organismos autótrofos, unicelulares ou multicelulares, sem tecidos ou órgãos diferenciados.
- 5. Gimnospermas () organismos sem clorofila, importantes na decomposição de animais e vegetais mortos.
- 6. Angiospermas () organismos que apresentam sementes expostas (nuas).



A alternativa que apresenta a seqüência correta de números na Coluna II é:

- (A) 3, 4, 6, 5, 1, 2
- (B) 3, 6, 1, 4, 2, 5
- (C) 3, 6, 4, 5, 1, 2
- (D) 4, 3, 6, 2, 1, 5
- (E) 4, 3, 6, 1, 2, 5

02. (FUVEST) Considere o ciclo de vida de uma angiosperma.

- (A) Podemos afirmar que, em uma certa etapa do desenvolvimento, essa planta é heterotrófica. Quando isso ocorre qual a fonte de alimento utilizada?
- (B) Ao quantificarmos a respiração e a fotossíntese realizadas, desde a germinação até a fase adulta, esperamos verificar que, comparativamente, a planta realizou mais fotossíntese do que respirou, respirou tanto quanto realizou fotossíntese ou respirou mais do que realizou fotossíntese? Por quê?

03. (PUC-SP) Um vegetal conhecido como “cipó-chumbo” tem aspecto filamentosso e produz flores e frutos. Suas raízes são do tipo haustório e penetram até o floema da planta sobre a qual vive.

O “cipó-chumbo” é uma:

- (A) angiosperma epífita, cujas raízes lhe dão suporte, não causando nenhum prejuízo à outra planta.
- (B) angiosperma hemiparasita, pois retira a seiva bruta da planta sobre a qual vive.
- (C) gimnosperma parasita, que retira a seiva elaborada da outra planta.
- (D) gimnosperma hemiparasita, que retira a seiva bruta da planta hospedeira.
- (E) angiosperma parasita, que retira a seiva elaborada da outra planta.

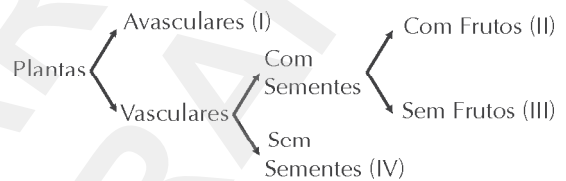
04. (UFRS) Em relação à propagação das angiospermas, são feitas as seguintes afirmações:

- I – A presença do gineceu e do androceu na mesma flor permite, durante o processo de reprodução, uma variabilidade genética maior.
- II – Flores com corolas vistosas, glândulas odoríferas e glândulas nectaríferas geralmente estão adaptadas à polinização pelo vento.
- III – Geralmente os agentes polinizadores e disseminadores de frutos e sementes são o vento, a água e os animais.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

05. (Unesp) Considere, no esquema a seguir, as características de determinados grupos vegetais.



Assinale a alternativa cujos grupos vegetais estão representados, respectivamente, pelos algarismos I, II, III e IV:

- (A) Briófitas, gimnospermas, angiospermas e pteridófitas.
- (B) Pteridófitas, gimnospermas, angiospermas e briófitas.
- (C) Briófitas, angiospermas, gimnospermas e pteridófitas.
- (D) Pteridófitas, angiospermas, gimnospermas e briófitas.
- (E) Briófitas, gimnospermas, pteridófitas e angiospermas.

CONTEXTUALIZANDO

Em um experimento, foram retirados 2 cm da região cortical da extremidade de dois ramos lenhosos de uma mesma planta, deixando expostas as partes medulares. A extremidade de cada um dos ramos foi coberta com pasta de vedar de maneiras diferentes e, em seguida, cada ramo foi mergulhado em um frasco com água. As ilustrações abaixo destacam como foram vedadas as extremidades desses ramos.

- (A) Nomeie o tecido de condução em contato direto com a água no ramo 1 e identifique uma das características desse tecido.
- (B) Indique o ramo cujas folhas apresentarão, primeiro, sinais de desidratação, e explique por que isto ocorre.

Reino Animal (Metazoários)

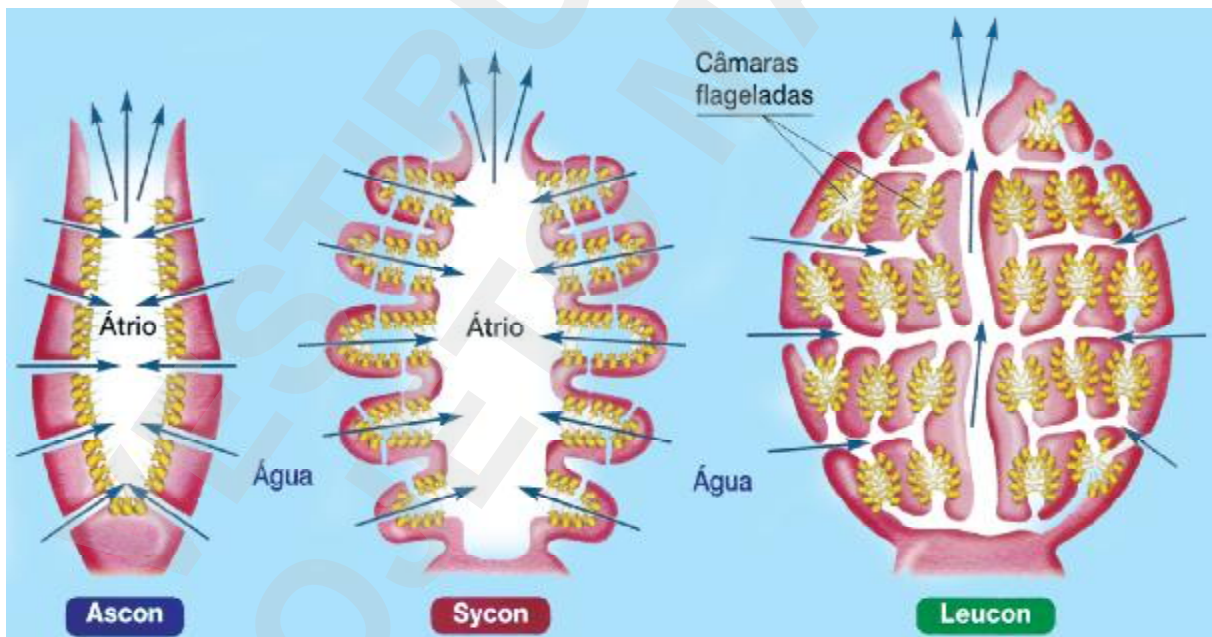
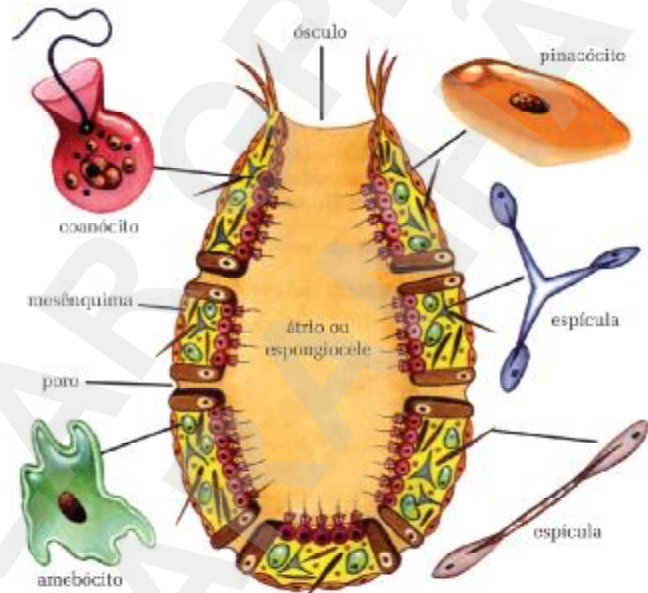
São seres vivos eucariontes, pluricelulares, heterotróficos, que passam por um estágio de Blástula durante o desenvolvimento embrionário. A maioria com capacidade de locomoção. Excetuando-se as esponjas, apresentam sempre células nervosas.

FILO ESPONGIÁRIOS OU PORÍFEROS

Este ramo é formado por seres primitivos com total ausência de tecidos e órgãos verdadeiros e, por isso, são colocados em um Ramo diferente dos outros animais, chamado Parazoário (metazoário sem órgãos definidos), do qual são os únicos representantes. Muitos autores acreditam que as esponjas surgiram da evolução de protozoários coanoflagelados, que se reuniram e criaram especializações, permitindo o aparecimento de um ser mais complexo. Os poríferos são animais sésseis de forma variada. A parede do corpo apresenta numerosos poros por onde entra a água com o alimento: possuem um esqueleto interno formado por espículas, que podem ser de origem protéica, silicosa ou calcária.

As esponjas sobrevivem graças a nutrientes trazidos pela água que circula através de seu corpo, entrando pelos poros (óstios) e saindo pelo ósculo. A digestão das esponjas é intracelular, ocorrendo dentro dos coanócitos, células típicas desse grupo de animais. O oxigênio é obtido pela difusão direta do meio aquático para as células do animal.

Principais tipos de células de uma esponja



Como mostram os esquemas, nos tipos *Sycon* e *Leucon* ocorrem dobramentos que resultam na redução do átrio e no aumento da área da parede interna com conseqüente aumento de células flageladas. Assim, com átrio reduzido e maior número de coanócitos, o movimento de água é mais intenso nessas esponjas do que nas do tipo *Ascon*.

Reprodução das Esponjas

As esponjas podem reproduzir-se sexuada e assexuadamente.

Elas podem ser **hermafroditas** ou de sexos separados. Em qualquer um dos casos, os espermatozoides saem da esponja pelo ósculo e chegam casualmente a outra esponja, na qual penetram pelos poros e fecundam os óvulos. Do ovo assim formado, desenvolve-se uma larva, que sai da esponja



pelo ósculo, ficando livre na água até encontrar um substrato, no qual se fixa e se desenvolve em esponja adulta.

FILO CNIDÁRIOS OU CELETERADOS

Os Celenterados constituem um grupo de animais quase que exclusivamente marinhos, com poucas espécies de água doce. São mais organizados que as Esponjas, pois já apresentam dois tipos morfológicos: o pólipo, que é fixo ao substrato, e a medusa, que tem vida livre.

Apresentam células urticantes chamadas cnidoblastos, especializadas na defesa e na captura de alimentos.

O cnidoblasto é disparado a partir do momento em que o animal sofre um abalo mecânico ou químico: o opérculo se abre, ocorrendo a evaginação do arpão que se verte rapidamente. Este filamento tem uma série de espinhos que rasgam a pele da vítima e, através do ferimento, penetram as toxinas que estavam banhando o arpão dentro da vesícula urticante (nematocisto), causando desde pequenas queimaduras até a morte, dependendo do tamanho da vítima.

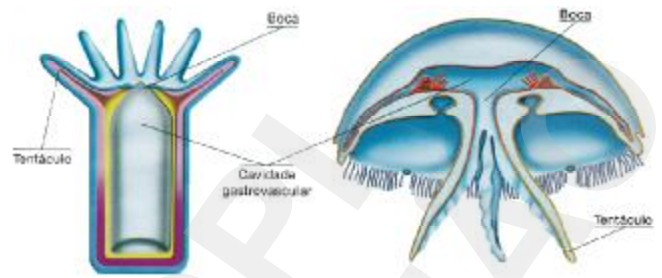
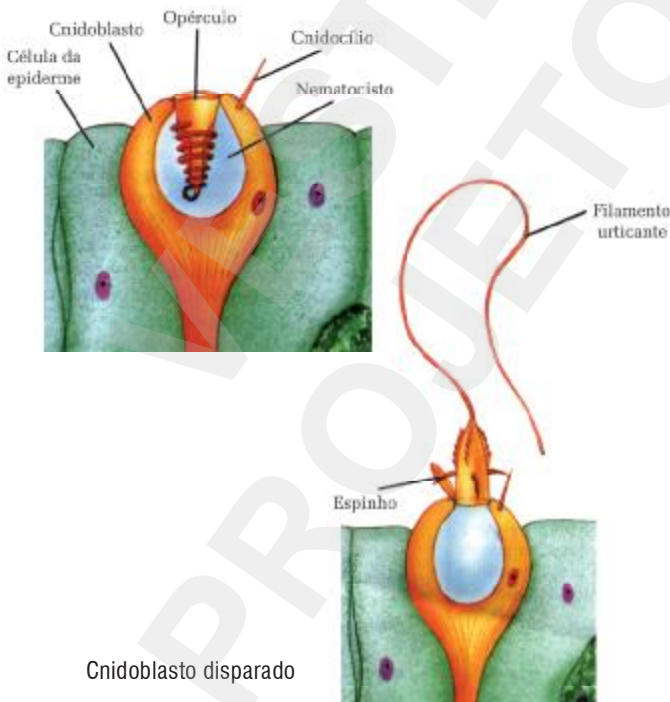
Exs.: Hydra, caravela, água-viva, coral, etc.

Os celenterados ou cnidários são os primeiros metazoários a exibir uma cavidade digestiva ou cavidade gastrovascular, com uma abertura única, que funciona como boca de ânus; portanto, o tubo digestivo é incompleto. A digestão enigmática começa nesta cavidade extracelularmente e termina no interior (intracelularmente) das células digestivas que fazem parte da gastroderme.

Apresentam o primeiro sistema nervoso, que é difuso e formado por células nervosas sensitivas que transmitem estímulos à parte muscular do animal, fazendo o movimento do tentáculo.

Classificação

- 1) Hidrozoários: forma isolada de pólipo móvel (*Hydra*), forma colonial (*Physalia*) e formas alternadas de pólipo e medusa (*Obelia*).
- 2) Cifozoários: formas alternadas de medusa e pólipo (*Aurelia*).
- 3) Antozoários: formas isoladas e coloniais de pólipos fixos (anêmonas e corais)

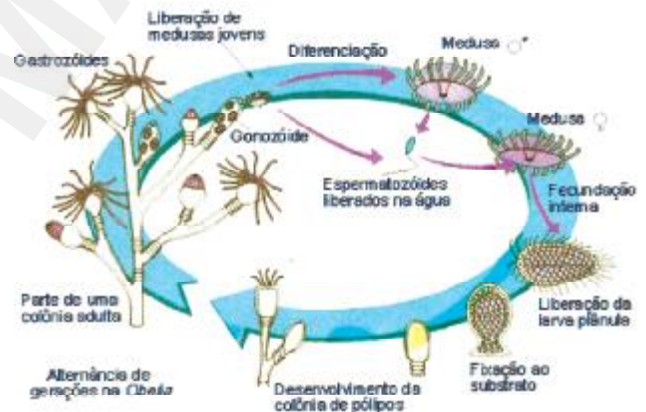


Reprodução

A maioria dos celenterados apresenta reprodução sexuada e assexuada, sendo grande o número de espécies que apresenta alternância de gerações (**metagênese**). Nesse caso, a forma polipóide produz assexuadamente pequenas medusas que, após um período de desenvolvimento, produzem gametas de cuja fusão resulta o zigoto.

A fecundação é **externa** na maioria dos celenterados, havendo espécies em que o encontro dos gametas ocorre dentro da cavidade gástrica. Nos casos em que o desenvolvimento é **indireto** (todas as espécies marinhas), o zigoto formado dá origem a uma larva ciliada (**plânula**). Após algum tempo, a larva se fixa ao substrato dando origem a um novo organismo (pólipo).

Nas espécies que apresentam apenas a forma de pólipo, esse se reproduz sexuadamente originando novos pólipos. Os espermatozoides são liberados na água, nadando ao encontro do óvulo. A fecundação e as primeiras divisões ocorrem com o zigoto ainda preso ao organismo materno. Como seqüência do processo, o embrião se destaca e transforma-se em um pólipo jovem, que na maturidade repete o ciclo.



FILO PLATELINTOS

Dados de anatomia e fisiologia

Sistema circulatório: **ausente** (alimento distribuído pelo intestino muito ramificado a todas as células do corpo).

Sistema respiratório: **ausente** (trocas gasosas diretamente entre células e o ambiente).

Sistema excretor: **presente** (rede de protonefrídios com células-flamas ou solenócitos); poros excretores na superfície dorsal do corpo.

Sistema nervoso: **presente** (um par de gânglios cerebrais, ligados a dois cordões nervosos longitudinais).

Sistema sensorial: **presente** (órgãos especializados na captação de estímulos luminosos, mecânicos e químicos).



Com ou sem sistema digestivo, quando apresenta ele é incompleto, sem ânus.

Classificação

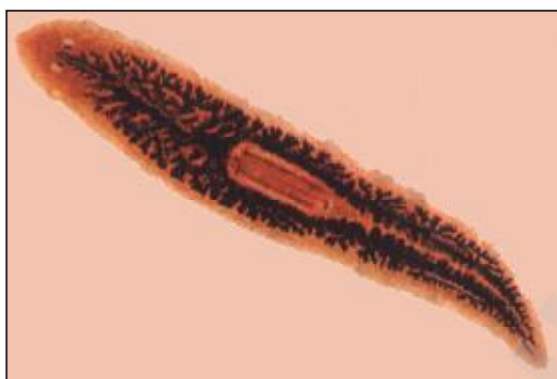
Neste filo, encontramos mais de 10.000 espécies agrupadas em três classes: *Turbelaria*, *Trematoda* e *Cestoda*.

Classe Turbelaria

Compreende animais de vida livre. Corpo não segmentado e revestido por uma epiderme ciliada na região ventral. São monóicos, com fecundação cruzada.

Exs.: Planária (*Dugesia tigrina*).

Planária – normalmente encontrada em água doce.



Classe Trematoda

Compreende animais endoparasitas. Corpo não segmentado, revestido por cutícula. Apresentam uma ou mais ventosas para fixação.

Exs.: *Schistosoma mansoni*, parasita do fígado e baço humanos, causando a Esquistossomose (barriga d'água).

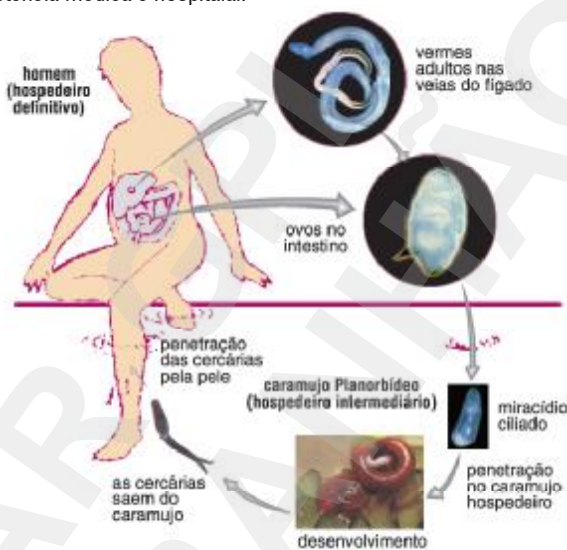
O *Schistosoma mansoni*, apesar de sua localização no interior das veias do intestino, reproduz-se eliminando ovos que fistulam para dentro do tubo digestivo, sendo eliminados com as fezes. Em locais de poucos recursos higiênicos e sanitários, as fezes contaminadas por esses ovos são levadas até rios e ribeirões. Na água, os ovos se rompem e liberam o **mirácido**, embrião ciliado microscópico, que nada à procura de um hospedeiro intermediário – o caramujo *Biomphalaria glabrata*. Encontrando-o, o mirácido penetra-lhe pelas antenas e, na cavidade paleal do molusco, origina larvas que passam pelas fases de **esporocistos** e **cercárias**.

Com a morte do caramujo (hospedeiro intermediário), as cercárias, que possuem cauda bifurcada, passam à água e nadam ativamente. Se tocarem a pele de uma pessoa, atravessam-na e atingem os vasos sanguíneos, pelos quais se deslocam, arrastadas pela circulação, até as veias do plexo mesentérico, no intestino, onde se desenvolvem, dando vermes adultos.

Muitos esquistossomos migram para o fígado, provocando um processo de irritação crônico que leva à cirrose hepática. Os ovos dos vermes causam obstrução à circulação sanguínea no intestino, o que determina ruptura de vasos, com hemorragias e passagem de plasma para a cavidade abdominal, levando à barriga-d'água (ascite). A doença é lenta, mas geralmente provoca a morte.

O combate à esquistossomose se baseia no extermínio dos moluscos e na orientação às pessoas para não terem contato com a água em locais

suspeitos e contaminados. É necessária a orientação das populações para não defecarem no campo ou sobre rios. O tratamento da doença exige assistência médica e hospitalar.



Classe Cestoda (Sem aparelho digestivo)

Platelmintos da classe Cestoda, podendo medir de alguns milímetros até metros de comprimento.

Conhecidas como solitárias, porque têm-se a presença somente de um verme em cada indivíduo.

Parasitas exclusivamente humano. Nos hospedeiros intermediários, porco e boi, não chegam a vermes adultos; somente atingem fase de larva.

Taenia solium (Hospedeiro Intermediário: porco)

Presença de ganchos fixadores no escólex (cabeça), ventosas laterais, comprimento menor, proglotes sem movimento. Mais preocupante, pois ao ingerir os ovos da *T. Solium*, os indivíduos, além de apresentarem o verme, podem apresentar cisticercose, doença que tem como característica o comprometimento do cérebro.

Taenia saginata (Hospedeiro Intermediário: boi)

Ausência de ganchos fixadores, existem apenas as ventosas, escólex quadrangular e apicais, comprimento maior.

Cisticercose

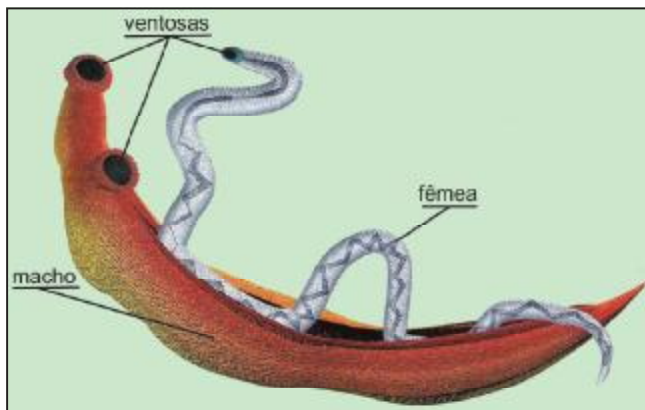
A cisticercose é causada pela larva da *Taenia solium* nos tecidos humanos. As manifestações clínicas dependem da localização e do número de larvas que infectaram o indivíduo, da fase de desenvolvimento dos cisticercos e da resposta imunológica do hospedeiro (é assim que costumam ser chamadas as pessoas que “hospedam” o verme). As formas graves estão localizadas no sistema nervoso central e apresentam sintomas neuro-psíquicos (convulsões, distúrbio de comportamento, hipertensão intracraniana) e oculares.

Quando o homem ingere os ovos da *Taenia solium*, provenientes de verduras e legumes mal lavados ou higiene inadequada, adquire a cisticercose.

A profilaxia para a Teníase e a Cisticercose é feita através de medidas



básicas de higiene, como lavar as mãos antes das refeições e após ir ao banheiro, com o cozimento adequado da carne de boi e de porco e a correta lavagem de verduras e legumes.



Reprodução

As tênias são hermafroditas e cada indivíduo fecunda a si próprio, ocorrendo, portanto, **autofecundação**. As tênias diferem das planárias, que também são hermafroditas, pois nas planárias há necessidade de dois indivíduos para a reprodução sexuada, sendo que um fecunda o outro, ocorrendo **fecundação cruzada** com mútua transferência de espermatozoides.

À medida que ocorre fecundação na tênia, vão-se formando numerosos ovos, que se acumulam no útero, presente em todas as proglótides.

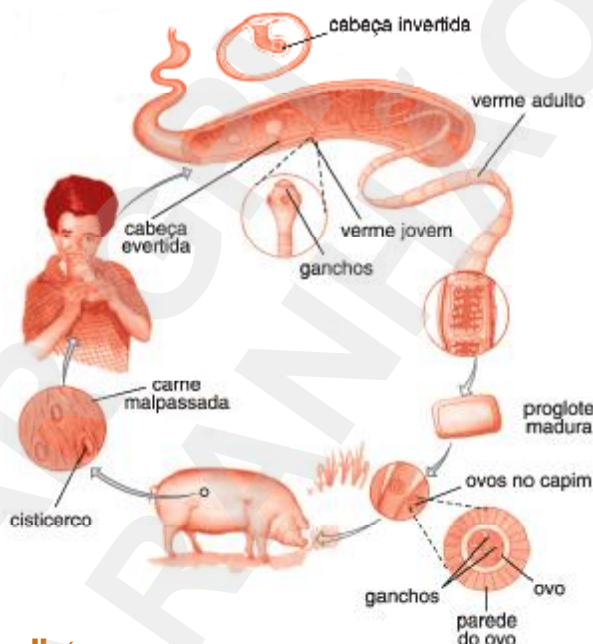
As proglótides, com o útero cheio de ovos, são liberadas na cavidade intestinal e eliminadas com as fezes. As proglótides novas e imaturas são formadas em uma região situada logo após o escólex.

Quando as fezes contendo proglótides são eliminadas diretamente no solo ou na água, os ovos contaminam os alimentos a serem ingeridos pelo boi ou pelo porco. No corpo desses animais, os ovos evoluem para larvas que se instalam nas diferentes partes do corpo, sendo muito freqüente sua instalação nos músculos (carne).

Essas larvas são os **cisticercos**, que, pelo aspecto arredondado e esbranquiçado, são conhecidos popularmente por **canjicas** ou **pipocas**.

O ser humano se infesta ao comer carne com cisticercos. Esses se instalam na parede intestinal, onde evoluem para tênia adulta.

Ciclo Evolutivo da *Taenia solium*



Cisto Hidático

A doença conhecida como **cisto hidático** ou **hidatose** é causada pelo *Cestóide Echinococcus granulosus*. A forma adulta desse verme mede entre 3 e 6mm de comprimento e vive no intestino do cachorro e de outros canídeos (lobo, chacal, etc.). A fase larval, porém, atinge grande tamanho e pode ocorrer no homem e em animais domésticos, como bois, carneiros, porcos, etc.

A infestação ocorre pela ingestão de água contaminada por fezes de cães portadores do verme, ou pelo contato direto com animais infestados. No intestino do homem, os ovos formam larvas que, através do sangue, atingem diversos órgãos (músculos, pele, vísceras ou o cérebro).

As larvas se desenvolvem em grandes bolsas esféricas, cheias de líquido, chamadas **cistos hidáticos**.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UNESP) No exame, a olho nu, das fezes de uma criança, foi constatada a presença de uma estrutura esbranquiçada, similar a pedaços de macarrão, cujo nome técnico é proglote. Sua mãe foi informada por algumas pessoas que não havia motivos para preocupação, uma vez que eram pedaços de um animal que morreu e estava se desmanchando.

Pergunta-se:

- a) A informação recebida pela mãe é correta? Justifique sua resposta.
- b) Que parasita o menino apresentava e a que filo pertence o animal em questão?

SOLUÇÃO:

- a) Errada. Tratam-se de pedaços (anéis ou proglotes) de solitária.
- b) Plelminto parasita cujo nome científico é *Taenia solium*.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFSCAR) Uma pessoa vegetariana e que nunca teve contato com água onde vivem caramujos foi diagnosticada como portadora de larvas de tênia encistadas em seu cérebro. Isso é:

- (A) possível, pois se pode adquirir esse parasita pela ingestão de seus ovos e, nesse caso, as larvas originam cisticercos no cérebro;
- (B) possível, pois as larvas infectantes desse parasita desenvolvem-se no solo e penetram ativamente através da pele;



- (C) possível, pois esse parasita é transmitido por insetos portadores de larvas infectantes;
- (D) pouco provável, pois só se adquire esse parasita pela ingestão de carne contendo larvas encistadas (cisticercos);
- (E) pouco provável, pois as larvas infectantes desse parasita desenvolvem-se em caramujos aquáticos.

02. (UNESP) Existe uma frase popular usada em certas regiões, relativa a lagos e açudes: “Se nadou e depois coçou, é porque pegou.” Esta frase refere-se a infecção por:

- (A) *Plasmodium vivax*. (D) *Taenia solium*.
- (B) *Trypanosoma cruzi*. (E) *Ancylostoma duodenale*.
- (C) *Schistosoma mansoni*.

03. (UECE) Os recifes são verdadeiras barreiras de depósitos calcários que se formam ao longo dos anos em várias costas brasileiras. A constituição física dessas barreiras marinhas se deve ao acúmulo de “esqueletos” de:

- (A) crustáceos; (B) algas;
- (B) espongiários; (D) celenterados.

04. (UECE) As estruturas anatômicas cnidoblastos e coanócitos são encontradas, respectivamente, nos:

- (A) espongiários e equinodermas;
- (B) celenterados e espongiários;
- (C) platelmintos e celenterados;
- (D) crustáceos e celenterados.

05. (UFMG) As figuras adiante representam animais, numerados de 1 a 4:

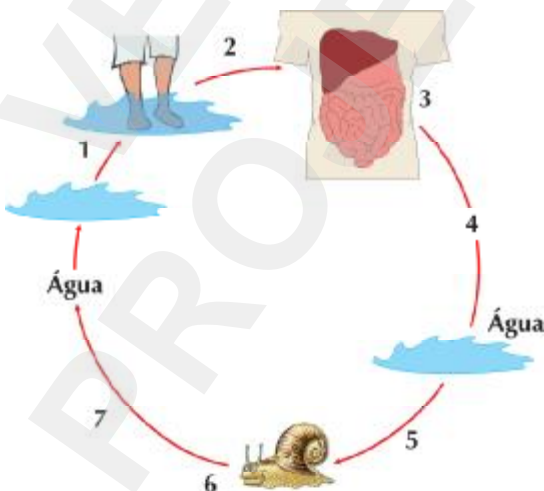


Assinale a alternativa que contém o animal pertencente ao mesmo grupo das águas vivas, frequentes causadoras de queimaduras em banhistas no litoral brasileiro:

- (A) 1 (B) 2
- (C) 3 (D) 4

06. (UFRJ) O diagrama ao lado mostra o ciclo de vida do parasita “Schistosoma mansoni”.

Apesar de, no momento, existir tratamento quimioterápico para as pessoas infectadas e de estarem



sendo desenvolvidas vacinas protetoras, a área endêmica no Brasil está aumentando.

1. Cercárias penetram pela pele do homem
2. O homem é o hospedeiro definitivo
3. O parasita desenvolve-se no homem e atinge a fase adulta. A fêmea do ‘S. mansoni’ produz ovos que migram para o intestino
4. Ovos nas fezes atingem água doce
5. Ovos se transformam em miracídios e infectam o caramujo
6. Caramujo (hospedeiro intermediário)
7. O caramujo libera cercárias na água doce

Examinando o diagrama e a legenda, sugira um método de controle da esquistossomose que não dependa da quimioterapia ou da imunoprofilaxia.

07. (PUC - PR) Em relação ao ‘Phylum Cnidária’, foram feitas as seguintes proposições:

- I. Os cnidários são aquáticos, diblásticos e com simetria radial, sendo encontrados em duas formas: pólipos (fixos) e medusa (livres).
- II. A digestão nos cnidários é extra e intracelular e não há aparelho respiratório, circulatório ou excretor e o sistema nervoso é difuso.
- III. Nos cnidários, a reprodução sexuada ocorre por brotamento ou estrobilização.
- IV. Os corais e a anêmona-do-mar são exemplos de cnidários coloniais

Assinale a alternativa correta:

- (A) Todas estão INCORRETAS. (D) Todas estão corretas.
- (B) Apenas III e IV estão corretas. (E) Apenas I e II estão corretas.
- (C) Apenas I está correta.

08. (UERJ) A visão de uma medusa, um delicado domo transparente de cristal pulsando, sugeriu-me de forma irresistível que a vida é água organizada.

Jacques Cousteau (Vida Simples, outubro de 2003)

A analogia proposta refere-se à grande proporção de água no corpo das medusas.

No entanto, uma característica importante do filo ao qual pertencem é a presença de cnidócitos, células que produzem substâncias urticantes.

Dois animais que pertencem ao mesmo filo das medusas estão indicados em:

- (A) hidra - craca (B) hidra - esponja
- (C) anêmona do mar - coral (D) anêmona do mar - esponja

09. (PUC-MG) A doença cujo ciclo é representado a seguir é velha conhecida da humanidade. Pelo menos tão antiga quanto a civilização egípcia, essa doença causada pelo verme ‘Schistosoma mansoni’ é hoje um dos maiores problemas de saúde pública em vários países tropicais. O saneamento básico insatisfatório facilita a transmissão do parasita que no Brasil é mais comum no Nordeste e no norte de Minas Gerais, mas todos os estados têm áreas afetadas.





Com base na figura e em seus conhecimentos, é correto afirmar, **EXCETO**:

- (A) Em C ocorre reprodução assexuada no hospedeiro intermediário.
- (B) Uma única "larva II", denominada cercária, que entre pela pele do homem é capaz de realizar autofecundação e botar ovos.
- (C) O saneamento básico não impede a multiplicação do caramujo, cuja erradicação poderia ser uma medida preventiva.
- (D) A pesquisa de ovos do verme acima, nas fezes do hospedeiro vertebrado, pode ser utilizada para o diagnóstico da esquistossomose.

10. (UFV) A comercialização de carne clandestina tem contribuído para o aumento de parasitoses que acometem o ser humano. Destacam-se entre

essas doenças as que são causadas por cestódeos, que poderiam ser evitadas caso medidas preventivas fossem observadas. Entre as diversas medidas que devem ser tomadas, assinale a alternativa **CORRETA** que apresenta uma medida preventiva, específica para parasitas dessa classe do filo Platyhelminthes:

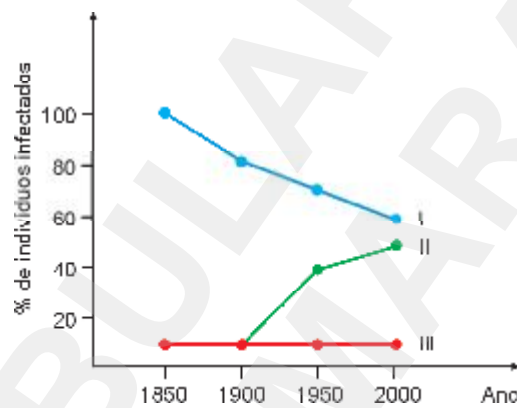
- (A) Examinar visualmente se a carne a ser consumida contém cisticercos.
- (B) Evitar que o boi ou o porco beba água contaminada com miracídeos.
- (E) Não comprar carne clandestina, que pode conter larvas de ancilóstoma.
- (D) Verificar se a carne suína ou bovina contém cistos de cercária grávidos.
- (E) Inspeccionar a carne em busca de ovos de 'Faciola hepática'.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS



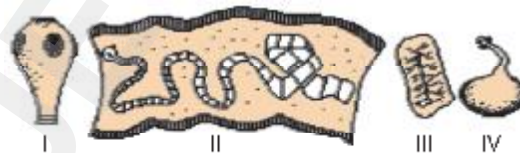
01. (UFSCAR) O gráfico refere-se à prevalência do *Schistosoma mansoni* em três regiões distintas, I, II e III, do Brasil:



No período de 1890 a 1900 ocorreu um intenso fluxo migratório humano na região I para as regiões II e III. Responda:

- (A) A que filo pertence o *Schistosoma mansoni* e que doença o mesmo causa ao homem?
- (B) Como você explica a diferença de prevalência de *Schistosoma mansoni* entre as regiões II e III, no ano de 2000, sabendo que na região II predominam lagos e lagoas e na região III predominam rios?

02. (UFV) Em uma feira científica de doenças parasitárias estavam, em exposição, os materiais biológicos indicados por I, II, III e IV, de uma mesma espécie. Sabe-se que este parasita pode causar doenças diferentes no homem.



Observe o esquema e resolva os itens:

- (A) Cite o nome da parasitose que acomete o homem quando é portador do verme indicado em II.
- (B) Embora o ovo do parasita não esteja representado, qual é a doença grave que pode ser causada no homem pela sua ingestão?
- (C) Qual das indicações corresponde ao escólex desse parasita?

03. (UNESP) No Brasil está largamente distribuída a espécie *Schistosoma mansoni*, em especial no Nordeste e no Leste. Este platelminto causa a Esquistossomose, conhecida como "barriga d'água".

- (A) Quais os tipos de larvas do ciclo do *Schistosoma mansoni*?
- (B) Qual o destino destas larvas?



04. (UNICAMP) Alguns hidrozoários coloniais, como a *Obelia sp.*, ocorrem na natureza sob a forma de pólipos e medusas.

- (A) Como uma colônia destes hidrozoários se origina? E como esta colônia dá origem a novas colônias?
- (B) Que estrutura comum aos pólipos e medusas é encontrada somente neste filo? Qual a sua função?

05. (UFC) O verme *Taenia solium* (a solitária do porco) pode, em certos casos, atingir o cérebro humano, causando cisticercose cerebral, cujos sintomas são semelhantes aos da epilepsia. Sobre esse endoparasita monóico, responda:

- (A) Como é classificado esse verme ao nível de Filo e Classe?
- (B) Como é o ciclo de vida desse animal?

CONTEXTUALIZANDO

(UFRJ) A esquistossomose é uma parasitose que afeta cerca de 15 milhões de brasileiros. A doença deve-se, principalmente, às lesões provocadas no fígado pelos ovos depositados pelas fêmeas adultas, parte dos quais são aprisionados pelo tecido hepático.

O ciclo de *Schistosoma mansoni*, o responsável por essa doença, está ilustrado ao lado:

Se um caramujo for invadido por um único *miracídio*, as *cercárias* resultantes poderão produzir a doença no homem? Justifique sua resposta.





Reino Animal (Metazoários)

Filo ASQUELMINTOS (ASCHELMINTHES)

O filo dos asquelmintos reúne animais que apresentam simetria bilateral. Inclui representantes microscópicos como os rotíferos de água doce e outros, com vários centímetros de comprimento, como as lombrigas e as filárias. Muitos são de vida livre e alguns, parasitas de animais e plantas. Os embriões desenvolvem três camadas de células: ectoderme, mesoderme e endoderme. Reproduzem-se sexualmente e por fecundação interna.

Esse filo compreende vários tipos de vermes dos quais o mais importante é o dos nematódios.

Dentre as várias classes do filo *Aschelminthes*, as duas principais são:

- Rotíferos (Rotifera).
- Nematódios (Nematoda).

Entre os parasitas, destacam-se os que podem infestar o homem: lombriga (*Ascaris lumbricoides*), oxiúro (*Enterobius vermicularis*), ancilóstomo (*Ancylostoma duodenale*), necator (*Necator americanus*), filária (*Wuchereria bancrofti*).

Dados de anatomia e fisiologia:

Sistema digestivo: **completo** (possuem boca e ânus); apresentam digestão extra e intracelular.

Sistema circulatório: **ausente** (alimento distribuído pelo fluido da cavidade pseudocelômica).

Sistema respiratório: **ausente** (trocas gasosas diretamente entre células e o ambiente).

Sistema excretor: **presente** (um par de canais excretores); poros abrindo-se próximo à boca.

Sistema nervoso: **presente** (um anel nervoso em torno da faringe com dois cordões nervosos).

São pseudocelomados.



Doença e verme causador	Sintomas da infecção	Forma de contágio	Medidas de prevenção
Ascariíase ou ascariíose, causada por <i>Ascaris lumbricoides</i>	Bronquite (causada por larvas em migração), cólicas e diarreias (causadas pelos vermes adultos no intestino), enjôos, convulsões e manchas brancas no rosto (causadas por substâncias tóxicas liberadas pelos vermes.)	Ingestão de água e alimento contaminados por ovos.	Construção de instalações sanitárias adequadas; filtrar ou ferver a água potável e lavar bem os alimentos.
Amarelão ou opilação, causada por <i>Ancylostoma duodenale</i> ou <i>Necator americanus</i> .	Anemia devida a hemorragias intestinais provocadas pelos vermes; produz fraqueza, desânimo e palidez.	Penetração das larvas através da pele.	Construção de instalações sanitárias adequadas; usar calçados.
Filariíase ou elefantíase, causada por <i>Wuchereria bancrofti</i> .	Inchaço (edemas), causados pela obstrução dos vasos linfáticos pelo verme, com extravasamento de linfa para os tecidos.	Picadas de mosquitos do gênero <i>Culex</i> que transmitem larvas.	Combate ao mosquito transmissor; proteger casas com telas sobre a cama.
Enterobiose ou oxiurose, causada por <i>Enterobius vermicularis</i> .	Desarranjos intestinais e coceira no ânus, a qual é causada pelas fêmeas, que aí se fixam para pôr ovos.	Ingestão de água ou alimentos com ovos; ao se coçar, os ovos ficam sob as unhas e as pessoas se reinfestam.	Construção de instalações sanitárias; evitar coçar o ânus e pôr a mão na boca.
Dematite do bicho geográfico, causado por <i>Ancylostoma brasiliensis</i> .	Irritação e coceira na pele, com manchas típicas que lembram "mapas", causadas pelas larvas que migram pela pele.	Penetração das larvas através da pele; estas são transmitidas por fezes de cães portadores do verme.	Impedir que os cães defiquem em áreas de uso humano (praias, quintais, etc.); usar calçados.



FILOS ANELÍDEOS

São animais vermiformes, triblásticos, de simetria bilateral, caracterizados por apresentarem nítida segmentação externa e interna (metamerização). Existe uma particularidade que os diferencia de outros Metazoários considerados vermes (Platelmintos e Asquelmintos): uma cavidade chamada celoma. Como primitivas estruturas de locomoção, aparecem as cerdas, que podem estar inseridas na parede do corpo ou reunidas sobre expansões laterais não articuladas, denominadas parapódios.

Classificação

Filo Annelida
(do latim: annulus = anel) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Classe} \\ 1. \text{ Polychaeta} \\ 2. \text{ Oligochaeta} \\ 3. \text{ Hirudinea} \end{array} \right.$

Classe Políquetos (do gr. "Polys" = muito; "Chaite" = cerdas)

São quase que exclusivamente marinhos: apresentam parapódios (estruturas de locomoção), cabeça com planos e tentáculos, sexos separados e desenvolvimento indireto.

Exs.: *Nereis virens*.

Classe Oligóquetos (do gr. "Oligo" = poucos, "Chaite" = cerdas)

São terrestres ou de água doce, com ausência de cabeça e parapódios, hermafroditas e com desenvolvimento direto.

Exs.: *Lumbricus terrestris* (minhoca).

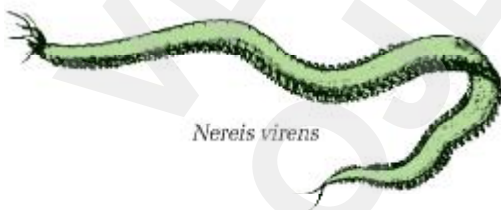
Classe Hirudíneos (do lat. "Hirudo" = sanguessuga)

São vermes de corpo achatado, com duas ventosas, sendo uma em cada extremidade do corpo, que servem para fixação e retirada do alimento. Grande parte desses vermes é ectoparasita, alimentando-se do sangue de diversos tipos de animais. Não apresenta cerdas, nem parapódios. Seu desenvolvimento é direto, com formas hermafroditas.

Exs.: *Hirudo medicinalis* (sanguessuga).



Lumbricus terrestris



Nereis virens



Helobdella fusca

FILO MOLUSCOS

Os moluscos são dotados de corpo mole e viscoso, comumente envolvido por uma concha calcária e constituído de três partes: cabeça, pé e massa visceral. Em quase todos os moluscos, a massa visceral é recoberta por uma prega epidérmica carnosa chamada manto ou pálio, responsável pela produção da concha calcária. Entre o manto e a concha calcária existe um espaço denominado cavidade do manto ou cavidade palial, que desempenha funções respiratórias (função de brânquias nos moluscos aquáticos e de pulmões nos caracóis terrestres).

Características Gerais dos Moluscos

São as seguintes as características básicas dos moluscos:

- Têm corpo mole e não segmentado.
- São triblásticos, celomados e de simetria bilateral.
- A maioria apresenta concha calcária; alguns não a possuem.
- A boca exibe uma língua provida de dentículos que se prestam para ralar os alimentos. Essa língua é denominada rádula e constitui uma estrutura exclusiva dos moluscos, sendo ausente apenas na classe *Pelecypoda* (ostras e mariscos).
- A respiração pode ser cutânea (exemplo: lesmas), branquial (exemplo: mexilhões) ou pulmonar (exemplo: caramujos terrestres).
- Podem ser dióicos (maioria) ou monóicos; seu desenvolvimento pode ser direto ou indireto, e as larvas podem ser tanto do tipo véliger (ciliado) como dos tipos gloquídeo (parasitas de peixes) e trocófora. Possuem sistema digestivo completo, com boca e ânus.

CLASSIFICAÇÃO

Classe Gastrópodos

- Univalvo.
 - Com rádula.
- Ex.: lesma, caracol, caramujo.



Classe Cefalópodes

- Com rádula.
 - Com bolsa de tinta.
- Ex.: polvo, lula.





Classe Pelecípodos

- Bivalvo.
 - Filtrador.
- Ex.: ostra, marisco, mexilhão.



FILO ARTRÓPODOS

A aquisição de membros articulados, além de outros aprimoramentos que a Natureza concedeu a esses animais, talvez justifique grandemente a sua imensa proliferação, bem como a adaptação que sofreram a quase todos os ambientes terrestres. As patas articuladas foram gradativamente especializadas para andar, correr, saltar, nadar, segurar presas e alimentos, copular, transportar ovos, defender-se, cavar buracos, etc. A prova indiscutível de que os artrópodes constituem o grupo mais bem-sucedido de todos os animais já aparecidos na Terra é o seu número extraordinário, não só de espécies como de indivíduos. O filo *Arthropoda* é o mais numeroso dentre todos no reino *Metazoa* (mais de 800 mil espécies).

As Características dos Artrópodes

- **Membros locomotores articulados.**
- São triblásticos, celomados, e com simetria bilateral.
- Têm corpo segmentado e dividido em três partes: cabeça, tórax e abdome. Pode ocorrer fusão da cabeça com o tórax; nesse caso, o corpo apresenta-se dividido em duas partes: cefalotórax e abdome.
- São dotados de um **exoesqueleto**, que contém quitina (polissacarídeo). O exoesqueleto é produzido pela epiderme e limita o crescimento do animal, por isso ocorrem mudas ou ecdises. Nos crustáceos é comum o exoesqueleto apresentar-se impregnado de sais de cálcio, que lhe conferem maior resistência.
- **Sistema digestivo completo:** a excreção ocorre através de estruturas especiais: túbulos de Malpighi, nos insetos, nos quilópodes e nos diplópodes; glândulas coxais, nas aranhas; glândulas verdes, nos crustáceos.
- **Sistema respiratório completo:** a respiração acontece através de brânquias, traquéias ou pulmotraquéias.
- **Sistema nervoso ganglionar:** bem desenvolvido.
- **A circulação é aberta,** isto é, o sangue circula primeiramente por vasos e, a seguir, é projetado para lacunas no meio dos tecidos, de onde volta depois para os vasos. O sangue tem características mistas de sangue e linfa, daí preferivelmente ser chamado de **hemolinfa**.
- São organismos geralmente dióicos (com sexos separados). A fecundação é interna; o desenvolvimento pode ser direto ou indireto, com metamorfose ou não.

- Apresentam órgãos dos sentidos bem aperfeiçoados e situados na cabeça.
- A **excreção** se faz por meio dos **tubos de Malpighi** (na maioria deles), estruturas mais evoluídas que as nefrídias de uma minhoca.
- **Órgão dos sentidos** muito especializado, situados na cabeça (órgãos auditivos, olhos e antenas).
- Alguns sofrem **metamorfose** durante o seu desenvolvimento.

As Classes dos Artrópodes

Os artrópodes compreendem cinco classes principais: os **insetos**, os **crustáceos**, os **aracnídeos**, os **quilópodos** e **diplópodos**.

Classe Insetos

- Com 6 patas.
- Com 2 antenas.
- Corpo dividido em { cabeça
tórax
abdome
- Excreção: Tubos de Malpighi.
- Respiração traqueal.



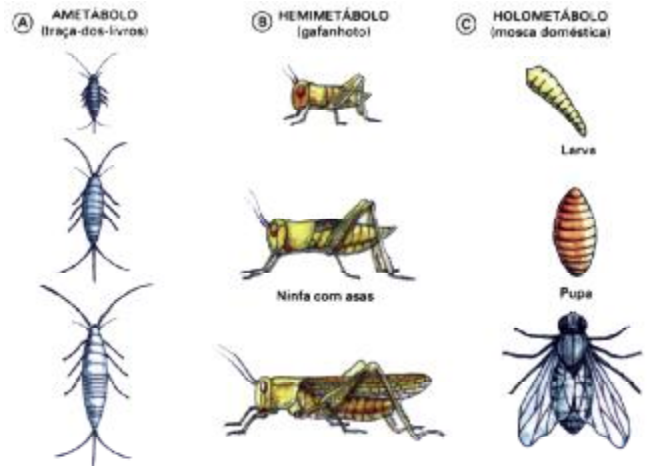
Ex.: formiga, abelha, barata, etc.

A maioria dos insetos sofre metamorfose. Dependendo do grau de metamorfose, eles são classificados em três tipos: holometábolos, hemimetábolos e ametábolos.

Holometábolos. A metamorfose é completa, ficando o adulto muito diferente da larva. Os insetos holometábolos passam por três etapas: larva → pupa → imago ou adulto (a fase larvar passa por sucessivas mudas). Um bom exemplo são as borboletas e mariposas: do ovo sai uma larva – a lagarta –, que depois tece um casulo e entra na fase imóvel de pupa (também chamada, neste caso, de crisálida); do casulo sai então uma borboleta adulta, sexualmente madura.

Hemimetábolos. Possuem metamorfose incompleta, isto é, o animal que sai do ovo é pouco diferente do adulto. No caso do gafanhoto, por exemplo, sai do ovo uma ninfa (filhote sem asas) que passa em seguida à forma adulta (com asas).

Ametábolos. São insetos sem metamorfose, como no caso da traça, em que o ovo dá origem a um animal jovem. Este só difere do adulto no tamanho e no amadurecimento sexual.





Classe Crustáceos

- Com número variado de patas.
 - 4 antenas.
 - Corpo dividido em cefalotórax e abdome.
 - Excreção: Glândula verde.
 - Respiração branquial.
- Ex.: sirí, caranguejo, camarão.



Classe Aracnídeos

- Com 8 patas.
 - Sem antenas.
 - Corpo dividido em cefalotórax e abdome.
 - Respiração filotraqueal.
- Ex.: aranha, escorpião, carrapato.



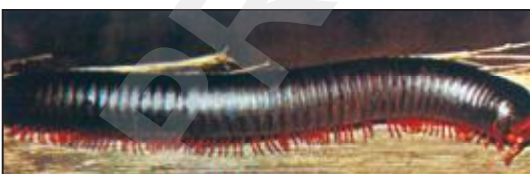
Classe Quilópodos

- Com um número variado de patas.
 - Duas antenas.
 - Corpo dividido em cabeça e tronco.
 - Excreção: Tubos de Malpighi.
 - Respiração traqueal.
- Ex.: lacraia, centopéia.



Classe Diplópodos

- Com um número variado de patas.
 - Duas antenas.
 - Corpo dividido em cabeça e tronco.
 - Excreção: Tubos de Malpighi.
 - Respiração traqueal.
- Ex.: embuá, piolho de cobra.



FILO EQUINODERMOS (DO GREGO "ECHINOS" = ESPINHO; "DERMAS" = PELE)

Agrupa animais com endoesqueleto e corpo não segmentado, recoberto por saliências espinhosas.

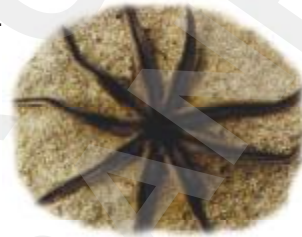
São exclusivamente marinhos (bentônicos); jamais parasitas ou coloniais. A maioria é móvel, havendo alguns fixos.

Sistema Ambulacrário

É exclusivo dos equinodermos, cujas principais funções são: locomoção, excreção, respiração, preensão, fixação, quimiorrecepção, etc.

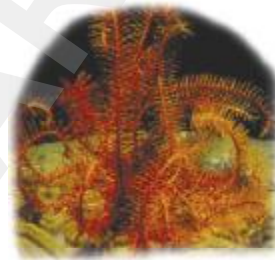
Classe Asteróide

Ex.: estrela-do-mar.



Classe Crinóide

Ex.: lírio-do-mar.



Classe Holoturóide

Ex.: pepino-do-mar.



Classe Equinóide

Ex.: Ouriço-do-mar.



Classe Ofluróide

Ex.: serpente-do-mar.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

Considere uma coleção de *Arthropoda* incluindo organismos das classes: *Crustacea*, *Insecta*, *Arachnida*, *Diplopoda* e *Chilopoda*.

- (A) Diferencie os *Insecta* e os *Arachnida* dessa coleção, utilizando uma característica externa exclusiva de cada classe.
- (B) Cite duas vantagens do exoesqueleto presente nos artrópodos terrestres.
- (C) Represente graficamente o crescimento de um artrópodo qualquer, até a idade adulta, colocando no eixo da ordenada o tamanho do corpo e, na abcissa, o tempo.

SOLUÇÃO:

- (A) Insetos são divididos em cabeça, tórax e abdome, possuem 2 antenas e 6 patas locomotoras. Aracnídeos geralmente são divididos em cefalotórax e abdome, sem antenas e utilizam 8 patas para a locomoção.
- (B) Proteção mecânica e evita a desidratação.
- (C) Observe a figura adiante:

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-CAMP)

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 cólica, 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.

(Adaptado de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga. "Curso de Física". v. 2. s. Paulo: Scipione, 1997. p. 433)

O solo das florestas abriga anelídeos, que são animais de corpo vermiforme e metamerizado, com sistema digestório completo e digestão extracelular. Além disso, os anelídeos apresentam:

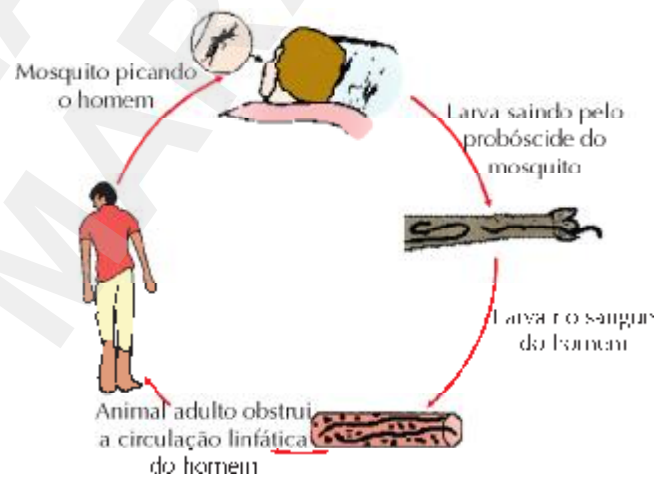
- (A) pseudoceloma e células-flama.
- (B) sistema circulatório fechado e respiração traqueal.
- (C) celoma e respiração cutânea.
- (D) sistema circulatório aberto e cordão nervoso ventral.
- (E) protonefrídeos e larva trocófora.

02. (PUC-CAMP) O sangue, que é constituído por plasma e algumas células especializadas, circula pelo coração, artérias, vasos e capilares transportando gases, nutrientes etc. Um adulto de peso médio tem cerca de 5 litros de sangue em circulação. O amarelão é uma verminose que pode ser causada por '*Ancylostoma duodenale*' ou por '*Necator americanus*'. A pessoa infectada torna-se fraca e desanimada, com uma palidez típica. O hemograma revela quantidades de hemácias abaixo do normal, devido:

- (A) à destruição de hemácias circulantes pelas enzimas dos vermes.
- (B) às lesões na parede intestinal que provocam hemorragias.
- (C) ao excesso de produção de glóbulos brancos.
- (D) às lesões que os vermes causam no fígado e no baço.

- (E) ao bloqueio da produção de hemácias pelo sistema imunológico.

03. (UEL) A figura a seguir representa o ciclo de vida de um verme parasita do organismo humano.



O verme causador da parasitose e o transmissor são, respectivamente:

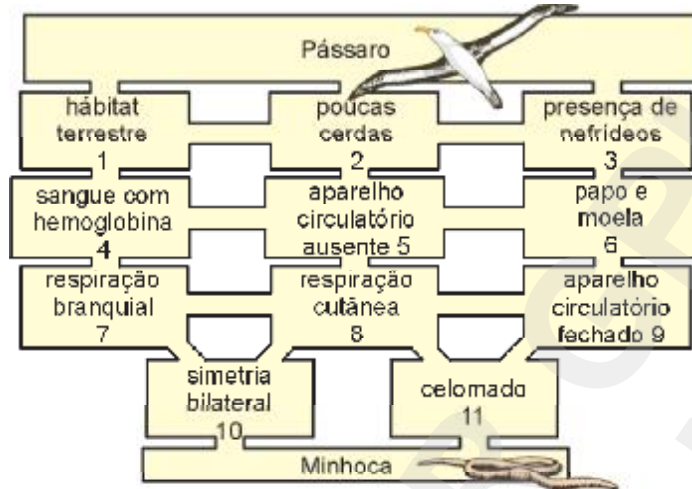
- (A) a filária e um mosquito do gênero *Culex*.
- (B) a filária e um mosquito do gênero *Anopheles*.
- (C) o ancilóstomo e um mosquito do gênero *Culex*.
- (D) o ancilóstomo e um mosquito do gênero *Anopheles*.
- (E) o esquistossomo e um inseto do gênero *Triatoma*.

04. (UNI-RIO) A elefantíase ou tilanose é uma parasitose comum na região amazônica. Sua profilaxia pode ser feita através do combate ao inseto vetor e do isolamento e tratamento das pessoas doentes. O agente causador e o hospedeiro intermediário dessa parasitose são, respectivamente:

- (A) "*Ascaris lumbricoides*" e um mosquito do gênero *Culex*.
- (B) "*Wuchereria bancrofti*" e um mosquito do gênero *Culex*.
- (C) "*Wuchereria bancrofti*" e o caramujo.
- (D) "*Schistosoma mansoni*" e a filária.
- (E) "*Ancylostoma duodenale*" e a filária.



05. (UNESP) Observe o esquema:

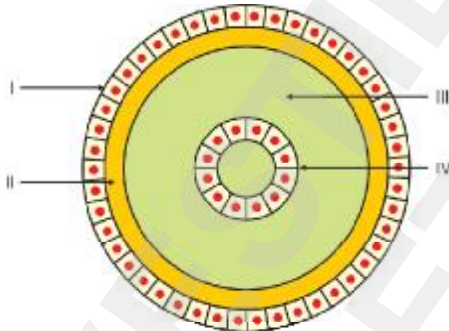


Suponha que o pássaro, se quiser comer a minhoca, tenha que passar por seis retângulos que contenham pistas (informações) com características deste anelídeo, não podendo pular nenhum retângulo. Um caminho correto a ser percorrido é:

- (A) 2, 3, 6, 9, 8 e 11.
- (B) 2, 3, 6, 5, 8 e 11.
- (C) 1, 4, 7, 8, 9 e 11.
- (D) 2, 3, 6, 5, 8 e 10.
- (E) 3, 2, 1, 4, 7 e 10.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNICAMP) Animais triploblásticos podem ser acelomados, pseudocelomados ou celomados. Considere o esquema a seguir do corte transversal de um embrião, e responda:

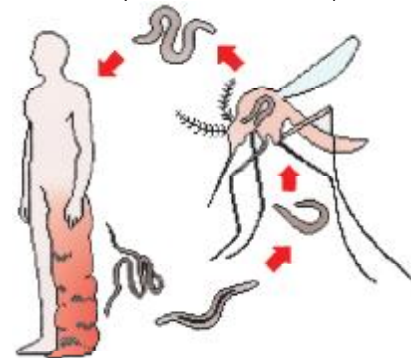


- (A) Qual dos três níveis de organização está representado?
- (B) O que está indicado por I, II, III e IV?

02. (UNICAMP) No início do século, o Jeca Tatu, personagem criado por Monteiro Lobato, representava o brasileiro de zona rural, descalço, mal vestido e espoliado por vermes intestinais. Jeca se mostrava magro, pálido e preguiçoso, características estas decorrentes da parasitose. Sobre o personagem, Monteiro Lobato dizia: "Ele não é assim, ele está assim", e ainda, "Examinando-lhe o sangue, assombra a pobreza em hemoglobina."

- (A) Que vermes intestinais eram responsáveis pelo estado do Jeca?
- (B) Tendo em vista que esta parasitose ainda hoje acontece com milhões de brasileiros, o que as pessoas devem fazer para não adquiri-la? Por quê?

03. (UFRJ) A figura abaixo representa o ciclo de vida de um parasito, responsável por uma doença que no mundo atinge 120 milhões de pessoas. No Brasil, de acordo com os estudos desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, cerca de 100 mil pessoas, na área metropolitana do Recife, são provavelmente portadoras dessa doença.



(capturado em 15/10/20001)
 LINHARES, Sérgio e GEWANDSZNAOJER, Fernando. "Seres vivos: Biologia Hoje". São Paulo, Atica 1988, p. 163.

- (A) Como é conhecida a doença causada por esse parasito?
- (B) Quais os efeitos causados por esse parasito no corpo humano?



04. (UNI-FESP) Em um centro de saúde, localizado em uma região com alta incidência de casos de ascaridíase (lombriga, *Ascaris lumbricoides*), foram encontrados folhetos informativos com medidas de prevenção e combate à doença. Entre as medidas, constavam as seguintes:

- I. Lave muito bem frutas e verduras antes de serem ingeridas.
- II. Ande sempre calçado.
- III. Verifique se os porcos – hospedeiros intermediários da doença – não estão contaminados com larvas do verme.
- IV. Ferva e filtre a água antes de tomá-la.

O diretor do centro de saúde, ao ler essas instruções, determinou que todos os folhetos fossem recolhidos, para serem corrigidos. Responda.

- (A) Quais medidas devem ser mantidas pelo diretor, por serem coactas e eficientes contra a ascaridíase? Justifique sua resposta.
- (B) Se nessa região a incidência de amarelão também fosse alta, que medida presente no folheto seria eficaz para combater tal doença? Justifique sua resposta.

05. (UFG) Os insetos constituem um grupo de animais que apresenta grande diversidade biológica e desempenha importante papel nos ecossistemas terrestres. Por outro lado, algumas espécies desse grupo podem causar sérios prejuízos à agricultura e à saúde humana e animal.

- (A) Descreva três adaptações estruturais que contribuíram para o sucesso evolutivo dos insetos, bem como para sua ampla dispersão em ambientes terrestres.
- (B) Explique o processo de transmissão de uma doença humana, na qual um inseto é o vetor de um protozoário, agente causador dessa doença.

06. (UFG) João e Pedro estão caminhando por um parque e observam, presas ao tronco de uma árvore, “cascas”, que João identifica como sendo de cigarras. Especialistas chamam essas cascas de exúvias. João conta a Pedro que a tradição popular diz que “as cigarras estouram de tanto cantar”, explica que as cigarras são insetos e descreve o número de apêndices encontrado em um inseto generalizado.

- (A) Do ponto de vista biológico, é correto afirmar que as exúvias são restos do corpo de cigarras que “estouraram de tanto cantar”? Justifique sua resposta.
- (B) Qual o número de apêndices encontrados no tórax de um inseto adulto generalizado?

07. (UNICAMP) Em abril de 2003, frequentadores da praia da Joatinga, no Rio de Janeiro, mataram a pauladas um *tubarão* mangona. As espécies animais que causam medo, repulsa ou estão associadas a superstições são inapelavelmente sentenciadas à morte. Cobras, aranhas, morcegos, escorpiões, arraias, marimbondos, sapos, lagartos, gambás e, claro, tubarões, morrem às dezenas, porque falta à população um nível mínimo de conhecimento sobre tais animais, seu comportamento, seu papel na cadeia alimentar e nos ecossistemas.

(Adaptado de Liana John, “Sentenciados à morte por puro preconceito”. www.estadao.com.br/ciencialecos/maj/2003).

- (A) As arraias pertencem ao mesmo grupo taxonômico dos tubarões. Que grupo é esse? Dê uma característica que permite agrupar esses animais.
- (B) Sapos e lagartos pertencem a classes distintas de vertebrados. Dê uma característica que permite diferenciar as duas classes.
- (C) Aranhas e escorpiões têm em comum o fato de capturarem as suas presas ou se defenderem utilizando venenos. Indique que estruturas cada um deles utiliza para inocular o veneno e em que região do corpo do animal essas estruturas se localizam.

08. (UEL) A respiração e a circulação nos insetos sustentam a alta demanda metabólica desses animais durante o voo. Além disso, a respiração traqueal é uma importante adaptação dos insetos para a vida terrestre. Sobre as relações fisiológicas entre os processos respiratório e circulatório nos insetos, é correto afirmar:

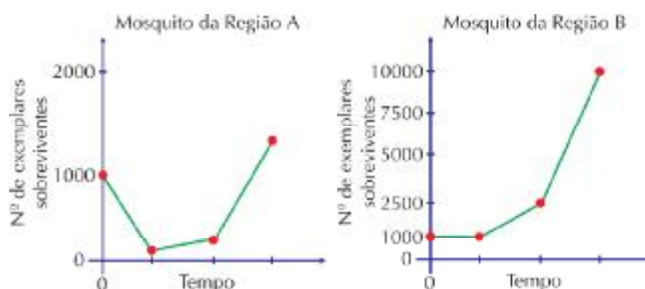
- (A) O sistema circulatório aberto contém hemocianina, pigmento respiratório que facilita o transporte do oxigênio do sistema traqueal para os tecidos.
- (B) O sistema traqueal conduz oxigênio diretamente para os tecidos e o dióxido de carbono em direção oposta, o que torna a respiração independente de um sistema circulatório.
- (C) O sistema circulatório fechado contém hemoglobina e é fundamental para o transporte de oxigênio do sistema traqueal para os tecidos.
- (D) O sistema traqueal conduz oxigênio da hemolinfa para os tecidos, o que torna a respiração dependente de um sistema circulatório.
- (E) O sistema circulatório aberto, apesar de não conter pigmentos respiratórios, é fundamental para o transporte de oxigênio do sistema traqueal para os tecidos.

CONTEXTUALIZANDO

(UFF) Foram coletados 1.000 exemplares do mosquito ‘*Anopheles cutifacies*’, de ambos os sexos, em cada uma de duas regiões denominadas A e B, bastante afastadas entre si. Em uma delas, a agricultura é intensivamente praticada. Esses mosquitos foram mantidos em dois viveiros adequados. Os dois grupos foram aspergidos com doses iguais do inseticida sintético malation, sendo esta aplicação repetida após intervalos regulares de tempo.

Imediatamente antes de cada aplicação, contou-se a quantidade de mosquitos vivos, em cada viveiro. Os resultados estão apresentados nos gráficos a seguir:

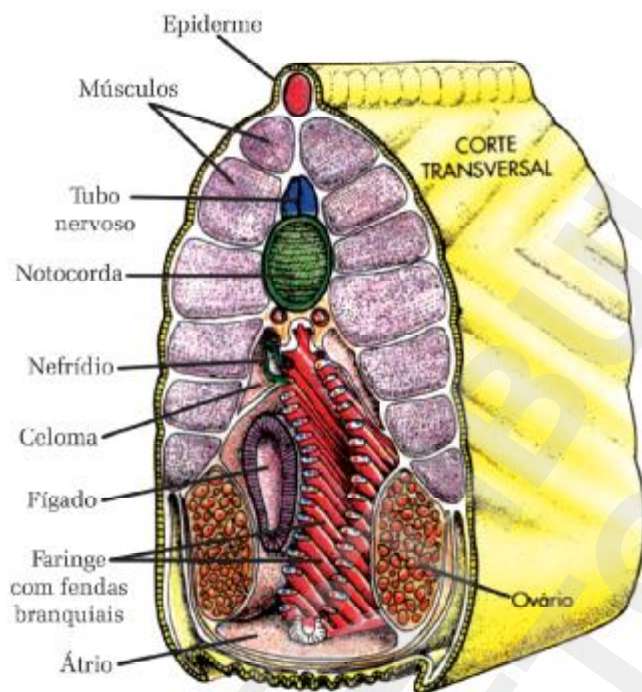
Avalie as diferenças de resistência dos mosquitos de cada grupo ao malation, propondo uma explicação para o diferente comportamento desses grupos. Indique qual das regiões deve ser a agrícola.



Cordados – Higiene e Saneamento – Principais Vitaminas e Sintomas de sua Deficiência

CORDADOS

Compreende animais que possuem a notocorda, pelo menos na fase embrionária, e o cordão dorsal (epineuros).



O sistema nervoso surge a partir da ectoderme, como um tubo nervoso longitudinal na linha mediana dorsal (epineura). O sistema respiratório, na fase embrionária, apresenta sempre fendas branquiais, na região anterior do tubo digestivo, a faringe (faringotremia). Os adultos respiram por brânquias, ou pulmões, também de origem faríngea.

A circulação é fechada (exceto nos tunicados), pode ser simples ou dupla e o coração com duas ou mais câmaras. Nos protocordados, os pigmentos do sangue estão dissolvidos no sangue; nos vertebrados, a hemoglobina fica retida nas hemácias.

Distribuem-se por todos os continentes e mares. Seu tamanho varia desde microscópico (larvas de tunicados) até vários metros (baleias). O filo *Chordata* sofre a seguinte divisão:

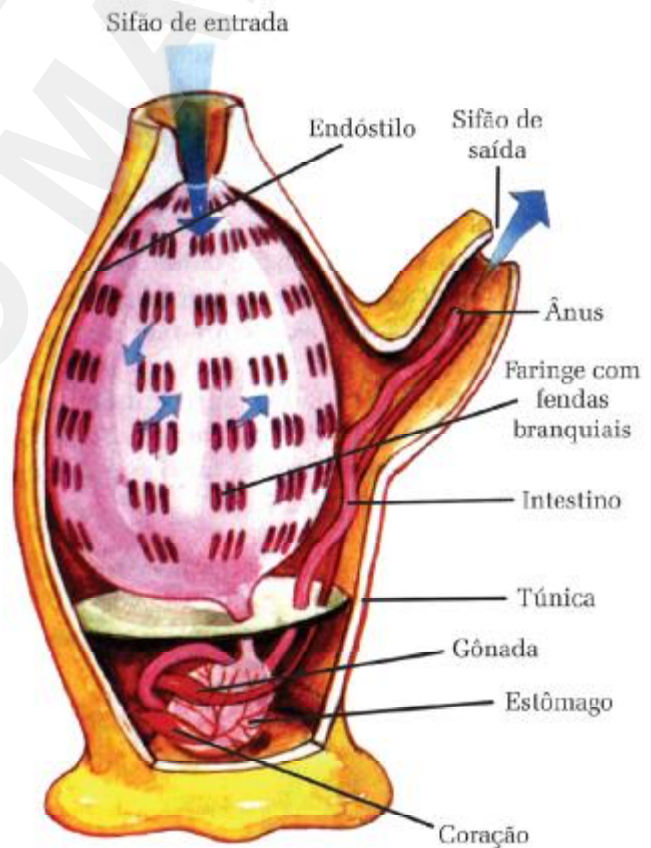
PROTOCORDADOS

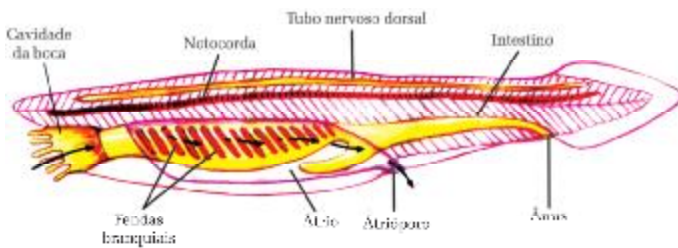
- Protocordados {
 - Classe Urocordados
 - Classe Hemicordados
 - Classe Cefalocordados

Os protocordados constituem um pequeno grupo de animais marinhos, de pequeno porte. Vivem nas regiões litorâneas e muitos passam a maior parte do tempo enterrados na areia, só se movimentando para procurar alimento, como os anfioxos e os balanoglossos. Outros se fixam às rochas na fase adulta, como as ascídias.

Podem ser de sexos separados ou hermafroditas, como ocorre com a maioria das ascídias. Em todos, a fecundação é externa e o desenvolvimento, indireto, com a formação de uma larva livre-nadante.

Tunicados





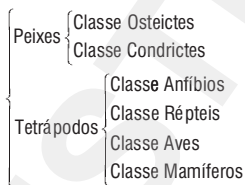
Hemicordados



Balanoglossus (hemicordado)

Apresentam o notocórdio substituído pela coluna vertebral e compreendem dois grandes grupos.

- *Agnatha* – Classe *Cyclostomata*.
- *Gnatostomata* – Super Classes.



Agnatos (do gr. "A" = sem; "Gnathos" = mandíbula)

São animais que não possuem mandíbula e, portanto, não apresentam capacidade para morder ou mastigar.

Classe Cyclostomados (do gr: "Cyclos" = circular, "Stoma" = boca)

São vertebrados aquáticos marinhos ou de água doce, com nadadeiras ímpares, esqueleto cartilaginoso, com boca ventral e circular, dotada de ventosas e denticulos córneos. São peilotérmicos (temperatura interna variável com a externa), possuem coração com duas cavidades (1 átrio e 1 ventrículo) e hemácias nucleadas. Ex.: lampréia.

Gnatostomados (do gr. "Gnathos" = mandíbula)

São animais que apresentam mandíbulas. Dividem-se em: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

SUPERCLASSE PEIXES

Os peixes são vertebrados que evoluíram de antigos *Agnatha* conhecidos como Ostracodermos. Os peixes são animais que melhor se adaptaram à água. Isso se deve ao fato do aparecimento de várias adaptações morfológicas e fisiológicas.

Características Gerais

- São peilotérmicos.
- Respiração branquial, com exceção dos Dipnóicos, que também apresentam bexigas natatórias desenvolvidas para receber oxigênio, exercendo sua função de pulmão.
- Coração com duas cavidades (1 átrio e 1 ventrículo). No coração dos peixes só passa sangue venoso, exceto nos Dipnóicos.
- Fecundação externa (*Osteictes*) ou interna (*Condrictes*).
- Rins mesonéfricos.
- Hemácias nucleadas.

Classe Chondrichthyes

- Peixes cartilagosos.
- Marinhos.
- Boca ventral.
- Fendas branquiais descobertas.
- Não apresentam bexiga natatória.
- Intestino curto apresentando uma prega denominada válvula espiral.
- O intestino termina numa cloaca.
- São conhecidos como elasmobrânquios.
- Subdividem-se em:
 - a) Seláquios – cação, raias, jamantas, etc.
 - b) Holocéfalos – quimeras.

Classe Osteichthyes

- Peixes ósseos.
 - Conhecidos como teleosteos.
 - Dulcícolas e marinhos.
 - Boca anterior.
 - Bexiga natatória.
 - Possuem ânus.
 - Fendas branquiais protegidas pelo opérculo.
 - Apresentam uma linha lateral (órgão sensorial do lato).
- Ex.: sardinhas, robalo, etc.

Classe Anfíbios

- Quatro membros pentadáctilos.
 - Respiração cutânea.
 - Metamorfose – larva = girino.
 - Apresentam cloaca.
 - Fecundação externa.
 - Coração com três cavidades.
 - Circulação fechada, dupla e incompleta.
 - Anamniotas e analantoidianos.
 - Peilotérmicos.
- Ex.: sapos, pererecas, salamandras, cobra-cega, rãs.

Classe Répteis

- Sistema digestivo completo.
- Respiração pulmonar.
- Apresentam cloaca.



- Circulação fechada, dupla e completa. Não apresentam metamorfose.
 - São pecilotérmicos.
 - São amniotas e alantoidianos.
- Ex.: tartarugas, cobras, lagartos, crocodilos, etc.

Classe Ave

- São homeotérmicos.
- Amniotas e alantoidianos.
- Bípedes.
- Bicos sem dentes.
- Pulmões com sacos aéreos que se comunicam com os ossos pneumáticos.
- Sistema digestivo completo.
- Dilatação do esôfago-papo.
- O estômago é dividido em:
 - a) estômago mecânico – moela;
 - b) estômago químico – proventrículo.
- Apresentam pulmões parenquimatosos, circulação fechada, dupla e completa.
- São dióicos com dimorfismo sexual.
- Fecundação interna.
- Ovíparos.
- Desenvolvimento direto.

Classe Mamíferos

- Presença de mamas (número par).
- Pêlos.
- Homeotérmicos.
- Âmnio, alantóide e placenta.
- Circulação fechada, dupla e completa.
- Respiração pulmonar.

Obs.: A classe *Mammalia* compreende três subclasses:

- *Prototheria* – mamíferos primitivos, sem útero (adelfos), com cloaca, ovíparos e aplacentados.
- *Metatheria* – útero duplo (didelfos) e placenta difusa. As crias nascem prematuramente.
- *Eutheria* – mamíferos típicos.
- Hemácias anucleadas.

HIGIENE E SANEAMENTO

As doenças infecciosas são causadas por organismos parasitas como vírus, bactérias, fungos, protozoários, vermes. A transmissão do agente infeccioso de um indivíduo para outro (contágio) pode ocorrer através de contato físico ou de secreções de indivíduos doentes ou portadores (transmissão direta), ou então através de objetos contaminados, de água, de alimentos, do ar ou ainda através de vetor, que é geralmente um inseto (transmissão indireta).

PRINCIPAIS PARASITOSE DO BRASIL

Doenças	Agente causal	Contágio	Profilaxia	Tratamento
Ancilostomose	Ancylostoma e Necator americanus (nematóides).	Os ovos saem com as fezes; as larvas vivem no solo e entram pela pele.	Esgotos e fossas: andar calçado.	Mexilresorcinol; Tetracloroetileno; administração de ferro contra anemia.
Bouba	Treponema pertenue (bactéria).	Contato direto ou indireto.	Tratamento em massa para extinguir as fontes de bactérias.	Penicillina: Terramicina, Neosalvarsam.
Brucelose	Brucella (bactéria).	Leite (de vacas doentes) e derivados.	Vacinação do gado, pasteurização do leite.	Sulfas: antibióticos, vacinas.
Doença de Chagas	Trypanosoma cruzi (protozoário).	Fezes do barbeiro contaminadas.	Combate ao barbeiro por inseticida (BHC) e reboco das casas.	Sintomático (não há tratamento específico).
Esquistossomose	Schistosoma mansoni (trematódio).	As larvas aquáticas entram na pele depois de parasitar planorbídeos (caramujos).	Combate ao caramujo.	Sintomático. Desparasitação cirúrgico. Antiparasitário nas infecções leves.
Febre Amarela	Vírus.	Picada de Aedes Aegypti e Haemagogus (mosquitos).	Combate ao mosquito: vacinação.	Sintomático (não há tratamento específico).
Filariose	Wuchereria (filária, um nematóide).	Picada do cúlex (mosquito).	Combate ao mosquito: tratamento do doente para eliminar as fontes filárias.	Hertazan.
Hidatidose	Larva de Echinococcus (cestóide).	O adulto parasita o intestino de cães; ovos saem com as fezes, se ingeridos por porcos ou ruminantes; forma cisto; o homem se infecta comendo carne com cistos vivos.	Controle dos cães e do gado nos matadouros.	Cirúrgico.
Leishmaniose	Leishmania (protozoário).	Picada de Phlebotomus (inseto).	Combate aos mosquitos e cães (reservatórios de Leishmania).	Antimonias.



Malária	Plasmodium (protozoário).	Picada de Anopheles (mosquito).	Combate ao mosquito (DDT, BHC).	Cloroquina, Clorguamida, etc.
Peste	Pastereulla (bactéria).	Picadas de pulga que sugam ratos com peste.	Combate às pulgas e aos ratos; vacina.	Sulfas: antibióticos.
Tracoma	Vírus	Contato direto ou indireto.	Higiene: tratamento dos doentes para eliminar fontes de contágio.	

ALGUMAS DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS

Doenças	Agente	Vias de transmissão	Observações
Botulismo	Clostridium botulium	Ingestão de alimentos nos quais houve desenvolvimento da bactéria com liberação de toxinas. Geralmente alimentos enlatados.	A doença é causada pela toxina presente no alimento ingerido e não pela bactéria, uma vez que esta não sobrevive no corpo.
Gangrena gasosa	Clostridium novyi; perfringes; Clostridium septicum.	Contaminação acidental de ferimentos profundos.	Os agentes causadores são germes habitantes comuns do solo. Normalmente não são parasitas. Só causam doença quando, acidentalmente, penetram num ferimento.
Tétano	Clostridium tetani.		
Febre tifóide	Salmonella typhi.	Contaminação fecal de água ou alimentos	A pessoa infectada pode, após o desaparecimento dos sintomas da doença, continuar portando indevidamente alguns germes, isto é, torna-se um portador crônico. Suas fezes constituem-se num perigo constante para a população, pois dela poderão advir epidemias. O controle desta doença reside fundamentalmente na identificação e fiscalização dos portadores crônicos.
Desintéria baciliar	Shigella.	Contaminação fecal de água ou alimentos.	A mais grave das infecções disentéricas.
Pneumonia	Streptococcus pneumoniae ou Diplococcus pneumoniae.	Pela inalação de ar contaminado.	Localiza-se nos pulmões.
Intoxicação alimentar	Micrococcus pyogenes variedade aureus.	Ingestão de alimentos nos quais houve desenvolvimento bacteriano com liberação de toxinas.	Os sintomas da doença são causados pela toxina presente no alimento ingerido e não pela proliferação da bactéria.
Gonorréia	Neisseria gonorrhoeae.	Contato sexual.	Doença venérea – a mãe portadora pode infectar a criança ao nascer.
Coqueluche	Hemophilus pertussis.	Contaminação fecal de água ou alimentos.	Afeta geralmente crianças – a vacinação proporciona controle eficaz.
Tuberculose	Mycobacterium tuberculosis.	Inalação de ar contaminado.	Estes germes atacam normalmente os pulmões, mas podem se localizar em outros locais, tais como as meninges (membrana que envolve o cérebro, os ossos, o nervo óptico, etc.).
Sífilis	Treponema palidum.	Contato sexual.	Doença venérea – a mãe portadora pode transmitir a doença ao feto durante a gravidez.
Cólera asiática	Vibrio cholerae.	Contaminação fecal de água ou alimentos.	O germe produz uma infecção intestinal grave que pode levar o indivíduo à morte por perdas de líquido do corpo.
Meningite epidêmica	Neisseria meningitidis.	Inalação de ar contaminado.	Os germes instalam-se nas meninges levadas até ali pelo sangue.



VITAMINAS

Vitamina é um composto orgânico biologicamente ativo, necessário ao organismo em quantidades muito reduzidas para manter os processos vitais. Como as enzimas, representa um autêntico biocatalizador, que intervém em funções básicas dos seres vivos, como o metabolismo, o equilíbrio mineral do organismo e a conservação de certas estruturas e tecidos.

QUADRO DAS PRINCIPAIS VITAMINAS

Vitaminas solúveis em gordura

Vitaminas	Principais Fontes de Alimentos	Funções	–	Sintomas de Deficiência	Sintomas em Excesso
Vitamina A	Óleo de fígado de peixe, fígado de boi, vegetais de cor laranja (como cenoura e abóbora) e verde-escuro (espinafre).	Fundamental para a visão, garante o bom funcionamento da retina e das córneas. Evita problemas de pele, favorece o crescimento de cabelos e unhas e melhora o sistema imunológico.	800 mcg	Cegueira noturna, crescimento prejudicado em crianças, pele e olhos secos, suscetibilidade a infecções.	Dores de cabeça, visão turva, fadiga, dores nos ossos, perda de apetite, perda de cabelo, coceira.
Vitamina D	Óleo de fígado de peixe, manteiga, fígado, gema de ovo, leite, peixe de água fria (salmão, atum).	Necessária para a formação da estrutura óssea, atua em conjunto com minerais como o cálcio e o fósforo.	5 mcg	Ossos fracos, raquitismo em crianças.	Dores de cabeça, perda de apetite, diarreia.
Vitamina E	Germe de trigo, óleos, vegetais (canola, soja), vegetais de folhas verdes, gordura do leite, gema de ovo e nozes.	Antioxidante, atua na manutenção do tecido epitelial e aumenta a resistência imunológica.	10 mcg	_____	Sangramento excessivo, se associado à aspirina.
Vitamina K	Vegetais verdes folhosos (brócolis, repolho), porco, fígado.	Essencial para a boa circulação sanguínea.	80 mcg	Sangramento excessivo, risco de ferimentos fáceis.	Pode interferir com anticoagulante.

Vitaminas solúveis em água

Vitaminas	Principais Fontes de Alimentos	Funções	–	Sintomas de Deficiência	Sintomas em Excesso
B5 (Ácido pantotênico)	Praticamente em todos os alimentos, em maior quantidade em ovos, fígado e salmão.	Ajuda no metabolismo de energia, normaliza níveis de açúcar no sangue, sintetiza anticorpos, colesterol e alguns hormônios.	6 mg	Fadiga, baixo teor de açúcar no sangue, sensibilidade reduzida, problemas digestivos, defesa imunológica reduzida.	Dosagem muito alta pode causar diarreia e edema.
Biotina	Gema de ovos, soja, cereais, fermento.	Metabolismo de energia.	30 - 100 mcg	Pele escamosa, queda de cabelo, depressão.	Aparentemente nenhum.
Folato (Ácido fólico)	Fígado de boi, vegetais folhosos verde-escuros (espinafre, brócolis), grão e trigo integral.	Participa dos processos de divisão celular e da formação e manutenção das células sanguíneas na medula óssea – por isso é considerada a vitamina das gestantes.	200 mcg	Perda de peso, malformações congênitas, anemia.	Inibe a absorção de zinco.
Niacina (Vitamina B3)	Carnes magras, aves, mariscos, leite, ovos, legumes.	Metaboliza energia, garante crescimento normal.	19 mcg	Diarreia, aftas.	Ondas de calor, danos ao fígado.



Riboflavina (Vitamina B2)	Cereais, grãos enriquecidos, carnes magras e aves.	Metaboliza energia, ajuda na função adrenal.	1,7 mcg	Problemas de visão, irritações na boca e nariz.	Aparentemente nenhum.
Tiamina (Vitamina B1)	Porco, legumes, nozes e sementes, cereais.	Metaboliza energia, garante digestão normal, mantém funções nervosas corretas.	1,5 mcg	Depressão, modificações de humor, perda de apetite, câimbras musculares.	Deficiência de outras vitaminas do complexo B.
Vitamina B6 (Pirodoxina)	Carne, aves, peixe, grãos e cereais, verduras, batatas e soja.	É responsável pelo metabolismo de proteínas e carboidratos, funcionamento do sistema nervoso.	2 mcg	Depressão, desorientação, perda de peso.	Deterioração dos nervos sensoriais.
Vitamina B12 (Cobalaminas)	Todos os produtos de origem animal.	Necessária para a produção dos glóbulos vermelhos, DNA, RNA e mielina para fibras nervosas.	2 mcg	Anemia, problemas nos nervos e fraqueza.	Aparentemente nenhum.
Vitamina C (Ácido ascórbico)	Frutas cítricas e silvestres, brócolis, batatas.	Atua na síntese do colágeno, na formação dos dentes e dos ossos e na manutenção dos tecidos e dos vasos capilares. Facilita a absorção do ferro, aumenta a resistência a infecções e favorece a cicatrização de queimaduras.	60 mcg	Mobilidade dos dentes, sangramento da gengiva, perda de apetite, cicatrização lenta, hemorragias internas.	Diarréia, cálculos renais, irritação no trato urinário, acúmulo de ferro, perda de massa óssea.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

(UNICAMP) O ornitorrinco vive perto da água e nela se locomove utilizando as membranas existentes entre seus dedos. Seus filhotes se desenvolvem em ovos que são chocados fora do corpo materno, e se alimentam lambendo uma secreção láctea que escorre nos pelos do ventre da mãe. A boca do ornitorrinco é dotada de um bico achatado com o qual ele pega o alimento no lodo do fundo do rio.

- (A) A que classe pertence o ornitorrinco?
- (B) Cite duas características mencionadas no texto que justifiquem essa classificação.

- (C) Uma das características citadas no texto ocorre tanto no ornitorrinco quanto nos indivíduos da classe que lhe deu origem. Que classe é essa e qual a característica comum?

SOLUÇÃO:

- (A) Mamíferos.
- (B) Presença de pêlos e secreção láctea.
- (C) O ornitorrinco apresenta oviparidade e bico córneo, características herdadas da Classe dos Répteis que deram origem aos mamíferos.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST) Qual das seguintes situações pode levar o organismo de uma criança a tomar-se imune a um determinado agente patogênico, por muitos anos, até mesmo pelo resto de sua vida?

- (A) Passagem de anticorpos contra o agente, da mãe para o feto, durante a gestação.
- (B) Passagem de anticorpos contra o agente, da mãe para a criança, durante a amamentação.
- (C) Inoculação, no organismo da criança, de moléculas orgânicas constituintes do agente.
- (D) Inoculação, no organismo da criança, de anticorpos específicos contra o agente.

- (E) Inoculação, no organismo da criança, de soro sanguíneo obtido de um animal imunizado contra o agente.

02. (FUVEST) Uma pessoa pretende processar um hospital com o argumento de que a doença de Chagas, da qual é portadora, foi ali adquirida em uma transfusão de sangue. A acusação:

- (A) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um verme platelminto que se adquire em lagoas;
- (B) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário transmitido pela picada de mosquitos;



- (C) não procede, pois a doença de Chagas resulta de uma malformação cardíaca congênita;
- (D) procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que vive no sangue;
- (E) procede, pois a doença de Chagas é causada por um vírus transmitido por contato sexual ou por transfusão sanguínea.

03. (PUC-RIO) O lobo guará e a onça são dois exemplares da nossa fauna ameaçados de extinção. O diagrama a seguir mostra as principais categorias taxonômicas a que pertencem estes animais:

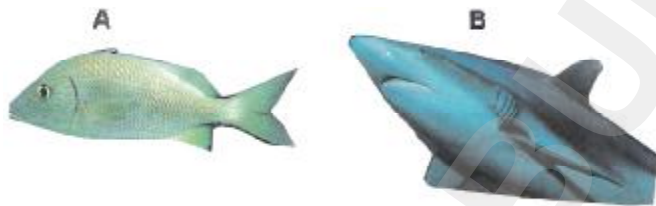
Lobo guará: Cordado > mamífero > carnívoro > carnídeo > 'Chrysocyon' > 'C. brachyurus'

Onça parda: Cordado > mamífero > Carnívoro > felídeo > 'Felis' > 'F. Concoior'

estão próximos na mesma Categoria até:

- (A) classe;
- (B) filo;
- (C) família;
- (D) gênero;
- (E) ordem.

04. (UFRJ) Sobre os peixes representados nas figuras anteriores, pode-se afirmar que:



- (A) o peixe A possui tifoossolo;
- (B) o peixe B possui opérculo;
- (C) o peixe A excreta principalmente uréia;
- (D) o peixe B possui ânus;
- (E) o peixe A excreta principalmente amônia.

05. (UEL) O esquema a seguir representa as fases de desenvolvimento de um anfíbio anuro.



Sobre esse processo, analise as seguintes afirmativas:

- I. Na fase larval, a respiração é cutânea e, na fase adulta, é branquial.
- II. Na fase larval, o principal excreta nitrogenado é amônia e, na adulta, é uréia.
- III. Os ovos possuem casca impermeável para evitar a dessecação.
- IV. Na cadeia alimentar, o girino geralmente é considerado consumidor primário e o adulto é consumidor secundário.

Assinale a alternativa que contém apenas as afirmativas corretas:

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

06. (UFPI) Os primeiros vertebrados a conquistarem definitivamente o ambiente terrestre foram os répteis, por apresentarem adaptações que permitem "resolver", com eficiência, todos os problemas da vida fora da água.

Qual das afirmativas a seguir constitui um exemplo de adaptação dos répteis à vida fora da água?

- (A) Ovo provido de casca, fornecendo ao embrião proteção, suporte e alimento.
- (B) Temperatura interna constante, o que lhes permite uma ampla distribuição geográfica.
- (C) Fecundação externa, com grande número de gametas, tanto produzidos pelo macho como pela fêmea.
- (D) Pele, que, mesmo grossa, é ricamente vascularizada e permeável ao oxigênio.
- (E) Bexiga natatória que se comunica com a faringe e funciona como um pulmão primitivo.

07. (UFMG) Os animais a seguir representados são bastante diferentes na sua aparência, mas apresentam várias características comuns.



Entre essas características NÃO se inclui

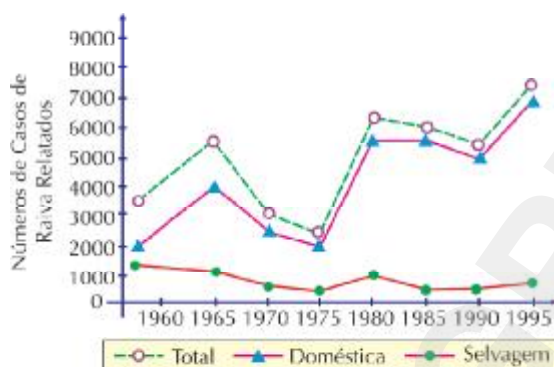
- (A) fecundação interna;
- (B) homeotermia;
- (C) oviparidade;
- (D) respiração pulmonar.

08. (PUCPR) Dados recentes apontam para o ressurgimento de moléstias infecciosas em regiões brasileiras onde eram consideradas de rara ocorrência.

Assinale a alternativa correta:

- (A) As infecções são causadas por seres criados em laboratórios e, por isso, mais graves.
- (B) O crescimento desordenado das cidades, sem acompanhamento de redes de água e esgoto, é um dos fatores que podem levar ao aumento de doenças infecciosas.
- (C) Doenças como a AIDS, que debilitam o sistema imunológico, são as responsáveis pelo descrito no enunciado.
- (D) O contato cada vez maior entre os povos, num mundo globalizado, é a principal causa do ressurgimento dessas doenças.
- (E) Vírus oportunistas são os grandes impulsionadores do desenvolvimento de numerosos casos de infecções.

09. (UFRJ) O gráfico a seguir mostra o número de casos de raiva relatados em um país, entre 1960 e 1995. A raiva é uma doença viral, potencialmente letal. Ela mata milhares de pessoas anualmente, principalmente nos países em desenvolvimento. Tanto os animais selvagens quanto os domésticos são reservatórios de transmissão da raiva.



Por que há diferença entre o número de casos de raiva relatados em animais selvagens e domésticos?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UNESP) São muitas as lojas que vendem animais exóticos para serem criados em casa como animais de estimação. Em uma dessas lojas, lagartos eram expostos em caixas de vidro, nas quais havia uma lâmpada acesa.

- (A) Qual a razão da lâmpada na caixa em que está colocado o animal? Este procedimento tem alguma relação com algo que o animal experimenta em seu ambiente natural?
- (B) Se esta caixa fosse deixada na vitrine, diretamente sob luz solar intensa, durante todo o dia, haveria prejuízo ao lagarto?

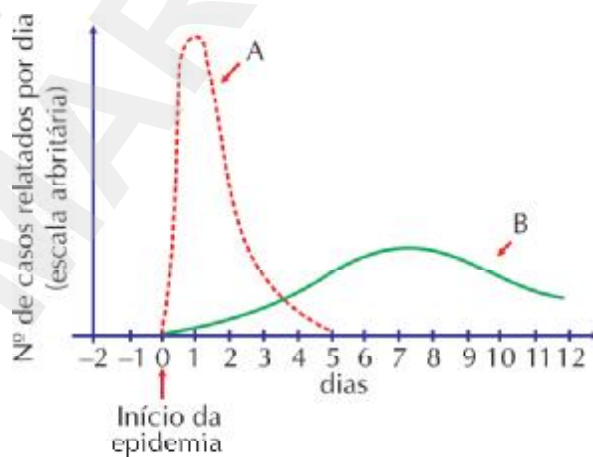
02. (UNESP) De um modo geral, o período normal de gestação de um mamífero está diretamente relacionado ao tamanho do corpo. O período de gestação do elefante, por exemplo, é de 22 meses, o do rato doméstico apenas 19 dias. O gambá, entretanto, que tem tamanho corporal maior que o do rato doméstico, tem um período de gestação de apenas 13 dias e seus filhotes nascem muito pequenos, se comparados com os filhotes do rato. Considerando estas informações, responda.

- (A) Por que o gambá, de maior porte que o rato, tem período de gestação menor? Justifique.
- (B) Qual é o anexo embrionário presente no rato e no elefante, mas ausente, ou muito pouco desenvolvido, nos gambás? Cite uma função atribuída a este anexo embrionário.

03. (UERJ) Os antibióticos, largamente usados no combate às infecções bacterianas, deveriam matar as bactérias de modo seletivo, sem interferir no metabolismo das células do corpo humano, o que nem sempre ocorre.

- (A) Os derivados de cloranfenicol, apesar de terem sido usados como antibióticos, por atuarem sobre o ribossomo de bactérias, também interferem na função de uma organela humana. Indique o processo que é inibido pelo cloranfenicol e explique por que apenas uma organela humana é afetada por sua ação.
- (B) O tratamento prolongado com qualquer antibiótico por via oral pode levar à carência de algumas vitaminas. Cite uma dessas vitaminas e explique como a antibioticoterapia oral pode provocar sua carência.

04. (UFRJ) As epidemias possuem características próprias, que dependem de sua origem. O gráfico a seguir representa o número de casos relatados numa determinada região, em função do tempo, de dois tipos de epidemia, A e B.



Uma das curvas corresponde a uma epidemia de cólera, num local em que há uma fonte comum de água contaminada. A outra curva representa a transmissão de gripe, uma doença que é transmitida de um hospedeiro ao outro.

O gráfico mostra também que, nos dois casos, as epidemias foram controladas.

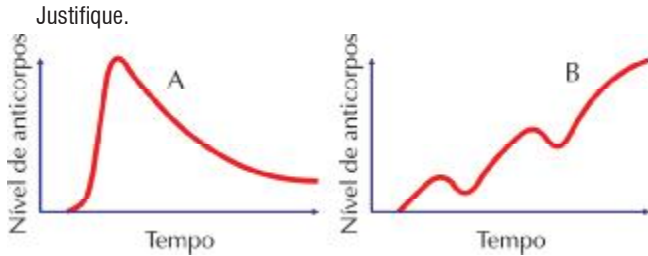
Indique qual curva corresponde à epidemia de cólera e qual corresponde à da gripe. Justifique sua resposta.

05. (UNICAMP) Um menino sofreu um ferimento no pé quando estava brincando na terra. O médico foi informado de que a criança não tinha recebido muitas das vacinas obrigatórias.

- (A) Nessa situação, que doença a criança estaria com maior risco de contrair? Explique por quê.



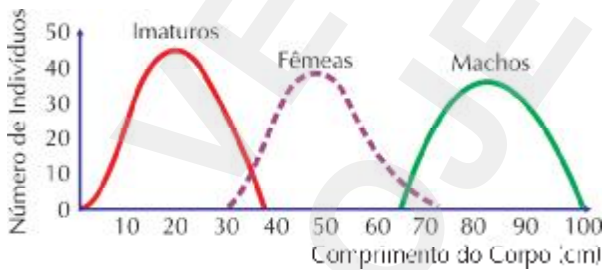
- (B) Qual seria o procedimento mais seguro para evitar que, nesse caso, a criança viesse a desenvolver tal doença? Qual dos gráficos abaixo corresponde a esse procedimento? Justifique.
- (C) A que procedimento corresponde o outro gráfico?



06. (UNICAMP) O carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*) pode transmitir ao homem a febre maculosa, uma grave enfermidade causada pela bactéria 'Rickettsia rickettsii'. Esse ácaro tem como hospedeiros preferenciais os eqüinos, mas também ataca bovinos, cães, capivaras e outros animais, além do homem. Nos últimos anos, por falta de predadores naturais, o número de capivaras vem aumentando em algumas áreas urbanas do interior do Estado de São Paulo e com esse aumento casos de febre maculosa têm ocorrido. Folhetos distribuídos pelos órgãos de saúde recomendam evitar o contato com a grama e o mato de locais com presença de capivaras, pois as larvas e ninfas do carrapato ficam nas folhas e acabam se prendendo à pele humana. Ao sugar o sangue, o carrapato transmite a 'Rickettsia'. Os folhetos informam ainda que a febre maculosa não é transmitida de uma pessoa para outra:

- (A) Explique por que a febre maculosa não é transmitida de uma pessoa para outra.
- (B) Os carrapatos são artrópodes que pertencem à mesma classe das aranhas. Explique por que os carrapatos estão incluídos nessa classe e não entre os insetos ou crustáceos, indicando duas características morfológicas exclusivas do seu grupo.
- (C) A capivara é o maior roedor conhecido. Explique como pode ser diferenciado morfológicamente um roedor de um carnívoro.

07. (UFRJ) Uma espécie de peixe da família 'Serranidae' é morfologicamente hermafrodita mas fisiologicamente unissexual. Estudos populacionais para caracterizar o sexo fisiológico dos indivíduos em função do comprimento do corpo apresentam os seguintes resultados:



Explique o benefício decorrente do padrão de diferenciação sexual observado.

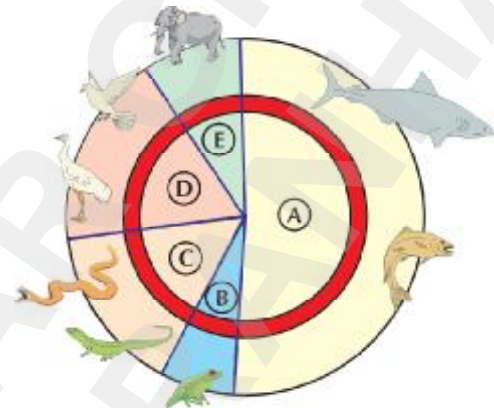
08. (UFRJ) Na história da conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados, os répteis apresentam soluções definitivas para alguns "problemas" que ainda mantinham os anfíbios dependentes do ambiente aquático. Dentre as soluções dos répteis podemos citar: a pele queratinizada, o pulmão

com maior superfície de trocas gasosas e a eliminação de catabólitos nitrogenados de baixa toxicidade e de baixa solubilidade.

Em relação à reprodução, cite duas conquistas evolutivas que conferiram aos répteis a independência do ambiente aquático.

09. (UFMG) Observe o esquema que se refere à diversidade dos vertebrados.

Nesse esquema, as áreas A, B, C, D e E correspondem ao número aproximado de espécies atuais em cada grupo.

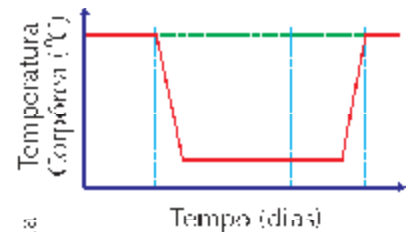


Com base nesse esquema e em conhecimento sobre o assunto, responda o que se pede.

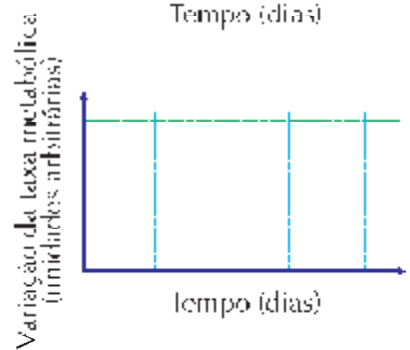
- 1) Nomeie os grupos colocando-os em ordem crescente do número de espécies atuais.
- 2) Cite as letras correspondentes aos grupos que apresentam respiração branquial na fase adulta, excreção do ácido úrico como produto nitrogenado e ectotermia (poicilotermia).
- 3) Cite dois mecanismos evolutivos que permitiram a adaptação dos animais do grupo C fora da água.
- 4) Cite duas características que são comuns a todos os grupos representados.

10 Analise o gráfico 1, que mostra a variação da temperatura corpórea de um mamífero endotérmico (homeotérmico) durante a hibernação.

- (A) De onde provém a energia necessária para a elevação da temperatura corpórea desse animal no fim do período de hibernação?



- (B) Considerando o fenômeno apresentado, copie o gráfico 2 e faça um esquema representando como seria a variação da taxa metabólica (consumo de energia) desse animal em função do tempo.





- 4) A
 5) 1) anti-horário; 2) 0,01V.
 6) a) zero; b) 2,0s.
 7) a) anti-horário; b) horizontal direita.
 8) $\cong 1,5mV$
 9) $v = \frac{m \cdot g \cdot R \cdot \sin\theta}{B^2 \ell^2 \cos^2\theta}$

MÓDULO 31

Exercícios de Fixação

- 1) a) 900 μ C b) 100 μ C
 c) 0,05J
 2) a) 100V b) 1 μ C e 5 μ C
 3) 8pC e 4pC
 4) a) 0,02C b) 10 J
 5) a) 12 μ C, 30 μ C e 60 μ C. b) 102 μ C
 c) 17 μ C d) 306 μ C
 6) a) 10 μ C, 5V, 2V e 1V b) 8V;
 c) 1,25 μ F; d) 40 μ J
 7) E
 8) a) 50V b) 400V

Exercícios Propostos

- 1) 48 μ C
 2) a) 176 pF b) 176 μ C
 3) a) 88pF b) 0,2m²
 c) 5 x 10⁴ V/m
 4) a) 2 μ F b) 24 μ F
 c) 144 μ J
 5) 1,5 μ J
 6) E
 7) a) 5 μ J b) Diminui, pois a ddp se reduz.
 c) 5 μ J



- 8)
 9) -32/3 μ C

BIOLOGIA 1

MÓDULO 01

Exercícios de Fixação

- 1) Letra D.
 2) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) (A) A seleção natural.
 (B) Por reprodução diferencial (uns se reproduzem mais e outros menos), o número de descendentes com genes adaptativos vai aumentando.

ENEM: Trabalhando as Habilidades

Letra B.

MÓDULO 02

Exercícios de Fixação

- 1) Letra C.
 2) Letra E.
 3) Letra E.

Exercícios Propostos

- 1) Monossacarídeos, como a glicose, são solúveis em água e polissacarídeos, como o glicogênio, têm pouca ou nenhuma solubilidade em água, nosso solvente por excelência. Assim, a estocagem de várias moléculas de glicose acarretaria o acúmulo de grande volume de água.

MÓDULO 03

Exercícios de Fixação

- 1) Letra B.
 2) Letra B.
 3) Letra A.

Exercícios Propostos

- 1) Letra E.

ENEM: Trabalhando as Habilidades

Letra A.

MÓDULO 04

Exercícios de Fixação

- 1) Letra A.
 2) Letra E.
 3) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) As células do tomateiro, sendo células de folhas, apresentariam cloroplastos, facilmente identificáveis ao microscópio óptico comum. Além dessa estrutura, é fácil observar a parede de celulose (ou o vacúolo de suco celular de sua célula). Essas estruturas não existem na célula animal.

MÓDULO 05

Exercícios de Fixação

- 1) Letra E.
 2) Letra C.
 3) Letra B.
 4) Letra B.

Exercícios Propostos

- 1) O filamento de actina é o principal componente do citoesqueleto, responsável pela manutenção da estrutura das microvilosidades. Com

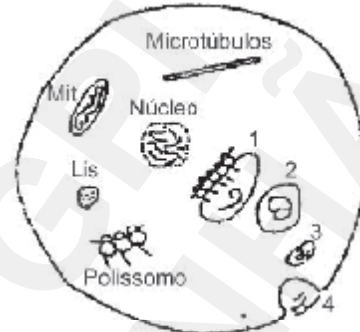


a utilização de um inibidor da polimerização da actina, houve uma significativa redução da formação das microvilosidades – estruturas celulares responsáveis pelo movimento da superfície de absorção intestinal.

3) Letra C.

Exercícios Propostos

1) Esquema de uma célula pancreática:



1 – RER – Formação de pré-pró insulina e pró-insulina.

2 – AG-Pró-insulina mais enzimas de conversão.

3 – Vesículas de secreção – formação de insulina ativa.

4 – Exocitose – insulina é liberada para a corrente sanguínea.

A tradução completa do gene da insulina dá origem à pré-pró insulina que está indicado no desenho como (1). Ainda no RER ocorre um corte na molécula que dá origem à pró-insulina. Em seguida, no AG ocorre novo corte da molécula de insulina, a qual passa de pró-insulina para insulina ativa. O peptídeo fragmentado e a insulina ativa mostrado em (3) são armazenados pelas vesículas até que ocorre a exocitose, liberação da insulina para o meio extracelular.

2) Reticulo endoplasmático granular: morfologia – conjunto de sáculos, cisternas e vesículas que se comunicam. A membrana é de constituição lipoprotéica e na face externa ocorre a presença de ribossomos; função – produz proteínas para exportação. Reticulo endoplasmático agranular: túbulos que se anastomosam cuja constituição é de lipoproteína. Produção de lipídios, síntese de hormônios, formação de área plaquetária.

Módulo 06

Exercícios de Fixação

- 1) Letra A.
- 2) Letra B.
- 3) Letra A.

Exercícios Propostos

- 1) **X** é hipotônica. O volume da célula aumentou devido à passagem de água do meio extracelular (menos concentrado) para o meio intracelular (mais concentrado).
Y é isotônica. Não houve alteração no volume celular, uma vez que o meio extracelular possui a mesma concentração que o meio intracelular.
Z é hipertônica. O volume celular diminuiu devido à passagem de água do meio intracelular (menos concentrado) para o meio extracelular (mais concentrado).
- 2) A situação II. Neste caso, o soluto foi transportado de **A** para **B**, mesmo contra o gradiente de concentração, um processo que exige gasto de energia da membrana. Na situação I, ocorreu apenas uma difusão do soluto de **A** para **B**, o que fica evidenciado pelas concentrações iguais nos dois compartimentos, após o tempo **t**.

Módulo 07

Exercícios de Fixação

- 1) Letra A.
- 2) Letra D.
- 3) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) (A) Diapedese.
(B) Processo inflamatório agudo.
(C) O processo inflamatório agudo pode ser desencadeado por agentes químicos, físicos e biológicos que causam danos celulares. Os produtos das células danificadas estimulam a liberação de fatores que alteram a permeabilidade vascular e o fluxo sanguíneo local. Como consequência, os leucócitos deixam o fluxo central, margeiam as células endoteliais e aderem à parede vascular. Após algum tempo migram para o espaço extravascular, passando entre as células da parede (diapedese). Uma vez no tecido, essas células participarão ativamente na fagocitose do agente causal e/ou dos restos celulares.

Módulo 08

Exercícios de Fixação

- 1) Letra E.
- 2) Letra D.

Módulo 09

Exercícios de Fixação

- 1) Letra E.
- 2) Letra B.

Exercícios Propostos

- 1) a) Em torno de 50% e cerca de 20°C;
b) Cloroplastos e estroma.
- 2) A equação apresentada poderia representar a fotossíntese das plantas, bastando, para tal, substituir o átomo de enxofre pelo átomo de oxigênio. Então, por analogia, o oxigênio (O₂) gerado pelas plantas seria cedido pela água.

Módulo 10

Exercícios de Fixação

- 1) D



- 2) E
- 3) (A) A fermentação, que é quebra parcial da glicose que acontece na ausência de oxigênio;
(B) Ácido láctico.

MÓDULO 11

Exercícios de Fixação

- 1) B
- 2) D
- 3) (A) Ao tecido pseudoestratificado ciliado com células caliciformes existente na traqueia.
(B) Os cílios têm como função remover as partículas de poeira e bactérias inaladas durante a respiração e que ficam aderidas ao muco. Desta maneira, sua destruição e paralisação acarretam retenção de muco nas vias aéreas, com consequente acúmulo de partículas de poeira e de bactérias na traqueia, brônquios e até mesmo nos pulmões, favorecendo, assim, a um possível quadro de infecções.

MÓDULO 12

Exercícios de Fixação

- 1) B
- 2) A
- 3) (A) Não. A reprodução sexuada depende de gametas, cuja formação necessita do pareamento entre cromossomos homólogos durante a meiose, o que permitirá a redução do número de cromossomos à metade. Como o zigoto em questão não apresenta cromossomos homólogos, não será possível o pareamento, impedindo-se assim a formação de gametas normais.
(B) Sim. A reprodução assexuada se faz pela multiplicação celular tipo mitose, que não requer o pareamento de cromossomos.

MÓDULO 13

Exercícios de Fixação

- 1) B
- 2) A
- 3) A
- 4) (A) Mamíferos.
(B₁) Ovulação.
(B₂) Nidação; implantação de embrião no útero; formação de placenta.
(C₁) Diminuiria.
(C₂) Diminuiria.

MÓDULO 14

Exercícios de Fixação

- 1) A
- 2) E
- 3) D

MÓDULO 15

Exercícios de Fixação

- 1) C
- 2) B

MÓDULO 16

Exercícios de Fixação

- 1) D
- 2) D

MÓDULO 17

Exercícios de Fixação

- 1) B
- 2) (A) Pela análise do gráfico, constata-se que, sob baixa pressão de oxigênio (por exemplo, 40 mmHg), a hemoglobina apresenta menor porcentagem de saturação de oxigênio do que a mioglobina.
(B) O fato de o oxigênio ser liberado (dissociado) da mioglobina mais facilmente do que da hemoglobina faz com que exista uma reserva extra de oxigênio, na mioglobina, que é cedida para a atividade muscular prolongada.

MÓDULO 18

Exercícios de Fixação

- | | |
|------|------|
| 1) C | 2) C |
| 3) E | 4) C |
| 5) A | 6) B |
| 7) A | |

Exercícios Propostos

- 1) É um soro porque, após a primeira inoculação, a substância permanece um certo tempo no organismo, mas em taxas decrescentes até desaparecer. E na segunda inoculação da substância, a resposta foi semelhante à primeira, não evidenciando qualquer sensibilização ou memória imunológica, o que determinaria uma resposta mais rápida e mais intensa, como seria esperado caso a substância fosse uma vacina.
- 2) O indivíduo A. Um contato prévio com o vírus X leva à produção de anticorpos por linhagens celulares que guardam esse estímulo na chamada "memória imunológica". São essas linhagens que promovem uma resposta mais rápida e intensa em contatos posteriores com o mesmo vírus.
- 3) (A) Anticorpos; são proteínas.
(B) Não, as vacinas contêm antígenos e não anticorpos.
- 4) (A) Vacinação.
(B) A vacina contém antígenos que estimulam a produção de anticorpos. Se o antígeno for introduzido uma segunda vez, haverá uma produção grande de anticorpos protegendo o organismo.



falciforme e do alelo normal, e por isso produz as duas formas de hemoglobina.

- 5) (A) Os gêmeos representados em B são monozigóticos e os representados em A são dizigóticos. No primeiro caso os irmãos são formados a partir da divisão do zigoto formado a partir de um óvulo e um espermatozóide na fecundação. No segundo caso, dois óvulos fecundados por dois espermatozoides dão origem aos irmãos, cada um com sua placenta.
- (B) No primeiro caso (B), os gêmeos podem ser do sexo feminino ou masculino, mas ambos do mesmo sexo. Já no segundo caso (A) os sexos podem ser diferentes.
- (C) Em geral: nutrição, remoção de excretas, proteção contra choques mecânicos, ação hormonal.

MÓDULO 23

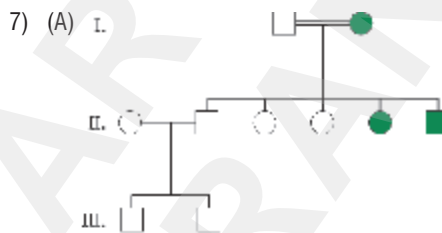
Exercícios de Fixação

- 1) C
- 2) D
- 3) A
- 4) D
- 5) D
- 6) A
- 7) E
- 8) C
- 9) B
- 10) E

Exercícios Propostos

- 1) (A) A distribuição fenotípica mendeliana clássica seria 25% de indivíduos com taxa de 100 unidades/mL, 50% de indivíduos com taxa de 50 unidades/mL e 25% de indivíduos com 0 unidade/mL, ou seja, a proporção do monobridismo com co-dominância é igual a 1 : 2 : 1. (B) O número de indivíduos observados na prole é muito pequeno, o que permite uma grande faixa de variação nos resultados em relação ao valor esperado.
- 2) (A) Herança intermediária, ou co-dominância, ou herança sem dominância, ou ausência de dominância. (B) A probabilidade será de 50%. As plantas de raízes ovaladas são heterozigotas e, neste caso, apresentam um fenótipo que é um resultado da mistura dos efeitos de cada alelo, tornando-se diferentes dos indivíduos homozigotos. Quando as plantas heterozigotas são cruzadas entre si, produzem plantas com os três fenótipos diferentes: 25% com raízes arredondadas (homozigotas), 50% com raízes ovaladas (heterozigotas) e 25% com raízes alongadas (homozigotas).
- 3) O genótipo dos embriões mortos deve ser AA, isto é, homozigoto para o gene dominante A (pelagem amarela). Esse gene em dose dupla é letal, justificando assim a proporção de 2 : 1 dos cruzamentos entre pais amarelos, bem como a diminuição de 25% da prole desses casais.
- 4) (A) Pleiotropia. (B) Genótipo é o conjunto gênico de um indivíduo. Fenótipo é a expressão destes genes e pode sofrer a influência do ambiente. (C) Genótipo: 1, fenótipo: 2, 3, 4 e 5. (D) Uma dieta sem fenilalanina, já que pela ausência da fenilalanina hidroxilase o metabolismo da fenilalanina não será realizado. Todos os alimentos devem conter as substâncias da cadeia que não dependam da enzima ausente ou deficitária.

- 5) Pais **Aa** (camptodáctilo) x **aa** (normal).
Genótipos da prole: 1/2 **Aa** e 1/2 **aa**.
Dos 50% com genótipo para camptodactilia, 75% efetivamente mostrarão essa característica: $0,50 \times 0,75 = 0,375$, ou seja, 37,5% da prole apresentará a anomalia.
- 6) Herança autossômica dominante. A característica aparece em todas as gerações. Ambos os sexos podem possuir ou transmitir a característica. Em II, a metade dos indivíduos apresenta a característica, o que era de se esperar no casamento em I entre homozigoto normal e heterozigota. Indivíduos normais não transmitem a característica, como é o caso dos casamentos II.9 x II.10 e III.8 x III.9. Indivíduos com braquidactilia casados com indivíduos normais transmitem a característica para (aproximadamente) a metade de seus descendentes.



- (B) Paciente: Aa; mãe: Aa; irmão: aa.
- 8) Pode ser feito um cruzamento-teste, cruzando-se um animal negro com um recessivo branco. Se obtivermos somente descendentes negros, os porquinhos negros são puros; se obtivermos negros e brancos, eles são híbridos. Outra opção seria cruzar dois indivíduos do lote. Se toda a geração fosse negra, os animais seriam puros; se fosse negros e brancos, o que ocorreria na proporção 3:1, concluiríamos que eles seriam híbridos.

Questão Contextualizada

Letra C.

MÓDULO 24

Exercícios de Fixação

- 1) C
- 2) B
- 3) (A) AaLI x AaLI
(B) AaLI x AaLI (um dos AA pode ser Aa)
(C) aaLI x aaLI
(D) AaLI x AaLI
(E) AaLI x AaLI
- 4) E
- 5) C
- 6) E
- 7) E
- 8) C
- 9) A
- 10) C

Exercícios Propostos

- 1) 58 (02, 08, 16, 32)
- 2) Nos casamentos consanguíneos, é maior a probabilidade de ocorrência de genes recessivos prejudiciais, para o mesmo caráter, em ambos os cônjuges. Com isso, a probabilidade de ocorrência de anomalia (**aa**) é de



- 1/4, a partir de pais normais, portadores do gene para a anomalia (**Aa**).
- (A) $2n = 6$.
(B) Poderá formar 2^n tipos diferentes de gametas, em que **n** representa o número haplóide de cromossomos da espécie. Portanto, $2^n = 2^3 = 8$.
 - (A) O óvulo será **Ab** e o espermatozóide será **ab**; logo, a fecundação originará um **Aabb**.
(B) Serão produzidos quatro tipos de óvulos: **AB, Ab, aB, ab**, que, ao serem fecundados pelo espermatozóide **ab**, produzirão quatro genótipos possíveis: **AaBb, Aabb, aaBb e aabb**.
 - (A) 1/4 (B) 1/4
 - (A) Não. A proporção da prole do cruzamento I é 9:3:3:1. Isso indica que os genes **A** e **B** estão em cromossomos diferentes (não do par de homólogos) e segregam-se independentemente.
(B) **AaBb x AaBb**. Só esses genótipos podem produzir a prole na proporção 9:3:3:1 do cruzamento I. **aaBb x aaBb**. Só esses genótipos podem produzir a proporção de 3:1, verificada na prole do cruzamento II.
 - (A) Os descendentes serão todos do tipo trotador negro.
(B) Aparecerão indivíduos trotador-negro (9/16), trotador castanho (3/16), marchador-negro (3/16) e marchador-castanho (1/16).
 - Esperam-se 50 plantas verde-rugosas, duplo-recessivas, o que corresponde a 1/16.

Módulo 25

Exercícios de Fixação

- C 2) C
- D 4) D
- E 6) A
- A 8) E
- C

Módulo 26

Exercícios de Fixação

- A 2) D
- C 4) C
- A 6) D
- E 8) E
- E 10) A
- A

Exercícios Propostos

- a) Orlando Leila
AO x BO
gametas A.O gametas B.O
b) 1/4. As possibilidades de combinação dos alelos de aglutinogênio entre os gametas de Orlando e Leila são:
Filho AB AO BO OO
1/4 1/4 1/4 1/4
Logo, AB representa 1/4.
2) a) Sofreria a reação com as aglutininas A.

- Porque o aglutinogênio não estaria acessível às aglutininas.
- a) A criança Rodrigues (Rh positivo) apresenta, obrigatoriamente, o gene D, que não poderia ter sido legado pelo casal Lopes, ambos Rh negativo e, portanto, com genótipo dd.
b) A criança Rodrigues tem genótipo ii (grupo O), e esses genes poderiam ter sido legados tanto pelo casal Rodrigues – mãe A ($I^A I^A$ ou $I^A i$) e pai O (ii) – como pelo casal Lopes – mãe O (ii) e pai A ($I^A I^A$ ou $I^A i$).
- a) A mãe tem Rh⁻ e o pai Rh⁺, já que tiveram um filho com eritroblastose fetal.
1º filho: Rh⁺ sensibiliza a mãe.
2º filho: Rh⁺ sofre a ação dos anticorpos da mãe (anti Rh⁺) e fica anêmico e com icterícia.
3º filho: Rh⁻ não manifesta doença hemolítica.
4º filho: Rh⁺ sofre a ação dos anticorpos da mãe.
b) Diagnóstico precoce com acompanhamento na gravidez, e injetando anti-Rh na mãe, após o parto, para destruir as hemácias fetais, evitando a sensibilização do sistema imunológico da mãe.
- a) Pai e mãe são AO, pois são do grupo A e têm filho O.
b) A probabilidade para um filho O é de 1/4. Como são duas fecundações diferentes, a probabilidade para ambos serem O é de $1/4 \times 1/4 = 1/16$.
- a) AO x BO
b) AO x AO
c) AB x BO
- Aguti: CC, CC^{ch}, CC^h, CC^a.
Chinchila: C^{ch}C^{ch}, C^{ch}C^h, C^{ch}C^a.
Himalaia: C^hC^h, C^hC^a.
Albino: C^aC^a.
- a) Não. A mulher sendo A (AA ou AO) e Chaplin sendo O (OO), eles não poderiam ter um filho B.
b) Os filhos poderiam ser do grupo A ou do grupo O.
- a) Para evitar a reação de aglutinação das hemácias do doador no sangue do receptor.
b) Porque, em princípio, não há problemas de transfusão com o sistema Rh em indivíduos não sensibilizados do sexo masculino.
c) Grupo O.
- a) 1/64. b) 1/8.
A genealogia indica que o casal é BO Rr e AO rr. Logo, a probabilidade de uma criança ser Ab é 1/4, e de ser Rh⁺ é 1/2. Conclui-se, então, que a chance de um filho ser AB e Rh⁺ é 1/8 e de dois filhos, 1/64.

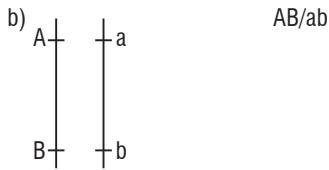
Módulo 27

Exercícios de Fixação

- B 2) A
- A 4) D
- D 6) B
- B 8) C
- B 10) C

Exercícios Propostos

- a) A distância entre A e B é equivalente à taxa de *crossing* de 4%, ou seja, a 4 unidades de recombinação (4UR).



- 2) MN 43%, mn 43%, Mn 7%, mN 7%
- 3) DBCA ou ACBD
- 4) A informação corresponde a um caso de segregação independente (diíbrido), pois temos 4 classes fenotípicas, na mesma frequência, o que é característico para esse tipo de cruzamento.
- 5) a) 40 células.
b) 20 células AB e 20 células ab.
- 6) A taxa é a porcentagem dos indivíduos surgidos por *crossing* (os valores mais baixos). Logo:

$$\begin{array}{ccc} 400 & \text{—————} & 100\% \\ 80 & \text{—————} & x \\ x = 20\% \end{array}$$
- 7) 81 coelhos albinos.

MÓDULO 28

Exercícios de Fixação

- | | |
|-------|-------|
| 1) C | 2) B |
| 3) C | 4) C |
| 5) E | 6) C |
| 7) D | 8) C |
| 9) C | 10) D |
| 11) A | |

MÓDULO 29

Exercícios de Fixação

- | | |
|------|------------|
| 1) D | 2) E |
| 3) D | 4) A |
| 5) 6 | 6) 22 |
| 7) E | 8) A, C, D |
| 9) E | 10) D |

Exercícios Propostos

- 1) Lamarck teria dito que a necessidade de adaptação da bactéria teria ocasionado o aparecimento de uma bactéria resistente, que transmitiria essa característica aos descendentes. Darwin diria que, entre os diversos tipos preexistentes de bactérias, aquelas que eram resistentes foram selecionadas, aumentando de número na população.
- 2) Inicialmente, a maioria dos *gonococos* (bactérias) era sensível às sulfonamidas. No entanto, já existiam algumas bactérias resistentes ao medicamento. Com o uso continuado das sulfonamidas, as bactérias resistentes foram favorecidas e aumentaram de número (seleção natural).
- 3) Não, porque o aumento do pescoço, nesse caso, é uma característica adquirida, que altera apenas as células somáticas e, por isso, não se transmite aos descendentes.

- 4) Segundo Lamarck, os caracóis tornaram-se escuros devido às mudanças do meio. O caráter escuro seria uma característica adquirida pela ação do ambiente, que pode ser passada aos descendentes. Para Darwin, deveriam existir vários tipos de caracóis, surgidos independentemente das características do ambiente. A mudança do ambiente apenas conferiu uma vantagem de sobrevivência às formas mais escuras, que, com isso, aumentaram de número.
- 5) Afirmação 1: Lamarck. Porque a afirmação dá a entender que o fato de a grama ser verde fez com que o gafanhoto se tornasse verde, isto é, para se adaptar ao ambiente, o indivíduo altera suas características.
Afirmação 2: Darwin. Porque ela dá a entender que o ambiente apenas favorece um indivíduo que já tem uma característica (cor verde) adaptada a determinado ambiente.
- 6) a) A variedade com produção mais homogênea é a mandioca. No milho, a variação em torno da média está por volta de 100% (de 0 a 120 ou de 120 a 240), mostrando uma diversidade maior. Na mandioca, a variação em torno da média está por volta de 30% (de 3,0 a 4,2 ou de 4,2 a 5,4), o que mostra uma diversidade menor.
b) A explicação é que as sementes do milho resultam de reprodução sexuada, o que aumenta a variabilidade genética. A mandioca se reproduz assexuadamente e cada pedaço origina uma nova planta geneticamente igual à anterior.
- 7) a) A conclusão não é correta.
b) Os antibióticos não induzem o aparecimento de bactérias resistentes; eles apenas eliminam bactérias sensíveis, favorecendo a sobrevivência das bactérias resistentes.
- 8) A frase que corresponde ao conceito atual da evolução é a frase I. A frase II é lamarckista, indicando que os organismos se modificam para se adaptarem ao ambiente, o que não é verdade: as modificações (mutações) são aleatórias. A frase III está errada porque para a evolução é importante se um ser vivo produz descendentes e se os produz em número maior do que os outros seres da mesma espécie.
- 9) Como na região tropical há mais insetos que comem plantas, a produção de alcalóides confere uma vantagem maior a essas plantas do que às plantas de clima temperado, onde não há tantos insetos. Logo, a seleção natural favoreceu bastante os mutantes das florestas tropicais que produziam alcalóides contra insetos.

MÓDULO 30

Exercícios de Fixação

- | | |
|------|--------|
| 1) B | 2) C |
| 3) A | 4) C |
| 5) A | 6) B |
| 7) E | 8) A |
| 9) E | 10) 95 |

Exercícios Propostos

- 1) V, F, V, F, V.
- 2) $02 + 04 + 08 + 16 = 30$.
- 3) a) A afirmação é verdadeira, pois os antibióticos podem agir como agentes selecionadores de bactérias resistentes.



BIOLOGIA 2

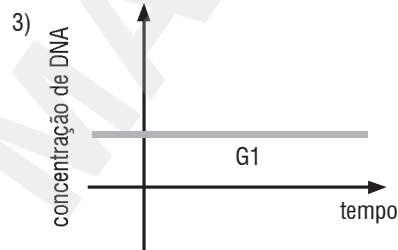
Módulo 01

Exercícios de Fixação

- 1) Letra C.
- 2) Letra B.
- 3) Letra A.

Exercícios Propostos

- 1) (A) A duplicação e replicação semi conservativa das moléculas de DNA.
(B) Sim, pois, junto com a recombinação gênica, as mutações aumentam a variabilidade genética.
- 2) Uma das células será montada utilizando-se o núcleo com nucléolo bem desenvolvido e o citoplasma com grande quantidade de organelas. Esta célula tem uma intensa atividade metabólica com elevada síntese de proteínas, uma vez que o nucléolo desenvolve-se quando sintetiza grande quantidade de ribossomos.
A outra célula será montada utilizando-se o núcleo com muita heterocromatina e o citoplasma com poucas organelas. Neste caso, a célula tem baixa atividade metabólica devido ao fato de a heterocromatina ser inativa no que diz respeito à expressão gênica.



- 4) (A) Transcrição no núcleo ao nível dos cromossomos e tradução no citoplasma ao nível dos ribossomos.
(B) Sem a região organizadora do nucléolo, não haverá RNA ribossômico, matéria-prima para a produção destes organóides e, conseqüentemente, cessará a síntese de proteínas na célula.
- 5) Não. Bactérias são seres procariontes, desprovidos de carioteca. Porém, possuem DNA.

Módulo 02

Exercícios de Fixação

- 1) Letra E.
- 2) Letra D.
- 3) Letra D.
- 4) Letra C.
- 5) Letra C.
- 6) Letra A.
- 7) Letra D.

- b) A aplicação de dois antibióticos simultaneamente é mais eficaz, pois um potencializa a ação do outro (sinergismo).
- 4) a) O escurecimento das árvores pela fuligem favoreceu as mariposas escuras que, camufladas, puderam sobreviver à ação dos predadores. Com maiores chances de sobrevivência e de reprodução, as mariposas melânicas puderam aumentar em número neste período.
b) É possível verificar que se trata de um caráter hereditário por meio de cruzamentos e da análise da descendência. O caráter em questão se comporta de acordo com as leis de Mendel.
- 5) a) Os indivíduos portadores do gene S são resistentes à malária.
b) Agente etiológico: *Plasmodium sp.* Vetor: fêmeas infectadas do mosquito-prego (*Gen. Anopheles*) Resumo do ciclo vital: Homem (hospedeiro intermediário) – Mosquito (hospedeiro definitivo) – Homem.
- 6) As borboletas escuras se adaptaram melhor ao ambiente escurecido pela fuligem, enquanto as claras são alvos mais fáceis de seus predadores quando pousadas sob um fundo escuro.
- 7) Lamarck teria afirmado que as bactérias desenvolvem e transmitem a resistência ao antibiótico a seus descendentes. Darwin afirmaria que o antibiótico selecionou as variedades resistentes. Estas se multiplicam produzindo mais bactérias resistentes.
- 8) a) Lamarck, porque preconiza que as “patas” do golfinho se transformaram em nadadeiras, pelo uso exagerado, para se adaptar ao ambiente aquático.
b) A frase está em desacordo com a teoria de Darwin, porque os golfinhos foram selecionados nesse ambiente, dentre as variações produzidas pelos seus ancestrais.
- 9) a) Os cães domésticos passam por uma seleção artificial, enquanto os selvagens são naturalmente selecionados pelo meio.
b) Raças ou subespécies porque podem produzir descendência fértil.
c) Os vira-latas apresentam maior variabilidade e resistência porque se cruzam ao acaso.

Módulo 31

Exercícios de Fixação

- 1) C
- 2) D
- 3) E
- 4) E
- 5) B

Exercícios Propostos

- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D
- 5) a) Segundo Oparin, esses gases seriam metano, amônia, vapor d'água e hidrogênio, embora haja evidência de que outros gases deveriam estar presentes.
b) Descargas elétricas na atmosfera e raios ultravioleta do Sol.
c) Eram moléculas orgânicas simples, como aminoácidos e glicose. Devem ter sido levadas para o mar e sofrido várias reações químicas.
d) Fox obteve proteínas aquecendo uma mistura de aminoácidos.
e) São aglomerados de proteínas envolvidos por uma camada de água. Teriam sido os precursores dos primeiros seres vivos do planeta.



Exercícios Propostos

- 1) A não-disjunção foi pós-zigótica, decorrente de uma divisão mitótica anômala. Se a não-disjunção tivesse ocorrido antes da fecundação, o cariótipo anormal seria detectado em todas as células pesquisadas.
- 2) (A) A – Metáfase da mitose porque os quatro cromossomos constituídos por duas cromátides cada, não pareados, ocupam o equador do fuso mitótico.
B – Metáfase II da meiose porque os cromossomos, em número de dois, estão duplicados e dispostos na região equatorial do fuso.
C – Metáfase I da meiose porque os cromossomos, em número de quatro, estão duplicados, pareados e dispostos na placa equatorial.
(B) A seta indica a região do centrômero, estrutura responsável pela fixação do cromossomo nas fibras do fuso acromático e, também responsável pelo deslocamento dos cromossomos-filhos para os pólos opostos da célula.

MÓDULO 03

Exercícios de Fixação

- 1) Letra A.
- 2) I. O teste de paternidade é viabilizado através da obtenção de DNA não somente de células sanguíneas, mas de qualquer tecido que contenha DNA.
II. O filho apresenta 50% do seu material genético proveniente da mãe e 50% do pai. A semelhança genética do primo em questão seria menor que 50%.
III. O material genético pode ser colhido de cadáveres a partir de restos mortais, tais como ossos ou fios de cabelo.
- 3) Letra C.
- 4) Letra A.

Exercícios propostos

- 1) Letra E.
- 2) Letra C.
- 3) (A) Os seres humanos possuem em sua composição os seguintes compostos orgânicos:
 - carboidratos (hidratos de carbono ou glicídios)
 - proteínas
 - lipídios (gorduras)
 - ácidos nucleicos (DNA e RNA)
 - vitaminas
 Todos os compostos citados anteriormente possuem em sua composição química átomos de carbono, além de hidrogênio e oxigênio.
(B) Músculos, fígado e tecido adiposo são estruturas armazenadoras de substâncias energéticas. Glicogênio é armazenado nos músculos e no fígado; gorduras ou lipídios são armazenadas no tecido adiposo.

MÓDULO 04

Exercício de Fixação

- 1) Letra E.
- 2) Letra C.

- 3) Letra B.
- 4) Letra A.

Exercícios propostos

- 1) A mutação deve ter alterado um códon que codificava um aminoácido transformando-o em um códon de parada, que interrompe a leitura do ARNm pelo ribossoma.
- 2) (A) AUG AGU UGG CCU G
(B) Serina - triptofano - Prolina
(C) Metionina - Serina - Glicina

MÓDULO 05

Exercícios de Fixação

- 1) (A) Os linfócitos T são infectados pelos vírus e destruídos após os primeiros meses da doença.
(B) Grande parte dos vírus são destruídos pela produção e atuação de linfócitos e outras células de defesa, ainda em grande número durante o primeiro ano de desenvolvimento da doença.
- 2) (A) Os coelhos foram submetidos a um processo de seleção natural, ou seja, foram eliminados os animais sensíveis e preservados os resistentes que puderam recuperar o tamanho da população.
(B) Os mosquitos vetores contribuíram para a sobrevivência dos coelhos transmitindo entre os indivíduos desta população formas atenuadas do vírus mixoma.
- 3) (A) A febre amarela tem como agente etiológico um vírus.
(B) O mosquito 'Aedes aegypti' transmite a febre amarela e a dengue.

Exercícios Propostos

- 1) (A) A hepatite B é causada por vírus.
(B) O vírus da hepatite B sofre mutações. A vacina não é capaz de prevenir a população contra as formas mutantes do vírus.
(C) O vírus causador da hepatite B é transmitido de forma direta, através de objetos contaminados e de relações sexuais. Esta forma de transmissão não pode ser evitada quando apenas os profissionais que lidam com sangue humano são vacinados.
- 2) Em função das mutações, as proteínas do capsídeo viral são diferentes e, assim, apesar de as pessoas vacinadas possuírem anticorpos contra uma determinada linhagem do vírus, não possuem anticorpos capazes de reconhecer os vírus com as proteínas alteradas resultantes das mutações.
- 3) Os inibidores de proteases impedem que estas enzimas clivem a poliproteína que contém várias enzimas e proteínas importantes para a síntese de novas partículas virais.

MÓDULO 06

Exercícios de Fixação

- 1) Letra B.

Exercícios Propostos

- 1) (A) O camundongo 2, não transgênico, apresenta maior aumento corporal, pois sua hipófise secreta normalmente o hormônio do crescimento.



(B) O camundongo 1, geneticamente modificado, produz maior quantidade de hormônio do crescimento, pois apresenta uma cópia extra do gene que codifica sua produção.

- 2) A segunda. A maior resistência das plantas aos agrotóxicos permitirá o aumento da quantidade de agrotóxicos lançados no ambiente, com a conseqüente contaminação do solo e das águas, levando à eliminação local de várias espécies.

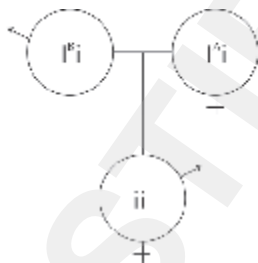
Módulo 07

Exercícios de Fixação

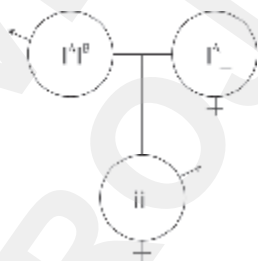
- 1) Letra A.
- 2) Letra A.
- 3) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) (A) Não, a seqüência herdada do pai é recessiva em relação à seqüência herdada da mãe; como o filho recebe 50% de cada, ele será heterozigoto e, portanto, não expressará a doença. Para o filho apresentar a doença, que é recessiva, o gene recessivo teria que estar em dose dupla.
- (B) Não existe nenhuma possibilidade; na fecundação, ocorre a união do gameta paterno com o gameta materno, resultando no zigoto e, portanto, cada indivíduo da geração parental doa um gene do par encontrado no filho.
- 2) (A) É possível um indivíduo de sangue B (heterozigoto) ter um filho O, com uma mãe de sangue A.



(B) Se o homem acusado tivesse sangue AB, seria impossível ele ter um filho de sangue O; qualquer outro seria possível, menos esse.



(C) O teste é feito para determinar o pai biológico de uma determinada criança, através da comparação das seqüências de nucleotídeos encontrados no suposto pai e o da criança.

- 3) (A) A influência pode ser crucial, pois é analisado o DNA fornecido

por células nucleadas, como os glóbulos brancos, que podem viver muitos anos e se duplicar ativamente.

(B) A fraude pode ser evitada colhendo-se células brancas da medula óssea vermelha do indivíduo a ser testado.

Módulo 08

Exercícios de Fixação

- 1) (A) O estômago.
(B) Os lisossomos e o estômago realizam a digestão de proteínas em meio ácido.
- 2) Letra D.
- 3) Letra C.
- 4) Letra A.
- 5) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) Letra D.
- 2) Letra D.
- 3) Letra E.

Módulo 09

Exercícios de Fixação

- 1) Letra A.
- 2) Letra D.
- 3) Letra D.
- 4) Letra E.
- 5) Letra C.

Exercícios Propostos

- 1) Letra A.
- 2) Letra A.
- 3) Letra B.
- 4) Letra D.

Módulo 10

Exercícios de Fixação

- 1) A
- 2) E
- 3) D
- 4) D

Exercícios Propostos

- 1) (A) Mamíferos.
(B) Glândulas mamárias.
- 2) Anfíbios:
– respiração cutânea e pulmonar;
– excreção de uréia.
Répteis:
– respiração pulmonar e cloacal;
– excreção de ácido úrico.
- 3) B
- 4) B



- 3) B
5) C
6) O termo produtor, em ecologia, é usado para designar o ser vivo que consegue sintetizar a matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas.
7) O fluxo de energia vai diminuindo a cada passagem de nível trófico em uma cadeia muito grande, a quantidade de energia vai diminuindo tanto que fica impossível a manutenção da vida no nível posterior.
8) (A) A quantidade de energia disponível em cada nível trófico.
(B) Porque a cada passagem a energia vai dissipando na forma de calor.
9) O fluxo da matéria permite a reciclagem através da ação dos decompositores, enquanto o fluxo de energia é unidimensional, já que a energia é transmitida em calor dissipado para o Meio Ambiente.

Exercícios Propostos

- 1) A
3) B
5) C
- 2) B
4) C
6) B

Questão Contextualizada

Letra E.

Módulo 20**Exercícios de Fixação**

- 1) C
3) C
5) B
6) Através da respiração, urina, fezes e transpiração nos animais e transpiração, respiração e gutação.
7) (A) O carbono é fixado pelos seus clorofilados através da fotossíntese. O nitrogênio é fixado por um grupo de bactérias e algas azuis.
(B) Através da fotossíntese.
8) Respiração, decomposição e a combustíveis.
9) C

Exercícios Propostos

- 1) C
3) A
4) (A) Toda vez que o produtor produz matéria orgânica ele também libera oxigênio através da fotólise da água. Este fenômeno que inicia o processo fotossintético.
(B) Na garrafa com luz ocorre fotossíntese, que ilumina para o meio ambiente o oxigênio e produz matéria orgânica para formação do vegetal. A garrafa escura funciona como controle do experimento, pois sua situação não indica a fotossíntese. Comparando-se o teor de oxigênio nas duas garrafas tem-se a medida da fotossíntese.
(C) Na sua maioria, algas microscópicas componentes do plâncton.

Módulo 21**Exercícios de Fixação**

- 1) B
3) B
5) E
- 2) D
4) E

Exercícios Propostos

- 1) C
3) E
5) E
- 2) E
4) E
6) B

Questão Contextualizada

7/m².

Módulo 22**Exercícios de Fixação**

- 1) (A) A planta não apresenta haustórios (raízes sugadoras) e apresenta nas raízes uma epiderme pluriestratificada denominada velame, cuja função é aumentar absorção de água e nutrientes provenientes das chuvas que escorrem pelos troncos das plantas suporte.
(B) Crescendo sobre outras plantas, as epífitas aproveitam melhor a luminosidade e, conseqüentemente, aumentam a taxa de fotossíntese.
2) As bactérias simbióticas fixam o nitrogênio do ar para as plantas. Em contrapartida, as células vegetais fornecem para as bactérias as substâncias orgânicas produzidas a partir da fotossíntese. A associação beneficia, portanto, ambos os organismos.
3) A espécie C, ao ser introduzida no ambiente, manteve uma relação harmônica interespecífica com a espécie A, podendo ser uma protocooperação, que trouxe benefícios a ambas. Com a espécie B, a espécie C manteve uma relação desarmônica interespecífica, como por exemplo a competição, o predatismo. Nessa relação, a espécie C teve benefícios, enquanto a espécie B teve prejuízos.
4) (A) Ruminantes possuem na pança bactérias capazes de secretar a celulase, enzima que acelera a digestão da celulose ingerida por estes herbívoros.
(B) Cupins possuem protozoários flagelados no intestino. Estes seres unicelulares digerem a celulose da madeira ingerida pelos cupins.
5) (A) Formigas são insetos sociais com nítida divisão de trabalho. Se algumas pararem de trabalhar na coleta de alimento, todo o formigueiro será comprometido.
(B) Abelhas e Cupins.
6) B
8) A
10) A
- 7) B
9) E

Exercícios Propostos

- 1) (A) A interação ecológica observada entre o caranguejo-eremita e as anêmonas em A é a protocooperação, enquanto em B ocorre mutualismo entre a leguminosa e bactérias.
(B) Mutualismo é uma interação necessária à sobrevivência das espécies associadas; isso não ocorre com a protocooperação.



de carbono da molécula de hemoglobina.

- 5) (A) O DDD tem efeito cumulativo nas cadeias alimentares porque não é biodegradável.
(B) Controle biológico com peixes que se alimentam das larvas dos mosquitos.
- 6) Os peixes carnívoros se alimentam de outros animais, incluindo alguns filtradores como mexilhões e ostras. Cada um desses animais concentra grandes quantidades de substâncias dissolvidas na água. Os peixes, ao consumirem muitos desses filtradores, acabam acumulando grandes quantidades de substâncias que estavam dissolvidas na água.
- 7) O BPC se acumula ao longo da cadeia alimentar (magnificação trófica). Como os salmões são predadores situados em níveis tróficos elevados, acabam por ingerir e acumular grande quantidade de BPC.
- 8) (A) Os derramamentos de petróleo no estado do Rio de Janeiro afetam consideravelmente as regiões de mangue; no estado do Paraná, os derramamentos comprometem as raias citiáreas e as áreas ribeirinhas.
(B) Os fatores abióticos que comprometeram as teias alimentares desses ambientes foram a impossibilidade de iluminação por causa do filme de óleo sobre a superfície da água e, conseqüentemente, a falta de oxigênio suficiente para sustentar a respiração dos organismos aeróbios.
(C) A camada de petróleo sobre a superfície da água impede a fotossíntese, comprometendo o desenvolvimento do fitoplâncton.
d) Ingestão da água e produtos da pesca contaminados pelo óleo derramado.
- 9) (A) Águas poluídas apresentam alta DBO, alta incidência de coliformes fecais e baixo teor de oxigênio dissolvido. Predomínio de processos anaeróbicos.
Águas não poluídas possuem pequena DBO, baixa quantidade de coliformes fecais e alto teor de oxigênio dissolvido. Conseqüentemente, há predomínio de processos aeróbicos.
(B) Anaeróbios facultativos são microrganismos capazes de realizar a respiração aeróbia e anaeróbia. Utilizam, ou não, o oxigênio livre para produzir energia.
(C) Cólera ('*Vibrio cholerae*')
Febre Tifóide ('*Salmonella typhi*')
Leptospirose ('*Leptospira sp.*')
- 10) E

Questão Contextualizada

O metano é produzido na digestão bacteriana no tubo digestivo do gado.

Módulo 25

Exercícios de Fixação

- 1) a) Os animais selvagens são selecionados pelo meio ambiente permitindo a sobrevivência dos mais aptos e por isso a variação não é tão grande como na seleção artificial, em que as características são escolhidas aleatoriamente atendendo a uma escolha particulada.
b) Os cães, por exemplo, formam subespécie ou raças que, embora sejam às vezes muito diferentes, podem cruzar entre si e produzir

descendentes férteis.

c) Os cruzamentos feitos ao acaso aumentam a variabilidade e conseqüentemente a resistência do cão.

- 2) São *corretas*: 01, 02, 04 e 08.

01– A unidade de classificação é a espécie. São considerados de mesma espécie os seres vivos que trocam genes em natureza, produzindo descendentes férteis.

02– Uma ordem pode englobar várias famílias como, por exemplo, a ordem carnívora, que engloba várias famílias como Canidae, Felidae etc.

04– As plantas são classificadas dentro das mesmas regras utilizadas para os animais, apresentando pequenas diferenças, como é o caso da Divisão usada apenas entre os vegetais.

08– As características obrigatórias para o ser vivo ser classificado no reino Monera é ser unicelular e procarionte, como é o caso das bactérias e cianofíceas (cianobactérias).

- 3) Gabarito C.

Ordem crescente de classificação-Espécie, Gênero, Família, Ordem, Classe, Filo e Reino.

- 4) Gabarito A.

Um Reino apresenta vários Filos, um Filo várias Classes, uma Classe várias Ordens, e uma Ordem várias Famílias. A unidade de classificação taxonômica é a espécie.

- 5) Gabarito B.

Na ordem Espécie-Reino aumentam as diferenças, já que a espécie é a unidade de classificação. Um exemplo que pode ser utilizado é o do Gênero *Canis*, que engloba o cão doméstico, o chacal, o coiote, e o lobo.

– *Canis aureus* – Chacal dourado

– *Canis latrans* – Coiote

– *Canis lupus* – Lobo

– *Canis familiaris* – Cão

Exercícios Propostos

- 1) A procura deve ser específica para diminuir o tempo gasto e, portanto, o aluno deve digitar o nome científico da espécie, que é *Cebus apella*.
- 2) Gabarito C.
Através do estudo do esquema indicado pela questão, podemos perceber que o cavalo e a zebra pertencem ao mesmo gênero e os rinocerontes são de gêneros diferentes.
- 3) Gabarito A.
A grafia da espécie é binominal, sendo o primeiro termo escrito com inicial maiúscula e representa o gênero, e o segundo termo, escrito normalmente com inicial minúscula, representa o termo específico.
- 4) Gabarito E.
O gabarito é determinado por exclusão, os nomes científicos nos permitem analisar que eles não podem ser de mesmo gênero, de mesma espécie e de mesma subespécie (raça) e portanto só sobra família.
- 5) Gabarito B.
As 9 espécies apresentam apenas 3 gêneros. Os gêneros *Ara*, *Amazona* e *Aratinga*.



Questão Contextualizada

V–F–V–V–F–V

MÓDULO 26

Exercícios de Fixação

- 1) a) A doença de Chagas pode ser transmitida pelas fezes de barbeiros contaminados com o **Trypanosoma**, por transfusões sanguíneas de indivíduos infectados pelo protozoário e também através da placenta durante o desenvolvimento embrionário, e, portanto, não pode ser transmitido de modo direto de um indivíduo para o outro.
b) Matar o barbeiro.
– Morar em casa de alvenaria, para não permitir que o inseto se esconda durante o dia.
– Uso de mosquiteiros, para evitar o contato do barbeiro com a pele e com isso impedir a contaminação.
- 2) Para o corpo produzir anticorpos, ele tem que entrar em contato com um antígeno. No caso da doença de Chagas, as únicas formas que realmente são encontradas em áreas que poderiam sensibilizar o organismo do indivíduo atacado são as formas esporozoítos e merozoítos. As outras formas são intracelulares e, portanto, não percebidas pelo sistema de defesa.
- 3) a) Não. O mosquito não nasce contaminado com o protozoário causador da malária, o mosquito se contamina após sugar o sangue de uma pessoa com malária.
b) Não permitir que acumule água em recipientes que possam ser usados pelo mosquito como área de desenvolvimento de suas larvas.
- 4) a) Os vacúolos pulsáteis ou contráteis são usados para garantir principalmente a integridade física do protozoário, que sofreria plasmoptise caso o excesso de água não fosse eliminado, já que o meio interno desses seres vivos é hipertônico em relação ao meio ambiente que os envolve. Na saída da água, os excretas são levados, caracterizando um processo de excreção.
b) Em meio hipotônico, a água entra passivamente por osmose, e isso levaria o protozoário a um processo de plasmoptise; esse fenômeno é evitado prontamente pelo vacúolo pulsátil, que acaba eliminando o excesso para o meio ambiente.
- 5) Gabarito E.
As bactérias apresentam variados meios de obtenção de alimento, sendo divididas em autotróficas e heterotróficas. As autotróficas podem ser fotossintetizantes ou quimiosintetizantes, enquanto as heterotróficas podem ser classificadas como decompositoras e consumidoras.

Exercícios Propostos

- 1) a) Síntese protéica.
– A síntese de proteína das bactérias usa o mesmo mecanismo das mitocôndrias, que apresentam um ribossomo especial do tipo 70 s, que é diferente dos ribossomos usados pelas células eucariontes, que é do tipo 80 s.
b) Vitaminas K, vitaminas do complexo B.

– A antibioticoterapia oral pode eliminar bactérias da área digestiva que atuam permitindo o uso dessas vitaminas pelo nosso organismo.

- 2) a) Bactéria *Micobacterium tuberculosis* (Bacilo de Koch).
b) Transmissão direta de pessoa com tuberculose através de secreções contaminadas pelo bacilo, produzidas nas vias respiratórias do doente.
c) O uso indiscriminado de antibióticos seleciona as variedades resistentes aos medicamentos.
- 3) a) Hepatite A – Vírus
– Cólera – *Vibrio cholerae*
– Doença de Chagas – *Trypanosoma cruzi*
b) A região IV, pois possui o maior número de pessoas com cólera e hepatite.
c) A região II, pois possui o maior número de casos de doença de Chagas. A doença de Chagas tem como transmissor o barbeiro, que é um inseto hematófago noturno e que normalmente usa os animais silvestres para obter seu alimento. O barbeiro pode contrair o *Trypanosoma* utilizando o sangue de animais silvestres.
- 4) a) Com malária, os indivíduos ss tendem a morrer, enquanto os Ss são imunes, aumentando a frequência do S. Sem a malária, os indivíduos ss sobrevivem diminuindo a frequência do S.
b) Os indivíduos Ss produzem hemácias normais e anormais. Estas, anormais, não permitem a reprodução assexuada do protozoário.
- 5) a) – Exoesqueleto quitinoso, que confere maior proteção e maior retenção de água no interior do animal.
– Excreção de ácido úrico (menor perda de água pela urina).
– Alimentação diferente nas variadas fases de vida impedindo uma competição pelo alimento.
b) – Doença de Chagas – A transmissão do agente etiológico *Trypanosoma cruzi* é feita através das fezes contaminadas do barbeiro, jogadas na pele do indivíduo, durante o momento em que o barbeiro está se alimentando com o sangue desse indivíduo. O protozoário entra pelo furo da picada contaminando o sangue e conseqüentemente provocando a doença. O tempo entre a picada e a produção de fezes é muito pequeno, permitindo que o barbeiro defeque antes de volta para o seu esconderijo.
- 6) Gabarito B.
Com o avanço da tecnologia e o aumento do combate contra as várias doenças, principalmente as que são endêmicas, os casos de doenças infecto-parasitárias estão sendo reduzidos. A melhora no saneamento básico, produção de novos antibióticos e vacinas estão garantindo essa redução.
- 7) Gabarito A.
Como ainda ocorre síntese de proteína após a introdução do antibiótico é porque já ocorreu a transcrição antes e o antibiótico b apenas passa a impedir o processo a partir da sua introdução.

Questão Contextualizada

- a) Parede celular.
- b) São organismos procariontes, pertencentes ao reino Monera.
- c) Cloroplastos, fotossíntese, tecidos organizados.



Módulo 27

Exercícios de Fixação

- O micélio vegetativo permaneceu no interior da madeira da porta, o aluno retirou apenas os corpos de frutificação quando passou o pano com álcool. Depois de uma semana toda a parte externa reprodutiva foi refeita.
- a) Os fungos são saprófitos ou parasitas, além de serem heterótrofos.
b) Reprodução por esporos, que são resistentes em qualquer ambiente.
- a) Presença de gametas flagelados chamados de anterozóides.
b) Os musgos apresentam pequeno porte, por não possuírem vasos condutores. O transporte é feito por difusão simples de célula para célula. Samambaias são plantas vasculares sem a seiva bruta transportada pelos vasos lenhosos, e a seiva elaborada transportada pelos vasos liberianos. Os vasos lenhosos formam o xilema e os vasos liberianos formam o floema.
- Gabarito D.
M – Os fungos apresentam na sua constituição quitina, que também é encontrada no exoesqueleto dos artrópodos.
N – As bactérias apresentam DNA do tipo circular.
Q – Os fungos apresentam como substância de reserva o glicogênio.
- Gabarito B.
Os fungos apresentam características diferenciadas que quando analisadas em um único indivíduo servem para classificá-los.
– Reserva de glicogênio.
– Com quitina.
– E eucarionte.
– Pode ser uni ou pluricelular.
- Gabarito A.
A fase gametofítica é dominante em relação à fase esporofítica que é dependente, já que vive em cima da planta-mãe e dela retira todos os nutrientes necessários a sua sobrevivência. As briófitas dependem da água na sua fecundação.
- Gabarito C.
Os vasos condutores permitiram uma grande evolução no ambiente terrestre e surgiram inicialmente nas pteridófitas.
- Gabarito A.
As samambaias são plantas que não apresentam flores (criptógamas). Porém, são os primeiros vegetais com vasos condutores.

Exercícios Propostos

- a) Na ausência de oxigênio livre, as leveduras realizam a fermentação alcoólica (respiração anaeróbia). Na presença deste gás realizam a respiração aeróbia.
b) A atividade metabólica é maior quando realizam a respiração aeróbia porque o rendimento energético é maior do que na fermentação.
- a) Atividade decompositora.
b) Produção de antibióticos para o combate a infecções bacterianas.
- a) Mofo é um termo vulgar que designa certos tipos de fungos.
b) Alguns fungos podem produzir substâncias antibióticas que impedem a proliferação de bactérias, evitando infecções de pele.
- a) Os fungos são organismos heterótrofos que se reproduzem por esporos em pelo menos uma fase de sua vida. Junto com as bactérias, eles têm papel importante nos ecossistemas, pois são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica participando da circulação de matéria na natureza.
b) Os fungos produzem toxinas que permanecem nas sementes mesmo após a eliminação dos mesmos. Essas toxinas podem causar intoxicação no homem.
c) Assemelham-se aos animais, pois são heterótrofos e não conseguem produzir seu próprio alimento como as plantas fazem. No entanto, há fungos que, como as plantas, formam e lançam seus esporos ao vento.
- a) Briófitas – vegetais de pequeno porte, cujo transporte de líquidos em seu interior ocorre por difusão.
Pteridófitas – vegetais de maior porte, sendo o transporte de líquidos realizado por meio de vasos condutores.
b) Briófitas – vegetais que atuam como um dos grupos de organismos pioneiros no processo de sucessão ecológica em ambientes úmidos, possibilitando:
– aumento da umidade local;
– instalação e sobrevivência de plantas herbáceas;
– maior disponibilidade de matéria orgânica (alterações ambientais);
– estabelecimento (gradativo) de outras espécies vegetais e animais.
- a) Em samambaias, a fase esporofítica é duradoura e constituída por um vegetal completo, com raiz, caule e folhas. O caule pode ser subterrâneo (rizoma) e as folhas compostas são formadas por folíolos que, quando férteis, apresentam soros em sua face ventral. A fase gametofítica (prótalo) é transitória e representada por um vegetal verde, de pequeno porte e achatado. Esta fase laminar possui rizóides e órgãos produtores de gametas.
– arquegônios (feminino) e anterídios (masculino)
b) A célula A é o esporo e a célula E é o zigoto resultante da fecundação dos gametas.

Questão Contextualizada

- Combustível para produção de energia.
- Em presença de oxigênio, a levedura se multiplica mais rápido porque realiza a respiração aeróbia que é muito mais energética que a fermentação.

Módulo 28

Exercícios de Fixação

- a) O tubo polínico.
b) O tubo polínico leva o gameta masculino ao encontro do gameta feminino, substituindo a água. A fecundação dentro do ovário permite que a semente formada após essa fecundação fique protegida pelo ovário que irá formar o fruto.
- As angiospermas. As pteridófitas aproveitam a água do meio ambiente para que o gameta masculino chamado anterozóide nade ao encontro do gameta feminino chamado de oosfera. Nas angiospermas, o tubo polínico se desenvolve levando os gametas masculinos (núcleos espermáticos) ao encontro do gameta feminino e do mesocisto.



- o que poderia levar à desnaturação de suas enzimas (hipertermia), podendo, inclusive, ocorrer a morte do animal.
- 2) a) Os gambás são marsupiais e apresentam uma gestação curta, uma vez que sua placenta é muito primitiva. Os filhotes nascem prematuramente e completam o desenvolvimento dentro da bolsa marsupial, onde se alimentam do leite secretado pelas glândulas mamárias.
b) Placenta. Este anexo realiza várias funções, entre elas: nutrição, excreção, respiração e regulação hormonal.
- 3) a) Síntese de proteínas.
O mecanismo de biossíntese protéica das mitocôndrias é o único similar ao das bactérias.
b) Uma dentre as vitaminas:
- vitamina K
- vitaminas do complexo B
A antibioticoterapia oral pode eliminar as bactérias intestinais que são importante fonte dessas vitaminas para o homem.
- 4) A curva A representa a epidemia de cólera, pois $\frac{1}{2}$ rios indivíduos expostos à mesma fonte de água contaminam-se simultaneamente ou num curto período de tempo. A curva B mostra o contágio de um hospedeiro ao outro, o que consome mais tempo, pois requer que o vírus primeiro se replique num indivíduo até que atinja um número suficientemente grande para que seja transmitido ao próximo.
- 5) a) Tétano. Os esporos do bacilo tetânico se desenvolvem na terra.
b) Soro antitetânico é, nesse caso, o procedimento mais seguro para evitar a doença, pois contém anticorpos, específicos para neutralizar as toxinas produzidas pela bactéria patogênica. O gráfico correspondente é o A, que mostra a administração de elevada quantidade de anticorpos. Tratando-se de imunização passiva, a oroterapia é temporária.
- c) O gráfico B corresponde à aplicação da vacina antitetânica, que contém antígenos retirados do microrganismo. Essa inoculação conduz à produção ativa de anticorpos.
- 6) a) a febre é transmitida pelo carrapato.
b) classe dos aracnídeos, pois não apresentam antenas e no cefalotórax apresentam 4 pares de patas.
c) roedores apresentam incisivos desenvolvidos e crescimento contínuo, enquanto que os carnívoros apresentam os caninos desenvolvidos.
- 7) A diferenciação sexual seqüencial evita a possibilidade de autofecundação, que reduziria a variabilidade genética, importante para a sobrevivência da espécie.
- 8) Fecundação interna; **OVO** amniota e/ou ovo com casca; catabólito nitrogenado na forma de ácido úrico.
- 9) 1) Anfíbios (B) - Mamíferos (E) - Répteis (C) - Aves (D) - Peixes (A).
2) Respiração branquial no adulto - A Excreção de ácido úrico - C e D
Ectotermia - A, B e C
3) Respiração pulmonar e fecundação interna.
4) Notocorda durante a fase embrionária.
- 10) a) A energia provém das reservas alimentares e gordura.
b) O gráfico seria o mesmo.
- 11) Por não apresentarem sintomas, os portadores são não tomam precauções que evitem a transmissão dos organismos patogênicos para outros organismos.