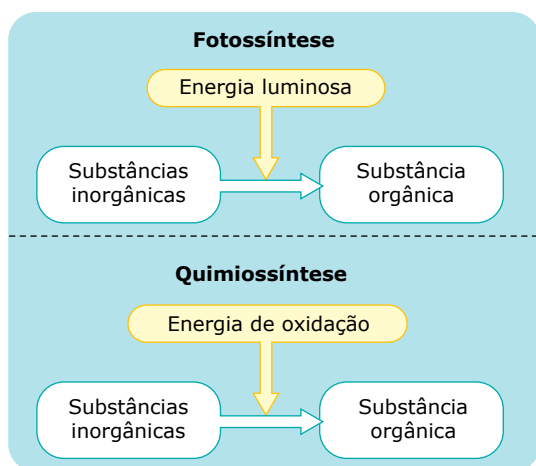


## Fotossíntese e Quimiossíntese

Existem dois processos distintos por meio dos quais algumas espécies de seres vivos conseguem fabricar compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas: **fotossíntese** e **quimiossíntese**.

Quando a fonte de energia utilizada pela reação é a luz, o processo é a fotossíntese; quando a energia utilizada é proveniente de uma reação de oxidação, temos a quimiossíntese. Assim, a diferença fundamental entre esses dois processos está na fonte de energia utilizada.

Os seres fotossintetizantes e quimiossintetizantes realizam a chamada nutrição autótrofa (do grego *autós*, próprio; *trophos*, alimento) ou autotrófica, isto é, conseguem fabricar, no próprio corpo, o alimento orgânico a partir de substâncias inorgânicas. Distinguimos, portanto, o autotrofismo fotossintético e o autotrofismo quimiossintético.



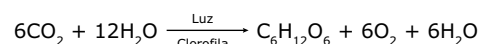
*Nutrição autótrofa – Na fotossíntese, substâncias inorgânicas são usadas para produzir substâncias orgânicas, utilizando a energia proveniente da luz. Na quimiossíntese, substâncias inorgânicas são utilizadas para produzir substâncias orgânicas, utilizando a energia proveniente de uma reação de oxidação.*

### FOTOSSÍNTESE

Também chamada de assimilação clorofiliana, a fotossíntese consiste na fabricação de substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas, utilizando a luz como fonte de energia para a realização da reação.

A substância orgânica sintetizada é a glicose, um importante alimento orgânico utilizado como fonte de energia. Assim, os seres fotossintetizantes são capazes de fabricar esse tipo de alimento em seu próprio corpo a partir de substâncias inorgânicas obtidas do meio ambiente. Trata-se, portanto, de um mecanismo de nutrição autótrofa (autotrófica), realizado pelas algas, pelas plantas e por algumas espécies de bactérias.

A fotossíntese realizada pelas algas e pelas plantas (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) pode ser representada pela seguinte equação geral:



O  $\text{CO}_2$ , um dos reagentes do processo, normalmente é obtido a partir do meio ambiente. As plantas terrestres o absorvem da atmosfera, enquanto as plantas aquáticas submersas o obtêm do meio aquoso (absorvem o  $\text{CO}_2$  que se encontra dissolvido na água). Vale lembrar, entretanto, que, dependendo da intensidade luminosa recebida pela planta, o  $\text{CO}_2$  utilizado na fotossíntese pode ser proveniente da reação da respiração aeróbica realizada pelas próprias células do vegetal.

A água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), outro reagente do processo, também é obtida a partir do meio ambiente. As plantas terrestres geralmente a absorvem do solo por meio de suas raízes, enquanto as aquáticas a retiram do próprio meio aquoso em que se encontram.

A luz utilizada como fonte de energia é a solar, embora já se tenha demonstrado experimentalmente que a reação fotossintética também pode ocorrer com luz artificial, porém de maneira pouco intensa.

A clorofila é um pigmento verde dos vegetais que contém magnésio (Mg) em sua molécula. Exerce um papel fundamental para a realização da fotossíntese, uma vez que é a substância responsável pela absorção da luz. Existem diferentes tipos de clorofila (a, b, c, d). Todas são muito parecidas quimicamente, apresentando apenas pequenas diferenças na estrutura molecular e no grau de tonalidade da cor verde. Veja os exemplos a seguir:

Tipos de clorofila	Fórmula molecular	Cor
Clorofila a	$\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$	Verde-azulada
Clorofila b	$\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$	Verde-amarelada

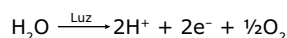
## Fase clara (fase luminosa, etapa fotoquímica)

É a primeira etapa da reação de fotossíntese, e só se realiza em presença de luz. Os principais fenômenos que ocorrem nessa etapa são: absorção e utilização da luz, fotólise da água com liberação de  $O_2$  e íons  $H^+$ , síntese de ATP através das fotofosforilações cíclica e acíclica e formação de  $NADPH_2$  ( $NADPH + H^+$ ).

A luz absorvida é utilizada na fotólise da água e nas fotofosforilações.

### Fotólise da água (reação de Hill)

Consiste na decomposição (quebra) das moléculas de água, utilizadas como reagentes, sob a ação da luz, conforme mostra a equação representada a seguir:

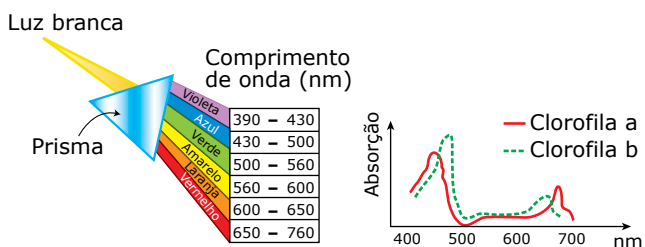


Fotólise da água.

Os íons hidrogênio ( $2 H^+$ ) provenientes dessa decomposição serão utilizados na formação do composto  $NADPH_2$ . O NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), à semelhança do NAD, que atua nas reações da respiração celular, é um aceptor e transportador de hidrogênios. Na fotossíntese, as moléculas de NADP recebem os hidrogênios liberados durante as reações da fase clara, levando-os para participar das reações da fase escura, nas quais serão liberados e utilizados na síntese da glicose. Cada molécula de água que sofre fotólise libera  $2 H^+$ , permitindo a formação de uma molécula de  $NADPH_2$ . Como são doze moléculas de água ( $12 H_2O$ ) utilizadas na reação, a fotólise de todas elas libera  $24 H^+$ , permitindo, assim, a formação de  $12 NADPH_2$ . O oxigênio ( $\frac{1}{2} O_2$ ), normalmente, será liberado no meio. A fotólise de apenas uma molécula de água libera  $\frac{1}{2} O_2$ . Como são 12 moléculas de água ( $12 H_2O$ ) utilizadas na reação, a fotólise de todas elas libera  $6 O_2$ . Portanto, o oxigênio liberado pela reação da fotossíntese realizada pelas algas e plantas provém da água. A origem desse  $O_2$  pode ser demonstrada fornecendo-se água contendo o isótopo  $O^{18}$  ("oxigênio marcado") a uma planta. Verifica-se que as moléculas de  $O_2$  liberadas pela reação conterão em sua composição o  $O^{18}$ . Por outro lado, fornecendo-se a uma planta  $CO_2$  com esse "oxigênio marcado", nenhum oxigênio liberado pela fotossíntese conterá o  $O^{18}$ . Isso demonstra que o  $O_2$  liberado pela fotossíntese das plantas provém da água e não do  $CO_2$ , como se pensava. Os elétrons liberados pela reação da fotólise da água serão transferidos para moléculas de clorofila do tipo b. Esse processo ocorrerá na fotofosforilação acíclica que veremos a seguir.

Como sabemos, a luz branca, na realidade, resulta da combinação de diversas radiações (infravermelha, vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil, violeta e ultravioleta), que possuem diferentes comprimentos de onda. As radiações vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta compõem o chamado "espectro visível", porque são as radiações que conseguimos enxergar quando a luz se decompõe ao atravessar um prisma.

Quando a luz solar incide na planta, as moléculas de clorofila não absorvem toda a radiação presente com a mesma intensidade. Através de um aparelho chamado espectrofotômetro, constatou-se que os comprimentos de onda vermelho e azul são os mais intensamente absorvidos pela clorofila, enquanto os comprimentos de onda verde e amarelo são os menos absorvidos. Aliás, a absorção da luz verde é quase nula. A clorofila reflete quase toda radiação verde; e, por isso, nós a enxergamos dessa cor.



Comprimentos de onda da radiação do espectro visível e intensidade de absorção desses comprimentos de onda pela clorofila – Observe que a absorção das clorofilas a e b se faz com maior intensidade nas faixas de comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao vermelho. Os comprimentos de onda são medidos em nanômetros (nm) ou micrômetros ( $\mu m$ ).  $1 nm = 0,001 mm$ ;  $\mu m = 0,000001 mm$ .

Um dos produtos da reação de fotossíntese das plantas é o oxigênio ( $O_2$ ); e, por isso, esse tipo de fotossíntese é chamado de fotossíntese oxigênica. Esse oxigênio, indispensável à sobrevivência dos seres aeróbios, é liberado, normalmente, no meio ambiente; e, por isso, diz-se que a fotossíntese desempenha um papel importante na "purificação" do meio ambiente, retirando deste o  $CO_2$  e liberando o  $O_2$ . Em certas situações, entretanto, a planta não chega a liberar o  $O_2$  para o meio ambiente, utilizando-o para fazer a respiração aeróbia.

A fabricação da glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) é a principal função da reação, uma vez que a planta utiliza essa substância como alimento. Assim, a glicose é usada na respiração celular e também como matéria-prima para fabricação de outros compostos orgânicos de que o vegetal necessita. Em certas situações, a planta produz mais glicose do que consome. Nesse caso, o excesso da produção é armazenado sob a forma de amido que, quando houver necessidade, será também utilizado. (Lembre-se de que o amido é o material de reserva dos vegetais.)

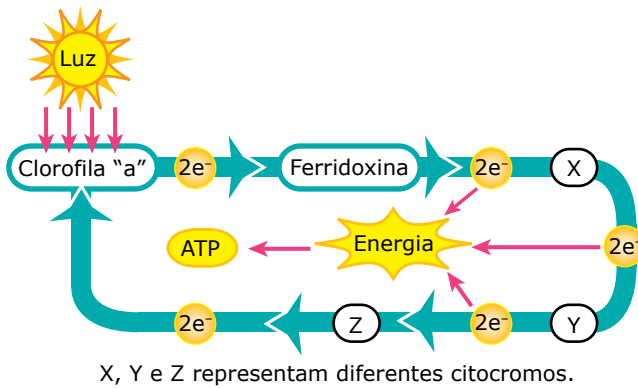
A fotossíntese das plantas é realizada em duas fases ou etapas: fase clara (etapa fotoquímica) e fase escura (etapa química).



## Fotofosforilação

É um processo de formação de ATP que usa energia primariamente originária da luz para unir o ADP a um  $P_i$  (fosfato inorgânico). Pode ser cíclica ou acíclica.

A fotofosforilação cíclica é realizada com a participação apenas da clorofila do tipo a e tem como objetivo a síntese de ATP. Resumidamente, pode ser esquematizada da seguinte maneira:



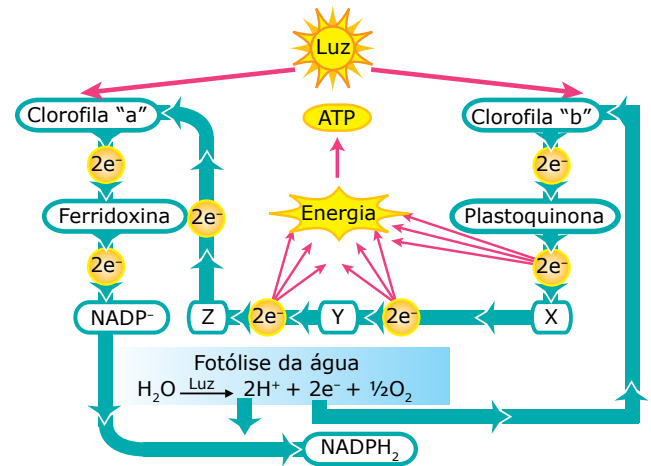
Fotofosforilação cíclica.

Elétrons da clorofila "a" absorvem luz, tornam-se mais energéticos e saem da molécula clorofiliana. Podemos dizer que a clorofila "a", ao absorver luz, torna-se oxidada, isto é, perde elétrons. Ao saírem da clorofila "a", os elétrons "excitados" (com excesso de energia) são captados por um aceptor, a ferridoxina (uma proteína conjugada que tem ferro em seu grupo prostético). Assim, podemos dizer que a ferridoxina é um aceptor primário de elétrons, ou seja, é a primeira substância que recebe os elétrons assim que eles saem da clorofila. Da ferridoxina, os elétrons são transferidos para uma cadeia de citocromos. Ao passarem de um citocromo para outro, os elétrons liberam a energia em excesso e retornam para a mesma molécula de clorofila da qual saíram. A energia liberada por esses elétrons, quando ocorre a passagem deles pela cadeia de citocromos, é utilizada para fazer a fosforilação, isto é, ligar  $ADP + P_i$ , sintetizando, assim, o ATP. O objetivo da fotofosforilação cíclica é a síntese do ATP. O ATP produzido durante a fotofosforilação cíclica será, por sua vez, utilizado na 2ª etapa da fotossíntese, na qual será degradado em  $ADP + P_i$ , fornecendo energia para as reações da fase escura.

A fotofosforilação acíclica envolve a participação de dois tipos de clorofila (clorofila do tipo a e clorofila do tipo b) e também do NADP, tendo como objetivos a síntese de ATP e a síntese do  $NADPH_2$ .

O ATP produzido nesse tipo de fotofosforilação terá o mesmo destino daquele produzido na fotofosforilação cíclica, ou seja, será degradado em  $ADP + P_i$ , na 2ª etapa da fotossíntese, para fornecer energia às reações da fase escura. Já o NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) receberá os hidrogênios liberados da fotólise da água, levando-os para a fase escura, na qual esses hidrogênios serão liberados e utilizados na síntese da glicose. O NADP, portanto, é um aceptor e transportador de hidrogênios.

O processo da fotofosforilação acíclica está esquematizado a seguir:



Fotofosforilação acíclica.


Na fotofosforilação acíclica, elétrons das clorofilas a e b absorvem luz e se tornam excitados. Ao saírem das moléculas das clorofilas, esses elétrons seguem os seguintes caminhos: os elétrons que saem da clorofila a são captados pela ferridoxina que, em seguida, entrega-os ao NADP. Ao receber esses elétrons, o NADP passa à condição de  $NADP^+$ , isto é, NADP reduzido. Em seguida, o  $NADP^+$  se junta aos dois íons  $H^+$  provenientes da fotólise da água, formando com eles o  $NADPH_2$ . Assim, os hidrogênios que agora fazem parte do  $NADPH_2$  estavam anteriormente na molécula de água ( $H_2O$ ). Nesses hidrogênios, estão os elétrons que saíram da clorofila a. O  $NADPH_2$  irá liberar esses hidrogênios nas reações da fase escura (2ª etapa da fotossíntese), para que eles possam ser utilizados na síntese da glicose. Os elétrons que saem da clorofila b são captados por um aceptor chamado plastoquinona, que, posteriormente, entrega-os a uma cadeia de citocromos. Ao passarem de um citocromo para outro, esses elétrons liberam gradativamente o excesso de energia que possuem. Essa energia será utilizada para promover a fosforilação do ADP ( $ADP + P_i$ ), fabricando, assim, o ATP. Após passarem pela cadeia de citocromos e descarregarem o excesso de energia, os elétrons que saíram da clorofila b penetram na molécula de clorofila "a", estabilizando-a.

Observe que os elétrons que entram na clorofila "a", ao término desse processo, não são os mesmos que dela saíram. Lembre-se de que os elétrons que saíram da clorofila "a" estão, agora, nos hidrogênios do NADPH<sub>2</sub>. Para estabilizar a clorofila "b", essa molécula recebe os elétrons provenientes da fotólise da água. Veja que os elétrons que penetram na clorofila "b" também não são os mesmos que dela saíram no início do processo. Nas células eucariotas fotossintetizantes, as moléculas de clorofila, os aceptores de elétrons e as enzimas que participam das reações da fase clara encontram-se organizados nas membranas dos cloroplastos, formando unidades funcionais chamadas fotossistemas. Existem dois tipos de fotossistemas: fotossistema I (PS I) e fotossistema II (PS II).

O fotossistema I localiza-se, preferencialmente, nas membranas intergranadas, em contato direto com o estroma, e absorve luz de comprimento de onda correspondente a 700 nm. Por isso, também é chamado de fotossistema P700.

O fotossistema II localiza-se nas membranas dos tilacoides e absorve, principalmente, a luz, cujo comprimento de onda é de 680 nm. Por isso, também é denominado fotossistema P680.

A fotofosforilação cíclica envolve apenas o fotossistema I, enquanto a acíclica é feita com a participação dos dois fotossistemas (I e II). Ao que tudo indica, a fotofosforilação cíclica é uma via alternativa para produção de ATP, sendo realizada apenas quando há pequena quantidade de NADP, ou seja, se não houver NADP disponível para receber os elétrons, a ferridoxina os transfere para um conjunto de citocromos, do qual partem em direção à mesma clorofila de que saíram.



**CONTEÚDO NO**  
**Bernoulli Play**

VSKJ

Fase clara da fotossíntese

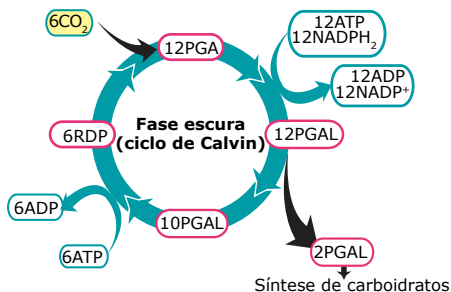
Nesse objeto de aprendizagem, você assistirá, detalhadamente, à ocorrência de uma das etapas da fotossíntese: a fase clara. Identifique o local de ocorrência dela, bem como os complexos proteicos envolvidos no processo. Observe quais moléculas estão sendo degradadas e quais estão sendo produzidas ao longo da fase.

**Observação:** Por questões didáticas, o vídeo não retrata as reações da fase clara de forma balanceada.

## Fase escura (fase de Blackman, fase enzimática, etapa química)

É a segunda etapa da reação de fotossíntese. Independe da luz para ocorrer, porém depende da ocorrência da primeira etapa. Os principais fenômenos dessa etapa são: fixação do CO<sub>2</sub>, formação de PGA, formação de PGAL, formação de H<sub>2</sub>O, ciclo das pentoses, utilização do NADPH<sub>2</sub>, utilização do ATP e síntese da glicose.

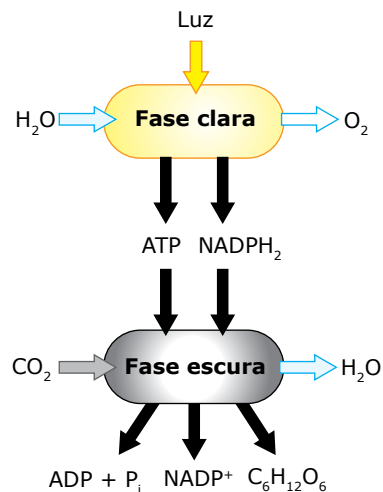
As reações da fase escura podem ser resumidas de acordo com o esquema a seguir:



Fase escura da fotossíntese.

Os 6 CO<sub>2</sub> reagem com 6 moléculas de RDP (ribulose difosfato) ou RuBP (ribulose bifosfato), uma pentose existente no interior das células vegetais. Essa reação produz 12 moléculas de PGA (ácido fosfoglicérico ou fosfoglicerato) e 6 H<sub>2</sub>O. Como PGA possui 3 carbonos, o ciclo de Calvin é também chamado de ciclo C<sub>3</sub>, e as plantas que o possuem são chamadas de plantas C<sub>3</sub>. Num segundo momento, as 12 moléculas de PGA recebem hidrogênio (H<sub>2</sub>) das 12 moléculas de NADPH<sub>2</sub> provenientes da fase clara. Cada molécula de PGA recebe um H<sub>2</sub>. Essa reação utiliza energia proveniente da degradação do ATP. Ao receber um H<sub>2</sub>, cada molécula de PGA transforma-se em uma triose, o PGAL (aldeído fosfoglicérico). Assim, formam-se 12 moléculas de PGAL. Destas, 2 se unirão para formar a glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), e as outras 10 reagirão umas com as outras, reconstituindo as 6 moléculas da pentose ribulose. As pentoses que foram utilizadas no início da fase escura são, portanto, reconstituídas ao final do processo, chamado ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin.

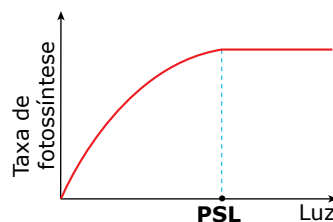
Podemos resumir as fases clara e escura da fotossíntese realizada pelas plantas por meio do seguinte esquema:



A fase clara usa luz e água (H<sub>2</sub>O) e produz oxigênio (O<sub>2</sub>), ATP e NADPH<sub>2</sub>. A fase escura usa gás carbônico (CO<sub>2</sub>), ATP e NADPH<sub>2</sub>, produzindo água e glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

Muitos fatores ambientais influenciam a velocidade com que a planta realiza a fotossíntese. A intensidade dessa reação pode ser medida pela quantidade de O<sub>2</sub> liberada ou pela quantidade de CO<sub>2</sub> produzida pela planta em um certo intervalo de tempo.

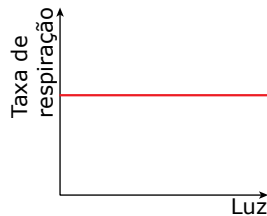
Entre os fatores ambientais (fatores externos) que influenciam a velocidade da fotossíntese, temos: a intensidade de luz que a planta recebe; a temperatura ambiental; a concentração de CO<sub>2</sub> no meio onde se encontra a planta; e a disponibilidade de água no ambiente.



Influência da intensidade luminosa sobre a velocidade da fotossíntese.

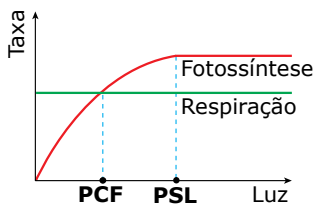
Desde que as demais condições sejam mantidas constantes, partindo-se de uma intensidade luminosa igual a zero, à medida que a intensidade luminosa oferecida à planta aumenta, a velocidade da reação de fotossíntese também aumenta, até atingir um limite máximo, quando, então, se estabiliza. A intensidade de luz em que a velocidade da reação é máxima e se estabiliza é denominada ponto de saturação lumínica ou ponto de saturação luminosa (PSL).

Para manter-se viva, a planta também precisa respirar e, ao contrário do que acontece na fotossíntese, tudo indica que a intensidade de luz não interfere na velocidade da reação da respiração, conforme mostra o gráfico a seguir:



*Influência da intensidade luminosa sobre a velocidade da respiração celular – Qualquer que seja a intensidade de luz, a taxa de respiração permanece a mesma.*

Ao realizar a respiração aeróbia, a planta faz exatamente o contrário do que faz na fotossíntese, ou seja, consome oxigênio ( $O_2$ ) e glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) e libera gás carbônico ( $CO_2$ ).

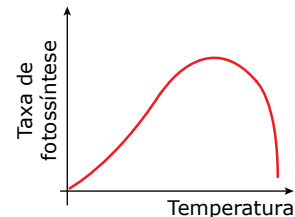


*Comparação entre a taxa de fotossíntese e a taxa de respiração aeróbia das plantas.*

Observe que existe uma determinada intensidade luminosa em que a velocidade com que a planta realiza a fotossíntese é igual à velocidade com que faz a respiração. A intensidade luminosa em que há esse equilíbrio entre fotossíntese e respiração é o ponto de compensação fótico (PCF). Quando está recebendo uma intensidade de luz correspondente ao seu PCF, a planta encontra-se em equilíbrio energético, pois toda a glicose produzida pela fotossíntese será consumida pela respiração, não havendo, portanto, saldo energético. Também no PCF, todo o  $O_2$  produzido e liberado pela fotossíntese será utilizado na respiração, e todo o  $CO_2$  produzido pela respiração será consumido pela fotossíntese. Assim, fica claro que a planta, para sobreviver, não pode permanecer por um longo período recebendo uma intensidade luminosa abaixo do seu PCF, uma vez que, nessa intensidade, o consumo de glicose pela respiração é superior à sua produção pela fotossíntese, o que obriga a planta a utilizar suas reservas de amido.

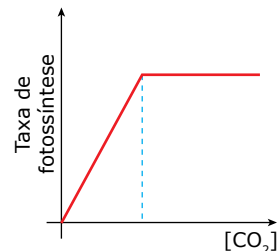
Abaixo do PCF, uma vez esgotadas suas reservas, a planta morre, pois não terá glicose suficiente para atender às suas necessidades metabólicas. Se mantida durante certo tempo recebendo uma intensidade luminosa correspondente a seu PCF, a planta sobrevive, porém não cresce, uma vez que toda a matéria orgânica que for produzida pela fotossíntese será consumida pela respiração. Uma planta, para crescer, precisa acumular matéria orgânica, e, para isso, precisa realizar mais fotossíntese do que respiração.

O ponto de compensação fótico não é o mesmo para todas as espécies de plantas. As heliófilas (plantas de Sol), por exemplo, têm um ponto de compensação fótico elevado e, por isso, só conseguem viver em locais de alta luminosidade. As umbrófilas (plantas de sombra), ao contrário, possuem um ponto de compensação fótico baixo, isto é, necessitam de menor intensidade de luz e, por isso, conseguem se adaptar e sobreviver em ambientes sombreados.



*Influência da temperatura sobre a velocidade da reação de fotossíntese.*

O gráfico mostra que, partindo-se de uma temperatura inicial baixa e mantendo-se constantes as condições de água, intensidade luminosa e concentração de  $CO_2$ , o aumento da temperatura estimula o aumento da velocidade fotossintética até um certo ponto, no qual a velocidade da reação atinge um valor máximo: é a chamada temperatura ótima da reação. Acima da temperatura ótima, a velocidade começa a diminuir, devido ao processo de desnaturação das enzimas que atuam na reação, em especial na fase escura.



*Influência da concentração de  $CO_2$  no meio sobre a velocidade da reação de fotossíntese.*

Mantendo-se constantes todas as condições, à medida que a concentração de  $CO_2$  aumenta, a partir de uma concentração inicial igual a zero, a taxa de fotossíntese também aumenta, até atingir uma velocidade máxima, quando, então, se estabiliza.



**Fotossíntese**

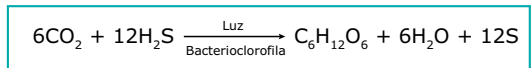
Nesse objeto de aprendizagem, você será o responsável por testar a influência de diferentes fatores ambientais na intensidade com que uma planta realiza fotossíntese. Controle corretamente suas variáveis alterando apenas uma condição por vez para que você consiga fazer a devida interpretação de seus dados. Boa atividade!



## FOTOSSÍNTESE DAS BACTÉRIAS



A fotossíntese realizada pelas cianobactérias é semelhante à realizada pelas plantas, ou seja, usa água como um dos reagentes e, conseqüentemente, libera  $O_2$ . Entretanto, existem algumas bactérias fotossintetizantes que vivem em água sulfurosa e usam como reagentes o  $CO_2$  e o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) conforme mostra a equação a seguir:

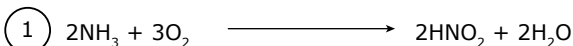


Essas bactérias fotossintetizantes possuem um pigmento semelhante à clorofila das plantas, denominado bacterioclorofila, que absorve radiações de comprimento de onda correspondente ao infravermelho (fora do espectro da luz visível ao olho humano). Observe que a fotossíntese dessas bactérias não utiliza água como reagente e, conseqüentemente, não libera  $O_2$ . No lugar da água, utiliza o  $H_2S$  como fonte de hidrogênio para a síntese da glicose. O enxofre produzido pela degradação do  $H_2S$  forma grânulos que se acumulam temporariamente no citoplasma da célula bacteriana até serem excretados. Por não produzir oxigênio ( $O_2$ ), essa fotossíntese é denominada fotossíntese anoxigênica.

## QUIMIOSÍNTESE



Também é um processo de nutrição autótrofa (autotrófica) que consiste na fabricação de substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas, utilizando energia proveniente de uma reação de oxidação (energia de oxidação). É realizada por muitas espécies de bactérias. Veja o exemplo a seguir:



A reação 1 é uma reação de oxidação da amônia ( $NH_3$ ), em que há liberação de energia (energia de oxidação). A energia liberada pela reação 1 é utilizada na reação 2, uma reação de quimiossíntese, que, por sua vez, produz glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), a partir do gás carbônico ( $CO_2$ ) e da água ( $H_2O$ ).

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



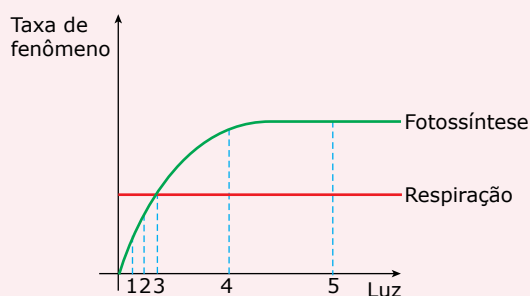
01. (UFPE) Existem fatores que interferem na taxa de fotossíntese de uma planta. A esse propósito, analise os itens mencionados a seguir:

1. Intensidade de energia luminosa.
2. Concentração de gás carbônico.
3. Temperatura.
4. Concentração de oxigênio.

Interferem na taxa fotossintética

- A) 1, 2, 3 e 4.                      D) 3 e 4 apenas.  
 B) 1, 2 e 3 apenas.                E) 1 e 2 apenas.  
 C) 2 e 3 apenas.

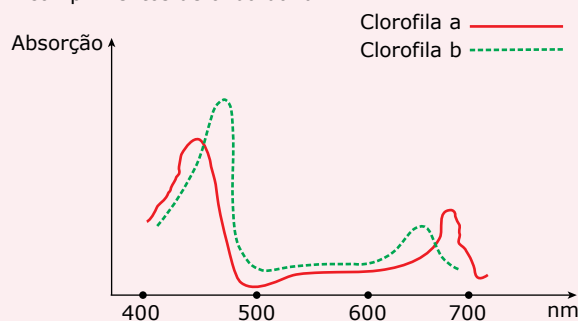
02. (PUC Minas) Observe o gráfico a seguir, que representa as taxas de fotossíntese e respiração de um vegetal:



O ponto de compensação desse vegetal corresponde ao número

- A) 1.                                  C) 3.                                  E) 5.  
 B) 2.                                  D) 4.

03. (FUVEST-SP) O gráfico e a tabela a seguir mostram as curvas de absorção de energia pelas clorofilas e os comprimentos de onda da luz.

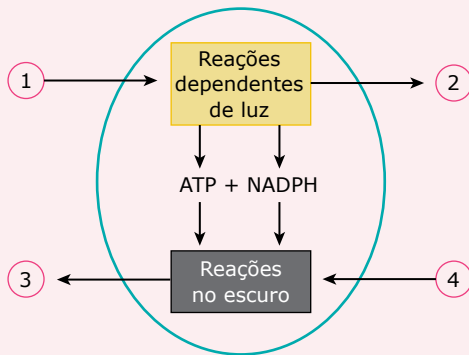


Comprimento de onda em nm	Luz
390-430	Violeta
430-500	Azul
500-560	Verde
560-600	Amarela
600-650	Laranja
650-760	Vermelha

Analisando-os, conclui-se que, teoricamente, obter-se-ia maior produtividade em plantas iluminadas por luz

- A) azul.
- B) verde.
- C) amarela.
- D) laranja.
- E) vermelha.

**04.** (UERJ) O esquema a seguir representa as duas principais etapas da fotossíntese em um cloroplasto. O sentido das setas 1 e 4 indica o consumo, e o sentido das setas 2 e 3 indica a produção das substâncias envolvidas no processo.

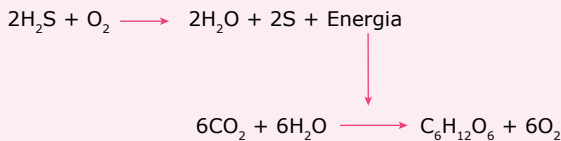


ALBERTS et al. *Molecular biology of the cell*. New York: Garland, 1986 (Adaptação).

Os números das setas que correspondem, respectivamente, às substâncias CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, açúcares e H<sub>2</sub>O são

- A) 1, 2, 4, 3.
- B) 2, 3, 1, 4.
- C) 3, 1, 2, 4.
- D) 4, 2, 3, 1.

**05.** (CMMG) 7R6M



Com relação às reações anteriores, assinale a opção correta.

- A) Ocorrem como cadeia no interior de pigmentos.
- B) Podem ser consideradas uma reação química de heterotrofismo nutritivo.
- C) Por serem um tipo de fotossíntese, só podem se realizar em presença da luz.
- D) Realizam-se em seres que, obrigatoriamente, devem ter cor verde.
- E) Trata-se da produção de um composto orgânico que pode ser realizada por bactérias.

**02.** (FUVEST-SP-2015) 8JC5 A energia entra na biosfera majoritariamente pela fotossíntese. Por esse processo,

- A) é produzido açúcar, que pode ser transformado em várias substâncias orgânicas, armazenado como amido ou, ainda, utilizado na transferência de energia.
- B) é produzido açúcar, que pode ser transformado em várias substâncias orgânicas, unido a aminoácidos e armazenado como proteínas ou, ainda, utilizado na geração de energia.
- C) é produzido açúcar, que pode ser transformado em substâncias catalisadoras de processos, armazenado como glicogênio ou, ainda, utilizado na geração de energia.
- D) é produzida energia, que pode ser transformada em várias substâncias orgânicas, armazenada como açúcar ou, ainda, transferida a diferentes níveis tróficos.
- E) é produzida energia, que pode ser transformada em substâncias catalisadoras de processos, armazenada em diferentes níveis tróficos ou, ainda, transferida a outros organismos.

**03.** (UFRGS-RS-2015) Sobre a fotossíntese, é correto afirmar que

- A) as reações dependentes de luz convertem energia luminosa em energia química.
- B) o hidrogênio resultante da quebra da água é eliminado da célula durante a fotólise.
- C) as reações dependentes de luz ocorrem no estroma do cloroplasto.
- D) o oxigênio produzido na fotossíntese é resultante das reações independentes da luz.
- E) os seres autótrofos utilizam o CO<sub>2</sub> durante as reações dependentes de luz.

**04.** (Unifor-CE-2015) MIP3 Na década de 1950, Melvin Calvin e colegas usaram CO<sub>2</sub> marcado radioativamente, em que alguns dos átomos de carbono não representaram o <sup>12</sup>C normal, mas seu radioisótopo <sup>14</sup>C, para identificar a sequência de reações pelas quais o carboidrato é formado a partir de CO<sub>2</sub> nas plantas. Calvin e seus colegas expuseram culturas de *Chlorella*, uma alga verde unicelular, ao <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> por 30 segundos e assim o CO<sub>2</sub> pôde ser acompanhado. Foi nesse experimento que eles descobriram um ciclo, hoje denominado de Ciclo de Calvin, composto por várias reações, que "fixa" o CO<sub>2</sub> em uma molécula maior, produz carboidrato e regenera o aceptor de CO<sub>2</sub> inicial nas plantas.

Nesse contexto, assinale a alternativa que contém a enzima responsável pela primeira fase do ciclo onde ocorre a reação de fixação do CO<sub>2</sub> nas plantas:

- A) ATP-sintase.
- B) Ribulose-1,5-bifosfato.
- C) NADH desidrogenase.
- D) Rubisco.
- E) Catalase.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



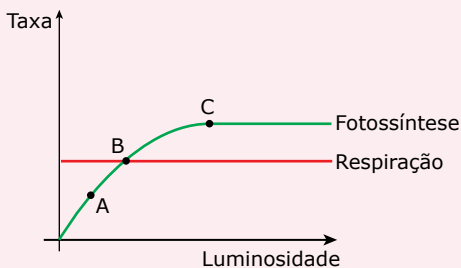
**01.** (CEFET-MG-2016) Na Alemanha, foi inventado um tijolo ecológico que absorve CO<sub>2</sub> para ser utilizado em pisos de estacionamentos a fim de reduzir a poluição. Os organismos que realizam processo similar, garantindo sua sobrevivência, são as (os)

- A) fungos.
- B) plantas.
- C) animais.
- D) bactérias.



05. (PUC Minas) Observe o gráfico a seguir:

TW18



Sobre o gráfico anterior, foram feitas três afirmações:

- I. Em A, a taxa de fotossíntese é menor que a respiração.
- II. Em B, a quantidade de oxigênio produzida pela fotossíntese é igual à consumida pela respiração.
- III. Em C, a quantidade de glicose produzida pela fotossíntese é menor do que a consumida pela respiração.

São verdadeiras as afirmativas

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

06. (FUVEST-SP) Em determinada condição de luminosidade (ponto de compensação fótico), uma planta devolve para o ambiente, na forma de gás carbônico, a mesma quantidade de carbono que fixa, na forma de carboidrato, durante a fotossíntese. Se o ponto de compensação fótico é mantido por certo tempo, a planta

- A) morre rapidamente, pois não consegue o suprimento energético de que necessita.
- B) continua crescendo, pois mantém a capacidade de retirar água e alimento do solo.
- C) continua crescendo, pois mantém a capacidade de armazenar o alimento que sintetiza.
- D) continua viva, mas não cresce, pois consome todo o alimento que produz.
- E) continua viva, mas não cresce, pois perde a capacidade de retirar do solo os nutrientes de que necessita.

07. (UFJF-MG-2015) Recentemente, um estudante de engenharia do Royal College of Art, na Inglaterra, desenvolveu uma folha artificial capaz de produzir e liberar oxigênio na atmosfera. Resumidamente, o experimento consistiu na criação de uma espécie de tecido composto por proteínas, onde foram fixados cloroplastos extraídos de plantas reais, sendo possível recriar em laboratório uma das etapas do processo da fotossíntese.

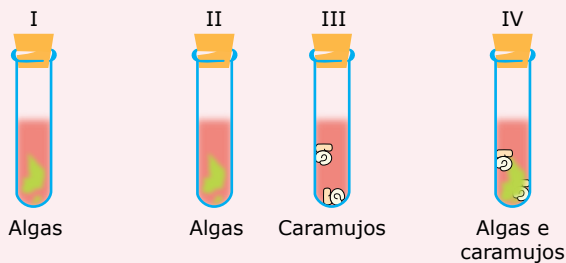
Considerando as informações apresentadas, é correto afirmar que

- A) a etapa da fotossíntese recriada em laboratório consiste no uso de energia luminosa para a quebra de moléculas de glicose e liberação de oxigênio.
- B) nas folhas naturais, a liberação de oxigênio decorrente do processo fotossintético é realizada através de estruturas chamadas hidatódios.
- C) a etapa da fotossíntese recriada em laboratório teria tido o mesmo sucesso se, ao invés de cloroplastos, tivessem sido fixadas mitocôndrias no tecido composto por proteínas.

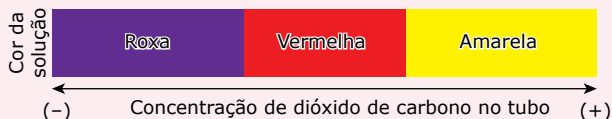
D) em condições naturais, o processo da fotossíntese recriado em laboratório é influenciado pela composição mineral do solo.

E) a etapa da fotossíntese recriada em laboratório consiste no uso de energia luminosa para a quebra de moléculas de água e liberação de oxigênio.

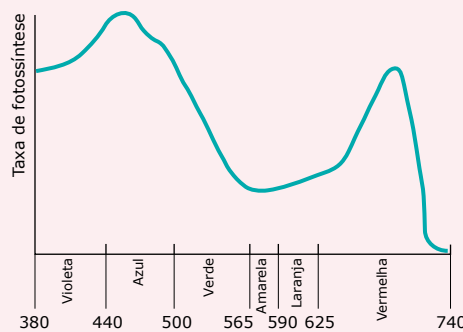
08. (UERJ-2015) Em um experimento, os tubos I, II, III e IV, cujas aberturas estão totalmente vedadas, são iluminados por luzes de mesma potência, durante o mesmo intervalo de tempo, mas com cores diferentes. Além da mesma solução aquosa, cada tubo possui os seguintes conteúdos:



A solução aquosa presente nos quatro tubos tem, inicialmente, cor vermelha. Observe, na escala a seguir, a relação entre a cor da solução e a concentração de dióxido de carbono no tubo.



Os tubos I e III são iluminados por luz amarela, e os tubos II e IV por luz azul. Admita que a espécie de alga utilizada no experimento apresente um único pigmento fotossintetizante. O gráfico a seguir relaciona a taxa de fotossíntese desse pigmento em função dos comprimentos de onda da luz.



Comprimento de onda (nm).

Após o experimento, o tubo no qual a cor da solução se modificou mais rapidamente de vermelha para roxa é o representado pelo seguinte número:

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.

09. (UFTM-MG) Para determinada planta, o ponto de compensação fótico é atingido com intensidade luminosa de 1 000 lux, enquanto o ponto de saturação luminosa dá-se com 1 500 lux.

Essa planta foi encerrada por 4 horas no interior de um tubo de vidro e exposta, nas duas primeiras horas, a uma intensidade luminosa de 800 lux e, nas duas últimas horas, a uma intensidade luminosa de 1 700 lux. Durante o período em que esteve iluminada, sensores registraram, a intervalos regulares, a concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> no interior do tubo.

Pode-se dizer que, no interior do tubo, durante as duas primeiras horas, a concentração de CO<sub>2</sub>

- A) diminuiu e a concentração de O<sub>2</sub> aumentou. Nas duas últimas horas, a concentração de CO<sub>2</sub> aumentou e a concentração de O<sub>2</sub> diminuiu.
- B) aumentou e a concentração de O<sub>2</sub> diminuiu. Nas duas últimas horas, a concentração de CO<sub>2</sub> diminuiu e a concentração de O<sub>2</sub> aumentou.
- C) e a concentração de O<sub>2</sub> diminuíram. Nas duas últimas horas, a concentração de CO<sub>2</sub> e a concentração de O<sub>2</sub> aumentaram.
- D) e a concentração de O<sub>2</sub> não se alteraram. Nas duas últimas horas, a concentração de CO<sub>2</sub> diminuiu e a concentração de O<sub>2</sub> aumentou.
- E) e a concentração de O<sub>2</sub> não se alteraram, o mesmo ocorrendo durante as duas últimas horas.

10. (Fatec-SP-2016) Para que uma planta possa crescer e se desenvolver, ela precisa de compostos que contenham átomos de carbono, como qualquer outro ser vivo. À medida que a planta se desenvolve, ela incorpora esses compostos às raízes, às folhas e ao caule e há, conseqüentemente, um aumento de sua massa total. Em um experimento para verificar qual a origem do carbono presente nas estruturas dos vegetais, foram analisados dois grupos de plantas, todas da mesma espécie e com o mesmo tempo de vida. Essas plantas foram expostas a compostos contendo átomos de carbono radioativo, de modo que fosse possível verificar posteriormente se esses átomos estariam presentes nas plantas.

A tabela apresenta o modo como o experimento foi delineado, indicando as características da terra em que as plantas foram envasadas e da atmosfera à qual foram expostas ao longo do estudo.

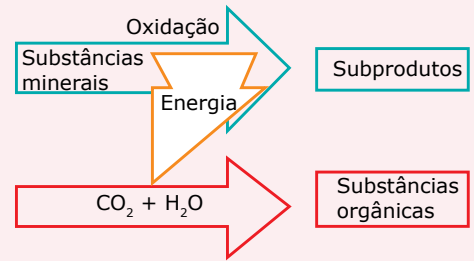
	Grupo 1	Grupo 2
Quantidade de átomos de carbono radioativos presentes na <b>terra (compostos orgânicos)</b>	Elevada	Desprezível
Quantidade de átomos de carbono radioativos presentes na <b>atmosfera (gás carbônico)</b>	Desprezível	Elevada

É esperado que após um tempo de crescimento dos dois grupos de plantas, nas condições descritas, seja encontrada uma quantidade de átomos de carbono radioativos

- A) maior nas plantas do grupo 1, pois essas plantas teriam absorvido, pelas raízes, os compostos orgânicos para realizar a fotossíntese.
- B) maior nas plantas do grupo 1, pois essas plantas teriam absorvido, pelas raízes, os compostos orgânicos para utilizá-los como alimento, incorporando-os diretamente em suas estruturas.
- C) equivalente nos dois grupos de plantas, pois o carbono incorporado nas estruturas das plantas pode ser obtido tanto a partir das substâncias absorvidas pelas raízes quanto daquelas absorvidas pelas folhas.

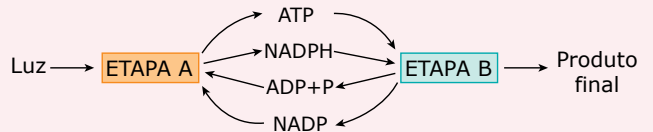
- D) maior nas plantas do grupo 2, pois essas plantas teriam absorvido, pelas folhas, o gás carbônico para realizar a fotossíntese.
- E) maior nas plantas do grupo 2, pois essas plantas teriam absorvido, pelas folhas, o gás carbônico para realizar a respiração.

11. (Cesgranrio) O esquema a seguir representa um tipo de processo energético utilizado por alguns seres vivos na natureza. Esse processo é denominado



- A) fotossíntese.
- B) quimiossíntese.
- C) fermentação.
- D) respiração.
- E) putrefação.

12. (Albert Einstein-2016 / 2) Analise o esquema a seguir, que se refere, de forma bem simplificada, ao processo de fotossíntese.



Suponha que uma cultura de algas verdes seja iluminada e receba gás carbônico com o isótopo C-14 e água com o isótopo O-18. Pode-se afirmar que

- A) o gás carbônico participa das etapas A e B e prever que ocorra produção de glicose com o isótopo C-14 nas duas etapas.
- B) o gás carbônico participa apenas da etapa A e prever que ocorra produção de glicose com o isótopo C-14 nesta etapa.
- C) a água participa das etapas A e B e prever que ocorra liberação de oxigênio com o isótopo O-18 nas duas etapas.
- D) a água participa apenas da etapa A e prever que ocorra liberação de oxigênio com o isótopo O-18 nesta etapa.

13. (UNITAU-SP-2016) A taxa de fotossíntese de uma planta pode aumentar ou diminuir em função de determinados fatores, agrupados em fatores limitantes intrínsecos e extrínsecos.

- A) Cite os fatores limitantes intrínsecos.
- B) Dentre os fatores limitantes extrínsecos, o aumento da concentração de dióxido de carbono no ar e o da intensidade luminosa acarretam a elevação da taxa de fotossíntese. Entretanto, essa elevação não se dá de maneira ilimitada. Explique por que isso ocorre.

14. (Vunesp) Um pesquisador tinha uma importante pergunta sobre o processo de fotossíntese. Para respondê-la, elaborou dois experimentos, I e II, adotando os seguintes procedimentos:

**Experimento I**

Plantas envasadas receberam dióxido de carbono marcado com isótopo pesado do oxigênio ( $^{18}\text{O}$ ) e água não marcada com isótopo pesado.



O oxigênio liberado no processo de fotossíntese foi coletado para análise.

Oxigênio liberado coletado para análise.

**Experimento II**

Plantas envasadas receberam água marcada com isótopo pesado do oxigênio ( $^{18}\text{O}$ ) e dióxido de carbono não marcado com isótopo pesado.



O oxigênio liberado no processo de fotossíntese foi coletado para análise.

Oxigênio liberado coletado para análise.

Considerando que os procedimentos adotados foram elaborados adequadamente e bem-sucedidos, responda:

- A) Ao elaborar esses experimentos, o que o pesquisador pretendia investigar?
- B) Em que experimento ele deve ter encontrado o isótopo  $^{18}\text{O}_2$  sendo liberado pelas plantas? Com base nesse resultado, a que conclusão o pesquisador deveria chegar?

**02.**  
Z9QH

(Enem-2017) Pesquisadores conseguiram estimular a absorção de energia luminosa em plantas graças ao uso de nanotubos de carbono. Para isso, nanotubos de carbono “se inseriram” no interior dos cloroplastos por uma montagem espontânea, através das membranas dos cloroplastos. Pigmentos da planta absorvem as radiações luminosas, os elétrons são “excitados” e se deslocam no interior de membranas de cloroplastos, e a planta utiliza em seguida essa energia elétrica para a fabricação de açúcares. Os nanotubos de carbono podem absorver comprimentos de onda habitualmente não utilizados pelos cloroplastos, e os pesquisadores tiveram a ideia de utilizá-los como “antenas”, estimulando a conversão de energia solar pelos cloroplastos, com o aumento do transporte de elétrons.

NANOTUBOS de carbono incrementam a fotossíntese das plantas.  
Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br/>>  
Acesso em: 14 nov. 2014 (Adaptação).

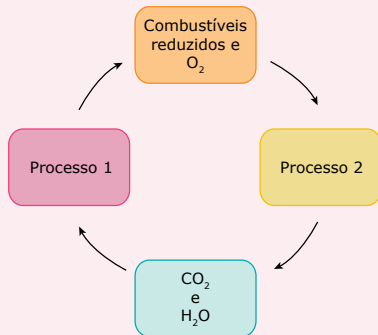
O aumento da eficiência fotossintética ocorreu pelo fato de os nanotubos de carbono promoverem diretamente a

- A) utilização de água.
- B) absorção de fótons.
- C) formação de gás oxigênio.
- D) proliferação dos cloroplastos.
- E) captação de dióxido de carbono.

**SEÇÃO ENEM**



**01.** (Enem-2018) As células e os organismos precisam realizar trabalho para permanecerem vivos e se reproduzirem. A energia metabólica necessária para a realização desse trabalho é oriunda da oxidação de combustíveis, gerados no ciclo do carbono, por meio de processos capazes de interconverter diferentes formas de energia.



NEULSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger: princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 2002 (Adaptação).

Nesse ciclo, a formação de combustíveis está vinculada à conversão de energia

- A) térmica em cinética
- B) química em térmica
- C) eletroquímica em calor
- D) cinética em eletromagnética
- E) eletromagnética em química

**GABARITO**

Meu aproveitamento

**Aprendizagem**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B       03. A       05. E
- 02. C       04. D

**Propostos**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B       04. D       07. E       10. D
- 02. A       05. A       08. B       11. B
- 03. A       06. D       09. B       12. D

13.

- A) A disponibilidade de pigmento fotossintetizante, de enzimas e cloroplastos.
- B) Isso ocorre porque os sistemas enzimáticos e os sistemas de pigmentos também apresentam saturação. Assim, a partir de um certo ponto, a planta fica impossibilitada de captar carbono ou luz, mantendo constante a taxa de fotossíntese.

14.

- A) Os experimentos pretendiam investigar a origem do oxigênio ( $\text{O}_2$ ) liberado pela reação de fotossíntese realizada pelas plantas.
- B) Experimento II, concluindo, assim, que o oxigênio liberado pela reação de fotossíntese das plantas origina-se da água usada como reagente e não do  $\text{CO}_2$  como se pensou durante muito tempo.

**Seção Enem**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E       02. B



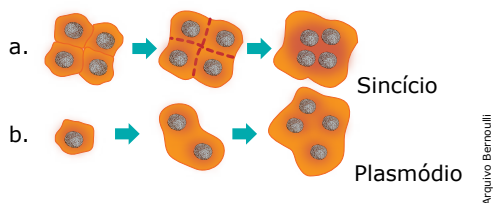
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## 0 Núcleo Celular

O estudo particular do núcleo celular denomina-se cariologia. Nas células procariotas, devido à ausência da carioteca, não existe núcleo individualizado, estando o material cromossômico (cromossomo) em contato direto com o hialoplasma. Muitos autores denominam de nucleóide a região da célula procariota na qual se localiza o material cromossômico. Alguns chegam mesmo a dizer que a célula procariota não tem núcleo. As células eucariotas, por sua vez, apresentam um núcleo organizado ou individualizado, o material nuclear, que é representado principalmente pelos cromossomos e encontra-se num espaço delimitado pela carioteca (membrana nuclear).

Em geral, as células eucariotas possuem um único núcleo, mas podem existir células com mais de um, e até aquelas desprovidas de núcleo. Assim, quanto ao número e à presença ou não do núcleo, as células eucariotas podem ser:

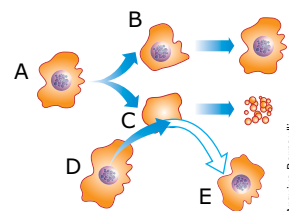
- A) Mononucleadas (uninucleadas)** – Possuem um único núcleo. Constituem a maioria das células.
- B) Binucleadas** – Possuem dois núcleos. Muitas vezes, os dois núcleos presentes na célula são de tamanhos diferentes, sendo o maior denominado macronúcleo e o menor, micronúcleo. Um exemplo de células desse tipo são as dos protozoários ciliados, como o *Paramecium*.
- C) Polinucleadas (multinucleadas)** – Possuem vários núcleos. Conforme a sua origem ou modo de formação, as células polinucleadas podem ser sincícios ou plasmódios.



*Formação das células multinucleadas – a. Sincícios são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir da união de várias células mononucleadas justapostas que perderam as suas membranas laterais, como as células da placenta humana. b. Plasmódios são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir de uma única célula mononucleada que cresce e sofre várias divisões nucleares sem que ocorra a divisão do citoplasma. As fibras musculares esqueléticas são bons exemplos de plasmódio.*

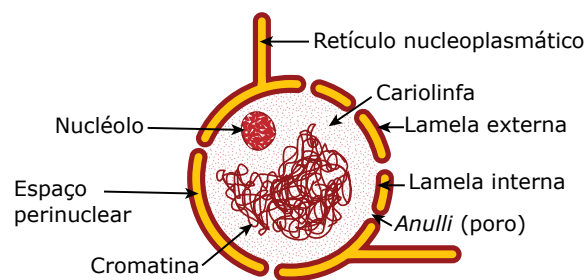
- D) Anucleadas** – Não possuem núcleo. São raras. Exemplificando, temos as hemácias circulantes (glóbulos vermelhos) dos mamíferos, e as células dos vasos liberianos (condutores da seiva elaborada) dos vegetais vasculares.

Além de conter os fatores hereditários (genes), o núcleo controla as atividades metabólicas da célula. Essa função controladora do núcleo foi demonstrada por meio dos experimentos de merotomia, realizados por Balbiani no final do século XIX.



*Experiência de Balbiani – A merotomia consiste na secção de uma célula viva para que se possa estudar as modificações sofridas pelos fragmentos celulares resultantes. Em sua experiência, Balbiani trabalhou com amebas. Uma ameba (A) foi seccionada em dois fragmentos: um deles nucleado (B) e o outro anucleado (C). O fragmento anucleado, depois de algum tempo, acaba morrendo por ter perdido a capacidade de síntese proteica, tornando impraticáveis a regeneração, o crescimento e a reprodução. O fragmento nucleado, por sua vez, sobrevive e regenera a parte perdida. Por outro lado, se o fragmento anucleado (C) receber um núcleo transplantado de uma outra ameba (D), ele sobrevive e regenera toda uma nova ameba (E).*

## COMPONENTES DO NÚCLEO



*Núcleo e suas estruturas.*

## Membrana Nuclear

Denominada também carioteca, cariomembrana e envelope nuclear, caracteriza-se por ser uma membrana lipoproteica constituída por duas lamelas (interna e externa), entre as quais existe o espaço perinuclear. Acha-se em comunicação com os canais do retículo endoplasmático e possui poros denominados *anulli*, que permitem a comunicação entre o material nuclear e o citoplasma. Através desses poros, ocorre o intercâmbio de substâncias diversas entre o núcleo e o citoplasma, inclusive de macromoléculas.

## Retículo Nucleoplasmático

De descoberta recente, é uma estrutura contínua e similar ao retículo endoplasmático, existente no citoplasma. É uma organela nuclear formada por redes de tubos ramificados, relacionados com o armazenamento e controle de cálcio intracelular.

## Nucleoplasma (Carioplasma, Cariolinfa, Sulco Nuclear)

Material semelhante ao hialoplasma, constituído basicamente por água e proteínas. Nele, mantêm-se suspensos os chamados elementos figurados nucleares, representados pelos nucléolos e pela cromatina.

## Nucléolo (Plasmossomo)

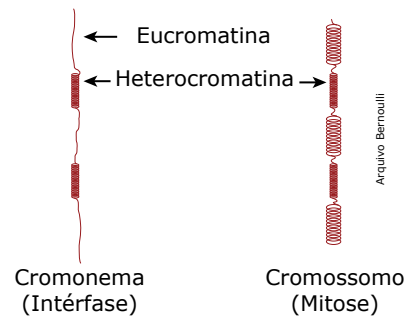
Corpúsculo constituído pelo acúmulo de RNA-ribossômico (RNA-r) associado a algumas proteínas simples. Em determinados momentos do ciclo de vida celular, mais precisamente na fase inicial da divisão celular, as moléculas de RNA-r do nucléolo espalham-se e migram para o citoplasma, onde se combinam com proteínas para formar os ribossomos. Na fase final da divisão, novas moléculas de RNA-r são sintetizadas e se unem, fazendo surgir novos nucléolos nas células. Em uma célula poderá existir mais de um nucléolo por núcleo.

## Cromatina

Substância resultante da associação entre histonas (proteínas simples) e DNA. É, portanto, uma desoxirribonucleoproteína e representa o material genético contido no núcleo.

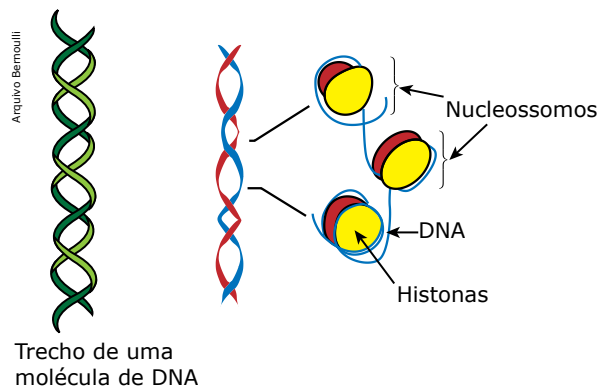
Quando a célula se encontra em intérfase (fase em que a célula não está em processo de divisão), a cromatina organiza-se, formando uma rede de finíssimos filamentos que se entrelaçam. Nesses filamentos de cromatina, que alguns autores chamam de cromonemas, distinguimos regiões bastante distendidas e algumas regiões mais condensadas. As regiões mais distendidas são denominadas eucromatina e as regiões espiraladas, heterocromatina. Quando se observa o núcleo no microscópio, as regiões de heterocromatina, por estarem mais condensadas, coram-se mais em presença de corantes básicos (hematoxilina, por exemplo) e, assim, aparecem, no núcleo, algumas manchas mais coradas que, muitas vezes, são confundidas com os nucléolos. Por isso, essas manchas mais coradas, que correspondem a regiões de heterocromatina, são conhecidas por falsos nucléolos (cariossomos ou cromocentros).

Durante a divisão celular (mitose ou meiose), as regiões de eucromatina, que na intérfase se encontravam distendidas, sofrem uma intensa espiralização, enquanto as regiões de heterocromatina permanecem praticamente inalteradas. Com isso, os filamentos tornam-se mais curtos, mais grossos e mais visíveis e passam a ser chamados de cromossomos.



Os filamentos de cromatina da intérfase e os cromossomos da divisão celular representam dois aspectos morfológicos e fisiológicos da mesma estrutura em momentos diferentes do ciclo de vida da célula.

Cada cromossomo é formado por uma única e longa molécula de DNA. Em certas regiões, essa molécula enrola-se em volta de proteínas chamadas histonas. Um conjunto de oito unidades de histonas com o DNA em volta é chamado de nucleossoma.



Formação dos nucleossomos.

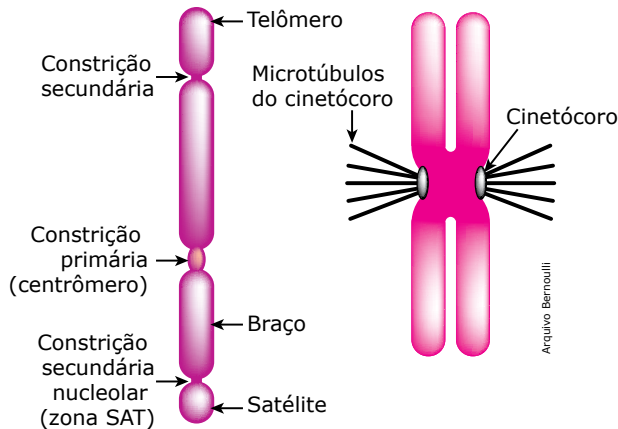
### OBSERVAÇÃO

Nas células procariotas, o cromossomo não apresenta histonas associadas ao DNA.

Na espessura dos cromossomos, existem algumas regiões de estreitamento (estrangulamento), denominadas constrições cromossômicas. Essas constrições correspondem às regiões de heterocromatina que já se encontravam levemente espiraladas na intérfase e que permanecem praticamente inalteradas durante a divisão celular. Convencionou-se chamar de constrição primária ou centrômero aquela que, durante a divisão celular, liga-se ao cinetócoro. O cinetócoro é um corpúsculo discoide de natureza proteica, originário do núcleo celular, onde se prendem microtúbulos do fuso da divisão. Além da constrição primária, os cromossomos podem ter outras constrições, as constrições secundárias, que não possuem cinetócoro. Alguns cromossomos possuem uma constrição secundária, conhecida por zona SAT ou constrição secundária nucleolar, que precede uma extremidade globosa do cromossomo, denominada satélite. As extremidades dos cromossomos denominam-se telômeros (*telos*, fim). Durante as divisões celulares, há perda de alguns nucleotídeos do DNA do telômero, que, então, diminui após cada mitose.

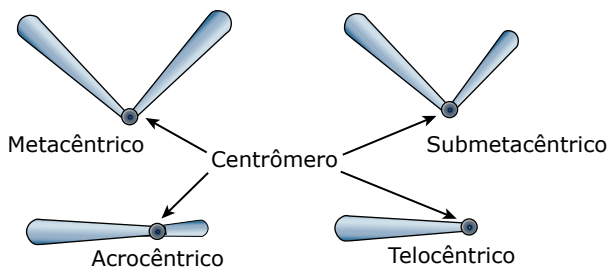


Entretanto, por ação de uma enzima, a telomerase, o telômero pode recuperar o seu tamanho original. Assim, a telomerase é capaz de manter constantes o tamanho e as propriedades do telômero. Em células cuja telomerase é alterada ou inibida, os telômeros tornam-se cada vez mais curtos ao longo das sucessivas divisões, e, quando chegam a um tamanho mínimo, as células começam a morrer. Isso acontece, por exemplo, nas células em processo de senescência (envelhecimento). O telômero, portanto, relaciona-se ao envelhecimento e ao tempo de vida celular, funcionando como um "relógio molecular".



Componentes de um cromossomo.

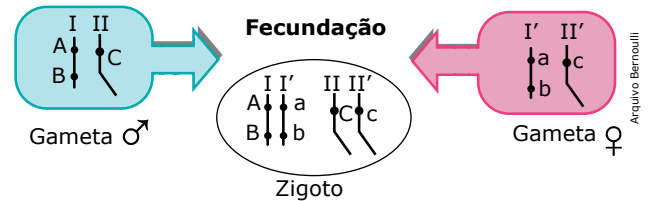
De acordo com a posição do centrômero no filamento cromossômico, os cromossomos podem ser: metacêntricos, submetacêntricos, acrocêntricos e telocêntricos.



Tipos de cromossomos quanto à posição do centrômero.

Os cromossomos metacêntricos possuem centrômero localizado na região mediana. Apresentam dois braços do mesmo tamanho. Já os submetacêntricos possuem centrômero localizado um pouco deslocado da região mediana. Possuem dois braços de tamanhos diferentes, sendo um deles pouco maior do que o outro. Os acrocêntricos possuem centrômero localizado bem próximo a uma das extremidades. Apresentam dois braços de tamanhos diferentes, sendo um deles bem maior do que o outro. Por fim, os telocêntricos possuem centrômero localizado em uma das extremidades. Apresentam um único braço.

Existem células nas quais os cromossomos se organizam aos pares. Cada par de cromossomos é formado por um cromossomo de origem paterna e outro de origem materna, que contêm genes relacionados com as mesmas características. Esses cromossomos são chamados de cromossomos homólogos.

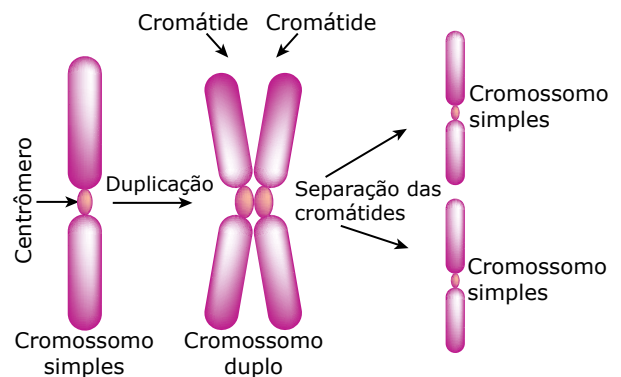


Genes A e a característica X → A e a são genes alelos.  
Genes B e b característica Y → B e b são genes alelos.  
Genes C e c característica Z → C e c são genes alelos.  
Cromossomo I é homólogo do cromossomo I'.  
Cromossomo II é homólogo do cromossomo II'.

As células que possuem pares de cromossomos homólogos são chamadas de células diploides (2n), e as que não possuem pares de cromossomos homólogos são ditas células haploides (n). Os gametas são exemplos de células haploides, enquanto o zigoto é uma célula diploide.

Dizer que o número 2n de uma espécie é igual a 4 (2n = 4), por exemplo, significa dizer que, em cada célula diploide dessa espécie, existem 4 cromossomos distribuídos aos pares, isto é, em cada célula diploide dessa espécie, existem 2 pares de cromossomos homólogos. Do mesmo modo, quando se diz que o número haploide de uma espécie é igual a 2 (n = 2), em outras palavras, significa que em cada célula haploide dessa espécie existem 2 cromossomos.

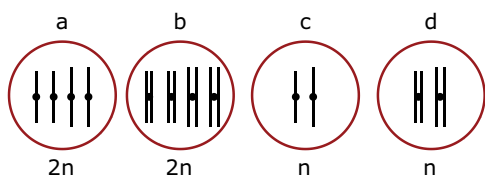
Os cromossomos, por terem DNA em sua composição, são estruturas capazes de sofrer duplicação.



Duplicação dos cromossomos – Dependendo da fase do ciclo celular em que células diploides e haploides se encontram, os cromossomos podem ser simples (constituídos por um único filamento) ou duplos (constituídos por dois filamentos, chamados cromátides, unidos pelo centrômero).

Não se deve confundir cromossomos duplos com número diploide de cromossomos. Por exemplo: se, numa espécie, o número 2n = 4 e o número n = 2, então, nessa espécie, qualquer célula que tiver 4 cromossomos simples ou 4 cromossomos duplos será uma célula diploide; qualquer célula que tiver 2 cromossomos simples ou 2 cromossomos duplos será haploide. Portanto, podem existir células diploides e haploides com cromossomos simples ou com cromossomos duplos.

Veja o exemplo a seguir:



Células pertencentes a uma espécie na qual  $2n = 4$  – A. Célula diploide com cromossomos simples; B. Célula diploide com cromossomos duplos; C. Célula haploide com cromossomos simples; D. Célula haploide com cromossomos duplos.

Os dados relativos ao número, forma e tamanho dos cromossomos das células diploides de uma espécie constituem o cariótipo da espécie.

O número de cromossomos presentes no cariótipo varia de acordo com a espécie. A tabela a seguir mostra o número diploide ( $2n$ ) de cromossomos de algumas espécies.

Espécie	Número $2n$ de cromossomos
<i>Homo sapiens</i> (homem)	46
<i>Pan troglodytes</i> (chimpanzé)	48
<i>Gorilla gorilla</i> (gorila)	48
<i>Canis familiaris</i> (cão)	78
<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)	24
<i>Oryza sativa</i> (arroz)	24
<i>Solanum tuberosum</i> (batata)	48

Ao observar a tabela anterior, conclui-se que o número de cromossomos:

- não é o mesmo para todas as espécies;
- não é critério para se identificar uma espécie, uma vez que espécies diferentes podem apresentar o mesmo número de cromossomos;
- é constante para cada espécie, isto é, todos os indivíduos normais de uma espécie apresentam o mesmo número de cromossomos;
- não determina o grau evolutivo de uma espécie.

## OS CROMOSSOMOS HUMANOS

Já vimos que, na nossa espécie, o número normal de cromossomos nas células diploides é 46 ( $2n = 46$ ) e o número haploide, 23 ( $n = 23$ ). Isso significa que em cada célula diploide dos indivíduos normais da espécie humana existem 46 cromossomos (23 pares de cromossomos homólogos) e que em cada célula haploide normal existem 23 cromossomos. Na espécie humana, e em muitas outras, os cromossomos podem ser subdivididos em dois grupos: autossomos e cromossomos sexuais (heterossomos, alossomos). Os cromossomos sexuais podem ser de dois tipos diferentes: X e Y.

Sexo	Células do corpo ( $2n$ )	Gametas (células $n$ )
♀	44 A + XX	22 A + X
♂	44 A + XY	22 A + X 22 A + Y

Cariótipo humano.

As mulheres têm, em suas células diploides ( $2n$ ), 44 autossomos (22 pares de autossomos) + 2 cromossomos sexuais do tipo X (1 par de cromossomos sexuais). Os óvulos, gametas femininos, como são células haploides ( $n$ ), têm apenas 22 autossomos + 1 cromossomo sexual do tipo X. Os homens têm, em suas células diploides ( $2n$ ), 44 autossomos (22 pares de autossomos) + 2 cromossomos sexuais, sendo um do tipo X e o outro do tipo Y (1 par de cromossomos sexuais). Os espermatozoides, gametas masculinos, possuem, cada um, apenas 22 autossomos + 1 cromossomo sexual, que poderá ser do tipo X ou do tipo Y.

As mulheres formam apenas um tipo de gameta (óvulo), no que diz respeito ao tipo de cromossomo sexual, ou seja, todos os óvulos normais possuem o cromossomo sexual do tipo X. Por isso, o sexo feminino, na nossa espécie, é dito homogamético. Os indivíduos do sexo masculino, ao contrário, formam dois tipos de gametas (espermatozoides), no que diz respeito aos cromossomos sexuais: existem espermatozoides com o cromossomo X e espermatozoides com o cromossomo Y. Por isso, na nossa espécie, o sexo masculino é dito heterogamético.

Os 23 pares de cromossomos humanos podem ser agrupados numa representação gráfica na qual os pares de cromossomos são numerados. Nesse caso, os 22 primeiros pares representam autossomos e o 23º par é o dos cromossomos sexuais.



G003

### Núcleo celular

Nesse objeto de aprendizagem, você poderá observar a estrutura do núcleo celular: a carioteca com os poros nucleares, o nucleoplasma, a cromatina e o nucléolo. Fique atento para perceber as principais características dessas estruturas. Boa atividade!

## MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS

O número normal de cromossomos nas células dos indivíduos, bem como a forma (estrutura) normal dos cromossomos, podem sofrer alterações: são as chamadas mutações cromossômicas ou aberrações cromossômicas. Tais mutações podem ser numéricas e estruturais.

### Mutações Cromossômicas Numéricas

São alterações no número normal de cromossomos do cariótipo. Quando essa alteração é de apenas um ou dois cromossomos, trata-se de uma aneuploidia; quando há alteração de todo um conjunto  $n$  (haploide) de cromossomos, temos uma euploidia.

## Aneuploidias

São mutações cromossômicas numéricas, nas quais há perda ou acréscimo de um ou dois cromossomos em relação ao cariótipo normal. Estão subdivididas em trissomias ( $2n + 1$ ), tetrassomias ( $2n + 2$ ), monossomias ( $2n - 1$ ) e nulissomias ( $2n - 2$ ).

São alguns exemplos de trissomias: síndrome de Down, síndrome de Klinefelter, síndrome do Triplo X e a síndrome do Duplo Y que podem aparecer na nossa espécie. A síndrome de Turner é um exemplo de monossomia. Na nulissomia ( $2n - 2$ ), os dois cromossomos que faltam são homólogos e, portanto, há ausência total de um par de cromossomos no cariótipo, o que tem efeito letal sobre o embrião.

### Síndrome de Down (“mongolismo”)

É uma alteração no número normal de autossomos, sendo, portanto, uma aberração autossômica. Nos indivíduos portadores dessa anomalia, existem três cromossomos no par 21 (trissomia do par 21). Como apresenta um autossomo a mais em relação aos indivíduos normais, o cariótipo dos portadores da síndrome de Down pode ser assim representado:  $45 A + XX$  (mulher Down) e  $45 A + XY$  (homem Down).

Na síndrome de Down, os indivíduos apresentam um grande número de características como: aspecto do rosto em forma de lua cheia; inchaço das pálpebras; aumento da separação dos olhos; achatamento da raiz nasal; falta de coordenação motora; deficiência mental (baixo quociente intelectual).

Estatisticamente, está demonstrado que a incidência da síndrome de Down é maior em filhos de mulheres de idade mais avançada.

### Síndrome de Klinefelter

Trata-se de uma aberração cromossômica sexual, uma vez que os portadores dessa síndrome têm três cromossomos sexuais em suas células, sendo dois do tipo X e um do tipo Y. Seu cariótipo é:  $44 A + XXY$  (homem).

Os indivíduos com síndrome de Klinefelter são do sexo masculino, porém são estéreis devido à atrofia dos seus testículos. Apresentam deficiência mental e desenvolvem algumas características sexuais secundárias femininas, como a ginecomastia (desenvolvimento das mamas).

### Síndrome de Turner

É outra aberração cromossômica sexual, uma vez que os indivíduos possuem apenas um cromossomo sexual do tipo X em suas células. Seu cariótipo pode ser representado por:  $44 A + XO$ . Na síndrome de Turner, os indivíduos são do sexo feminino e, geralmente, estéreis devido à atrofia dos seus ovários. Geralmente, apresentam baixa estatura, pescoço alargado (“pescoço alado”), ombros largos e ausência de mamas. Como os ovários e o útero não se desenvolvem, não há menstruação nem caracteres sexuais secundários.

### Síndrome do Triplo X (“superfêmea”)

Seu cariótipo é:  $44 A + XXX$  (mulher). As mulheres que a possuem são férteis, embora com alguns distúrbios sexuais e, às vezes, com certo retardamento mental. Seus caracteres sexuais femininos são normais, a não ser pela amenorreia (ausência de menstruação).

### Síndrome do Duplo Y

São homens com o cariótipo:  $44 A + XYY$ . São indivíduos aparentemente normais, férteis, geralmente altos, às vezes com retardamento mental e muito agressivos. Segundo alguns autores, os portadores dessa síndrome apresentam uma tendência maior à delinquência, são irresponsáveis e imaturos, se comparados a indivíduos que não apresentam a síndrome, evidenciando um comportamento antissocial desde a pouca idade.

## Euploidias

São mutações cromossômicas numéricas, nas quais há alteração de todo um conjunto haploide ( $n$ ) de cromossomos. A maioria dos organismos eucariontes é normalmente diploide ( $2n$ ). Assim, indivíduos que apresentam euploidias podem ser triploides ( $3n$ ), tetraploides ( $4n$ ), etc. A anomalia sempre envolve conjuntos inteiros ( $n$ ) de cromossomos. Normalmente, usa-se o termo poliploide para indicar organismos com mais de dois conjuntos de cromossomos.

Os mutantes triploides ( $3n$ ) originam-se, normalmente, da junção de um gameta normal haploide ( $n$ ) com outro gameta anômalo diploide ( $2n$ ). Geralmente, esses mutantes são estéreis. Organismos tetraploides ( $4n$ ) podem se originar da junção de dois gametas anômalos diploides, ou, ainda, de células diploides ( $2n$ ) em que ocorre duplicação dos cromossomos, sem haver divisão da célula. Esse fenômeno pode ser espontâneo ou induzido por algumas substâncias, como a colchicina. A tetraploidia é mais comum em vegetais.

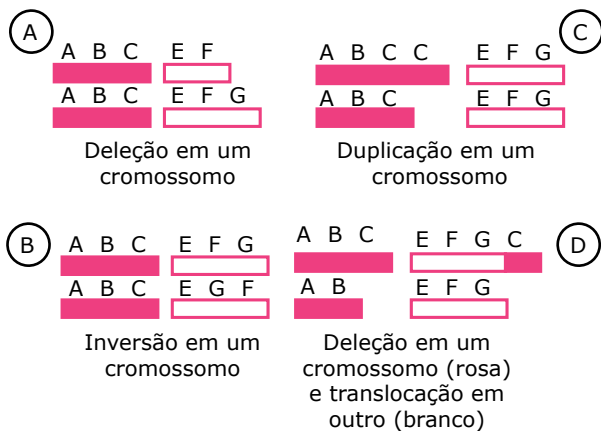
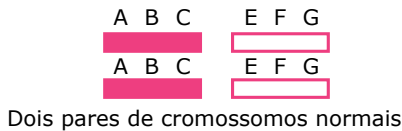
Muitas plantas cultivadas são poliploides: existem variedades de trigo hexaploides ( $6n$ ), e alguns morangos são octoploides ( $8n$ ). Os vegetais poliploides, muitas vezes, são mais robustos e desenvolvidos que seus ancestrais diploides, apresentando folhas, flores e frutos maiores. Certos vegetais tetraploides, como batata, café e amendoim são também maiores e mais vigorosos do que as variedades diploides. É por esse motivo que técnicas especiais têm sido usadas para se induzir mutações e obter esses indivíduos poliploides.

Aneuploidias	Euploidias
Monossomia ( $2n - 1$ )	Haploidia ( $n$ )
Nulissomia ( $2n - 2$ )	Triploidia ( $3n$ )
Trissomia ( $2n + 1$ )	Tetraploidia ( $4n$ )
Tetrassomia ( $2n + 2$ )	etc.

*Mutações cromossômicas numéricas.*

## Mutações Cromossômicas Estruturais

São modificações na estrutura normal dos cromossomos. Podem ser dos seguintes tipos: deleção, inversão, duplicação e translocação.



Mutações cromossômicas estruturais – A. Deleção ou deficiência: ausência de um segmento no cromossomo, isto é, a falta de um pedaço no cromossomo. Deficiências muito acentuadas podem ser letais, provenientes dessa ausência, pois implicam a perda de muitos genes. B. Inversão: quando o cromossomo possui um pedaço invertido. Nas inversões, um segmento de cromossomo quebra-se, sofre uma rotação de 180° e se solda novamente. Com isso, evidentemente, altera-se a sequência ou a ordem dos genes ao longo do cromossomo. C. Duplicação: quando o cromossomo possui um pedaço repetido. Nesse caso, o cromossomo tem uma série de genes repetidos. D. Translocação: quando um cromossomo recebe um pedaço proveniente de um outro cromossomo que não seja o seu homólogo, ou quando há troca de pedaços entre cromossomos não homólogos.

## A CROMATINA SEXUAL

Na década de 1940, Bertram e Barr descobriram, nas células diploides (2n) em interfase de fêmeas de mamíferos, em um grande número de espécies, inclusive na espécie humana, um corpúsculo pequeno, bem corável pelos corantes básicos. Tal corpúsculo, que normalmente não existe no núcleo das células masculinas, recebeu o nome de corpúsculo de Barr e, mais tarde, passou a ser denominado também cromatina sexual. Descobriu-se que a cromatina sexual corresponde, na realidade, a um dos cromossomos X das fêmeas que, na interfase, encontra-se espiralado.

Segundo a hipótese proposta pela pesquisadora inglesa Mary Lyon, as fêmeas de mamíferos compensariam a dose dupla de genes do cromossomo X através da inativação de um desses cromossomos. Assim, em cada célula do corpo da fêmea, haveria um cromossomo X ativo e outro inativo que, desse modo, ficariam iguais às células masculinas, que possuem apenas uma cópia funcional dos genes ligados ao X. Essa inativação de um dos cromossomos X acontece ainda nas fases iniciais do desenvolvimento embrionário.

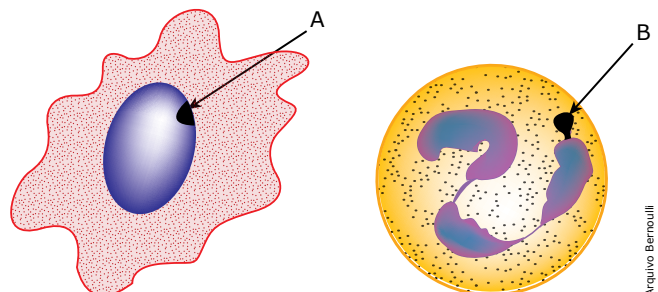
Descobriu-se, também, que o número de cromatinas sexuais corresponde ao número de cromossomos X existente no cariótipo menos 1.

Assim, uma mulher normal (44 A + XX) possui em suas células apenas uma cromatina sexual; a mulher com síndrome do Triplo X (44 A + XXX) apresenta duas cromatinas sexuais; a mulher com síndrome de Turner (44 A + X0) não apresenta cromatina sexual. Por outro lado, o homem com síndrome de Klinefelter (44 A + XXY), embora do sexo masculino, apresenta em suas células uma cromatina sexual.

Indivíduo	Número de cromossomos X	N. de cromatinas sexuais
Homem normal (44 A + XY)	1	0
Mulher normal (44 A + XX)	2	1
Síndrome de Turner (44 A + X0)	1	0
Síndrome de Klinefelter (44 A + XXY)	2	1
Síndrome do Triplo X (44 A + XXX)	3	2

Em casos de anomalias cromossômicas, em que a pessoa possui mais de dois cromossomos X, existe mais de uma cromatina sexual (corpúsculo de Barr) no núcleo das células. Isso porque o mecanismo de compensação de dose torna inativos todos os cromossomos X das células, com exceção de um, que continua funcional.

A cromatina sexual pode ser encontrada sob formas distintas: a) próxima do nucléolo, como acontece em certas células nervosas; b) na face interna da carioteca, como nas células da mucosa bucal; c) livre no suco nuclear, como na maioria dos neurônios; d) semelhante a uma expansão nuclear, como nos neutrófilos (um tipo de leucócito), nos quais a cromatina sexual aparece como um bastãozinho, denominado baqueta de tambor ou *drum-stick*.



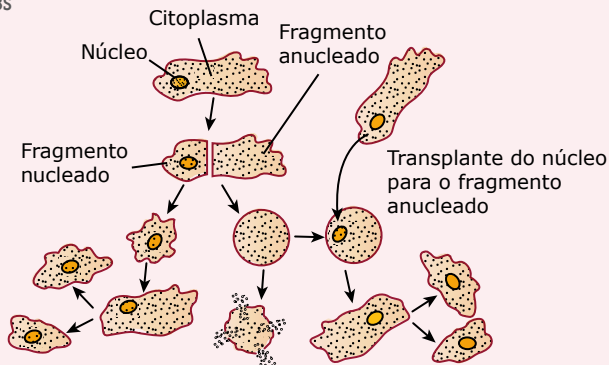
Cromatina sexual – A. Cromatina sexual de célula da mucosa bucal de uma mulher normal; B. Cromatina sexual em neutrófilo (tipo de leucócito) de uma mulher normal.

A cromatina sexual tem grande interesse, do ponto de vista clínico, tanto para o diagnóstico de algumas síndromes, como também para um diagnóstico precoce do sexo antes do nascimento.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMG)  
BM8S



O desenho representa duas experiências em amebas, que demonstram a importância do núcleo no controle das atividades celulares. Qual das afirmativas é errada em relação a essas experiências?

- A porção nucleada da ameba é capaz de se dividir, originando uma população de amebas.
- A porção anucleada de uma ameba seccionada morre após algum tempo.
- Uma ameba com núcleo transplantado é incapaz de se dividir.
- A porção nucleada da ameba cresce e vive normalmente.
- O transplante do núcleo para o fragmento de uma ameba anucleada regenera suas funções vitais.

02. (PUC Minas) Com relação aos nucléolos, é incorreto dizer que

- pode haver mais de um por núcleo.
- é envolvido por membrana específica.
- é rico em RNA ribossômico.
- se desintegra no início da divisão celular.
- não está presente em células procariontes.

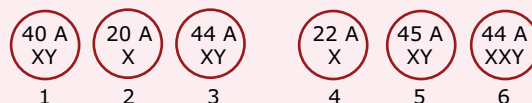
03. (PUC RS) Supondo que ocorra um evento raro em que dois cromossomos não homólogos, de uma mesma célula, quebram-se e voltam a se soldar, porém com os segmentos trocados, estaríamos verificando a ocorrência de

- crossing-over*.
- duplicação.
- translocação.
- inversão.
- deleção.

04. (Unioeste-PR) Uma espécie A possui  $2n = 10$  cromossomos; uma espécie B possui  $2n = 14$  cromossomos. Analise as afirmativas seguintes e assinale a alternativa correta.

- Um indivíduo híbrido originado do cruzamento entre as duas espécies possui 24 cromossomos.
  - Um indivíduo triploide originado a partir da espécie A possui 30 cromossomos.
  - Um indivíduo tetraploide originado a partir da espécie B possui 64 cromossomos.
- Todas as afirmativas estão corretas.
  - Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
  - Apenas as afirmativas I e III estão corretas.
  - Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
  - Todas as afirmativas estão erradas.

05. (UFMG) Representação esquemática de células de 6 indivíduos com a indicação do número de autossomos e da constituição dos cromossomos sexuais.



A respeito destas células, qual a alternativa errada?

- 1 e 2 podem pertencer a indivíduos da mesma espécie, mas 1 é diploide e 2 é haploide.
- 1 e 3 podem pertencer a indivíduos normais, mas de espécies diferentes.
- 2 e 4 podem pertencer a espécies diferentes e podem ser haploides.
- 3 e 4 podem pertencer a indivíduos da espécie humana, mas apenas 3 pode pertencer ao sexo masculino.
- 5 e 6 podem pertencer a indivíduos da espécie humana, mas 5 pode apresentar síndrome de Down, e 6 apresenta síndrome de Klinefelter.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (FUVEST-SP) Qual das alternativas se refere a um cromossomo?

- Um conjunto de moléculas de DNA com todas as informações genéticas da espécie.
- Uma única molécula de DNA com informação genética para algumas proteínas.
- Um segmento de molécula de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
- Uma única molécula de RNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
- Uma sequência de três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondente a um aminoácido na cadeia polipeptídica.



**02.** (UFPR-2015) Um pesquisador injetou uma pequena quantidade de timidina radioativa ( $^3\text{H}$ -timidina) em células com o propósito de determinar a localização dos ácidos nucleicos sintetizados a partir desse nucleotídeo, utilizando uma técnica muito empregada em biologia celular, a autorradiografia combinada com microscopia eletrônica.

Assinale a alternativa que apresenta os dois compartimentos celulares nos quais o pesquisador encontrará ácidos nucleicos radioativos.

- A) Núcleo e mitocôndrias.
- B) Citosol e mitocôndrias.
- C) Núcleo e retículo endoplasmático.
- D) Citosol e retículo endoplasmático.
- E) Peroxissomos e retículo endoplasmático.

**03.** (PUC Minas) São aberrações cromossômicas, exceto

- A) Aneuploidias
- B) Euploidias
- C) Recombinação gênica
- D) Deleção
- E) Translocação

**04.** (UFF-RJ) Diversas proteínas, como histonas e várias enzimas, embora sintetizadas no citoplasma, são encontradas no núcleo.

A passagem dessas macromoléculas pelo envoltório nuclear é possível, porque

- A) ocorre um mecanismo específico de endocitose que permite a passagem de macromoléculas.
- B) o envoltório nuclear possui poros que permitem a passagem de macromoléculas.
- C) ocorre um mecanismo específico de pinocitose que permite o englobamento de algumas macromoléculas.
- D) existe, nesse envoltório, um mecanismo de transporte simultâneo e oposto de ácido ribonucleico e proteínas.
- E) existem transportadores nas membranas externa e interna do envoltório nuclear que realizam o transporte das macromoléculas, passando pelo lúmen do envoltório.

**05.** (UGF-RJ) Nos portadores da síndrome de Klinefelter, a presença de cromatina sexual indica que o indivíduo

- A) é do sexo masculino.
- B) não apresenta cromossomo Y.
- C) não apresenta cromossomo X.
- D) apresenta um cromossomo X a mais.
- E) apresenta os cromossomos X e Y duplicados.

**06.** (UFV-MG) O núcleo caracteriza a célula eucariótica e contém, praticamente, todo o material genético que controla as atividades celulares. Em geral, cada célula possui apenas um núcleo, entretanto algumas células apresentam dois ou mais. São exemplos de células que apresentam vários núcleos:

- A) Os neurônios
- B) As musculares esqueléticas
- C) Os leucócitos
- D) As musculares lisas
- E) As epiteliais

**07.** (PUC RS-2015) Assim como o crescimento corporal, o envelhecimento tem características diferentes nos variados grupos de organismos.

Um fator que contribui para a incapacidade da manutenção da integridade das células e dos tecidos é o acúmulo de danos causados pelos radicais livres de oxigênio (RLO). No interior da célula, os RLO alteram fosfolipídios e nucleotídeos, causando danos, respectivamente, às estruturas de

- A) carioteca e centríolos.
- B) lâmina celular e cromátides.
- C) parede celular e fuso acromático.
- D) membrana celular e cromossomos.
- E) membrana plasmática e citoesqueleto.

**08.** (UFC-CE) Analise as afirmativas seguintes, 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.

**09.** (UFJF-MG-2015) Cientistas conseguiram, pela primeira vez, "silenciar" a molécula de DNA excedente, que caracteriza a Síndrome de Down. Num experimento com amostras de células, os pesquisadores inativaram uma das três cópias do cromossomo 21, que caracteriza a anomalia, tornando as células tratadas similares às de pessoas típicas, com apenas duas cópias.

Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2013/07/1312642-tecnica-experimental-corrige-sindrome-de-down-em-celula.shtml>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

Além da trissomia do cromossomo 21, a Síndrome de Down também pode ocorrer por

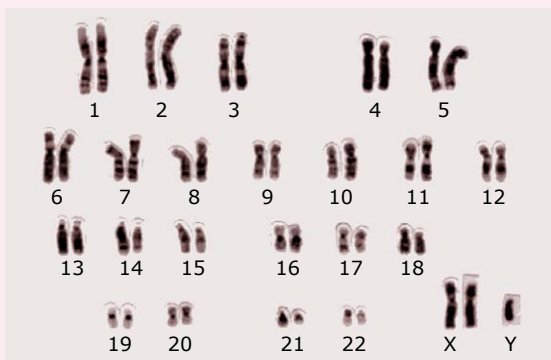
- A) duplicação.
- B) inversão.
- C) deleção.
- D) translocação.
- E) isocromossomo.

**10.** (FACISB) Uma amostra de tecido de um paciente foi coletada e conduzida a um laboratório de análises. Entre diversos exames, foi realizada a análise citogenética do cariótipo, na qual se verificou a existência de um par de cromossomos sexuais idênticos e vinte e dois pares de autossomos.

Tal cariótipo é certamente proveniente

- A) dos linfócitos masculinos ou femininos.
- B) das hemácias femininas.
- C) dos espermatozoides ou dos óvulos.
- D) das gônadas masculinas.
- E) do útero.

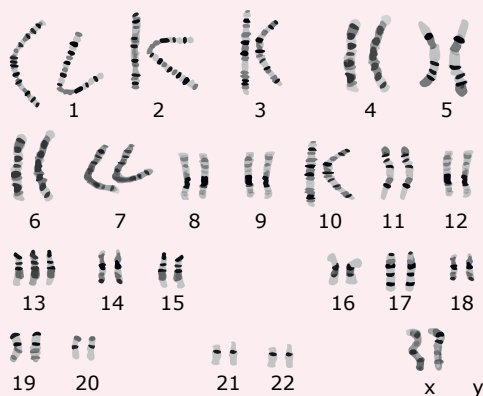
**11.** (PUC Rio) Em um laboratório de citogenética, o geneticista deparou-se com o idiograma obtido do cariótipo de uma criança, mostrado a seguir:



Observando-se esse idiograma, é correto afirmar que essa criança apresenta o fenótipo de

- A) um menino com síndrome de Klinefelter.
- B) uma menina com síndrome de Klinefelter.
- C) um menino com síndrome de Down.
- D) um menino com síndrome de Turner.
- E) uma menina com síndrome de Turner.

**12.** (UPF-RS-2016) Considere o cariótipo humano apresentado na figura a seguir. Assinale a única alternativa que contém informações corretas sobre ele.



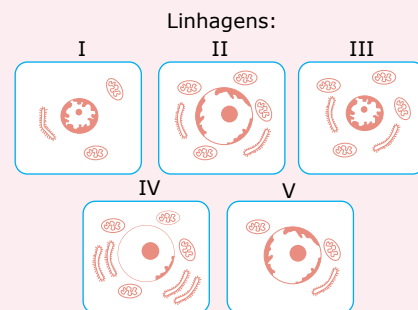
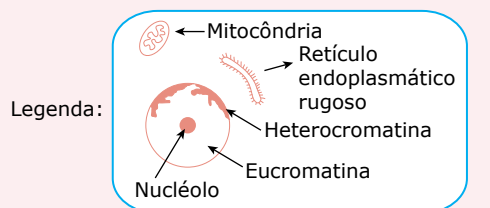
Disponível em: <www.blogdoenem.com.br>. Acesso em: 11 set. 2015 (Adaptação).

- A) Refere-se a um indivíduo triploide, do sexo feminino.
- B) Pertence a um portador de uma trissomia, a qual ocorre apenas em indivíduos do sexo feminino.
- C) Apresenta um caso de alteração cromossômica numérica classificada como euploidia.
- D) Pertence a um portador de trissomia autossômica, causada por erro na segregação cromossômica durante a meiose.
- E) Refere-se a um indivíduo haploide, devido à ausência do cromossomo Y.

**13.** (UFMA) Um geneticista responsável pelo laboratório de investigação de paternidade advertiu o seu assistente de que seriam utilizados os linfócitos para a extração do DNA. O assistente não entendeu por que os eritrócitos não poderiam ser usados. Que explicação você daria ao jovem assistente?

### SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2018) O nível metabólico de uma célula pode ser determinado pela taxa de síntese de RNAs e proteínas, processos dependentes de energia. Essa diferença na taxa de síntese de biomoléculas é refletida na abundância e características morfológicas dos componentes celulares. Em uma empresa de produção de hormônios proteicos a partir do cultivo de células animais, um pesquisador deseja selecionar uma linhagem com o metabolismo de síntese mais elevado, dentre as cinco esquematizadas na figura.



Qual linhagem deve ser escolhida pelo pesquisador?

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV
- E) V

- 02.** (Enem-2015) A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como

- A) estrutural, do tipo deleção.
- B) numérica, do tipo euploidia.
- C) numérica, do tipo poliploidia.
- D) estrutural, do tipo duplicação.
- E) numérica, do tipo aneuploidia.

- 03.** (Enem) Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhes foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, a epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA.

A REABILITAÇÃO do herege. *Época*, n. 610, 2010 (Adaptação).

Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por

- A) aneuploidia do cromossomo sexual X.
- B) poliploidia dos cromossomos autossômicos.
- C) mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
- D) substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
- E) inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.

- 04.** (Enem) A sequência seguinte indica, de maneira simplificada, os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca.

I. Retirou-se um óvulo da vaca Z. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.

II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca W. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o resto da célula.


III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.

IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca Y, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

Considerando-se que os animais Z, W e Y não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da(s) vaca(s)

- A) Z, apenas.
- B) W, apenas.
- C) Y, apenas.
- D) Z e W, apenas.
- E) Z, W e Y.

## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B
- 03. C
- 04. E
- 05. D

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. A
- 03. C
- 04. B
- 05. D
- 06. B
- 07. D
- 08. A
- 09. D
- 10. E
- 11. A
- 12. D
- 13. Na circulação humana, os eritrócitos (glóbulos vermelhos, hemácias), ao contrário dos linfócitos (um tipo de glóbulo branco), são células anucleadas e, portanto, não podem fornecer material genético nuclear (DNA nuclear) para o exame de paternidade. O núcleo só existe nas células precursoras dos eritrócitos, localizadas na medula óssea vermelha.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. E
- 03. E
- 04. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Mitose e Meiose

Durante o seu ciclo de vida, uma célula eucariota pode passar pelas seguintes fases: intérfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase. Quando em intérfase, a célula não se encontra em divisão nas outras fases, mas em processo de divisão ou reprodução celular. Assim, temos:

**Fases do ciclo celular:** Intérfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase.

**Fases da divisão celular:** Prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Para entendermos as modificações que ocorrem nas células durante as fases da divisão, precisamos ver algumas características que elas possuem quando se encontram em intérfase, isto é, quando não estão em divisão.

A intérfase apresenta as seguintes características:

- **Carioteca íntegra (inteira)** – Essa membrana separa o material citoplasmático do material nuclear. Na prófase (primeira fase da divisão), a carioteca se rompe em diversos fragmentos, e, com isso, misturam-se os materiais citoplasmático e nuclear, deixando de existir uma nítida separação entre o núcleo e o citoplasma. Na última fase da divisão, isto é, na telófase, uma nova carioteca será formada a partir do retículo endoplasmático.
- **Nucléolo(s) visível(eis)** – O nucléolo é uma formação globosa resultante da concentração de inúmeras moléculas de RNA-r, produzidas a partir da zona SAT existente em certos cromossomos. Na prófase, essas moléculas se espalham pela célula e associam-se a moléculas de proteínas, formando os ribossomos. Assim, o nucléolo deixa de ser visto (desaparecimento do nucléolo). Na telófase (última fase da divisão), formam-se novos nucléolos originários das zonas SAT de certos cromossomos.
- **Cromatina organizada formando finíssimos filamentos** – A cromatina se organiza formando finíssimos filamentos, que alguns autores denominam cromonemas. Esses filamentos apresentam regiões de eucromatina (distendida) e de heterocromatina (espiralada). Ao começar a divisão celular, as regiões de eucromatina iniciam um processo de intensa espiralização, dando origem aos cromossomos.
- **Intensa atividade metabólica** – Na intérfase, a célula apresenta sua maior atividade metabólica, realizando praticamente todos os processos de síntese necessários ao seu desenvolvimento e à sua função.

Quando se prepara para sofrer um processo de divisão, a célula, ainda na intérfase, duplica o seu material genético. Assim, quando uma célula inicia um processo de divisão, ela já está com o seu material genético duplicado. Dessa forma, podemos dividir a intérfase em três subfases ou períodos: G1, S e G2.

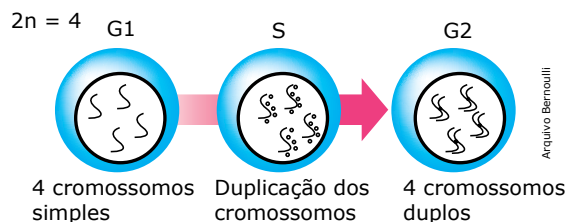
### Intérfase

**Subfase G1:** Período que antecede a duplicação do material genético. A célula possui cromossomos simples. O período G1 parece ter um papel fundamental no controle da divisão celular. Durante esse período, algum mecanismo, ainda desconhecido, determina se a célula entrará ou não em um processo de divisão. Recentemente, foi descoberto um gene específico, necessário para que a divisão celular ocorra. Esse gene é muito semelhante em organismos diferentes, como um homem e uma levedura.

**Subfase S:** Período em que ocorre a duplicação do material genético (DNA).

**Subfase G2:** Período em que todo o material genético já se encontra duplicado. A célula possui cromossomos duplos.

Pelo que acabamos de ver, se tivermos uma célula em intérfase, pertencente a uma espécie em que  $2n = 4$ , essa célula terá 4 cromossomos simples na subfase G1 e 4 cromossomos duplos quando estiver em G2.

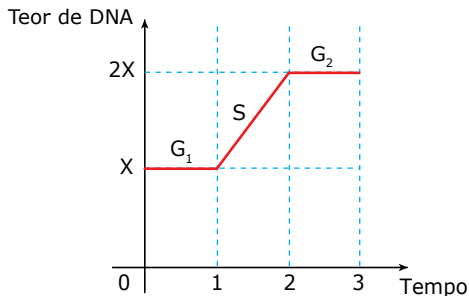


Intérfase – Subfases G1, S e G2.

Uma célula diploide humana de um indivíduo normal terá 46 cromossomos simples em G1 e 46 cromossomos duplos em G2.

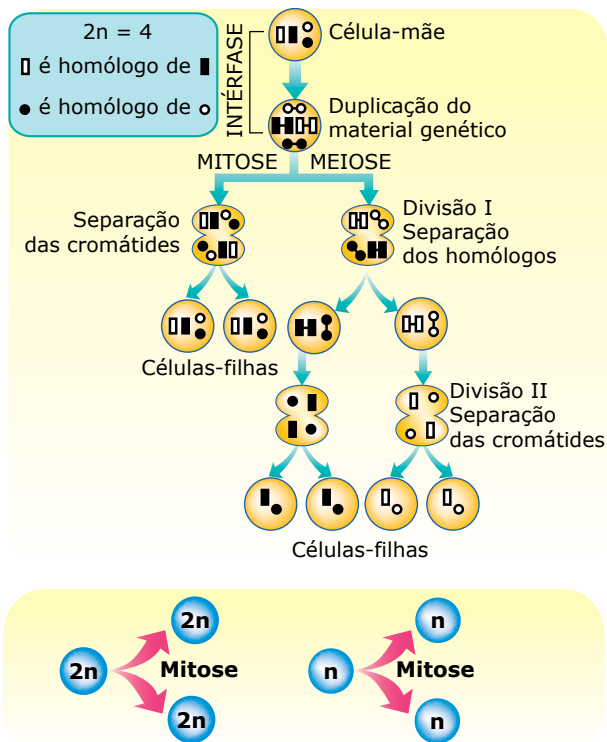
Por meio de um aparelho chamado citofotômetro, é possível medir a quantidade de DNA presente no núcleo das células. Assim, se medirmos o teor de DNA na subfase G1, encontraremos uma quantidade X de DNA; na subfase S, a quantidade de DNA deverá ser superior a X, uma vez que, nesse período da intérfase, estão sendo produzidas novas moléculas de DNA por meio da duplicação; na subfase G2, o teor de DNA deverá ser 2X, isto é, exatamente o dobro da quantidade de DNA existente em G1, já que em G2 todo o material genético nuclear se encontra duplicado.

Com os resultados da medida do teor de DNA nuclear da célula nessas três subfases da intérfase, podemos construir um gráfico, como o da figura a seguir:



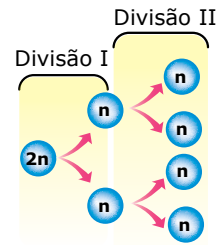
Logo após a subfase G2, portanto com o material genético nuclear já duplicado, a célula inicia um dos processos de divisão celular: **mitose** ou **meiose**.

O esquema a seguir mostra a diferença básica ou fundamental entre esses dois processos.



Mitose (do grego mitos, fio, filamento).

A mitose é um processo apenas equitativo de divisão. Resumidamente, podemos dizer que, durante uma mitose, ocorre a separação equitativa das cromátides, resultando na formação de duas células-filhas geneticamente idênticas e com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. É, portanto, um processo de divisão celular que conserva nas células o mesmo número de cromossomos. Assim, se uma célula 2n (diploide) realizar uma mitose, formam-se duas células-filhas também 2n; se uma célula n (haploide) realizar uma mitose, teremos a formação de duas células-filhas também haploides.



Meiose (do grego meion, menor).

A meiose consta de duas divisões sucessivas (divisão I e divisão II). A divisão I é reducional, uma vez que reduz à metade o número de cromossomos nas células. Durante a divisão I da meiose, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, resultando na formação de células-filhas haploides (células que não apresentam pares de cromossomos homólogos). Na divisão II, à semelhança do que acontece na mitose, ocorre a separação equitativa das cromátides entre as células-filhas que se formam. Ao término da divisão I da meiose, formam-se duas células-filhas haploides com cromossomos duplos; ao término da divisão II, teremos quatro células-filhas haploides com cromossomos simples.

Os objetivos ou as finalidades desses processos de divisão também são diferentes.

### Objetivos da mitose

- **Reprodução de seres unicelulares** – Em muitas espécies de seres unicelulares, a célula única que constitui o ser vivo, ao realizar uma mitose, origina dois seres vivos. Esse, portanto, é um processo de reprodução da espécie. Ocorre, por exemplo, com muitas espécies de algas unicelulares e protozoários.
- **Crescimento dos seres pluricelulares** – O crescimento de muitos tecidos e estruturas em organismos pluricelulares se deve ao aumento do número de células, devido a mitoses sucessivas, e não ao aumento do tamanho das células. Por exemplo: as células epiteliais, cartilaginosas, ósseas e sanguíneas de um recém-nascido são do mesmo tamanho das existentes em um indivíduo adulto. Entretanto, o adulto tem um número maior de células nesses tecidos do que o recém-nascido.
- **Renovação de tecidos** – Alguns tecidos, como o epitelial de revestimento, estão em constante processo de renovação. Assim que as células desses tecidos completam seu período de vida e morrem, são substituídas por novas células formadas por meio de mitoses.
- **Regeneração, reposição e cicatrização de tecidos** – Muitos tecidos, quando lesados, têm células destruídas. Estas serão substituídas por novas, formadas por meio de mitoses realizadas por células que não foram danificadas com a lesão.
- **Formação de gametas** – Nas espécies que têm ciclos reprodutivos haplôntico e haplôntico-diplôntico, os gametas (células reprodutoras) são formados por mitose.



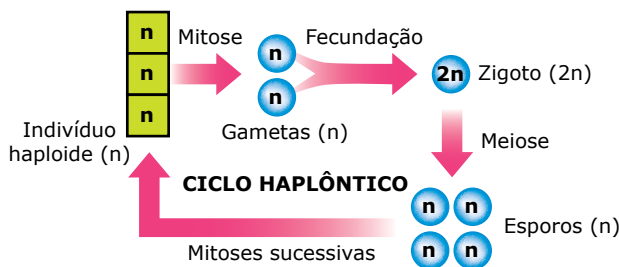
## Objetivos da meiose

- **Formação de gametas** – Ocorre nas espécies que têm ciclo reprodutivo diplôntico.
- **Formação de esporos** – Ocorre nas espécies de ciclo haplôntico e haplôntico-diplôntico.

Conforme acabamos de ver, os gametas podem ser formados tanto por mitose quanto por meiose, dependendo do ciclo reprodutivo da espécie.

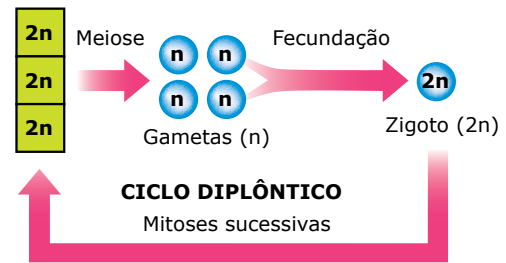
## Ciclos reprodutivos

No ciclo haplôntico, os indivíduos têm o corpo formado apenas por células haploides ( $n$ ). Determinadas células  $n$  desses indivíduos, ao realizarem mitose, originam células também  $n$ , que são os gametas. A fusão (união) de dois gametas  $n$ , sendo de um mesmo indivíduo (autofecundação) ou de indivíduos diferentes (fecundação cruzada), origina o zigoto diploide ( $2n$ ). O zigoto, encontrando condições favoráveis de desenvolvimento, realiza meiose (meiose zigótica), resultando em células  $n$ , chamadas de esporos. Cada esporo  $n$ , encontrando no meio condições favoráveis de desenvolvimento por mitoses sucessivas, formará um novo indivíduo haploide ( $n$ ). Nas espécies que têm esse ciclo reprodutivo, os indivíduos são chamados de seres haplontes ou haplobiontes. Esse ciclo é encontrado, por exemplo, em algumas espécies de clorófitas (algas verdes).



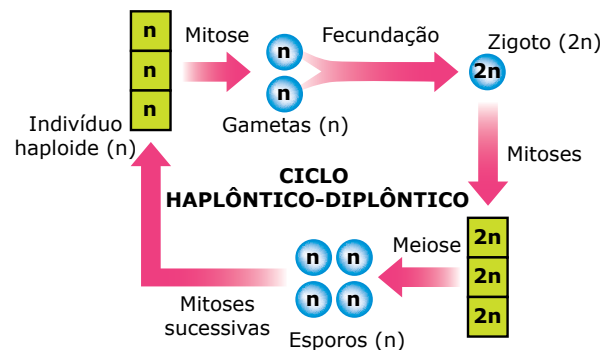
Ciclo haplôntico (haplonte).

No ciclo diplôntico, os indivíduos têm o corpo formado por células diploides ( $2n$ ). Determinadas células desses indivíduos, ao realizarem meiose, formam células haploides ( $n$ ), que são os gametas. Por isso, diz-se que, nesse ciclo, a meiose é gamética. A união de dois gametas  $n$  origina o zigoto ( $2n$ ). Esse zigoto, por mitoses sucessivas, origina um novo indivíduo diploide ( $2n$ ). Os seres que apresentam esse ciclo reprodutivo são chamados de seres diplontes ou diplobiontes. A maioria dos animais (inclusive a espécie humana) e algumas espécies de algas verdes têm esse ciclo reprodutivo.



Ciclo diplôntico (diplonte).

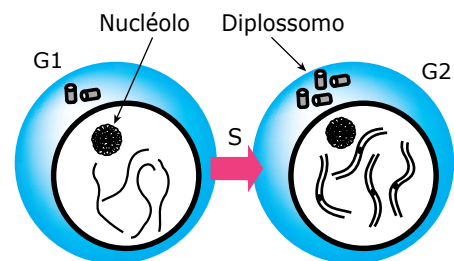
No ciclo haplôntico-diplôntico, existem indivíduos haploides ( $n$ ) e indivíduos diploides ( $2n$ ). Os indivíduos haploides, por meio da mitose, formam células também haploides ( $n$ ), que são os gametas. A união de dois gametas  $n$  origina o zigoto  $2n$  que, por mitoses sucessivas, forma um indivíduo diploide ( $2n$ ). Os indivíduos diploides ( $2n$ ), por meiose, formam células haploides ( $n$ ), que são os esporos. Costuma-se dizer que nesse ciclo a meiose é esporífica. Cada esporo, por mitoses sucessivas, forma um novo indivíduo haploide ( $n$ ). Os seres que apresentam esse ciclo reprodutivo são chamados de haplodiplobiontes. Esse ciclo aparece em muitas espécies de algas, nas briófitas, nas pteridófitas, nas gimnospermas e nas angiospermas. É, portanto, um ciclo reprodutivo típico de plantas. Nas plantas, o indivíduo haploide ( $n$ ), formador de gametas, é chamado de gametófito, enquanto o indivíduo diploide ( $2n$ ), formador de esporos, é dito esporófito.



Ciclo haplôntico-diplôntico (haplonte-diplonte).

## MITOSE

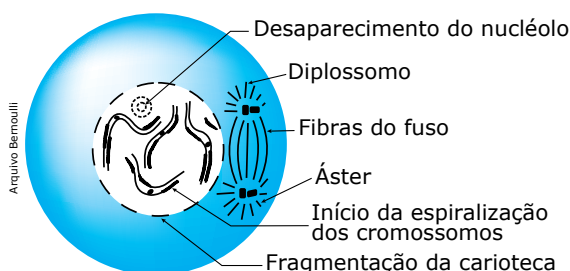
Usaremos, como exemplo para descrever as diversas fases de uma mitose, uma célula eucariota diploide ( $2n$ ), pertencente a uma espécie na qual o número  $2n = 4$ , conforme o mostrado a seguir:



## Prófase

É a primeira fase da mitose. Nela, observamos as seguintes características:

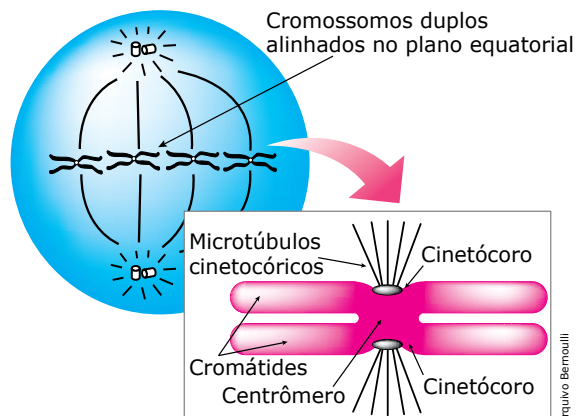
- **Início da espiralização (condensação) dos cromossomos** – Os cromossomos já duplicados (lembre-se de que a duplicação ocorre na intérfase) começam a se espiralizar (condensar) e, à medida que vão se espiralizando, tornam-se mais curtos, porém mais grossos e, portanto, mais visíveis. O início da prófase é marcado pelo início da condensação dos cromossomos.
- **Desaparecimento do(s) nucléolo(s)** – As moléculas de RNA-r que formam o nucléolo começam a se espalhar pela célula e se associam a moléculas de proteínas, formando os ribossomos. Assim, à medida que a prófase progride, o(s) nucléolo(s), gradualmente, vai (vão) deixando de ser visto(s), até desaparecer(em) por completo ao final da prófase.
- **Início da formação do fuso** – O fuso mitótico (fuso acromático, aparelho mitótico) é um conjunto de fibras proteicas, formadas por microtúbulos, resultantes da polimerização de proteínas citoplasmáticas denominadas tubulinas. Quando a célula possui diplossomo (estrutura formada por dois centríolos), na intérfase, dá-se a duplicação dessas organelas e, na prófase, as fibras do fuso organizam-se entre os pares de centríolos. Assim, à medida que as fibras do fuso vão se alongando, os diplossomos são empurrados para os polos celulares. Ao redor de cada par de diplossomos, surgem também fibras de proteínas que, dispostas radialmente, formam o áster. Devido à presença dos diplossomos e, conseqüentemente, do áster, fala-se que nessas células a mitose é centríca e astral. Quando as células não possuem diplossomo, como nos vegetais superiores, o fuso forma-se com a mesma eficiência. Quando não têm diplossomo, também não terão áster, e, nesse caso, fala-se que a mitose é acêntrica e anastral.
- **Desaparecimento da carioteca** – Ao fim da prófase, a membrana nuclear (carioteca) fragmenta-se em diversos pedaços e, com isso, o material citoplasmático mistura-se com o material nuclear. Conforme vimos, o sistema de fibras que constitui o fuso mitótico, cuja função é separar os cromossomos e encaminhá-los para os polos celulares, começa a se formar na prófase. Uma vez que o fuso se forma no citoplasma, é necessário que a carioteca desapareça para permitir que os cromossomos entrem em contato com as fibras do fuso. Essa fragmentação da carioteca marca o fim da prófase e o início da metáfase. Para alguns autores, essa fragmentação caracteriza uma outra fase da divisão celular que eles denominam de prometáfase.



## Metáfase

O termo metáfase (do grego *meta*, meio) faz alusão ao fato de os cromossomos, nessa fase, arranjam-se na região mediana (equatorial) da célula. A metáfase mitótica apresenta as seguintes características:

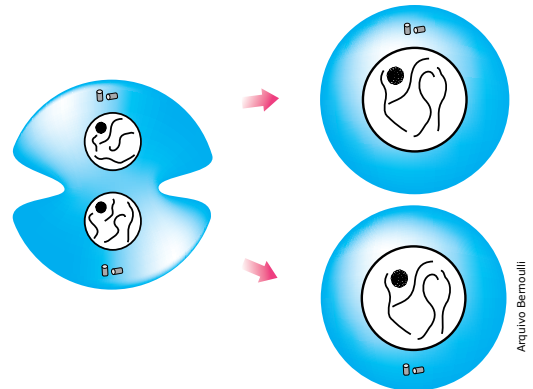
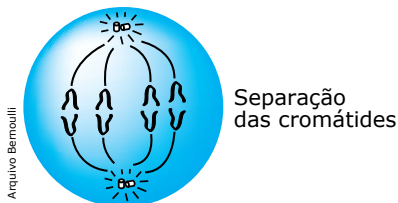
- **Máximo desenvolvimento do fuso** – Os microtúbulos do fuso mitótico, que começaram a se formar na prófase, atingem na metáfase o seu máximo desenvolvimento. Nesse fuso, distinguimos os microtúbulos polares (ou fibras contínuas) que se dispõem de um polo celular a outro e os microtúbulos cinetocóricos (ou fibras cromossômicas) que se ligam aos cinetócoros de cada cromátide-irmã. Nas células que possuem centríolos, também existem microtúbulos dispostos radialmente a partir de cada diplossomo, formando áster.
  - **Máxima espiralização dos cromossomos** – A espiralização dos cromossomos, que teve início na prófase, atinge o seu grau máximo na metáfase. Essa máxima espiralização dos cromossomos faz com que essas estruturas se tornem mais curtas, porém mais grossas. Por isso, a metáfase é a melhor fase para visualização e estudo dos cromossomos. Estes, altamente condensados (espiralados), ligam-se às fibras do fuso por meio dos centrômeros.
- Como na metáfase, os cromossomos que se encontram no máximo de sua espiralização são mais facilmente visualizados. Algumas substâncias, como a colchicina, podem ser utilizadas experimentalmente para interromper a mitose nessa fase. Com isso, é possível estudar melhor o número, a forma e o tamanho dos cromossomos. A colchicina age impedindo a organização dos microtúbulos do fuso sem, contudo, impedir a condensação dos cromossomos.
- **Ordenação (alinhamento) dos cromossomos no plano equatorial** – Todos os cromossomos se dispõem no mesmo plano, no equador (região mediana) da célula, formando a chamada placa equatorial ou placa metafásica. A ligação dos cromossomos ao fuso permite que as cromátides-irmãs (cromátides unidas pelo centrômero) fiquem corretamente direcionadas, cada uma voltada para um dos polos da célula. Dá-se o nome de metacinese ao movimento dos cromossomos em busca da sua ordenação na região mediana da célula.



## Anáfase

O termo anáfase (do grego *ana*, separação) refere-se à separação das cromátides-irmãs de cada cromossomo para os polos opostos da célula. Essa fase caracteriza-se por:

- **Encurtamento das fibras do fuso** – As fibras do fuso, às quais se prendem os centrômeros, sofrem um encurtamento ou retração, puxando as cromátides (que agora já são cromossomos simples) para os polos celulares.
- **Ascensão polar dos cromossomos ou migração dos cromossomos-irmãos para os polos** – Os cromossomos-irmãos (resultantes da separação das cromátides-irmãs) separam-se, sendo puxados pelas fibras do fuso para os polos celulares opostos. Assim, cada polo da célula recebe o mesmo material cromossômico. A anáfase termina quando os cromossomos chegam aos polos.

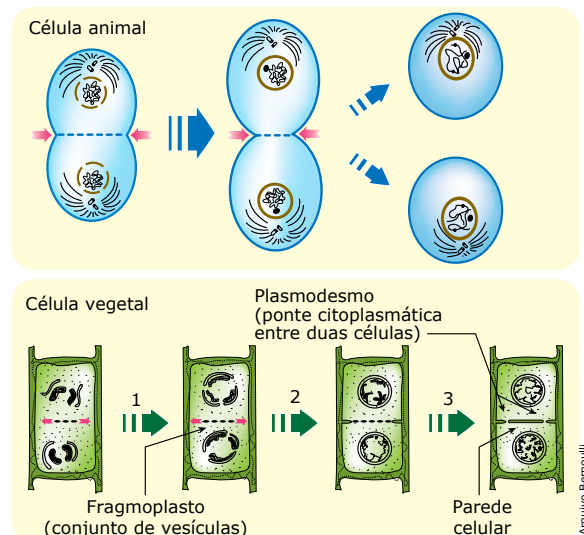


Nas células animais, a citocinese é centrípeta (de fora para dentro) e decorre da invaginação da membrana plasmática que divide a célula em duas outras; nas células dos vegetais, a citocinese é centrífuga (de dentro para fora) e decorre da formação de microvesículas, denominadas fragmoplastos, oriundas do sistema golgiense e repletas de substâncias pécticas (pectinas) que se organizam na região central do citoplasma. Ao se fundirem, essas microvesículas vão dividindo a célula do centro para a periferia até separá-las em duas metades (duas células-filhas). Com essa divisão, as substâncias pécticas se dispõem entre as duas células-filhas, formando a lamela média.

## Telófase

É a fase final (do grego *telos*, fim) da mitose. Suas principais características são:

- **Descondensação ou desespiralização dos cromossomos** – Os cromossomos simples, já situados nos polos celulares, desespiralizam-se.
- **Desaparecimento das fibras do fuso** – As moléculas de tubulina que formam as fibras do fuso (microtúbulos) sofrem despolimerização e espalham-se pela célula.
- **Reorganização (reaparecimento) da carioteca** – Em cada polo celular, em torno de cada conjunto cromossômico, organiza-se uma carioteca, formada a partir das membranas do retículo endoplasmático. Começa, então, a organização de um núcleo em cada polo celular.
- **Constituição (reaparecimento) do(s) nucléolo(s)** – Em cada núcleo que se organiza em cada polo da célula, reaparece(m) o(s) nucléolo(s), formado(s) a partir da zona SAT existente em certos cromossomos.
- **Citocinese** – O citoplasma celular divide-se em duas metades iguais, surgindo, assim, duas células-filhas. Quando ocorre essa divisão, há também uma distribuição equitativa dos orgânulos citoplasmáticos entre as duas células-filhas. Muitas vezes a citocinese tem início na anáfase e termina ao final da telófase.



*Citocinese na célula vegetal – 1. Organização centrífuga das vesículas originadas do sistema golgiense. Essas vesículas são ricas em pectina. 2. As vesículas fundem-se, formando uma lâmina que separa as duas células-filhas. Essa lâmina, rica em pectina, é a lamela média. Em alguns pontos dessa lamela, a separação entre as células não é completa, originando os plasmodesmos. 3. Posteriormente, ocorre deposição de celulose ao redor da lamela média, mas não há deposição nos plasmodesmos.*

Apesar de as características básicas serem as mesmas, existem algumas diferenças entre a mitose de células animais e a de células dos vegetais superiores. Assim,

- nos animais, a mitose é cêntrica (presença de centríolos), enquanto, nos vegetais superiores, é acêntrica (ausência de centríolos);
- nos animais, a mitose é astral (presença do áster ao redor dos diplossomos), enquanto, nos vegetais superiores, é anastral (ausência de áster);
- nos animais, a citocinese é centrípeta, e, nos vegetais, é centrífuga.

A mitose é o processo de divisão celular mais frequentemente encontrado nos seres vivos. Algumas linhagens de células apresentam um ciclo vital curto e são continuamente produzidas por mitoses que, por sua vez, permitem a renovação constante dos tecidos em que ocorrem. Outras têm ciclo vital médio que pode durar meses ou anos. Tais células são produzidas por mitoses durante o período de crescimento do organismo, e sua capacidade de divisão cessa na idade adulta. Entretanto, tais células podem voltar a realizar mitoses em algumas condições excepcionais, como na regeneração de tecidos (uma fratura óssea, por exemplo). Finalmente, existem células dotadas de ciclo vital longo, que são produzidas apenas durante o período embrionário. Na eventual morte dessas células, não há reposição, uma vez que o indivíduo já nasce com um número definido destas.

## MEIOSE

A meiose consta de duas divisões sucessivas: divisão I e divisão II. As diversas fases de uma meiose estão relacionadas no quadro a seguir:

Divisão I (Reducional)	Prófase I	Leptóteno Zigóteno Paquíteno Diplóteno Diacinese
		Metáfase I Anáfase I Telófase I
Divisão II (Equacional)		Prófase II Metáfase II Anáfase II Telófase II

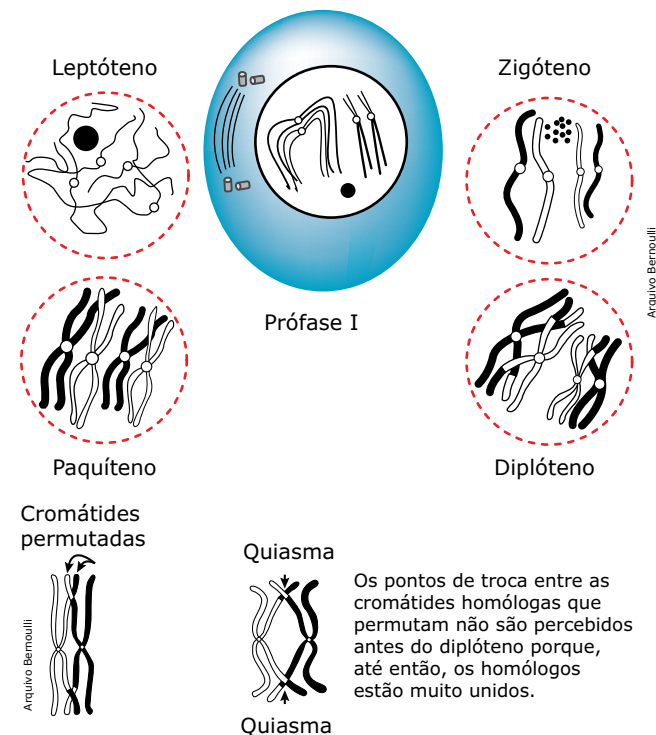
A prófase I é subdividida em cinco períodos ou subfases (leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese). A divisão II apresenta as mesmas características de uma mitose. Assim, as características da prófase II, por exemplo, são idênticas às da prófase da mitose. Entre o término da divisão I e o início da divisão II, pode existir ou não um pequeno intervalo de tempo denominado *intercinese*.

Usaremos, como exemplo para descrever a meiose, uma célula na qual  $2n = 4$  (2 pares de cromossomos homólogos).

### Prófase I

No decorrer da prófase I, há características que são exclusivas dessa fase e outras que são semelhantes às da prófase mitótica. No período **leptóteno**, os cromossomos, apesar de já duplicados, não mostram suas cromátides individualizadas, isto é, ainda não é possível distinguir as duas cromátides de cada cromossomo devido à pouca espiralização dos mesmos. No **zigóteno**, ocorre o pareamento ou sinapse dos cromossomos homólogos: cada cromossomo fica ao lado do seu homólogo. Nesse período, os cromossomos já se encontram um pouco mais espiralizados, porém ainda não é possível distinguir as duas cromátides de cada um. No **paquíteno**, pela primeira vez na prófase I, são visualizadas as duas cromátides de cada cromossomo (cromátides-irmãs).

Cada par de cromossomos homólogos duplos emparelhados recebe a denominação de tetrade ou bivalente. Nesse período, pode ter início também o fenômeno do *crossing-over* (permutação). O *crossing-over* é uma troca de segmentos (pedaços) entre cromátides homólogas, permitindo, assim, uma recombinação gênica (recombinação de genes) entre cromossomos homólogos e, conseqüentemente, um aumento da variabilidade genética dentro da espécie. Esse fenômeno começa no paquíteno e termina no período seguinte, isto é, no **diplóteno**. Após a troca de segmentos, os homólogos começam a se afastar uns dos outros. O último ponto de separação entre os homólogos é exatamente aquele em que ocorreu o *crossing-over*. Assim, é comum no diplóteno a visualização de pontos de contato entre cromátides homólogas. Esses pontos são denominados *quiasmas* e indicam os locais onde se deu a troca de segmentos, isto é, indicam os locais de ocorrência do *crossing-over*. Na **diacinese**, último período da prófase I, ocorre a terminalização dos *quiasmas*, isto é, estes escorregam para as extremidades das cromátides.



Prófase I – Detalhes sobre o fenômeno da permutação.

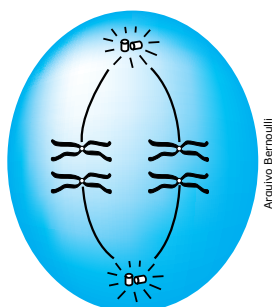
Podemos, então, resumir as características da prófase I da seguinte maneira:

- Desaparecimento do nucléolo.
- Início da formação do fuso meiótico.
- Início da espiralização dos cromossomos.
- Pareamento ou emparelhamento dos cromossomos homólogos.
- Aparecimento das tétrades ou bivalentes.
- Ocorrência do *crossing-over*.
- Visualização dos *quiasmas*.
- Terminalização dos *quiasmas*.
- Desaparecimento da carioteca.

## Metáfase I

Nessa fase da meiose, temos:

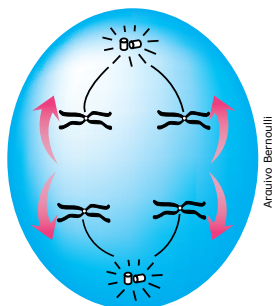
- Máximo desenvolvimento do fuso – Assim como na metáfase mitótica, as fibras do fuso se dispõem de um polo celular a outro.
- Cromossomos homólogos emparelhados dispostos no plano equatorial – Cada par de cromossomos homólogos encontra-se ligado a uma mesma fibra do fuso por meio dos centrômeros.
- Máxima espiralização dos cromossomos.



## Anáfase I

Ao contrário do que acontece na mitose, na anáfase I, não ocorre a separação das cromátides, mas, do mesmo modo que na anáfase mitótica, acontece um encurtamento das fibras do fuso, puxando os cromossomos para os polos celulares. Assim, na anáfase I, temos:

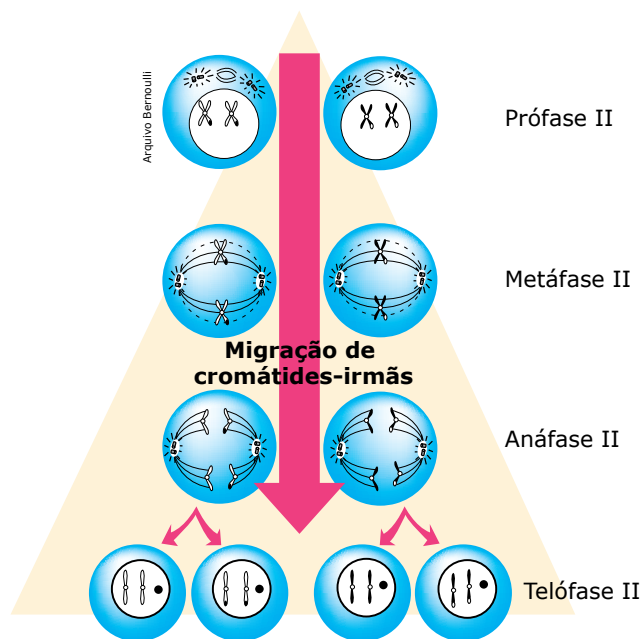
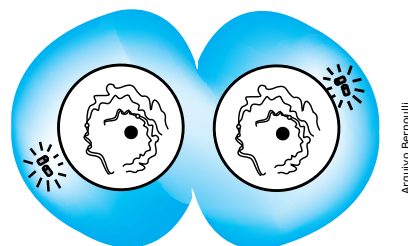
- Encurtamento das fibras do fuso.
- Separação dos cromossomos homólogos – Os cromossomos homólogos, ainda duplos, são puxados para os polos celulares opostos.



## Telófase I

A última fase da divisão meiótica I caracteriza-se por:

- Desespiralização dos cromossomos.
- Reaparecimento do(s) nucléolo(s).
- Reaparecimento da carioteca.
- Desaparecimento do fuso.
- Citocinese.
- Formação de duas células-filhas haploides (n) com cromossomos duplos.



*Divisão II da meiose – Cada uma das células-filhas formadas ao término da divisão I realizará a divisão II, cujas características são idênticas às da mitose.*

CONTEÚDO NO  
**Bernoulli Play**

23UK

### Meiose

As células podem passar por dois tipos de divisão celular: mitose ou meiose. Nessa videoaula, o enfoque será dado às principais particularidades da meiose.

CONTEÚDO NO  
**Bernoulli Play**

### Mitose e Meiose

Nesse objeto de aprendizagem digital, você verá os processos de mitose e meiose, com suas fases e características. Fique atento para perceber as diferenças entre eles. Bom trabalho!





## CÂNCER: NEOPLASIA MALIGNA

O câncer não é uma única doença, mas, sim, diferentes doenças que têm muitas características em comum. Existem, portanto, diferentes tipos de câncer. Alguns podem permanecer quase inalterados por muitos anos e praticamente não têm impacto na expectativa de vida. Outros, ao contrário, podem ser fatais logo após serem descobertos. Todos os tipos de câncer estão relacionados a alterações no DNA. Assim, todos os agentes mutagênicos podem levar ao aparecimento de células cancerosas. Essas mutações, na maioria das vezes, ocorrem em linhagem de células somáticas e, portanto, não são hereditárias, já que alteram genes de células não produtoras de gametas. Apenas 10% de todo câncer é hereditário. Frequentemente, a forma hereditária do câncer é clinicamente semelhante à forma não hereditária. O câncer hereditário normalmente se manifesta muito cedo na vida das pessoas, enquanto a forma não hereditária é mais frequente em pessoas mais idosas.

A doença se forma por uma única célula cujo DNA foi danificado por uma mutação. Através da mitose, essa mutação é transmitida para as células-filhas, que vão sofrendo e acumulando outras mutações. As mutações sucessivas das descendentes da célula inicial acabam originando a célula cancerosa. O acúmulo de mutações por uma célula e suas descendentes é um processo lento, e isso, provavelmente, explica a maior incidência de câncer não hereditário nas pessoas mais idosas. Nos Estados Unidos, por exemplo, o câncer era menos comum há um século. Naquele tempo, como ainda acontece hoje em muitas regiões pobres do mundo, pessoas morriam de doenças infecciosas e não viviam tempo suficiente para desenvolver câncer.

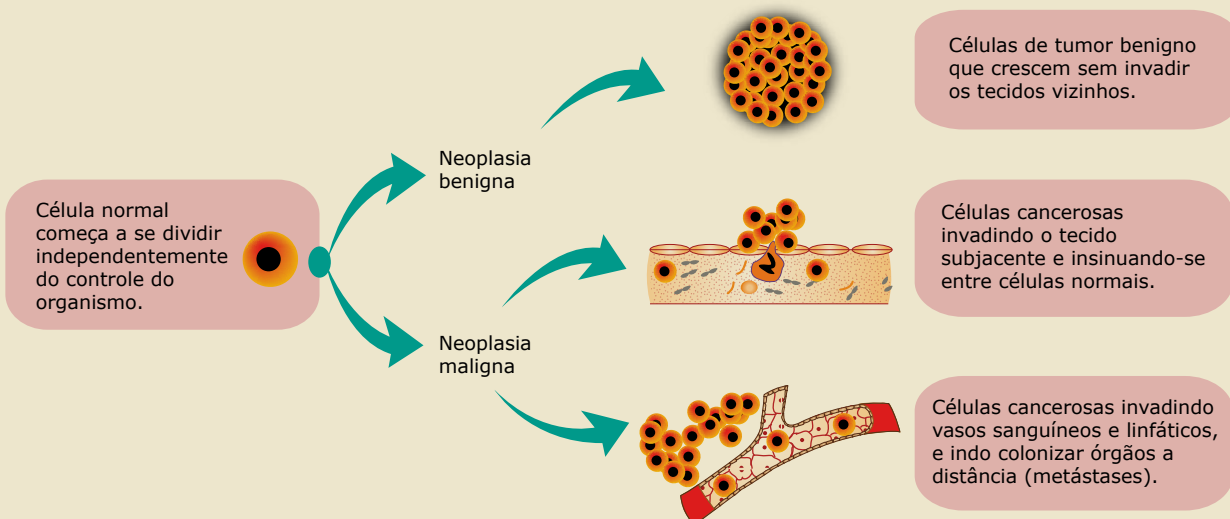
Uma das características das células cancerosas, e que as diferenciam das células normais das quais se originaram, é sua **grande capacidade de proliferação** por meio de mitoses sucessivas. Entretanto, trata-se de uma **neoplasia** (proliferação celular anormal), uma vez que a **célula cancerosa perde o controle sobre a divisão celular**.

Muitas células cancerosas ativam um gene para a produção da telomerase, enzima necessária para a reconstrução das partes perdidas dos telômeros (partes dos telômeros que vão sendo cortadas à medida que as células se dividem). Assim, os telômeros não se tornam mais curtos, e, desse modo, as células não morrem e passam a se multiplicar de forma descontrolada.

A neoplasia (novo crescimento) leva à formação de uma grande massa de células denominada neoplasma ou tumor, que pode ser benigno ou maligno. Geralmente, os tumores malignos são chamados de câncer, para distingui-los dos benignos.

No tumor benigno (neoplasma benigno), as células permanecem localizadas, prejudicando apenas o órgão no qual se originou o tumor, sem invadir tecidos vizinhos, que, no entanto, podem ser comprimidos e prejudicados. Nesses tumores, a proliferação celular é seguida de diferenciação celular. Por isso, muitos tumores benignos que ocorrem em glândulas endócrinas secretam grande quantidade de hormônios, o que pode causar sérios distúrbios no organismo. Geralmente, esses tumores são curados pelo tratamento cirúrgico.

Nos tumores malignos (neoplasmas malignos), embora também haja intensa e desordenada multiplicação celular, o processo de diferenciação celular é interrompido. Assim, a célula deixa de fabricar as proteínas típicas de sua equivalente normal. Além disso, perdem a capacidade de aderência, secretam enzimas que atacam a matriz extracelular, invadem os tecidos vizinhos e secretam moléculas que estimulam a angiogênese (neoformação vascular), ou seja, formação de novos capilares sanguíneos. Esses capilares são necessários para garantir o adequado suprimento de nutrientes, de fatores de crescimento e de oxigênio, como também para se ter uma via de eliminação dos seus catabólitos, que são levados pelo sangue para os órgãos de excreção. As células cancerosas também podem penetrar nos vasos sanguíneos e linfáticos e se espalhar pelo organismo, chegando, através da circulação, a outros órgãos do corpo, onde produzem tumores secundários: as metástases. Por isso, o tratamento cirúrgico dos tumores malignos só é eficaz se realizado antes das metástases.



Nem todas as células que se separam do tumor inicial e caem na circulação sanguínea ou linfática conseguem chegar a outros tecidos e estabelecer a formação de metástases. A maioria delas é destruída por diversos processos, como a ruptura na travessia da parede do vaso, o ataque sofrido pelas moléculas de defesa imunitária e a fagocitose por macrófagos.

Embora descendentes de uma célula ancestral única, existem diferenças genéticas, morfológicas e moleculares entre as células de um mesmo tumor. Essas diferenças, notadamente entre seus genes, explicam por que nem todas têm a mesma malignidade. As mais malignas, entretanto, tendem a predominar no tumor, por serem mais aptas e vencerem o processo competitivo com as demais.

O polimorfismo celular é uma das características dos tumores cancerígenos. Em geral, as células cancerosas também são mais volumosas do que as células normais que lhes deram origem. Muitas são aneuploides ou poliploides, isto é, possuem um número anormal de cromossomos e, por isso, as células de um mesmo tumor podem ter núcleos de diversos tamanhos. Além das frequentes alterações no número de cromossomos, a maioria das células cancerosas apresenta também modificações na forma e no tamanho de certos cromossomos. Também são comuns células binucleadas ou polinucleadas. As mitoses são abundantes, com alta frequência de divisões anômalas. Como se multiplicam muito, geralmente, têm citoplasma basófilo, devido à riqueza de ribossomos, o que acontece com todas as células em proliferação. O retículo endoplasmático e o sistema golgiense normalmente são pouco desenvolvidos, e as mitocôndrias e os lisossomos, pouco numerosos. No entanto, as maiores alterações citoplasmáticas das células cancerosas acontecem no citoesqueleto. Enquanto as células normais têm microtúbulos, filamentos intermediários e filamento de actina bem organizados em todo o citoplasma, nas células cancerosas, o citoesqueleto é reduzido ou completamente desorganizado, com a concentração dos microtúbulos e filamentos intermediários nas proximidades do núcleo e os filamentos de actina localizados principalmente na região periférica do citoplasma, sob a membrana celular. Esses filamentos de actina devem participar do aumento da mobilidade e da facilidade de migração e invasão dos tecidos vizinhos que se observa nas células cancerosas. Foi demonstrado que, nas células cancerosas, as proteínas da membrana têm maior mobilidade, o que pode estar relacionado a uma menor fixação pelo citoesqueleto.

Alterações também ocorrem na membrana plasmática das células cancerosas, sendo comum o surgimento de novas moléculas de proteínas, assim como a maior quantidade de proteínas transportadoras de glicose para o citoplasma.

Também aparecem antígenos fetais, o que é considerado um indício de desdiferenciação da célula tumoral. Como seria de se esperar, pelo seu comportamento, as células cancerosas são deficientes em estruturas juncionais, ou seja, estruturas que promovem a união com células vizinhas. A perda da adesão, separando uma célula da outra, contribui para que as células malignas soltas sejam levadas pelo sangue ou pela linfa, produzindo tumores à distância, as metástases.

Quase todos os tipos celulares do organismo podem gerar tumores. Como existem muitos tipos diferentes de células normais, existem também muitos tipos diferentes de células cancerosas, produzindo tumores que diferem acentuadamente quanto ao grau de malignidade e à resposta ao tratamento. Todavia, certas células originam tumores com mais frequência do que outras, como as células com grande capacidade de proliferação (células epiteliais e as da medula óssea, por exemplo). Quanto mais vezes o DNA se replica, maior a possibilidade de mutações, por falhas no processo de síntese da nova molécula de DNA e na reparação do DNA defeituoso, ou seja, há menos tempo para que os mecanismos de reparo do DNA funcionem antes que a replicação ocorra novamente. No adulto, cerca de 90% dos tumores derivam de epitélios. Além de sua renovação constante, as células epiteliais que revestem o corpo e as cavidades internas, como boca, vias respiratórias, esôfago e estômago, estão mais sujeitas à ação dos agentes cancerígenos presentes nos alimentos e no ambiente.

O câncer é classificado de acordo com o tipo de célula normal que o originou, e não de acordo com os tecidos para os quais se espalhou. Como exemplos, podemos citar:

- **Carcinomas** – São, indiscutivelmente, os tipos mais comuns de câncer. Originam-se de células epiteliais de revestimento.
- **Adenocarcinomas** – São tumores malignos originados de células epiteliais secretoras.
- **Sarcomas** – Originam-se de tecidos de suporte (tais como tecido ósseo, tecido muscular, tecido conjuntivo fibroso). Ex.: osteossarcoma (originado do osteoblasto).
- **Melanomas** – Câncer de pele que se origina dos melanócitos (células que produzem o pigmento melanina).
- **Leucemias** – Originam-se de células da medula óssea que produzem os glóbulos brancos (leucócitos).

# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC-SP) Analise os seguintes enunciados:
- A mitose é um processo de divisão celular no qual a célula se divide produzindo duas células-filhas iguais.
  - A duplicação do DNA, nas células que irão sofrer mitose, ocorre na intérfase.
  - Locus* gênico é o local ocupado por um gene no cromossomo.
- Agora, assinale a alternativa correta.
- Apenas a afirmação I está errada.
  - Todas as afirmações estão erradas.
  - Todas as afirmações estão corretas.
  - Apenas uma afirmação está correta.
  - Apenas uma afirmação está errada.

- 02.** (FUVEST-SP) Considere os eventos a seguir, que podem ocorrer na mitose ou na meiose.
- Emparelhamento dos cromossomos homólogos duplicados.
  - Alinhamento dos cromossomos no plano equatorial da célula.
  - Permutação de segmentos entre cromossomos homólogos.
  - Divisão dos centrômeros resultando na separação das cromátides-irmãs.

No processo de multiplicação celular para a reparação de tecidos, os eventos relacionados à distribuição equitativa do material genético entre as células resultantes estão indicados em

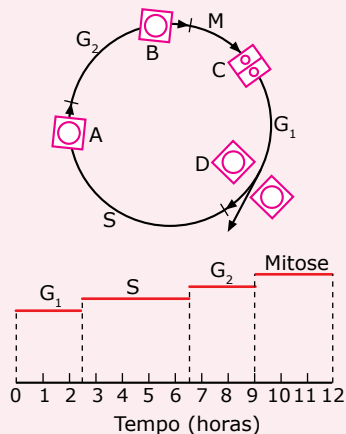
- I e III, apenas.
- II e IV, apenas.
- II e III, apenas.
- I e IV, apenas.
- I, II, III e IV.

- 03.** (UFRGS-RS-2016) Os diagramas a seguir se referem a células em diferentes fases da meiose de um determinado animal.



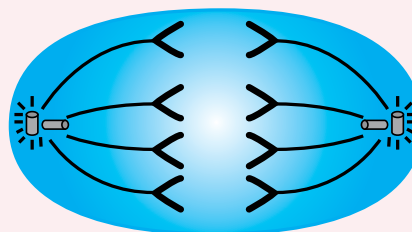
- Os diagramas 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a
- prófase I, metáfase I e telófase II.
  - prófase II, anáfase I e telófase I.
  - prófase I, metáfase II e anáfase II.
  - prófase II, anáfase II e telófase I.
  - prófase I, anáfase I e metáfase II.

- 04.** (Unirio-RJ) 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?

- 2 horas e 30 minutos
  - 3 horas
  - 4 horas
  - 6 horas e 30 minutos
  - 9 horas
- 05.** (FGV-SP) Observe a figura que ilustra uma célula em determinada etapa de um processo de divisão celular.

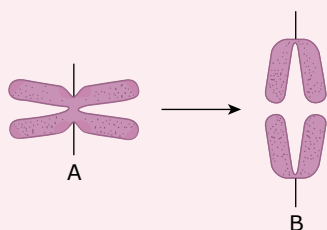


Se  $2n$  o número diploide de cromossomos, é correto afirmar que tal célula encontra-se em anáfase da mitose de uma célula-mãe

- $2n = 8$ , ou anáfase I da meiose de uma célula-mãe  $2n = 8$ .
- $2n = 16$ , ou anáfase II da meiose de uma célula-mãe  $2n = 8$ .
- $2n = 4$ , ou anáfase I da meiose de uma célula-mãe  $2n = 8$ .
- $2n = 8$ , ou anáfase II da meiose de uma célula-mãe  $2n = 16$ .
- $2n = 4$ , ou anáfase II da meiose de uma célula-mãe  $2n = 8$ .

EXERCÍCIOS  
PROPOSTOS

- 01.** (UCB-DF-2016) Considerando que a maneira como uma célula se divide depende da complexidade do organismo e do seu tipo de célula, a respeito da divisão celular, assinale a alternativa correta.
- A) Os procariontes, organismos unicelulares, realizam a reprodução assexuada.
- B) Nas células eucarióticas, há apenas a divisão celular conhecida por meiose.
- C) A mitose tem como resultado quatro células haploides.
- D) A bipartição não constitui forma de reprodução assexuada.
- E) Como resultado da meiose, tem-se o crescimento do organismo.
- 02.** (PUC-SP-2016) Nos esquemas a seguir temos a representação de um cromossomo em duas fases sequenciais (A e B) da divisão celular:



As fases A e B em questão são observadas

- A) exclusivamente na mitose.
- B) exclusivamente na meiose.
- C) na mitose e na primeira divisão da meiose.
- D) na mitose e na segunda divisão da meiose.
- 03.** (Uncisal) Alterações no número padrão de cromossomos podem resultar em problemas para o desenvolvimento do indivíduo. As síndromes de Down e de Klinefelter, causadas pela presença de um cromossomo a mais nos genomas celulares, e as síndromes de Turner e de Cri du Chat, relacionadas à falta de um cromossomo, são exemplos desses processos. Nesses casos, os indivíduos afetados apresentam uma série de alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas em seus organismos e têm o seu desenvolvimento e expectativa de vida afetados.
- As alterações nos números de cromossomos podem acontecer em função de
- A) erros nos processos de divisão celular dos gametas.
- B) produção e fecundação de dois óvulos por dois espermatozoides.
- C) fecundação do óvulo por mais de um espermatozoide.
- D) formação da mórula.
- E) erros nos processos de *crossing-over*.

- 04.** (UNIFESP) Durante a prófase I da meiose, pode ocorrer o *crossing-over* ou permuta gênica entre os cromossomos das células reprodutivas.

- A) Explique o que é *crossing-over* e sua importância para as espécies.
- B) Considerando que a maioria das células de um organismo realiza divisão celular mitótica para se multiplicar, justifique o fato de as células reprodutivas realizarem meiose.

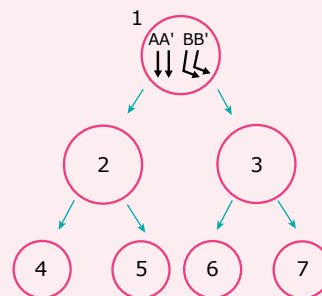
- 05.** (PUC-SP) A desespiralização dos cromossomos, o desaparecimento do fuso, o reaparecimento do nucléolo e a citocinese são fenômenos que caracterizam uma das fases da mitose. Trata-se de

- A) anáfase. D) prófase.
- B) telófase. E) intérfase.
- C) metáfase.

- 06.** (PUC Minas) É incorreto afirmar sobre a meiose:

- A) Na divisão equacional, ocorre separação de cromátides.
- B) Na divisão reducional, ocorre separação dos cromossomos homólogos.
- C) No final da 1ª divisão, formam-se duas células diploides.
- D) No final do processo, são formadas quatro células haploides.
- E) No processo, pode haver *crossing-over*.

- 07.** (UFMG) SCBQ



O esquema mostra uma meiose normal, em que a célula inicial apresenta dois pares de cromossomos homólogos: A e A', B e B'. Qual a alternativa errada?

- A) 6 e 7 terão o mesmo número de cromossomos que 3.
- B) 5 possuirá a metade do número de cromossomos de 1.
- C) Se 4 possuir o cromossomo A, 5 não poderá ter o cromossomo A'.
- D) 4 poderá ter qualquer uma das combinações cromossômicas seguintes: AB, A'B, AB' e A'B'.
- E) 2 poderá conter os cromossomos A e A' e 3, os cromossomos B e B'.

**08.** (UECE–2016) Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA), as células cancerosas multiplicam-se de maneira descontrolada, mais rapidamente do que as células normais do tecido à sua volta, invadindo-o. Geralmente, elas têm capacidade para formar novos vasos sanguíneos que as nutrirão e manterão as atividades de crescimento descontrolado. O acúmulo dessas células forma os tumores malignos. Dependendo do tipo da célula do tumor, alguns dão metástases mais rápidas e mais precocemente, outros o fazem bem lentamente ou até não o fazem.

Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home>>.

O processo de multiplicação dessas células se dá por

- A) mitose.
- B) metástase.
- C) meiose.
- D) disseminação.

**09.** (UNITAU–SP–2015) O crescimento e a reparação dos tecidos, bem como a produção de gametas, ocorrem por meio do fenômeno da divisão celular. Considere que um organismo com  $2n = 6$  realizará divisão de suas células somáticas. O tipo de divisão celular e o número de cromossomos das células-filhas e a quantidade de células-filhas formadas serão, respectivamente,

- A) meiose, 6 cromossomos, 2 células-filhas.
- B) mitose, 6 cromossomos, 2 células-filhas.
- C) meiose, 3 cromossomos, 4 células-filhas.
- D) mitose, 3 cromossomos, 3 células-filhas.
- E) mitose, 1 cromossomo, 3 células-filhas.

**10.** (UFPB) A quantidade de DNA de uma célula somática em metáfase mitótica é X. Células do mesmo tecido, mas nas fases G1 e G2, devem apresentar uma quantidade de DNA, respectivamente, igual a:

- A)  $X/2$  e X.
- B) X e  $X/2$ .
- C)  $2X$  e X.
- D) X e  $2X$ .
- E)  $2X$  e  $2X$ .

**11.** (Unesp) A figura mostra o encontro de duas células, um espermatozoide e um ovócito humano, momentos antes da fecundação.



Disponível em: <<http://epoca.com>>.

Considerando as divisões celulares que deram origem a essas células, é correto afirmar que o sexo da criança que será gerada foi definido na

- A) metáfase I da gametogênese feminina.
- B) diacinese da gametogênese masculina.
- C) anáfase II da gametogênese feminina.
- D) anáfase I da gametogênese masculina.
- E) telófase II da gametogênese masculina.

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

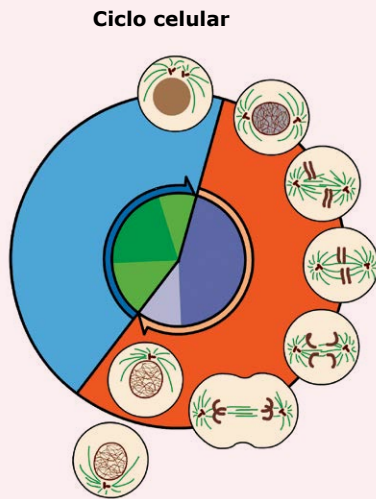
- I. Clivagem (quebra) das cromátides homólogas e troca de trechos entre elas.
- II. Deslocamento das cromátides-irmãs para polos opostos da célula.
- III. Ocorrência da citocinese e formação das duas células, as quais possuirão  $n$  cromossomos cada uma.
- IV. Deslocamento dos cromossomos homólogos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

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

- A) Interfase, anáfase I, telófase II, anáfase II e metáfase I.
- B) Prófase I, anáfase II, telófase I, anáfase I e metáfase I.
- C) Telófase I, anáfase II, citocinese I, telófase II e prófase I.
- D) Anáfase I, telófase II, intercinese, prófase I e intercinese.
- E) Intercinese, telófase II, anáfase I, metáfase I e anáfase II.



13. (FGV-2016) O esquema a seguir ilustra um ciclo celular no qual a célula realiza uma divisão mitótica.



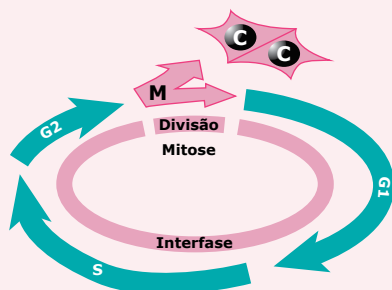
Disponível em: <www.ebah.com.br> (Adaptação).

Com relação aos eventos característicos ocorridos durante esse ciclo celular, é correto afirmar que

- A) a condensação dos cromossomos ocorre conjuntamente com o pareamento dos homólogos.
- B) a separação das cromátides ocorre imediatamente após a reorganização da membrana nuclear.
- C) a duplicação do DNA é condição obrigatória para a manutenção da ploidia celular original.
- D) o posicionamento dos cromossomos no plano mediano (equatorial) da célula ocorre durante a intérfase.
- E) a mitose é o período de maior atividade celular tendo em vista a expressão gênica nos cromossomos.

14. (FUVEST-SP) Na figura a seguir, está representado o ciclo celular.

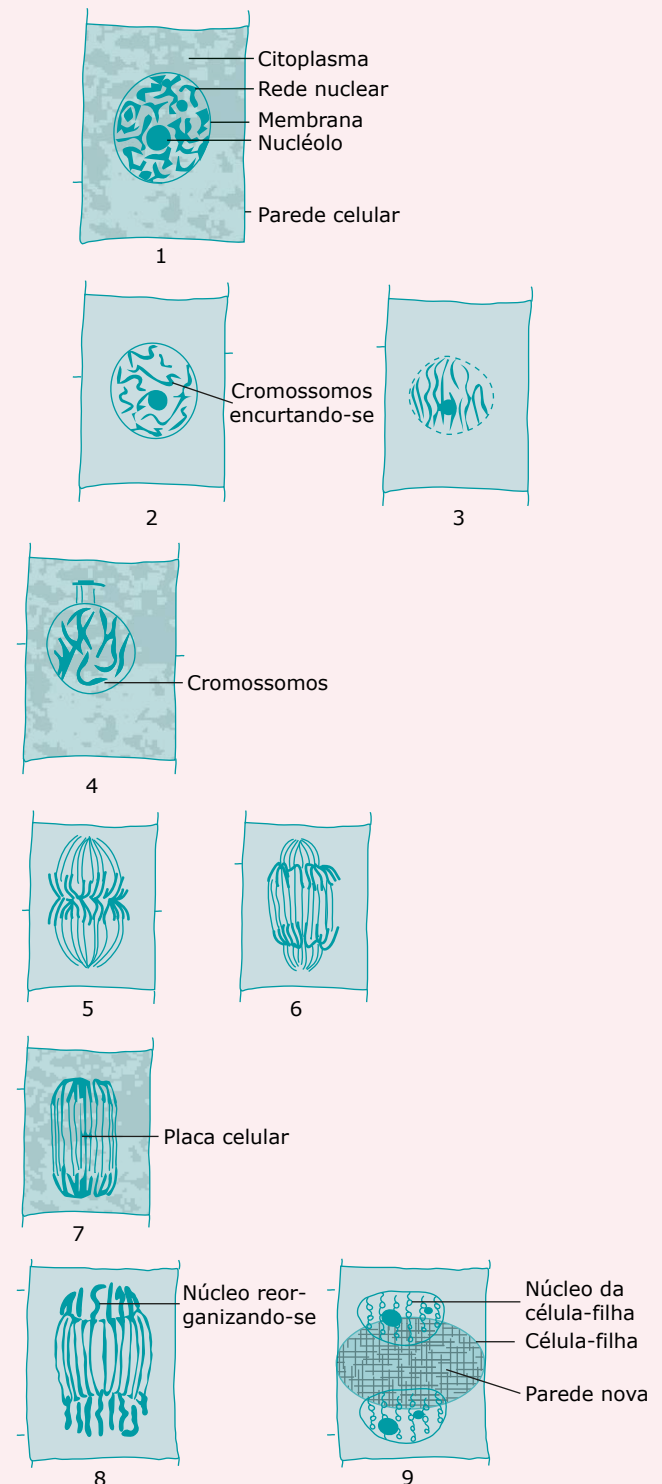
Na fase S, ocorre síntese de DNA; na fase M, ocorre a mitose e, dela, resultam novas células, indicadas no esquema pelas letras C.



Considerando que, em G1, existe um par de alelos Bb, quantos representantes de cada alelo existirão ao final de S e de G2 e em cada C?

- A) 4, 4 e 4.
- B) 4, 4 e 2.
- C) 4, 2 e 1.
- D) 2, 2 e 2.
- E) 2, 2 e 1.

15. (CMMG-2015)



No desenho anterior sobre a divisão celular do tipo mitose, a fase que apresenta um número maior de etapas representadas é:

- A) Prófase
- B) Metáfase
- C) Anáfase
- D) Telófase

## SEÇÃO ENEM



- 01.** (Enem–2018) No ciclo celular atuam moléculas reguladoras. Dentre elas, a proteína p53 é ativada em resposta a mutações no DNA, evitando a progressão do ciclo até que os danos sejam reparados, ou induzindo a célula à autodestruição.

ALBERTS, B. et al. *Fundamentos da biologia celular*. Porto Alegre: Artmed, 2011 (Adaptação).

A ausência dessa proteína poderá favorecer a

- A) redução da síntese de DNA, acelerando o ciclo celular.
- B) saída imediata do ciclo celular, antecipando a proteção do DNA.
- C) ativação de outras proteínas reguladoras, induzindo a apoptose.
- D) manutenção da estabilidade genética, favorecendo a longevidade.
- E) proliferação celular exagerada, resultando na formação de um tumor.

- 02.** (Enem–2016) O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e micro-organismos envolvidos em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas.

SANDES, A. R. R.; BLASI, G. *Biodiversidade e diversidade química e genética*. Disponível em: <<http://novastecnologias.com.br>>. Acesso em: 22 set. 2015 (Adaptação).

O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose. Essa troca de segmentos é determinante na

- A) produção de indivíduos mais férteis.
- B) transmissão de novas características adquiridas.
- C) recombinação genética na formação dos gametas.
- D) ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.
- E) variação do número de cromossomos característico.

- 03.** (Enem–2016) O paclitaxel é um triterpeno poli-hidroxiado que foi originalmente isolado da casca de *Taxus brevifolia*, árvore de crescimento lento e em risco de extinção, mas agora é obtido por rota química semissintética.

Esse fármaco é utilizado como agente quimioterápico no tratamento de tumores de ovário, mama e pulmão. Seu mecanismo de ação antitumoral envolve sua ligação à tubulina interferindo com a função dos microtúbulos.

KRETZER, I. F. *Terapia antitumoral combinada de derivados do paclitaxel e etoposídeo associados à nanoemulsão lipídica rica em colesterol* – LDE. Disponível em: <[www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)>. Acesso em: 29 fev. 2012 (Adaptação).

De acordo com a ação antitumoral descrita, que função celular é diretamente afetada pelo paclitaxel?

- A) Divisão celular
- B) Transporte passivo
- C) Equilíbrio osmótico
- D) Geração de energia
- E) Síntese de proteínas

## GABARITO

Meu aproveitamento

## Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B
- 03. E
- 04. C
- 05. E

## Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. D
- 03. A
- 04.
- A) O *crossing-over* é uma troca de segmentos entre cromátides homólogas. Sua importância se deve ao fato de que é um fenômeno que aumenta a variabilidade genética da espécie.
- B) Ao realizarem a meiose, as células reprodutivas produzem os gametas haploides (n). A união de dois gametas haploides (n) que ocorre na fecundação, formando a célula ovo diploide, restabelece o número cromossômico 2n da espécie.
- 05. B
- 06. C
- 07. E
- 08. A
- 09. B
- 10. A
- 11. D
- 12. B
- 13. C
- 14. E
- 15. A

## Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. C
- 03. A



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Embriologia Animal

Embriologia é o estudo do desenvolvimento do indivíduo desde a formação do zigoto (célula-ovo) até o seu nascimento ou eclosão.

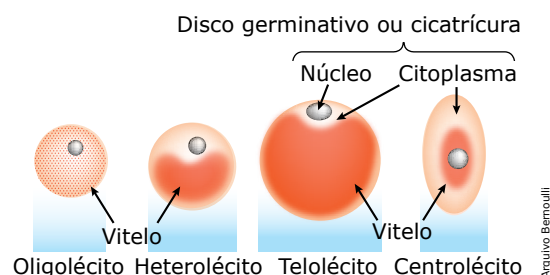
Esse desenvolvimento depende do tipo de ovo que, por sua vez, depende do tipo de óvulo (gameta feminino) que foi fecundado. Assim, conforme os óvulos fecundados sejam oligolécitos, heterolécitos, megalécitos ou centrolécitos, os ovos resultantes também serão assim classificados. Portanto, considerando a quantidade e a distribuição do vitelo, a classificação dos ovos é igual à classificação dos óvulos.

### CLASSIFICAÇÃO DOS OVOS

Baseia-se na quantidade e na distribuição do vitelo ou lécito existente na célula. O vitelo é uma reserva de material nutritivo, fabricado pelo retículo endoplasmático da célula, constituído basicamente de proteínas e lipídios.

- **Ovos oligolécitos (isolécitos, homolécitos, alécitos)** – Possuem pouco ou quase nenhum vitelo que se distribui de maneira homogênea pelo citoplasma. São encontrados em poríferos, cnidários, equinodermos, anfioxos e mamíferos (exceto ovíparos).
- **Ovos heterolécitos (mediolécitos, panlécitos, telolécitos incompletos)** – Possuem uma quantidade média de vitelo distribuída de maneira heterogênea no citoplasma. O vitelo concentra-se mais em um dos polos celulares do que no outro. O polo celular com maior concentração de vitelo é denominado polo vegetativo, enquanto o outro, com menor concentração, onde inclusive se localiza o núcleo da célula, recebe o nome de polo animal. São encontrados em platelmintos, nematelmintos, moluscos (exceto cefalópodes), anelídeos, algumas espécies de peixes e de anfíbios.
- **Ovos megalécitos (telolécitos, telolécitos completos)** – Possuem grande quantidade de vitelo que ocupa quase toda a célula. O citoplasma separa-se do vitelo e localiza-se, juntamente com o núcleo, em uma pequena região do polo animal denominada cicatrícula ou disco germinativo. São encontrados em moluscos cefalópodes, várias espécies de peixes, répteis, aves e mamíferos ovíparos.
- **Ovos centrolécitos** – Possuem certa quantidade de vitelo acumulado na região central da célula, ao redor do núcleo. O citoplasma localiza-se na periferia da célula, sem se misturar com o vitelo. São encontrados em artrópodes.

### Tipos de ovos



Arquivo Bernoulli

### ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

Após a fecundação e a consequente formação da célula-ovo (zigoto), o conceito passará pelas seguintes etapas: segmentação, gastrulação, histogênese e organogênese.

A segmentação ou clivagem é o desenvolvimento da célula-ovo por meio de uma série de divisões mitóticas sucessivas, originando células denominadas blastômeros.

Durante a segmentação, há um aumento do número de células sem, entretanto, ocorrer o aumento do volume total da estrutura. De maneira geral, a segmentação é tanto mais rápida quanto menos vitelo houver na célula-ovo, obedecendo à regra de Balfour, que diz "a velocidade de segmentação é inversamente proporcional à quantidade de vitelo."

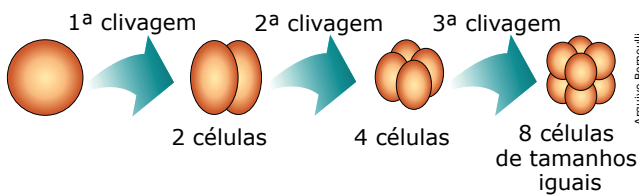
Nos ovos que têm uma distribuição desigual de vitelo, o polo animal (com pouco vitelo) se segmenta mais rapidamente do que o polo vegetativo. Além disso, a segmentação nem sempre ocorre em todo o ovo. Assim, temos diferentes tipos de segmentação.

- **Segmentação holoblástica ou total** – Ocorre com a participação de toda a célula-ovo. Se os blastômeros formados tiverem o mesmo tamanho, ela é dita igual; se houver a formação de blastômeros de tamanhos diferentes, ela é dita desigual. Os blastômeros maiores são chamados de macrômeros, e os menores, de micrômeros.

#### OBSERVAÇÃO

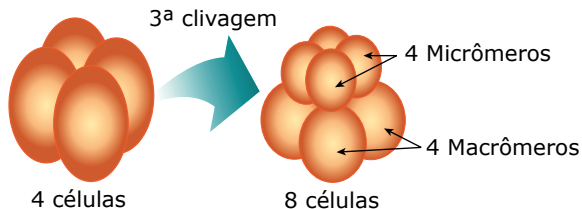
Para alguns autores, se a diferença de tamanho entre os blastômeros não for tão acentuada, a segmentação é dita subigual ou quase igual.

**Segmentação holoblástica igual**



Arquivo Bernoulli

**Segmentação holoblástica desigual**



Arquivo Bernoulli

**OBSERVAÇÃO**

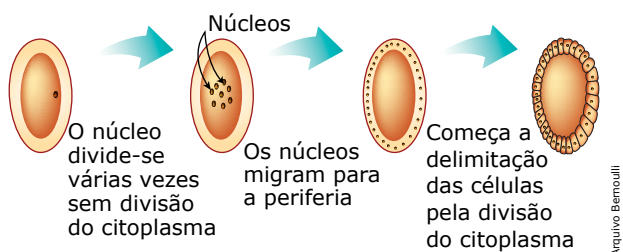
É a partir da 3ª divisão (3ª clivagem) que surgem as diferenças na segmentação holoblástica.

- **Segmentação meroblástica ou parcial** – Ocorre apenas em uma parte da célula-ovo. Quando é feita apenas na região do disco germinativo (cicatricula), ela é dita discoidal; se ocorrer apenas na periferia da célula, ela é dita superficial.

**Segmentação meroblástica discoidal**



**Segmentação meroblástica superficial**



Arquivo Bernoulli

**Tipos de segmentação**

<b>Holoblástica ou Total</b>	Igual: ovos oligolécitos
	Desigual: ovos heterolécitos
<b>Meroblástica ou Parcial</b>	Discoidal: ovos megalécitos
	Superficial: ovos centrolécitos

Durante a segmentação, há, normalmente, a formação da mórula, um estágio embrionário que antecede a blástula.

A mórula é um aglomerado maciço de células (blastômeros) que, dependendo da espécie, surge após a 4ª ou a 5ª clivagem. Com a continuidade do desenvolvimento, a mórula sofre um processo de cavitação denominado blastulação, que culmina com a formação de um estágio embrionário denominado blástula.

A blástula, independentemente do tipo de segmentação que a formou, é uma estrutura que possui blastoderma (parede constituída por blastômeros) e blastocele (cavidade).

A morfologia da blástula varia com o tipo de segmentação ocorrida. Durante a segmentação, há um aumento do número de células sem, entretanto, ocorrer um aumento do volume total da estrutura embrionária. As blástulas resultantes das segmentações holoblásticas (igual, subigual ou desigual) são do tipo celoblástula; a resultante de uma segmentação meroblástica discoidal é denominada discoblástula; a resultante de segmentação meroblástica superficial é dita periblástula.



Blástula originada da segmentação do ovo isolécito

Celoblástula



Blástula originada da segmentação do ovo heterolécito

Celoblástula



Blástula originada da segmentação do ovo megalécito

Discoblástula

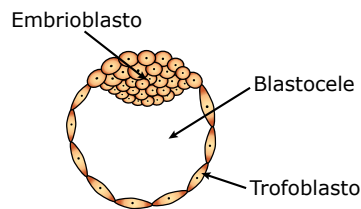


Blástula originada da segmentação do ovo centrolécito

Periblástula

*Tipos de blástulas.*

Nos mamíferos placentários, grupo em que se inclui a espécie humana, a blástula, que é do tipo celoblástula, é também conhecida por blastocisto.



Arquivo Bernoulli

*Blastocisto.*

No blastocisto, o blastoderma denomina-se trofotoderma ou trofoderma (do grego *trophe*, nutrição, e *derma*, pele), e os blastômeros que a constituem são chamados de trofoblastos. Há ainda um aglomerado de blastômeros que formam o embrioblasto (massa celular interna, botão embrionário). Os trofoblastos darão origem ao córion e à parte da placenta; o embrioblasto dará origem ao embrião propriamente dito, ao saco vitelino, ao alantoide e ao âmnion. As células do embrioblasto, portanto, são células-tronco embrionárias com potencial para diferenciarem-se em qualquer tipo de tecido.

Com a formação da blástula, termina o processo de segmentação e tem início a gastrulação.

Na gastrulação, as divisões mitóticas continuam, sendo que, agora, o aumento do número de células é acompanhado também de aumento do volume total da estrutura embrionária. É durante a gastrulação que se formam os chamados folhetos embrionários (folhetos germinativos): ectoderma, endoderma e mesoderma. Desses folhetos embrionários serão formados os diferentes tecidos e órgãos que constituirão o corpo do animal.

Em alguns animais, como os cnidários, formam-se apenas dois folhetos embrionários, o ectoderma e o endoderma, por isso são ditos animais diblásticos (diploblásticos). Na maioria dos animais, formam-se três folhetos embrionários (ectoderma, mesoderma e endoderma), por isso são ditos animais triblásticos (triploblásticos).

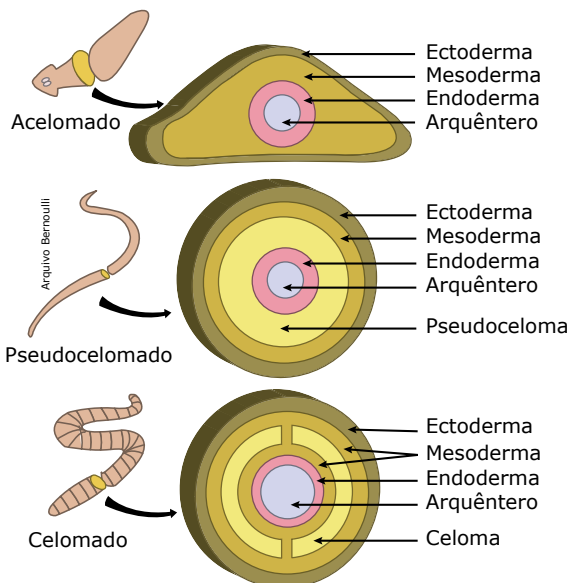
Diblásticos	Triblásticos
Cnidários	Platelmintos, nematelmintos, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados.

Na maioria dos animais, durante a gastrulação, forma-se também o arquêntero (do grego *archaios*, antigo, primitivo, e *enteron*, intestino) ou gastrocele, uma cavidade delimitada pelo endoderma, que dará origem à cavidade digestiva do animal. Por isso, o arquêntero é também chamado de tubo digestório primitivo do animal.

O arquêntero possui uma abertura, o blastóporo, que, dependendo do grupo de animal, poderá originar a boca ou o ânus. Quando origina a boca, o animal é dito protostômio (protostomados); quando origina o ânus, o animal é dito deuterostômio (deuterostomados). A maioria dos animais nos quais se forma o tubo digestório é constituída por protostômios. Os deuterostômios são os equinodermos e os cordados.

Na maioria dos animais triblásticos, forma-se também uma cavidade denominada celoma. O celoma é uma cavidade embrionária totalmente revestida pelo mesoderma. Todos os animais que possuem essa cavidade são ditos celomados. Nem todos os animais triblásticos formam o celoma. Assim, quanto à presença ou não do celoma, os animais triblásticos são classificados em: acelomados, pseudocelomados e celomados (eucelomados).

São chamados de acelomados os animais nos quais não se forma o celoma (por exemplo, os platelmintos). Nos animais pseudocelomados, forma-se uma cavidade, denominada pseudoceloma, delimitada de um lado pelo mesoderma e do outro pelo endoderma (por exemplo, os nematelmintos). São chamados de celomados os animais nos quais se forma o verdadeiro celoma (euceloma), ou seja, uma cavidade totalmente delimitada pelo mesoderma (por exemplo, os moluscos, os anelídeos, os artrópodes, os equinodermos e os cordados).



Animais triblásticos acelomados, pseudocelomados e celomados em corte transversal.

Quando o celoma se origina de fendas no mesoderma, o animal é dito esquizocelomado (do grego *schizo*, dividido, fendido); quando se forma de bolsas que brotam do teto do arquêntero (intestino primitivo), o animal é enterocelomado

(do grego *enteron*, intestino). Moluscos, anelídeos e artrópodes são esquizocelomados; equinodermos e cordados são enterocelomados.

A transformação da blástula em gástrula não é feita da mesma maneira em todos os animais, existindo diferentes tipos ou processos de gastrulação.

Com a continuidade do desenvolvimento embrionário, ocorre a histogênese (formação dos tecidos). Na histogênese, as células dos folhetos embrionários sofrem diferenciação, dando origem aos tecidos do animal.

À medida que se diferenciam, os tecidos se associam uns aos outros formando os diferentes órgãos do animal: é a organogênese (formação dos órgãos).

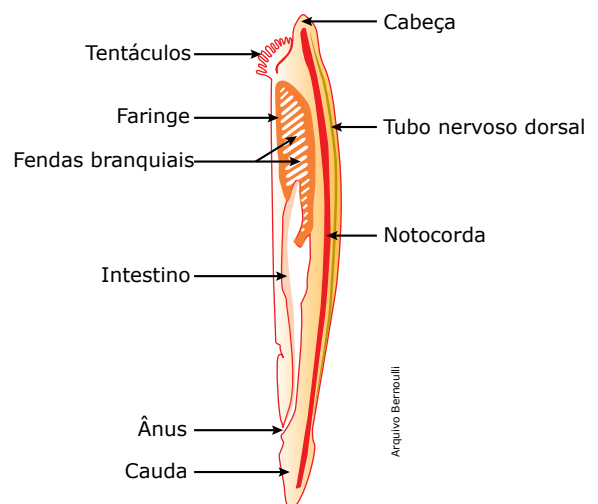
Os órgãos relacionados com uma mesma função formam um sistema. Assim, encontramos no animal diferentes sistemas (digestório, circulatório, reprodutor, etc.).

O processo de diferenciação celular depende de sinais provenientes de hormônios, da matriz extracelular, de contato entre células e de fatores de diferenciação chamados genericamente de citocinas. Nos seres multicelulares que se reproduzem por fecundação, todas as células do corpo de um indivíduo se originam do zigoto e, portanto, têm os mesmos genes. Durante o processo de diferenciação celular, ocorre repressão de certos genes e ativação de outros. Assim, em cada célula, apenas uma parte dos genes está ativa (em funcionamento), enquanto os demais permanecem inativos. Desse modo, cada célula só produz certos tipos de proteínas que determinam sua forma e função peculiares. Esse fenômeno, conhecido por atividade gênica diferencial, explica as diferenças morfológicas e fisiológicas existentes entre as células de um indivíduo.

## DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO ANFIOXO



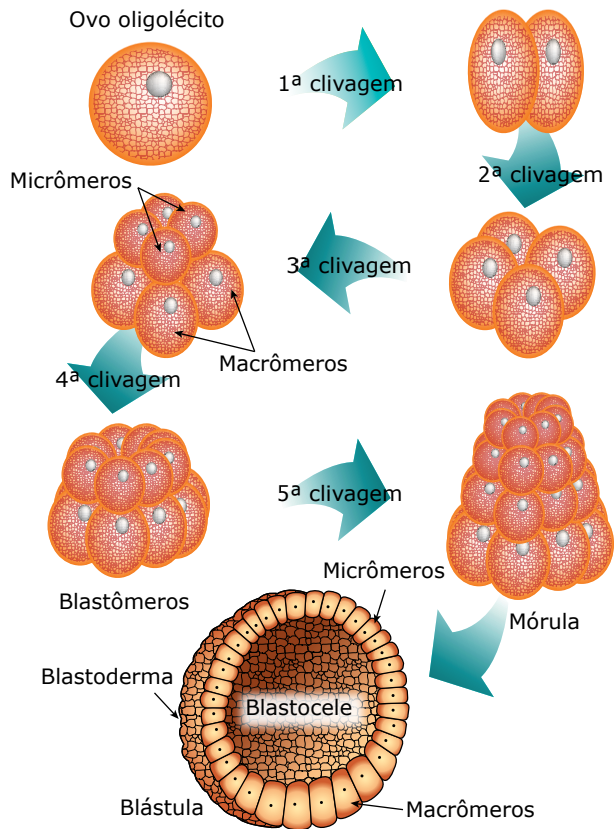
O anfioxo é um animal marinho pertencente ao grupo dos protocordados (cordados mais primitivos) e atinge, no máximo, 10 cm de comprimento. É pouco frequente em nossas praias, mas abundante em certas praias no sul da China, onde se enterra na areia limpa e grossa de águas rasas, deixando apenas a extremidade anterior para fora. Ocasionalmente, sai para nadar por meio de rápidos movimentos laterais. Tanto a região anterior quanto a posterior são afiladas, característica da qual provém o nome "anfioxo" (do grego *amphi*, duas, e *oxus*, ponta).



Anfioxo.

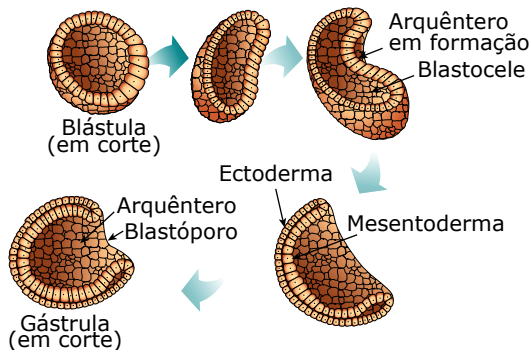


O anfíoxo é um animal muito utilizado para o estudo do desenvolvimento embrionário, sendo considerado um provável ancestral dos vertebrados. Devido à sua relativa simplicidade, seu estudo facilita a compreensão das variações apresentadas pelos animais vertebrados durante o seu desenvolvimento embrionário.



Segmentação no anfíoxo – O anfíoxo possui ovo do tipo oligolécito que realiza segmentação holoblástica, formando uma celoblástula cuja blastoderma apresenta micrômeros e macrômeros.

Após a formação da blástula, tem início a gastrulação, que no anfíoxo é feita por embolia ou invaginação. Veja a figura a seguir:

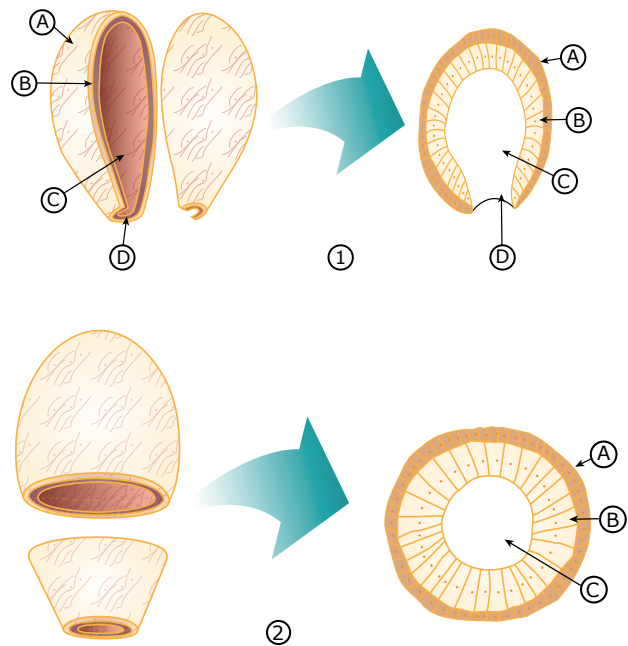


Fase inicial da gastrulação no anfíoxo.

Conforme mostram as figuras, a gastrulação no anfíoxo inicia-se pela invaginação da camada inferior de blastômeros, ou seja, dos macrômeros, para o interior da blastocele.

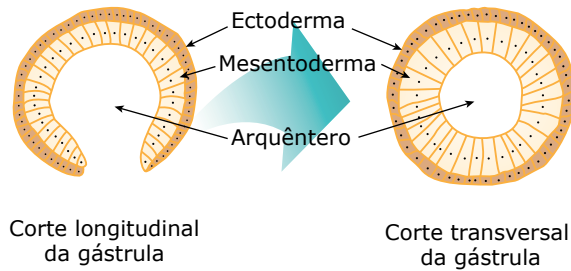
À medida que os macrômeros invaginam-se para o interior da blastocele, essa cavidade vai desaparecendo progressivamente, surgindo uma outra cavidade denominada arquêntero (*arquenteron*) ou gastrocele, que corresponde ao intestino primitivo do animal. No final do processo de invaginação, os macrômeros encostam nos micrômeros que se encontram no polo oposto, e, com isso, desaparece totalmente a blastocele. Nesse estágio, a gástrula do anfíoxo é didérmica, isto é, apresenta apenas dois folhetos embrionários: ectoderma (ectoderme), mais externo, e o mesentoderma (mesentoderme), mais interno, que mais tarde se diferenciará em mesoderma (mesoderme) e endoderma (endoderme). Nesse estágio, a gástrula já apresenta o arquêntero, que se comunica com o meio exterior por meio do blastóporo. Como o anfíoxo é um animal do grupo dos cordados, o blastóporo dará origem ao ânus. Dessa forma, o anfíoxo é um animal deuterostômio.

A gástrula do anfíoxo em seu estágio inicial, quando constituída por apenas dois folhetos embrionários (gástrula didérmica), possui um aspecto que lembra um pequeno balão, conforme mostram as figuras a seguir:



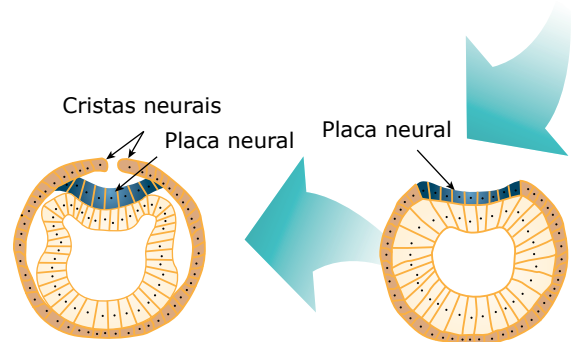
Cortes esquemáticos em gástrula do anfíoxo no estágio inicial (gástrula didérmica) – 1. corte longitudinal: A. ectoderma; B. mesentoderma; C. arquêntero; D. blastóporo. 2. corte transversal.

Com a continuidade do seu desenvolvimento, a gástrula do anfíoxo sofre a neurulação, passando para um estágio mais avançado denominado nêurula. Durante a neurulação, teremos a formação do tubo neural, como também da notocorda, do mesoderma e do celoma.



Corte longitudinal da gástrula

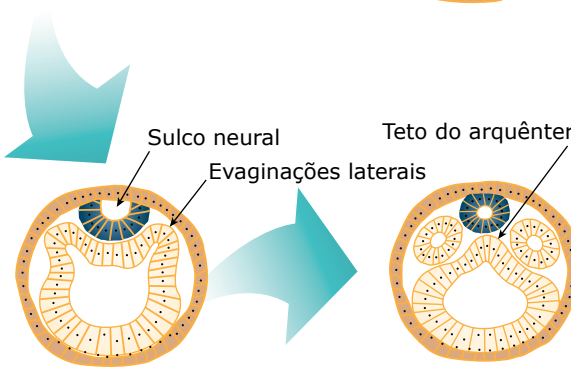
Corte transversal da gástrula



Cristas neurais

Placa neural

Placa neural

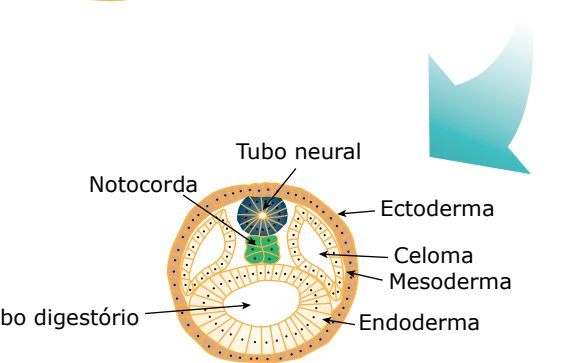


Sulco neural

Evaginações laterais

Teto do arquêntero

Arquivo Bernoulli



Tubo neural

Notocorda

Ectoderma

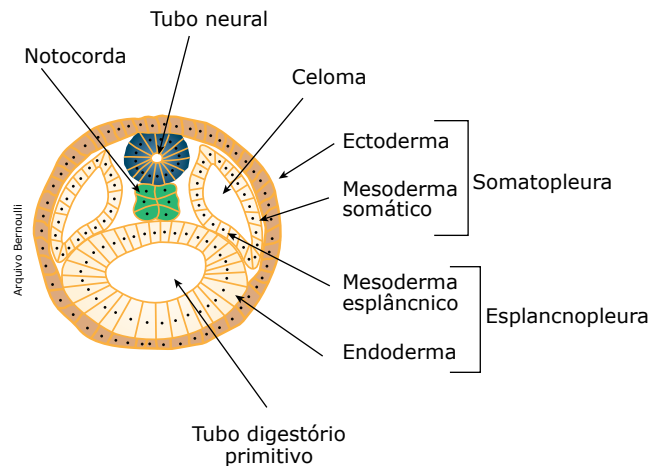
Celoma

Mesoderma

Tubo digestório

Endoderma

É exclusiva dos cordados, aparecendo em todas as espécies desse grupo. Dependendo da espécie, pode persistir ou não no indivíduo adulto. No anfíoxo, por exemplo, ela persiste durante toda a vida. Nos peixes adultos, ela também persiste sob a forma de peças vestigiais que ficam entre as vértebras da coluna vertebral. Entretanto, na grande maioria dos vertebrados (anfíbios, répteis, aves, mamíferos), a notocorda acaba sendo totalmente substituída pela coluna vertebral. A notocorda origina-se de uma evaginação que se desprende da região central do mesentoderma, correspondente ao teto do arquêntero. O mesoderma origina-se de evaginações laterais do mesentoderma. A cavidade delimitada pelo mesoderma recebe o nome de celoma.



A nêurula do anfíoxo – Observe que o mesoderma é constituído por dois folhetos: folheto somático e folheto esplâncnico. O folheto somático é a parte do mesoderma que fica aderida ao ectoderma, enquanto o folheto esplâncnico fica aderido ao endoderma. O folheto somático do mesoderma e a parte do ectoderma ao qual está aderido formam a somatopleura. O folheto esplâncnico e a parte do endoderma ao qual fica aderido formam a esplanchnopleura.

Dando continuidade ao desenvolvimento embrionário do anfíoxo, ocorrem a histogênese e a organogênese, que correspondem, respectivamente, aos processos de formação dos tecidos e dos órgãos, por meio dos folhetos embrionários.

Formação do tubo neural, da notocorda e do celoma.

O tubo neural origina-se de um achatamento do ectoderma da região dorsal, formando a chamada placa neural. A seguir, células ectodérmicas das bordas multiplicam-se, organizando as cristas neurais que recobrem a placa neural. Uma vez completamente recoberta, a placa neural invagina-se de modo a formar o sulco neural que dará origem finalmente ao tubo neural. Com a continuidade do desenvolvimento embrionário, o tubo neural também dará origem ao sistema nervoso animal. A notocorda e o mesoderma formam-se simultaneamente do mesentoderma. A notocorda é uma estrutura de sustentação mecânica, rígida, que se dispõe ao longo do eixo craniocaudal do animal.

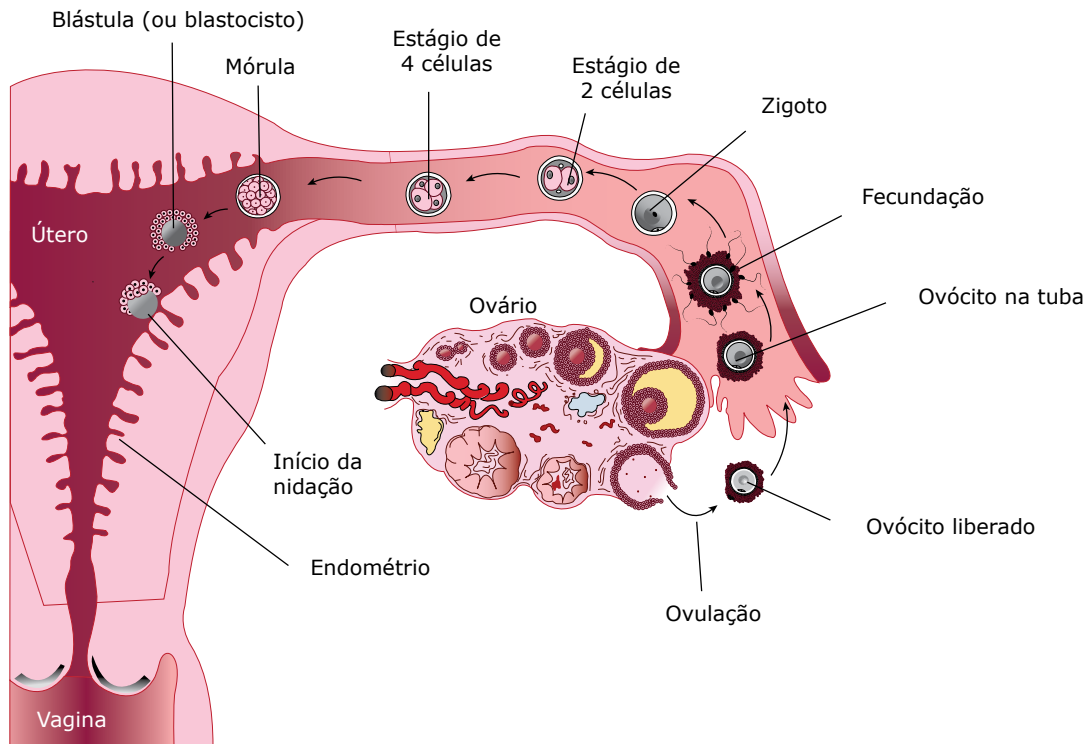
## DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO HUMANO



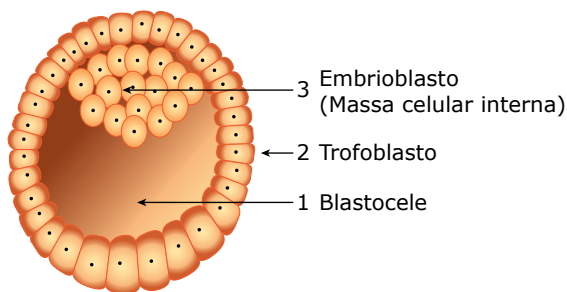
A espécie humana pertence ao grupo dos mamíferos eutérios, animais que têm como uma de suas principais características a formação de uma placenta durante o desenvolvimento embrionário e, por isso, são também conhecidos como mamíferos placentários.

O desenvolvimento embrionário humano inicia-se na tuba uterina.

Por meio dos movimentos peristálticos tubários (contrações da musculatura da parede da tuba) e do movimento de varredura dos cílios existentes nas células epiteliais que revestem a cavidade tubária, o ovo resultante da fecundação é levado em direção ao útero. Durante essa trajetória, que dura de 4 a 5 dias, o ovo humano, que é do tipo **alécito**, realiza uma **segmentação holoblástica igual**, formando uma mórula, que, por sua vez, origina uma blástula, conhecida também por **blastocisto**.

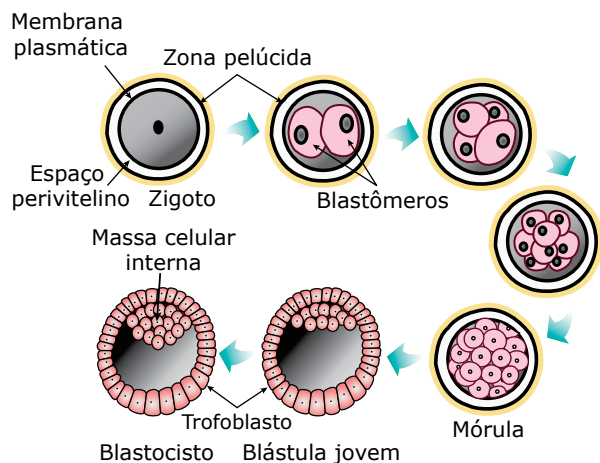


Segmentação na espécie humana – A segmentação (clivagem) com a formação da mórula ocorre enquanto o zigoto em divisão passa pela tuba uterina. Normalmente, a formação do blastocisto (blástula) se dá no útero.

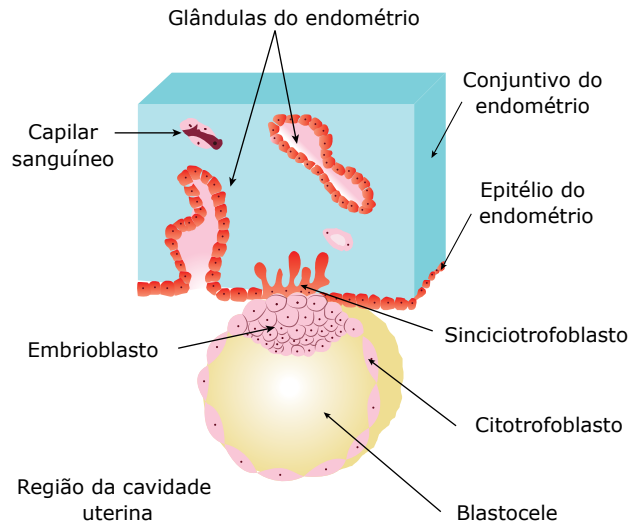


Blastocisto humano – O blastocisto possui uma cavidade denominada blastocele (1). As células que formam sua parede constituem o trofoblasto (2), que dará origem à parte embrionária da placenta. Apresenta ainda um aglomerado de blastômeros em um dos polos, o embrioblasto (3), também conhecido por massa celular interna ou, ainda, nó embrionário. Do embrioblasto, virão todas as células que constituirão o embrião propriamente dito.

Apesar de a clivagem aumentar o número de células (blastômeros), as células-filhas são menores do que as células-mãe. O embrião só começa a aumentar de tamanho depois da degeneração da zona pelúcida. A zona pelúcida é uma camada de glicoproteínas que envolve o ovócito II, o óvulo, o ovo (zigoto) e persiste até as primeiras fases do desenvolvimento, degenerando-se no estágio mais avançado de blástula, conforme mostra a figura a seguir:



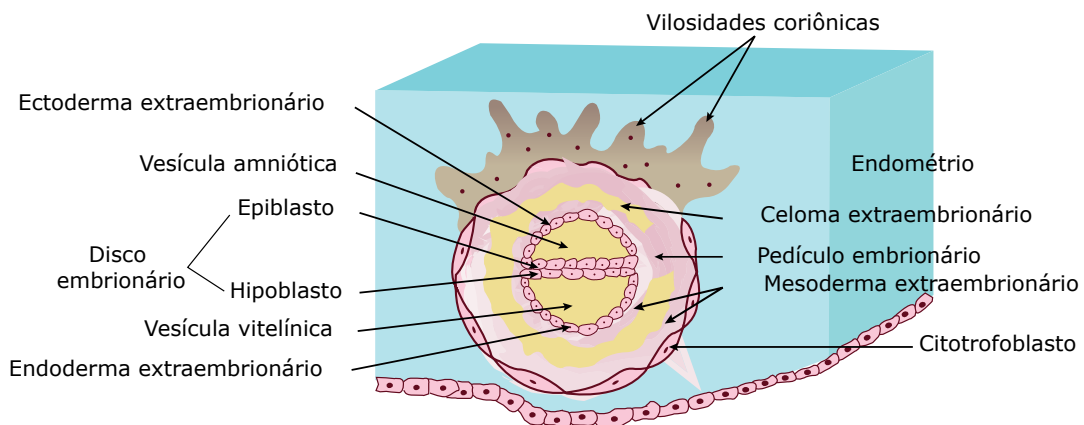
Na cavidade uterina, cerca de 6 dias após a fecundação, a blástula (blastocisto) inicia o processo de **nidadao**, que consiste na sua implantação (fixação) no endométrio (mucosa uterina). Durante essa implantação, o trofoblasto diferencia-se em duas camadas: citotrofoblasto e sinciotrofoblasto. O primeiro corresponde à região onde as células mantêm suas características celulares, e o segundo, à região onde as células formam um sincício, isto é, uma massa multinucleada de citoplasma formada pela fusão de células originalmente separadas.



*Início da nidadação – O sinciotrofoblasto invade o endométrio durante a implantação do embrião.*

O sinciotrofoblasto ajuda na fixação do blastocisto no endométrio, produz o hormônio HCG (gonadotrofina coriônica), que atua no ovário, durante certo tempo, mantendo a produção de progesterona (hormônio necessário para manter a integridade do endométrio durante o período de gestação), e também produz substâncias que atuam no sistema imune da mãe, evitando que ele rejeite o embrião como um corpo estranho. Juntamente com parte do endométrio, o trofoblasto formará a placenta, órgão materno-fetal que, entre outras funções, é responsável pela nutrição do embrião até o final da gravidez.

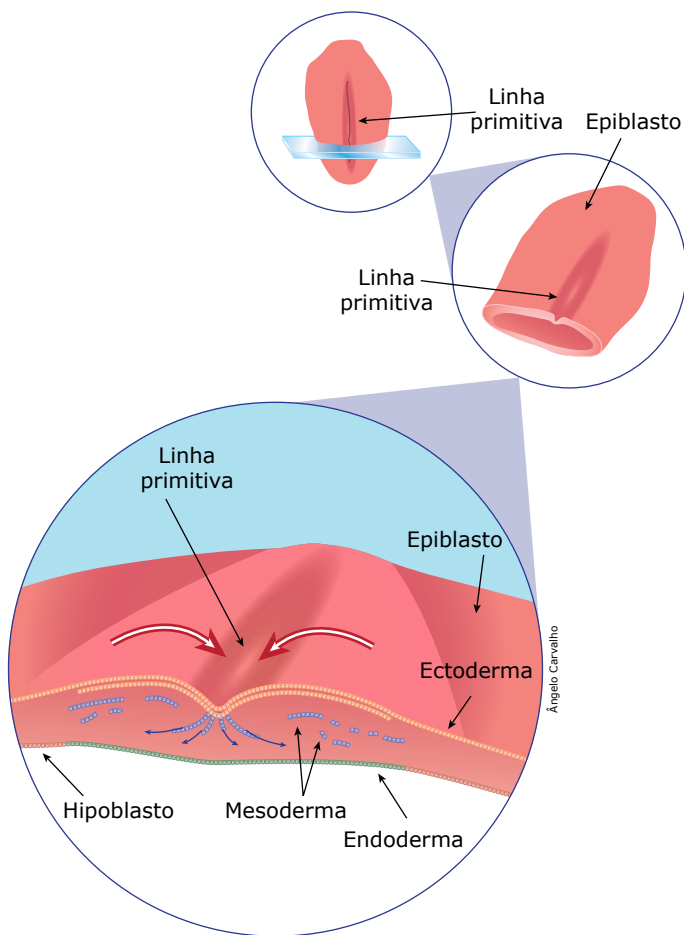
Dando continuidade ao desenvolvimento embrionário, células do trofoblasto liberam enzimas proteolíticas sobre o endométrio, abrindo espaço para a implantação da blástula, ao mesmo tempo em que células do embrioblasto se multiplicam e se organizam, de modo a formar duas cavidades: a vesícula amniótica e a vesícula vitelínica (saco vitelínico), separadas pelo disco embrionário.



*Embrião humano por volta do 14º dia de desenvolvimento.*

As células que formam o assoalho da vesícula amniótica constituem o epiblasto, e as que formam o teto da vesícula vitelínica constituem o hipoblasto (endoderma primitivo). Essas duas camadas de células (epiblasto + hipoblasto) formam o disco embrionário. As demais células que delimitam as vesículas amnióticas e vitelínicas formam, respectivamente, o ectoderma extraembrionário e o endoderma extraembrionário. As células que se interpõem entre o trofoblasto e as duas vesículas (amnióticas e vitelínicas) formam o mesoderma extraembrionário. A cavidade delimitada pelo mesoderma extraembrionário constitui o celoma extraembrionário. A camada formada pelo trofoblasto e pelo mesoderma extraembrionário, que reveste externamente o celoma extraembrionário, passa a ser denominada córion. Do córion originam-se as vilosidades coriônicas, que, juntamente com endométrio, originarão a placenta. Parte do mesoderma extraembrionário também forma o pedículo embrionário, estrutura que será o ponto de formação do futuro cordão umbilical, que ligará o embrião à placenta. Observe que, ao término da segunda semana do desenvolvimento, o embrião já está todo contido (envolvido) pelo endométrio.

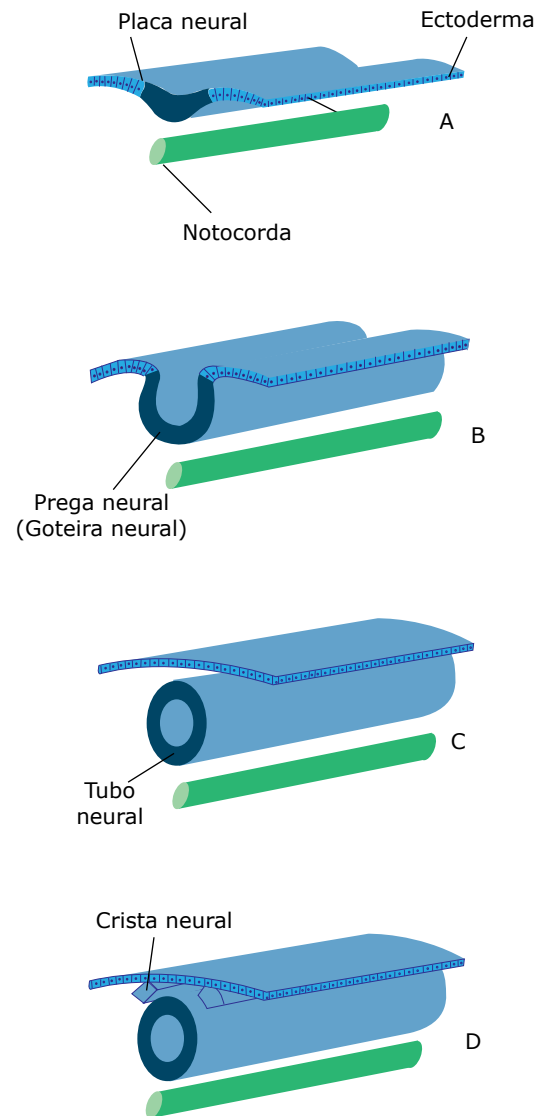
Na terceira semana do desenvolvimento embrionário humano, tem início a **gastrulação**, fase em que serão formados os três folhetos embrionários por meio de células do epiblasto que proliferam e migram para o plano mediano do disco embrionário, originando uma estrutura denominada **linha primitiva**. O aparecimento da linha primitiva constitui o primeiro sinal da gastrulação. As células da linha primitiva que migram ("mergulham") para o interior do disco embrionário vão originar o endoderma e o mesoderma embrionários. As células que permanecem na superfície do epiblasto dão origem ao ectoderma embrionário.



Origem do endoderma e do mesoderma embrionário.

Ainda na terceira semana, a partir do mesoderma embrionário, ocorre a notocordogênese, ou seja, a formação da **notocorda**, um bastão flexível que percorre longitudinalmente quase todo o corpo do embrião.

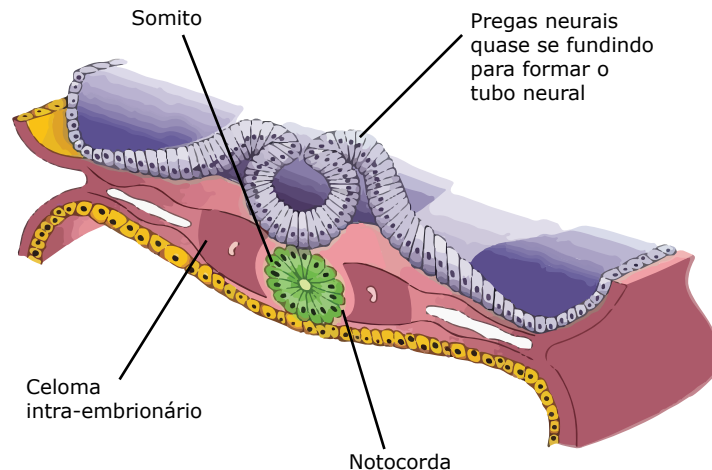
A notocorda em desenvolvimento induz o ectoderma sobre ela a se espessar e a formar a placa neural, tendo, assim, o início da neurulação, que irá culminar com a formação do **tubo neural**. Com continuidade do desenvolvimento embrionário, a notocorda será substituída pela coluna vertebral e o tubo neural dará origem aos órgãos do sistema nervoso central.



*Formação do tubo neural – Células do ectoderma, situadas logo acima da notocorda, diferenciam-se formando uma região mais espessa do que as outras áreas ectodérmicas. Essa região constitui a placa neural (A). Logo em seguida, a placa neural invagina-se, formando a prega neural (goteira neural) (B). O fechamento da goteira neural origina o tubo neural, que se destaca do ectoderma (C). Porções laterais da placa neural que não são incorporadas ao tubo neural formam as cristas neurais, que correm paralelamente ao tubo neural (D). Esse tubo dará origem ao SNC (sistema nervoso central), às cristas neurais e aos gânglios nervosos. A neurulação termina no fim da quarta semana.*



Enquanto o tubo nervoso está se formando, o mesoderma do embrião se prolifera e se desenvolve. O mesoderma localizado do lado do tubo nervoso e da notocorda, chamado agora de mesoderma paraxial, segmenta-se formando blocos denominados somitos. Os somitos originarão as diferentes estruturas nas diversas partes do corpo, como as vértebras, os músculos estriados e a derme da pele adjacente. Ao final da quinta semana, há de 42 a 44 pares de somitos.



Embrião de 21 dias – Observe a posição dos somitos em relação à notocorda e o tubo neural em formação.

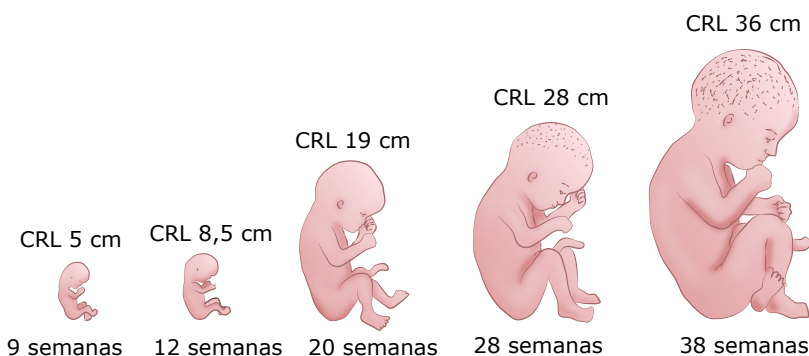
Da quarta à oitava semana, com a continuidade da **organogênese**, os folhetos embrionários darão origem aos diversos tecidos e órgãos do corpo humano. O quadro a seguir mostra alguns exemplos de tecidos e órgãos do corpo humano e suas respectivas origens embrionárias.

Ectoderma	Mesoderma	Endoderma
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecido epitelial da epiderme (camada mais externa da pele).</li> <li>• Tecido epitelial de revestimento da cavidade bucal e do ânus.</li> <li>• Tecido conjuntivo da derme (camada mais profunda da pele) da cabeça e do pescoço.</li> <li>• Tecido cartilaginoso e tecido ósseo da face.</li> <li>• Tecido nervoso.</li> <li>• Sistema nervoso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecido epitelial que reveste internamente os vasos sanguíneos.</li> <li>• Tecido conjuntivo da derme (exceto da cabeça e do pescoço).</li> <li>• Tecido cartilaginoso e tecido ósseo (exceto da face).</li> <li>• Tecido muscular (exceto da cabeça e do pescoço).</li> <li>• Tecido muscular (exceto alguns músculos lisos).</li> <li>• Tecido sanguíneo (sangue).</li> <li>• Glândulas sexuais (testículos e ovários).</li> <li>• Útero.</li> <li>• Rins.</li> <li>• Coração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecido epitelial que reveste internamente o tubo digestório (exceto a boca e o ânus).</li> <li>• Tecido epitelial de revestimento da uretra e da bexiga urinária.</li> <li>• Pâncreas.</li> <li>• Pulmões.</li> <li>• Fígado.</li> </ul>

Destino dos folhetos embrionários no corpo humano.

À medida que os tecidos e os órgãos se formam, a morfologia do embrião se modifica. No final da oitava semana, este já tem uma forma nitidamente humana, passando, então, a ser denominado **feto**. Tem início, então, o período fetal, que vai da nona semana de gestação ao nascimento e se caracteriza pelo rápido crescimento do organismo e desenvolvimento dos diferentes órgãos e sistemas.

A duração da gestação ou gravidez é bastante variável de acordo com a espécie de mamífero considerado. Na espécie humana, a duração da gestação (desde a concepção até o nascimento) dura cerca de 280 dias.



MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia básica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 91.

*Período fetal – Feto humano em diferentes estágios do período fetal com os respectivos comprimentos vértex-nádega (Crown-rump length – CRL), medida tomada do vértice ou ápice da cabeça às nádegas, em posição sentada.*

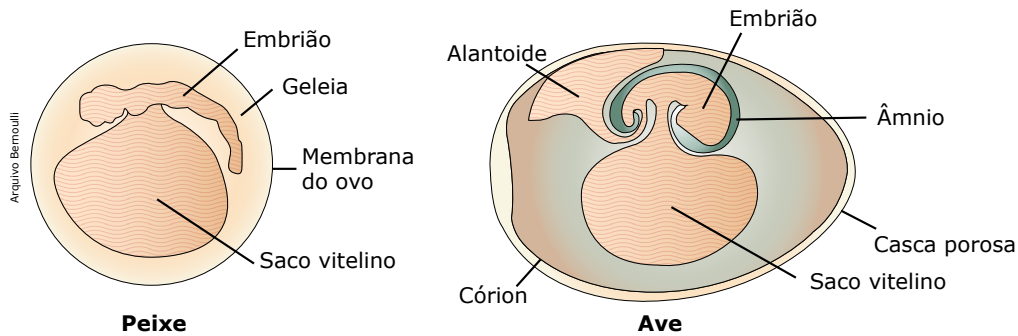
Durante a gestação, o conceito poderá sofrer ação de agentes teratogênicos ou teratógenos (do grego *teratos*, monstro, e *genesis*, formação), que podem causar anomalias na organogênese, levando ao aparecimento de malformações congênitas. O vírus da rubéola, por exemplo, atuando sobre o conceito nas primeiras semanas de desenvolvimento, pode provocar anomalias cardíacas, catarata congênita e surdez; os raios X podem provocar microcefalia; a droga talidomida provoca a focomelia (membros reduzidos a cotos, isto é, mãos e pés ligados ao tronco, sem braços e / ou sem pernas).

## ANEXOS EMBRIONÁRIOS

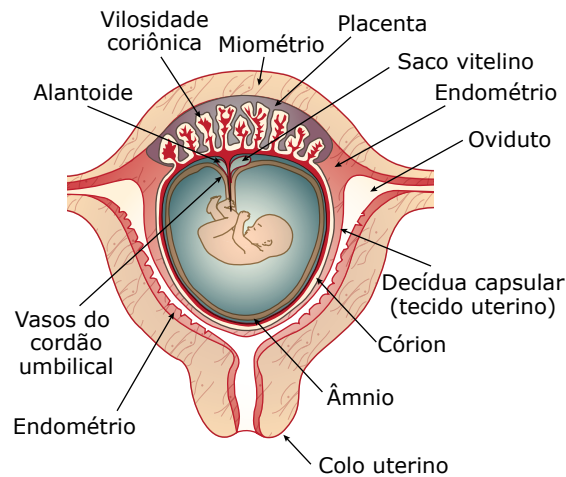
Os anexos embrionários são estruturas transitórias, extraembrionárias, que se formam juntamente com o embrião e que realizam importantes funções para o desenvolvimento deste. O quadro a seguir mostra os diferentes anexos embrionários que se formam durante o desenvolvimento embrionário dos animais vertebrados.

Anexos embrionários					
Animais	Saco vitelino	Âmnio	Alantoide	Córior	Placenta
Peixes	+	-	-	-	-
Anfíbios	+*	-	-	-	-
Répteis	+	+	+	+	-
Aves	+	+	+	+	-
Mamíferos ovíparos	+	+	+	+	-
Mamíferos vivíparos	+ (Atrofiado)	+	+ (Atrofiado)	+	+

\*Os anfíbios não formam uma vesícula vitelina típica. Nesses animais, o vitelo fica contido nos macrômeros.



Anexos embrionários em peixes e aves.



Embrião humano, anexos embrionários e útero – A chamada decídua, indicada na figura anterior, corresponde à camada de endométrio que ficou recobrendo o ovo após a nidação. A decídua também tem função protetora.

- **Saco vitelino (vesícula vitelina)** – Origina-se do endoderma e do mesoderma e tem como principal função a nutrição do embrião, já que armazena o vitelo (lécito), que fornecerá nutrientes para o desenvolvimento do mesmo. Nos anfíbios, o vitelo fica contido nos macrômeros, não formando, assim, uma vesícula vitelina típica. Nos peixes, répteis, aves e mamíferos ovíparos, ele é muito desenvolvido. Já nos mamíferos placentários, esse anexo atrofia-se gradativamente, até desaparecer quase que por completo, sendo incorporado ao cordão umbilical.

Embora se torne um anexo atrofiado nos mamíferos placentários, nas primeiras semanas do desenvolvimento embrionário desses animais, o saco vitelino exerce importante função hematopoiética, formando as primeiras hemácias do embrião. Posteriormente, essa função passa a ser realizada pelo mesênquima (um tecido embrionário originário do mesoderma); mais tarde, passa a ser realizada pelo fígado e pelo baço. Após o nascimento do indivíduo, a função de produzir hemácias é desempenhada exclusivamente pela medula óssea vermelha.

- **Âmnio (vesícula amniótica; bolsa amniótica)** – Origina-se do ectoderma e do mesoderma. É uma grande bolsa que acumula gradativamente um líquido claro, o líquido amniótico, no qual fica mergulhado o embrião. Esse líquido tem como função evitar o ressecamento do embrião (proteção contra desidratação), como também atenuar qualquer abalo ou choque mecânico. Cerca de 90% do líquido amniótico é constituído por água. O restante está representado por sais inorgânicos e orgânicos, proteínas, carboidratos e hormônios. Em suspensão nesse líquido, encontram-se células epiteliais fetais descamadas. As células soltam-se do embrião e flutuam no líquido amniótico que as banha. Com uma agulha, uma pequena amostra desse líquido pode ser retirada para análise, sendo esse exame denominado amniocentese. As células vivas obtidas dessa amostra podem ser cultivadas e usadas para análises genéticas e bioquímicas. Essas análises podem revelar o sexo do feto, assim como marcadores genéticos para doenças e síndromes cromossômicas. Na espécie humana, a amniocentese é realizada, normalmente, após a 14ª semana de gestação, e os resultados demoram cerca de duas semanas para estar completos.

Na sequência evolutiva dos vertebrados, o âmnio tornou o processo de desenvolvimento embrionário independente da água do meio ambiente, seja no interior de um ovo terrestre (répteis, aves e mamíferos ovíparos), seja no interior do útero (mamíferos vivíparos).

Os animais que desenvolvem o âmnio durante a sua embriogênese denominam-se amniotas, e os que não o formam são chamados de anamniotas. Peixes e anfíbios são anamniotas, enquanto os répteis, as aves e os mamíferos são amniotas.

- **Alantoide** – Formado do endoderma do intestino primitivo, junto à extremidade caudal do embrião, de onde um grupo de células começa a proliferar, originando uma pequena bolsa chamada alantoide.

Nos mamíferos placentários, o alantoide é bastante rudimentar (atrofiado). Ainda assim, tem papel importante porque participa da formação do cordão umbilical. Seus vasos sanguíneos se transformam na veia e nas artérias umbilicais.

Nos vertebrados ovíparos, o alantoide é bem desenvolvido e cresce até alcançar a casca do ovo, sendo responsável pelas seguintes funções:

- 1- **Função respiratória** – É por meio do alantoide que ocorrem as trocas gasosas ( $O_2$  e  $CO_2$ ) entre o embrião e o meio externo.
- 2- **Função excretora** – O alantoide recebe e acumula as excretas nitrogenadas provenientes do metabolismo proteico embrionário que, nos vertebrados ovíparos, é constituído basicamente pelo ácido úrico.
- 3- **Transporte de cálcio** – Por meio do alantoide, uma certa quantidade de cálcio é retirada da casca do ovo e transportada até o embrião, no qual é utilizada na formação das primeiras estruturas esqueléticas ósseas.

Peixes e anfíbios são animais analantoidianos, ou seja, não formam o alantoide durante o desenvolvimento embrionário. Répteis, aves e mamíferos são animais alantoidianos.

- **Córion** – Nos vertebrados ovíparos, o córion é apenas uma membrana protetora, originária do ectoderma e do mesoderma, que envolve o embrião e os outros anexos embrionários. Nos embriões desses animais, algumas regiões do alantoide aderem firmemente ao córion, formando o corioalantoide (ou membrana corioalantoide). Sendo vascularizada e localizada logo abaixo da casca porosa do ovo, a membrana corioalantoide permite a ocorrência de trocas gasosas entre o embrião e o ar atmosférico.

Nos mamíferos eutérios, o córion desenvolve-se a partir do trofoblasto, diferenciando-se em duas partes: córion liso e córion frondoso. O córion liso é a parte mais delgada que fica ligada à face externa da membrana amniótica. O córion frondoso avoluma-se mais, formando as vilosidades coriônicas, que participam da formação da placenta. Além de participar da formação da placenta, o córion frondoso ajuda a manter o embrião fixado à parede uterina. Informações sobre defeitos genéticos e cromossômicos também podem ser obtidas do córion, por meio de uma técnica chamada de amostra da vilosidade coriônica. Atualmente, essa técnica está sendo mais utilizada do que a amniocentese. O exame consiste em retirar uma pequena amostra de tecido da superfície das vilosidades coriônicas.

Na espécie humana, esse exame é realizado na oitava semana de gestação, portanto, mais precocemente do que a amniocentese, e os resultados ficam prontos em alguns dias. Além disso, como os resultados da amniocentese são fornecidos depois da 14ª semana de gestação, a interrupção da gravidez, devido à constatação de anormalidade no feto, feita neste estágio do desenvolvimento embrionário, poderá acarretar mais risco à saúde da mãe do que um aborto realizado em estágio mais precoce.

- **Placenta** – É formada pelas vilosidades coriônicas e pela mucosa uterina (endométrio) onde essas vilosidades penetram. Tem, portanto, em sua constituição, tecidos materno e fetal. Na placenta, capilares pertencentes à circulação fetal estão em íntima relação com a circulação materna. O sangue da mãe e o do feto circulam bem próximos, sem, contudo, haver mistura dos dois. Entretanto, devido a essa proximidade, ocorre difusão de nutrientes e  $O_2$  da circulação materna para a circulação fetal, bem como de  $CO_2$  e excretas nitrogenadas da circulação fetal para a circulação materna.

A placenta desempenha as seguintes funções:

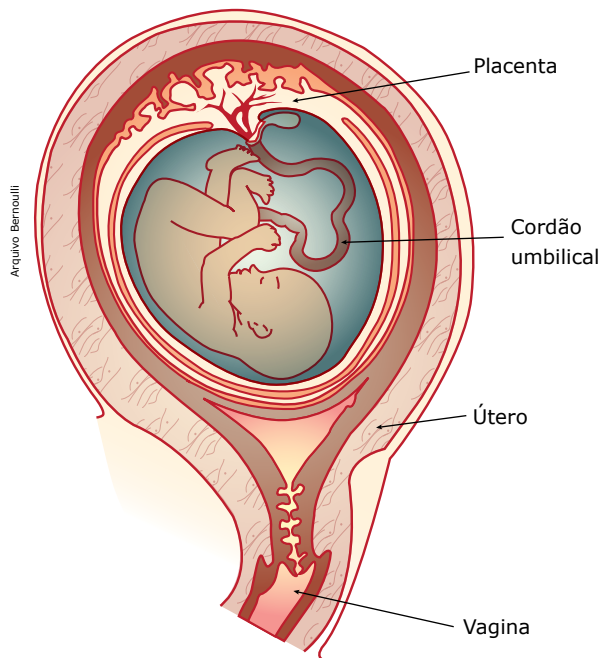
- 1- **Trocas gasosas materno-fetais** – O  $O_2$  presente na circulação materna, por difusão, alcança a circulação fetal, enquanto o  $CO_2$  da circulação fetal se difunde para a circulação materna. Portanto, é na placenta que ocorre a oxigenação do sangue (hematose) fetal. Assim, a placenta desempenha importante função respiratória para o conceito.
- 2- **Nutrição** – Substâncias nutritivas, como glicose, aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc., também passam dos capilares placentários maternos para os capilares placentários fetais.
- 3- **Excreção** – Na rede de capilares placentários, os catabólitos provenientes do metabolismo fetal passam para a circulação materna. São levados para os órgãos excretores maternos para, então, serem eliminados para o meio externo.
- 4- **Imunização** – Muitos anticorpos produzidos pelo organismo materno passam para o organismo fetal através da placenta. Esses anticorpos recebidos da mãe conferem temporariamente (até cerca de seis meses após o nascimento) uma proteção contra várias doenças infecciosas para as quais a mãe tenha sido sensibilizada naturalmente.
- 5- **Função endócrina ou hormonal** – Logo no início de sua formação, a placenta produz o HCG (gonadotrofina coriônica), que atuará no ovário impedindo a degeneração do corpo amarelo, mantendo-o em atividade até aproximadamente o quarto mês de gestação. Por volta dessa época, o corpo amarelo (corpo lúteo) começa a regredir, e a placenta, já mais desenvolvida, passa a produzir progesterona e também certa quantidade de estrógeno.

A placenta comunica-se com o embrião por meio do cordão umbilical, que muitos autores consideram como outro anexo embrionário.

### Desenvolvimento embrionário

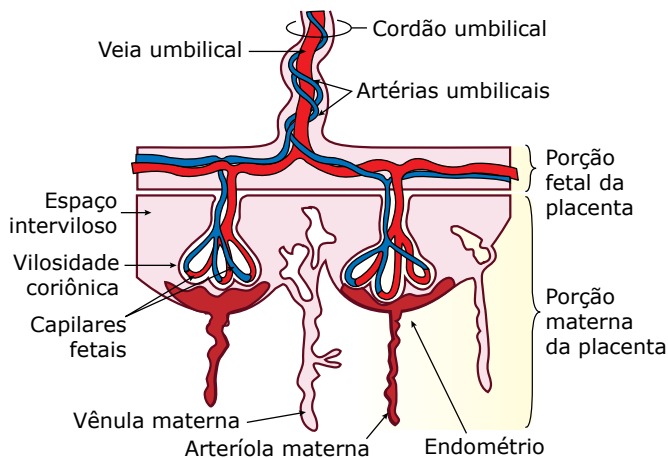
Nesse objeto de aprendizagem, você assistirá aos diferentes estágios de desenvolvimento do embrião humano, desde a formação do zigoto até a neurulação. Bom vídeo!

**Observação:** Para fins didáticos, os diferentes estágios do desenvolvimento embrionário estão representados de forma simplificada.



Esquema do embrião no útero, mostrando a placenta e o cordão umbilical.

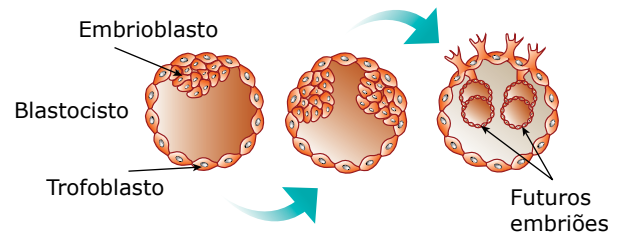
O cordão umbilical origina-se do alantoide e do pedículo embrionário. É uma estrutura longa, mais ou menos cilíndrica, que possui em seu interior duas artérias e uma veia que fazem comunicação com os capilares placentários do feto. As artérias umbilicais transportam sangue venoso, enquanto a veia umbilical faz transporte de sangue arterial. Preenchendo os espaços entre os vasos sanguíneos umbilicais, encontramos o tecido conjuntivo mucoso, que é conhecido também como geleia de Wharton.



**Placenta** – Os espaços intervilosos, cheios de sangue materno, são derivados de “lacunas”, que se desenvolvem a partir do sinciotrofoblasto. Por meio da fina barreira que separa esse sangue materno dos capilares fetais no interior das vilosidades coriônicas, ocorre troca de materiais: nutrientes, oxigênio e água, provindos do sangue materno, passam para a veia umbilical; o dióxido de carbono e resíduos nitrogenados, como a ureia, trazidos à placenta pela artéria umbilical, passam para o sangue da mãe.

## FORMAÇÃO DE GÊMEOS

Os **gêmeos univitelinos**, também chamados de monozigóticos (MZ), ou de gêmeos “verdadeiros”, descendem do mesmo “óvulo” e do mesmo espermatozoide, ou seja, são resultantes do desenvolvimento de uma única célula-ovo ou zigoto. São sempre do mesmo sexo e apresentam a mesma constituição genética, ou seja, os seus genótipos são idênticos. A formação de gêmeos monozigóticos usualmente começa no estágio de blastocisto (blástula) e resulta da divisão do embrioblasto (massa celular interna) em dois primórdios embrionários (botões germinativos) que se desenvolvem dando origem a dois embriões (65% dos casos de MZ), cada um com sua bolsa amniótica, compartilhando um só córion e uma placenta (placenta gemelar monocoriônica-diamniótica). Entretanto, cada um dos gêmeos liga-se à placenta por seu próprio cordão umbilical.



*Gêmeos monozigóticos formados pela divisão do embrioblasto (blastodierese) – Em um blastocisto já formado, o embrioblasto divide-se em dois ou mais grupos celulares. Forma-se, então, um blastocisto com mais de um embrioblasto e um único trofoblasto. Cada embrioblasto dará origem a um embrião, mas a placenta será a mesma para todos eles.*

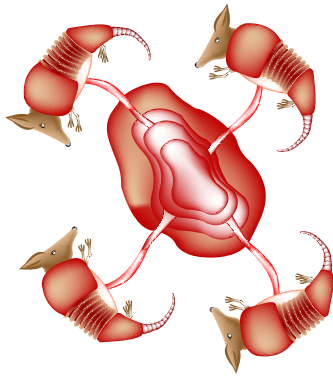
Mais raramente, também, pode ocorrer a formação de gêmeos MZ devido à separação precoce dos blastômeros, durante o estágio em que há de duas a oito células. Neste caso, haverá a formação de gêmeos MZ com dois âmnios, dois córions e duas placentas, que podem estar ou não fundidas.

Em casos ainda mais raros, também pode ocorrer a formação de gêmeos MZ devido à diferenciação de dois discos embrionários dentro do mesmo blastocisto. Neste caso, os gêmeos estarão em uma mesma bolsa amniótica e também terão em comum a placenta e o córion. Cada embrião, entretanto, terá o seu próprio cordão umbilical.

Os chamados gêmeos xipófagos (gêmeos siameses) podem se formar quando o disco embrionário não se divide completamente. Assim, os gêmeos MZ podem nascer interligados por alguma parte do corpo. Em alguns casos, os gêmeos estão ligados entre si apenas pela pele ou por tecidos cutâneos e, em outros, compartilham apenas determinados órgãos (por exemplo, fígado fundido). Em alguns casos, os gêmeos xipófagos podem ser separados com sucesso por procedimentos cirúrgicos.



Denomina-se poliembrionia a formação de dois ou mais embriões, de um único zigoto. Em algumas espécies, a poliembrionia é um fenômeno constante.

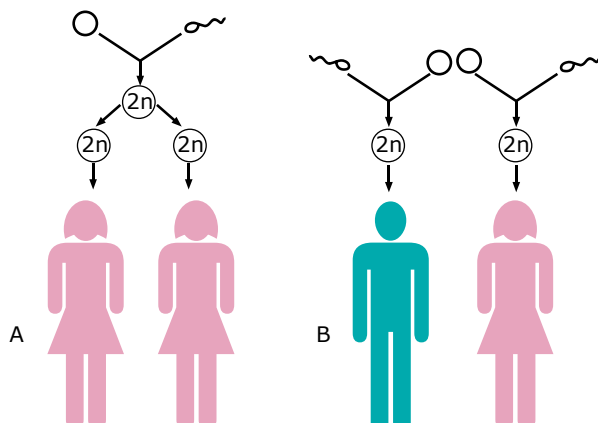


*Poliembrionia em tatu – Nos tatus, por exemplo, cada zigoto sempre dará origem a quatro tatuzinhos. A consequência da poliembrionia é a formação de gêmeos monozigóticos.*

Os **gêmeos bivitelinos**, também chamados de dizigóticos (DZ), gêmeos fraternos ou de “falsos gêmeos”, descendem de zigotos distintos, ou seja, de “óvulos” distintos, cada um deles fecundado por um espermatozoide diferente. Assim, surgem duas ou mais células-ovo ou zigotos. Elas podem ser ou não do mesmo sexo e apresentam constituição genética diferente.

Para ocorrer a formação de gêmeos dizigóticos, é necessário que ocorra com a fêmea o fenômeno da poliovulação, isto é, liberação de dois ou mais “óvulos” ao mesmo tempo ou em pequenos intervalos de tempo.

Cerca de dois terços dos gêmeos são dizigóticos. A semelhança genética entre eles é a mesma que existe entre irmãos ou irmãs nascidos em épocas diferentes. Sempre têm dois âmnios e dois córions. As duas placentas podem estar fundidas ou não. Cada embrião tem seu próprio cordão umbilical.



*Em A, gêmeos univitelinos. São provenientes do mesmo “óvulo” e do mesmo espermatozoide e, conseqüentemente, de um mesmo zigoto. São do mesmo sexo e têm a mesma constituição genética, embora as impressões digitais possam ser diferentes. Em B, gêmeos bivitelinos. São provenientes de “óvulos” e espermatozoides diferentes e, conseqüentemente, de zigotos diferentes. Podem ser ou não do mesmo sexo e não são geneticamente idênticos.*

## CÉLULAS-TRONCO

*Nos dias atuais, são frequentes na mídia notícias sobre a utilização de células-tronco. Mas o que são células-tronco?*

As células-tronco, também conhecidas por células estaminais, são células indiferenciadas capazes de se especializarem em diferentes funções e originar diferentes tipos de células, de diferentes tecidos. Essas células também possuem elevada capacidade de autoduplicação, ou seja, são capazes de gerar cópias de si mesmas. São encontradas nos estágios embrionários do nosso desenvolvimento (células-tronco embrionárias) e também em tecidos adultos já diferenciados (células-tronco adultas).

De acordo com o seu potencial de diferenciação, as células-tronco embrionárias podem ser totipotentes ou pluripotentes. As totipotentes são capazes de originar células de todos os tecidos do nosso corpo, inclusive da placenta. As pluripotentes também são capazes de originar todos os tipos de tecido do nosso corpo, com exceção da placenta. As células da mórula são exemplos de totipotentes, enquanto as células do embrioblasto do blastocisto são pluripotentes. Em tecidos adultos já diferenciados, também são encontradas células-tronco com capacidade de originar uma ampla variedade de tipos celulares. As mais versáteis são as células-tronco hematopoiéticas (CTH) da medula óssea vermelha, que também são encontradas no cordão umbilical.

Quando colocadas sob certas condições fisiológicas e experimentais, as células-tronco podem se diferenciar e substituir células danificadas ou células que o organismo deixa de produzir por alguma deficiência ou lesão dos tecidos e órgãos. Muitos experimentos nesse sentido já foram realizados com sucesso.

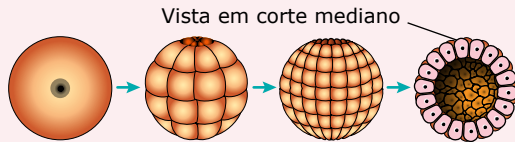
Atualmente, a legislação brasileira permite a utilização de células-tronco para pesquisas com finalidades terapêuticas, mas ainda impõe algumas restrições. Pela lei, só podem ser utilizadas células de embriões congelados e estocados em clínicas de fertilização, considerados excedentes (não foram implantados no útero) ou inviáveis (por alguma razão não apresentam condições de desenvolver um feto), além de ser o seu uso autorizado pelos genitores. O comércio e a clonagem de embriões para fins terapêuticos ou reprodutivos continuam proibidos.

O uso terapêutico das células-tronco ainda se encontra em fase experimental, mas é uma das grandes esperanças para a cura de diversas doenças, como o mal de Parkinson, mal de Alzheimer, lesões na medula nervosa, diabetes, cardiopatias e muitas outras.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (Unifor-CE) A figura mostra o desenvolvimento inicial de um animal:



Pela figura, o desenvolvimento foi mostrado até a fase de

- A) zigoto. C) gástrula. E) nêurula.  
B) mórula. D) blástula.
- 02.** (PUC Minas) Logo após a fecundação, a célula-ovo sofre várias divisões. Tendo em vista essas divisões, é correto dizer que
- A) são todas mitoses normais, e as células resultantes são sempre haploides.  
B) ocorrem praticamente sem aumento de volume do ovo, e as células resultantes são os blastômeros.  
C) são muito rápidas e resultam em células cada vez menores para reduzir o número de cromossomos.  
D) a velocidade dessas divisões está na dependência da quantidade de vitelo, e as células com pouco vitelo praticamente não se dividem.  
E) essas divisões são imprevisíveis, e o resultado é sempre a formação da mórula, que deve apresentar uma cavidade interna.
- 03.** (UFPI) Várias membranas extraembrionárias, que se originam do embrião, mas não fazem parte dele, têm papel essencial no desenvolvimento embrionário. A interação entre os tecidos mesodérmico e trofoblástico origina o cório, que, juntamente com outros tecidos da parede uterina em mamíferos, dão origem à(ao)
- A) saco vitelínico. D) cavidade do alantoide.  
B) placenta. E) cordão umbilical.  
C) âmnio.
- 04.** (UFOP-MG) No desenvolvimento embrionário dos animais, existem características nas quais ocorrem processos mais ou menos semelhantes. Observe que há uma sequência cronológica igual para todos os grupos zoológicos, traduzindo a "origem comum" dos metazoários.
- Os principais "momentos" pelos quais passam os embriões de diferentes grupos são:
- |                |             |
|----------------|-------------|
| 1. Segmentação | 4. Gástrula |
| 2. Mórula      | 5. Nêurula  |
| 3. Blástula    |             |
- Para você visualizar o que ocorre em cada uma dessas fases, basta relacioná-las corretamente com os eventos a seguir:
- A. Formação do tubo neural.  
B. Proliferação do ovo originando os blastômeros.  
C. Micrômeros e macrômeros envolvendo pequena cavidade central.  
D. Intensas modificações dos blastômeros originando três folhetos embrionários.  
E. Formação de uma estrutura esférica e maciça.
- Assinale a alternativa que contém a sequência correta dos "momentos" do desenvolvimento embrionário.
- A) 1E, 2B, 3A, 4D, 5C D) 1C, 2D, 3A, 4E, 5B  
B) 1B, 2E, 3C, 4D, 5A E) 1D, 2A, 3E, 4B, 5C  
C) 1A, 2C, 3E, 4B, 5D

- 05.** (UDESC) Da gestação de uma mulher, nasceram duas crianças. Sobre o fato, foram levantadas algumas hipóteses. Assinale a correta.
- A) Se as crianças forem de sexos diferentes, sua origem foi por poliembriõnia.  
B) Se forem dois meninos, pode ter ocorrido poliembriõnia.  
C) Se forem univitelinos (ou monozigóticos), sua origem foi a poliovulação.  
D) Se forem crianças idênticas, originaram-se pelo fenômeno da poliovulação.  
E) Se as crianças forem do mesmo sexo, então, certamente, ocorreu o fenômeno da poliembriõnia.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (Vunesp) Uma senhora deu à luz dois gêmeos de sexos diferentes. O marido, muito curioso, deseja saber informações sobre o desenvolvimento de seus filhos, a partir da fecundação. O médico respondeu-lhe, corretamente, que
- A) dois óvulos foram fecundados por um único espermatozoide.  
B) um óvulo, fecundado por um espermatozoide, originou um zigoto, o qual dividiu-se em dois zigotos, formando dois embriões.  
C) um óvulo foi fecundado por dois espermatozoides, constituindo dois embriões.  
D) dois óvulos, isoladamente, foram fecundados, cada um por um espermatozoide, originando dois embriões.  
E) o uso de medicamentos durante a gestação causou alterações no zigoto, dividindo-o em dois.
- 02.** (UNITAU-SP-2016) Os anexos embrionários contribuem para o desenvolvimento embrionário, mas não fazem parte, efetivamente, do corpo do embrião. Ao avaliarmos os grupos animais, podemos observar que nem todos os anexos estão presentes em todos os grupos.
- Assinale a alternativa que relaciona corretamente o anexo embrionário aos grupos animais em que estão presentes.
- A) Alantoide: presente em aves, peixes, répteis e anfíbios.  
B) Cório: presente em anfíbios, peixes, répteis e mamíferos.  
C) Saco de vitelo: presente em mamíferos, peixes, répteis e aves.  
D) Âmnio: presente em mamíferos, aves, répteis e anfíbios.  
E) Placenta: presente em aves, répteis e anfíbios.
- 03.** (Mackenzie-SP) Durante o desenvolvimento embrionário de vários vertebrados, observamos nitidamente algumas fases caracterizadas pelo aparecimento de determinadas estruturas. A sequência correta dessas fases está representada na alternativa
- A) mórula – blástula – gástrula – nêurula.  
B) mórula – blástula – nêurula – gástrula.  
C) mórula – gástrula – blástula – nêurula.  
D) blástula – mórula – gástrula – nêurula.  
E) blástula – mórula – nêurula – gástrula.
- 04.** (UFPR-2016) Um biólogo mensurou a massa de componentes do ovo de um réptil durante seu desenvolvimento, desde o dia da postura até o momento da eclosão. Ao longo das medidas, o que se espera que tenha ocorrido, respectivamente, com a massa do embrião, do vitelo e do alantoide?
- A) Aumento – redução – aumento.  
B) Aumento – aumento – redução.  
C) Aumento – redução – redução.  
D) Redução – redução – aumento.  
E) Redução – aumento – redução.

05. (Vunesp) Um pesquisador marcou um grupo de células em um embrião de rato de laboratório. Ao observar o animal adulto, encontrou marcadas as células nervosas. Aponte a alternativa que indica corretamente o tecido embrionário que foi marcado.
- A) Mesoderma na fase de blástula.
  - B) Endoderma na fase de gástrula.
  - C) Ectoderma na fase de blástula.
  - D) Mesoderma na fase de blástula.
  - E) Ectoderma na fase de gástrula.

06. (PUC-SP-2016) Analise a tira de quadrinhos:



FOLHA DE S. PAULO, 22 abr. 2013.

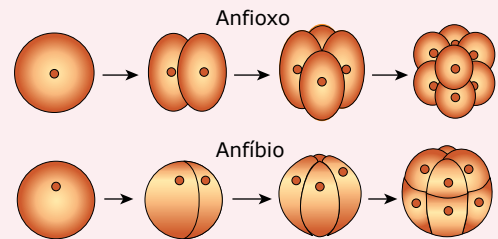
Os pintinhos nascem molhados, devido principalmente ao material proveniente

- A) do âmnio, que armazena excretas nitrogenados do embrião, e do alantoide, que previne dessecação e amortece choques mecânicos.
- B) do âmnio, que previne dessecação do embrião e amortece choques mecânicos, e do alantoide, que armazena excretas nitrogenados.
- C) do âmnio, que previne a dessecação do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.
- D) do alantoide, que armazena excretas nitrogenados do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.

07. (UEA-AM) As figuras ilustram estágios do desenvolvimento inicial de um anfióxico e de um anfíbio.

HTDF A diferença entre os dois processos deve-se

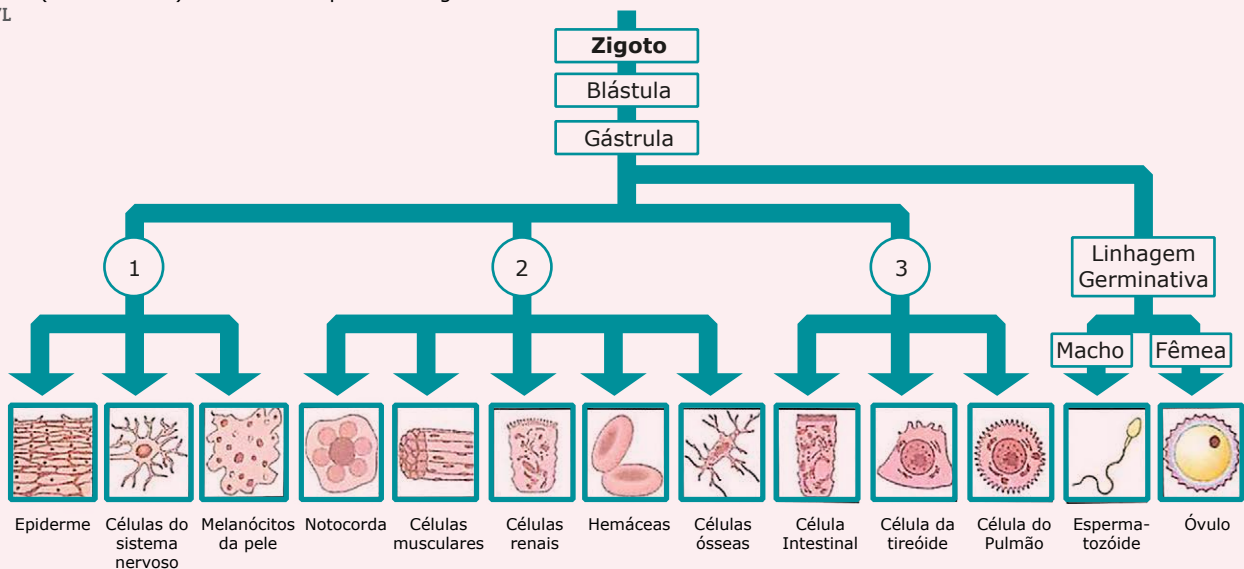
- A) à resistência, maior ou menor, da membrana que reveste a célula-ovo.
- B) à ocorrência de divisões mitóticas em maior número na célula-ovo do anfióxico.
- C) à quantidade e distribuição do vitelo presente no citoplasma da célula-ovo.
- D) à ocorrência de divisões mitóticas em maior número na célula-ovo do anfíbio.
- E) a uma distribuição desigual das organelas citoplasmáticas da célula-ovo.



AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. *Biologia das células*. 2004 (Adaptação).

08. (CMMG-2016) Observe o esquema a seguir.

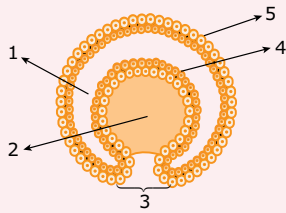
007L



Os números 1, 2 e 3 equivalem, respectivamente, a

- A) endoderma, mesoderma e ectoderma.
- B) ectoderma, endoderma e mesoderma.
- C) ectoderma, mesoderma e endoderma.
- D) mesoderma, ectoderma e endoderma.

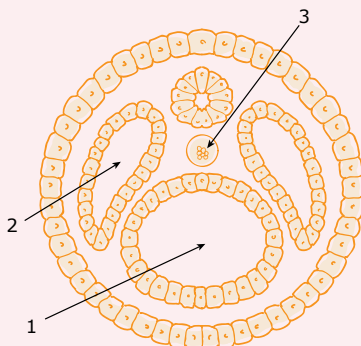
09. (Mackenzie-SP-2016) O esquema a seguir se refere a uma etapa do desenvolvimento embrionário de um metazoário.



Assinale a alternativa correta.

- A) A cavidade 1 está presente no embrião de todos os metazoários.
- B) Esse embrião poderia ser de um platelminto.
- C) A cavidade 2 origina o celoma.
- D) O tecido 4 origina a camada muscular e o tecido 5 origina o tecido nervoso.
- E) Se esse embrião for de um equinodermo, a estrutura 3 origina a boca.

10. (UFU-MG)  
WK1Q



Observando o corte de um embrião anteriormente esquematizado podemos afirmar que

- I. trata-se do embrião de um Chordata.
- II. o número 1 representa o arquêntero.
- III. o número 2 indica o celoma.
- IV. o número 3 representa o tubo neural.

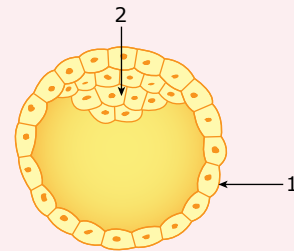
Para responder a esta questão, utilize o seguinte código:

- A) Se apenas I, II e III forem corretas.
- B) Se apenas I e II forem corretas.
- C) Se apenas II e IV forem corretas.
- D) Se apenas a IV for correta.
- E) Se todas forem corretas.

11. (PUC-SP) Encontra-se a seguir um esquema do embrião humano com aproximadamente 5 dias e um trecho sobre clonagem:

A clonagem terapêutica oferece a possibilidade de repor tecidos perdidos por acidentes ou pelo passar dos anos e de tratar doenças neuromusculares, infartos, derrames cerebrais, Alzheimer e outras demências, cegueira, câncer e muitas outras.

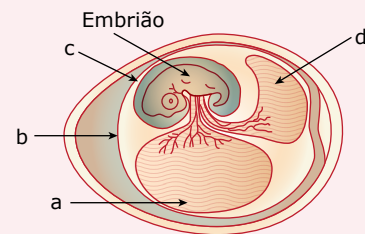
VARELLA, Drauzio. Clonagem Humana. *Folha de S. Paulo*, 01 maio 2004.



Na clonagem terapêutica são utilizadas células-tronco, indicadas no esquema pelo número:

- A) 1, capazes de se diferenciar em vários tipos de células.
- B) 2, capazes de se diferenciar em vários tipos de células.
- C) 1, com o objetivo de gerar um novo ser.
- D) 2, com o objetivo de gerar um novo ser.
- E) 1, que têm capacidade limitada de diferenciação.

12. (UFU-MG)  
NRK2



- A) Indique a letra e identifique o anexo embrionário que representou uma conquista para os vertebrados que se desenvolvem fora da água, permitindo-lhes lubrificação e proteção ao dessecação.
- B) Qual é a classificação desse ovo, durante o desenvolvimento embrionário, em relação à quantidade e à distribuição de recursos nutritivos? Indique a letra e identifique o anexo embrionário que armazena o material nutritivo.
- C) Indique a letra e identifique os anexos embrionários que, nos mamíferos placentários, são reduzidos / atrofiados, cujas funções são exercidas pela placenta.

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2015) Um importante princípio da biologia, relacionado à transmissão de caracteres e à embriogênese humana, foi quebrado com a descoberta do microquimerismo fetal. Microquimerismo é o nome dado ao fenômeno biológico referente a uma pequena população de células ou DNA presente em um indivíduo, mas derivada de um organismo geneticamente distinto. Investigando-se a presença do cromossomo Y, foi revelado que diversos tecidos de mulheres continham células masculinas. A análise do histórico médico revelou uma correlação extremamente curiosa: apenas as mulheres que antes tiveram filhos homens apresentaram microquimerismo masculino. Essa correlação levou à interpretação de que existe uma troca natural entre células do feto e maternas durante a gravidez.

MUOTRI, A. *Você não é só você: carregamos células maternas na maioria de nossos órgãos*. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>. Acesso em: 04 dez. 2012 (Adaptação).

O princípio contestado com essa descoberta, relacionado ao desenvolvimento do corpo humano, é o de que

- A) o fenótipo das nossas células pode mudar por influência do meio ambiente.
- B) a dominância genética determina a expressão de alguns genes.
- C) as mutações genéticas introduzem variabilidade no genoma.
- D) as mitocôndrias e o seu DNA provêm do gameta materno.
- E) as nossas células corporais provêm de um único zigoto.

**02.** (Enem) Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares.

O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de

- A) multiplicação lenta.
- B) comunicação entre células.
- C) adesão a diferentes tecidos.
- D) diferenciação em células especializadas.
- E) reconhecimento de células semelhantes.

**03.** Em uma maternidade, uma parturiente que deu à luz gêmeos do mesmo sexo, sem anomalias genéticas, interessou-se em saber se os mesmos eram monozigóticos ou dizigóticos.

Entre os diferentes métodos utilizados para determinar a zigosidade, está o exame dos anexos embrionários. A tabela a seguir mostra a frequência de gêmeos mono e dizigóticos com base nesse tipo de exame.

Zigosidade	Um córion		Dois córions	
	Um âmnio	Dois âmnios	Uma placenta	Duas placentas
Monozigóticos	Raro	65%	25%	10%
Dizigóticos	-	-	40%	60%

THOMPSON, James S. *Thompson & Thompson genética médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, c 1993. 339 p. [Fragmento]

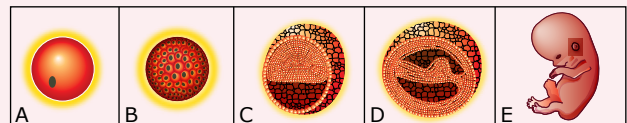
Para atender à solicitação dessa mãe, realizou-se o exame dos anexos embrionários dos gêmeos, que indicou a presença de dois córions e de duas placentas. Com base no resultado desse exame e nas informações da tabela, os gêmeos em questão

- A) certamente são dizigóticos ou bivitelinos.
- B) tiveram origem em um único zigoto.
- C) são geneticamente idênticos.
- D) provavelmente foram formados em uma mulher que teve poliovulação.
- E) vieram da divisão do embrioblasto na fase de blástula.

**04.** Após a fecundação do óvulo pelo espermatozoide, é formado o zigoto, que passará por sucessivas etapas de divisões mitóticas e diferenciação celular, até formar um indivíduo propriamente dito. Esses eventos são denominados embriogênese, ou desenvolvimento embrionário, e suas etapas são: segmentação, gastrulação e organogênese.

LIMA, Mariana Araguaia de Castro Sá. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/fases-desenvolvimento-embrionario.htm>>. Acesso em: 20 maio 2011. [Fragmento]

As figuras a seguir mostram algumas fases do desenvolvimento embrionário humano.



A formação da blástula, fase que marca o término da segmentação e antecede a gastrulação, está representada pela figura

- A) A.
- B) B.
- C) C.
- D) D.
- E) E.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. B
- 03. B
- 04. B
- 05. B

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. C
- 03. A
- 04. A
- 05. E
- 06. B
- 07. C
- 08. C
- 09. D
- 10. A
- 11. B

12.

- A) Letra C. Âmnio.
- B) O ovo pode ser classificado como megalécito ou telolécito. O anexo é o saco vitelínico indicado pela letra A.
- C) A placenta exerce o papel do saco vitelínico (A) e do alantoide (D).

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. D
- 03. D
- 04. C



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



## Estudo das Populações

População é um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem em uma mesma área (espaço físico), em um certo intervalo de tempo.

Dependendo da espécie, os indivíduos de uma mesma população podem se inter-relacionar por meio de relações harmônicas (colônias, sociedades) ou desarmônicas (competição, canibalismo).

O tamanho de uma população evidentemente depende do número de indivíduos que a compõem. A relação entre o tamanho da população e o espaço ocupado por ela constitui a densidade populacional.

$$\text{Densidade populacional} = \frac{\text{Número de indivíduos da população}}{\text{Espaço ocupado pela população}}$$

### TAXAS DE CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO



Medidas do tamanho de uma população, feitas em diferentes intervalos de tempo, permitem saber se ela está em expansão, em declínio ou estável.

#### Taxa de Crescimento Bruto (TCB)

É a variação (aumento ou diminuição) do número de indivíduos de uma população em determinado intervalo de tempo.

$$\text{Taxa de crescimento bruto (TCB)} = \frac{N_f - N_i}{t}$$

$N_f$  = Número de indivíduos ao fim do período considerado;  
 $N_i$  = Número de indivíduos no início do período considerado;  
 $t$  = Intervalo de tempo considerado.

#### Exemplo:

Uma população de determinada espécie de bactérias, ao ser inicialmente analisada, mostrou-se constituída por 2 mil indivíduos ( $N_i = 2\ 000$ ). Uma hora depois ( $t = 1\ h$ ), a população era de 4 mil indivíduos ( $N_f = 4\ 000$ ). Assim, a taxa de crescimento bruto foi, no intervalo de tempo considerado, de 2 mil indivíduos por hora.

#### Exemplo:

A análise de duas populações de espécies diferentes de bactérias (A e B) mostrou os resultados indicados na tabela a seguir:

Tempo	Número de bactérias por milímetros de cultura	
	População A	População B
Início	10 000	200 000
Após 1 hora	20 000	300 000

A taxa de crescimento bruto para cada uma das populações de bactérias (A e B) é:

$$\text{TCB de A} = \frac{20\ 000 - 10\ 000}{1\ \text{hora}} = 10\ 000\ \text{indivíduos/h}$$

$$\text{TCB de B} = \frac{300\ 000 - 200\ 000}{1\ \text{hora}} = 100\ 000\ \text{indivíduos/h}$$

A taxa de crescimento bruto das duas populações mostra que o número de indivíduos da população B aumentou mais do que o da população A no mesmo intervalo de tempo. Entretanto, como a população B era inicialmente maior, não podemos dizer que esse maior crescimento bruto indica que ela esteja crescendo mais depressa que a população A. Para isso, devemos considerar o tamanho de cada população, calculando suas taxas de crescimento relativo.

## Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

É calculada tomando-se o número de indivíduos da população no tempo final ( $N_f$ ), subtraindo-se dele o número de indivíduos da população no tempo inicial ( $N_i$ ) e dividindo-se o resultado pelo número de indivíduos que havia na população no tempo inicial ( $N_i$ ).

$$\text{Taxa de crescimento relativo (TCR)} = \frac{N_f - N_i}{N_i}$$

As taxas de crescimento relativo para as duas populações de bactérias (A e B) do exemplo anterior são:

$$\text{TCR de A} = \frac{20\,000 - 10\,000}{10\,000} = 1$$

$$\text{TCR de B} = \frac{300\,000 - 200\,000}{200\,000} = 0,5$$

Como vimos, a população A cresce em ritmo mais acelerado que a população B. No mesmo intervalo de tempo, isto é, em 1 hora, a população A dobrou (cresceu 100%). Já a população B cresceu 50%.

O crescimento de uma população resulta da interação de quatro fatores: natalidade, mortalidade, imigração e emigração.

- A) Natalidade** – Indica a proporção de novos indivíduos adicionados à população, em um certo intervalo de tempo, com base em nascimentos.
- B) Mortalidade** – Indica a proporção de perdas de indivíduos na população, em um certo intervalo de tempo, em razão de mortes.
- C) Imigração** – Indica a proporção de indivíduos que entram em uma população, em um certo intervalo de tempo, procedentes de outras áreas.
- D) Emigração** – Indica a proporção de indivíduos que saem de uma população, em um certo intervalo de tempo, em direção a outras áreas.

A natalidade e a imigração são fatores que acrescentam novos indivíduos em uma população e, conseqüentemente, contribuem para aumentar a densidade populacional. Por outro lado, a mortalidade e a emigração retiram indivíduos de uma população, contribuindo para diminuir a densidade.

## CURVAS DE CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO

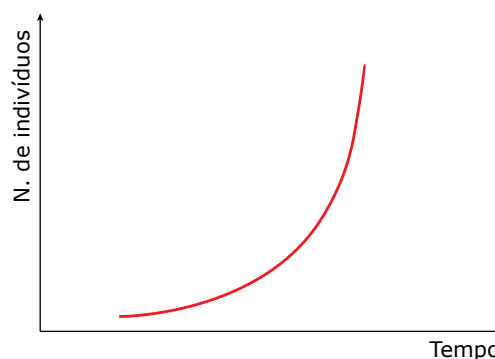


A capacidade potencial de uma população aumentar numericamente, por meio da reprodução em condições ambientais favoráveis (ideais), caracteriza o chamado **potencial biótico** ou reprodutivo da população.

O potencial biótico varia de espécie para espécie, podendo ser muito elevado em algumas e bastante baixo em outras.

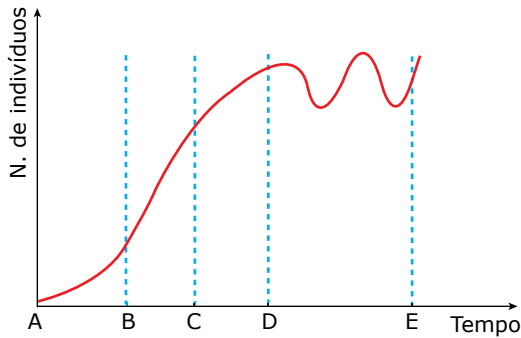
A mosca doméstica, por exemplo, tem um potencial biótico elevado, ou seja, uma única fêmea põe, em média, 12 ovos por vez. Se levarmos em consideração que uma mosca pode produzir sete gerações por ano, e que metade dos descendentes são fêmeas, teríamos, ao fim de um ano, se todos os descendentes sobrevivessem, aproximadamente, 6 trilhões de indivíduos. Se a mortalidade fosse zero, uma única bactéria, reproduzindo-se a cada 20 minutos, produziria descendentes suficientes para cobrir a superfície do nosso planeta em apenas 36 horas. Em contrapartida, mamíferos de grande porte, como o elefante, o rinoceronte e a baleia, têm capacidade reprodutora muito baixa, já que seu tempo de gestação e de amamentação são longos, e, geralmente, nasce apenas um filhote de cada vez.

Ao potencial biótico de uma população se opõe um conjunto de fatores que constituem a resistência do ambiente ou **resistência ambiental**. Entre esses fatores, temos, por exemplo, a escassa disponibilidade de alimentos no meio, as limitações de espaço, a falta de água, as condições climáticas desfavoráveis, as competições intra e interespecíficas, a predação e o parasitismo. São esses fatores da resistência ambiental que impedem uma população de crescer indefinidamente, obedecendo apenas ao seu potencial biótico.



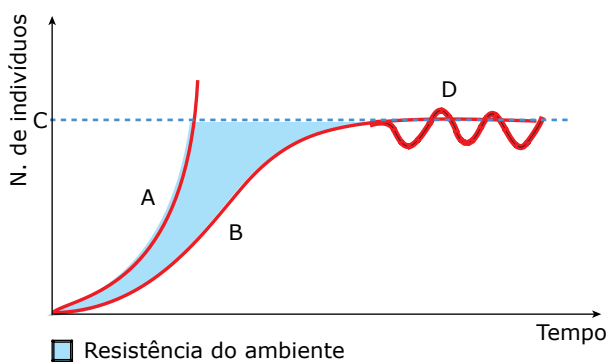
*Curva de crescimento exponencial de uma população em condições ideais – O gráfico mostra como seria a curva de crescimento de uma população em que não atuassem os fatores da resistência ambiental, isto é, a curva de crescimento de uma população, obedecendo apenas ao seu potencial biótico.*

Como todas as populações, em condições naturais, estão sujeitas aos fatores da resistência ambiental, a curva de crescimento real de uma população resulta da interação entre o seu potencial biótico e a resistência que lhe é imposta pelo meio.



Curva real de crescimento.

O gráfico mostra um exemplo dessa curva de crescimento real, partindo-se de uma população ainda jovem. No trecho AC do gráfico anterior, a população cresce sem sofrer praticamente alguma limitação imposta pelo ambiente. Inicialmente (trecho AB), o crescimento da população é mais lento, já que o número inicial de organismos capazes de reproduzir é pequeno. Assim, o trecho AB corresponde a um período inicial de adaptação às condições ambientais. Porém, à medida que o número de indivíduos adultos capazes de reproduzir e gerar descendentes aumenta, o crescimento da população se faz de forma mais rápida (trecho BC). Essa fase costuma ser chamada de fase log (de logarítmica) por apresentar um crescimento exponencial. O ponto C do gráfico pode ser considerado como o momento em que se inicia efetivamente o processo de resistência ambiental. A partir desse ponto, a população começa a mostrar um crescimento menos veloz. No ponto D, o potencial biótico da espécie equivale à resistência ambiental e, a partir daí, o número de indivíduos mantém-se mais ou menos constante, apresentando pequenas oscilações, ora acima, ora abaixo do limite máximo de crescimento: é o chamado equilíbrio dinâmico de uma população. Assim, o trecho DE corresponde à fase de equilíbrio.



Curvas de crescimento populacional – A curva (A) representa o potencial biótico da espécie; a curva (B) representa o crescimento populacional padrão (curva sigmoide ou curva logística); (C) indica a capacidade de sustentação máxima (capacidade de suporte máxima, carga biótica máxima, capacidade limite do meio), ou seja, o número máximo de indivíduos que determinado ambiente pode sustentar; (D) mostra pequenas oscilações em torno de um valor numérico médio, indicando que a população permanece em estado de equilíbrio. A área entre (A) e (B) representa a resistência ambiental.

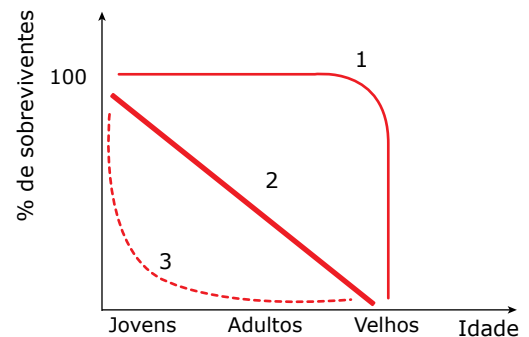
Dizer que uma população se estabilizou ou que entrou em equilíbrio com o ambiente não significa que o número de indivíduos dessa população seja rigorosamente constante. Sempre há variações, porque a capacidade limite do ambiente varia, aumentando e diminuindo em torno de um nível médio. Essas variações na capacidade limite permitem variações no número de indivíduos da população, as quais, quando pequenas e regulares, chamam-se oscilações, e quando abruptas e acentuadas, chamam-se flutuações.

## CURVAS DE SOBREVIVÊNCIA DE UMA POPULAÇÃO



Quando se estuda uma população, é muito importante saber o número dos sobreviventes entre todos os indivíduos que nascem. Para isso, elaboram-se as chamadas curvas de sobrevivência.

Existem três tipos básicos de curvas de sobrevivência:



Curvas de sobrevivência – 1. Curva ideal – É aquela em que todos os indivíduos que nascem têm aproximadamente o mesmo tempo de vida, morrendo quando atingem idades mais avançadas (velhice). 2. Curva de mortalidade constante – É aquela em que a taxa de mortalidade de indivíduos jovens, adultos e velhos é praticamente a mesma, isto é, morrem jovens, adultos e velhos na mesma proporção. 3. Curva de mortalidade elevada de jovens – Mostra que há um alto índice de mortalidade de indivíduos ainda na idade jovem (a mortalidade infantil é elevada).

A maior parte das espécies animais tem sua sobrevivência tendendo para a curva 2, ao passo que os vegetais seguem uma curva do tipo 3. A curva referente ao tempo de vida no homem, nos países mais desenvolvidos, aproxima-se da do tipo 1 graças aos recursos de saneamento, à assistência médica e à maior produtividade agrícola, dentre outros. Já nos países subdesenvolvidos, há uma elevada mortalidade ainda na fase jovem e uma mortalidade significativa na fase adulta, caracterizando uma curva que fica entre aquelas dos tipos 2 e 3.



Estudo das populações

HHGQ

Essa videoaula trata dos aspectos gerais das populações, como taxas de natalidade, mortalidade, imigração e emigração, além dos diferentes comportamentos da população ao longo do tempo.

# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



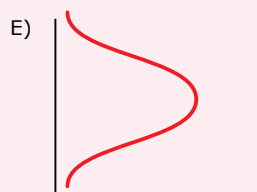
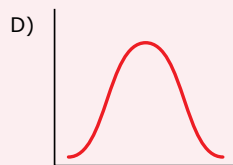
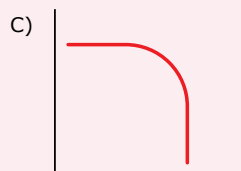
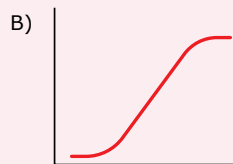
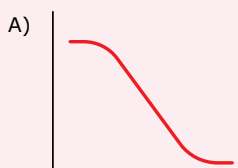
- 01.** (UEL-PR) Sobre uma população ecológica em declínio, é correto afirmar que
- A) ou a taxa de mortalidade ou a de emigração, ou ambas, devem estar suplantando a soma das taxas de natalidade e de imigração.
  - B) ou a taxa de natalidade ou a de imigração devem estar suplantando a soma das taxas de mortalidade e de emigração.
  - C) a soma das taxas de natalidade e imigração deve estar suplantando a soma das taxas de mortalidade e emigração.
  - D) o declínio é resultado de uma emigração menor.
  - E) as taxas de emigração e imigração não influenciam o tamanho populacional.

**02.** (UFMG)

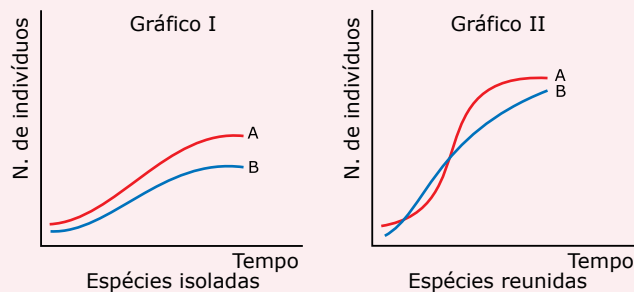
**Crescimento de uma população de *Saccharomyces cerevisiae***

Idade da população em horas	Número de células da população
0	20
2	38
4	104
6	264
8	432
10	594
12	624
14	638

De acordo com esta tabela, foi elaborado um gráfico para representar o número de indivíduos que se acrescenta à população na unidade de tempo, tendo nas ordenadas o número de indivíduos e nas abscissas o tempo. A curva que representa os dados anteriores é



**03.** (UFMG) Observe os gráficos referentes às curvas de crescimento populacional de duas espécies. O gráfico I representa o crescimento populacional dessas espécies criadas isoladamente. O gráfico II representa o crescimento populacional dessas espécies, reunidas numa mesma cultura.

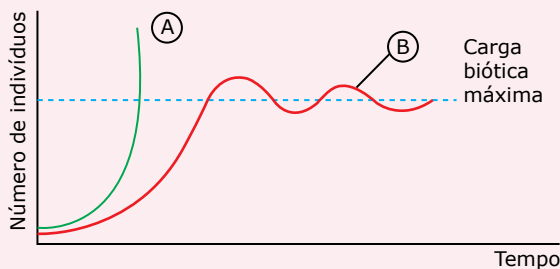


Com base na comparação dos dois gráficos, pode-se afirmar que a provável relação ecológica entre as duas espécies seria melhor definida como

- A) competição.
- B) comensalismo.
- C) protocooperação.
- D) inquilinismo.

- 04.** (Unifor-CE) Considere os seguintes itens:
- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| I. Clima       | III. Predatismo |
| II. Competição | IV. Parasitismo |
- Podem regular o tamanho das populações
- A) apenas I e II.  
 B) apenas III e IV.  
 C) apenas I, II e IV.  
 D) apenas II, III e IV.  
 E) I, II, III e IV.

- 05.** (UFPB / Adaptado) Analise o gráfico a seguir, considerando o conceito de carga biótica máxima, o qual está relacionado com os conceitos de potencial biótico e resistência ambiental.



A partir da análise do gráfico, identifique a(s) proposição(ões) verdadeira(s):

01. A curva exponencial A representa o potencial biótico de uma população em condições ideais de crescimento.  
 02. A curva exponencial A representa o tamanho populacional máximo suportado pelo ambiente.  
 04. A curva B representa a curva de crescimento real de uma população, visto que ela demonstra responder à capacidade máxima do ambiente.  
 08. A curva B representa a interação entre o potencial biótico da população e a resistência ambiental.  
 16. A curva A só pode ocorrer em condições de resistência ambiental reduzida ou ausente.

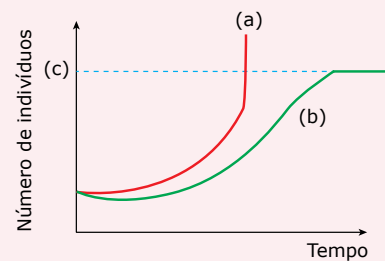
Soma ( )

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UniRio-RJ) Em relação ao potencial biótico, pode-se afirmar que corresponde ao(à)
- A) início da colonização de um ambiente por uma população.  
 B) número de indivíduos que entram em uma população.  
 C) número de indivíduos que saem de uma população.  
 D) união anatômica entre indivíduos de mesma espécie.  
 E) capacidade de uma população aumentar o número de indivíduos em condições ideais.

- 02.** (PUC Rio)

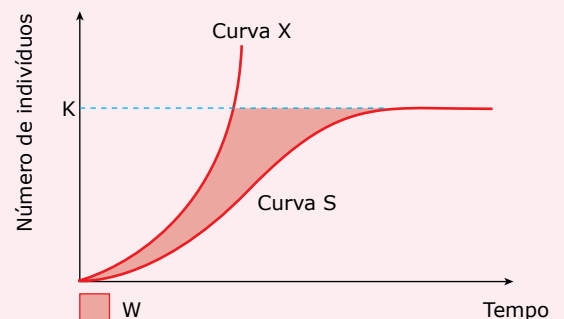


Disponível em: <[http://www.sobiologia.com.br/conteudo/bio\\_ecologia/ecologia16.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudo/bio_ecologia/ecologia16.php)>.

A partir da observação do gráfico, que mostra diferentes tipos de crescimento populacional, é correto afirmar que as letras a, b e c representam, respectivamente,

- A) uma curva de crescimento real, uma curva de crescimento exponencial e a resistência ambiental.  
 B) uma curva de crescimento real, uma curva de potencial biótico e a resistência ambiental.  
 C) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento real e a resistência ambiental.  
 D) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento exponencial e a resistência ambiental.  
 E) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento real e a capacidade de suporte do ambiente.

- 03.** (CMMG-2018) Observe o gráfico a seguir que mostra diferentes crescimentos populacionais. Em relação à representação das letras no gráfico, assinale a afirmativa incorreta.



- A) K representa o tamanho populacional máximo.  
 B) X representa o crescimento da população sob a ação de fatores reguladores.  
 C) S representa a curva de crescimento real da população.  
 D) W representa a resistência do ambiente.



**04.** (UFAL) Uma pesquisa determinou o número de indivíduos em três populações. Os dados obtidos estão relacionados a seguir:

DSMO

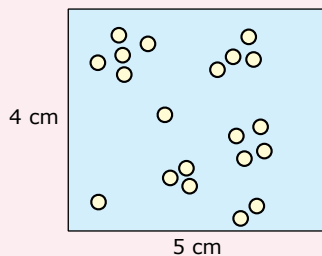
População	Número de indivíduos	Espaço ocupado (m <sup>2</sup> )
I	54	3 000
II	36	2 000
III	27	1 500

Com base nesses dados, é possível afirmar que a densidade:

- A) em I é maior do que em II.
- B) em II é maior do que em III.
- C) em III é maior do que em I.
- D) é a mesma nas três populações.
- E) difere nas três populações.

**05.** (UFMG) O esquema representa uma amostragem de certa larva de mosca e nele cada círculo corresponde a um indivíduo.

LOGT



A densidade dessa população pode ser expressa como

- A) 0,5 ind/m<sup>2</sup>.
- B) 1 ind/m<sup>2</sup>.
- C) 10 ind/m<sup>2</sup>.
- D) 10<sup>2</sup> ind/m<sup>2</sup>.
- E) 10<sup>4</sup> ind/m<sup>2</sup>.

**06.** (PUC Rio) Um biólogo estudou uma população de macacos por 15 anos. Durante quase todo esse tempo, a população nunca foi inferior a 30 indivíduos e nunca foi maior que 45 indivíduos. Os dados do pesquisador mostraram que mais da metade dos macacos que nascia não sobrevivia para se reproduzir. No entanto, em uma única geração, 90% dos macacos que nasceram viveram para se reproduzir, chegando a população a 80 macacos. O aumento do número de indivíduos em uma população pode ser associado

- A) ao aumento na quantidade e qualidade de recursos.
- B) ao aumento da resistência ambiental.
- C) ao aumento da competição por alimentos.
- D) aos fatores indicados em (A) e (B).
- E) aos fatores indicados em (B) e (C).

**07.** (UFJF-MG) A cada ano, a grande marcha africana se repete. São milhares de gnus e zebras, entre outros animais, que migram da Tanzânia e invadem a reserva Masai Mara, no sudoeste do Quênia, em busca de água e pastos verdes. Durante a viagem, filhotes de gnus e zebras recém-nascidos e animais mais velhos tornam-se presas fáceis para os felinos. Outros animais não resistem e morrem durante a migração.

TKAY

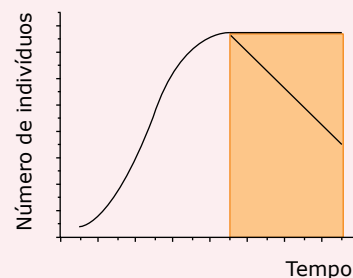
Analise as afirmativas a seguir que trazem informações sobre fatores que contribuem para a variação na densidade populacional.

- I. A limitação de recursos justifica os movimentos migratórios.
- II. Os felinos contribuem para regular o tamanho das populações de gnus e zebras.
- III. Fatores climáticos não interferem nos processos migratórios.
- IV. A velocidade de crescimento das populações de felinos depende da disponibilidade de presas.
- V. O tamanho das populações de gnus e zebras não se altera durante a migração.

Assinale o item que apresenta somente afirmativas corretas.

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

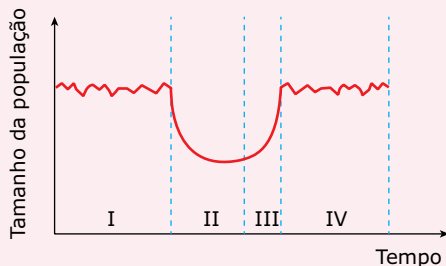
**08.** (UNITAU-SP) A figura a seguir representa o crescimento de uma população ao longo do tempo. Considere que a população representada está sob os efeitos de todos os seus agentes reguladores, endógenos e exógenos, como natalidade, mortalidade, além dos processos de migração.



Assinale, dentre as alternativas a seguir, o que a área destacada na figura representa em relação ao crescimento populacional.

- A) Desequilíbrio entre as taxas de natalidade e migração.
- B) Número máximo de indivíduos que o ambiente suporta.
- C) Razão entre a taxa de natalidade e a resistência do ambiente.
- D) Número mínimo para as taxas de mortalidade e imigração.
- E) Razão entre a taxa de mortalidade e a resistência do ambiente.

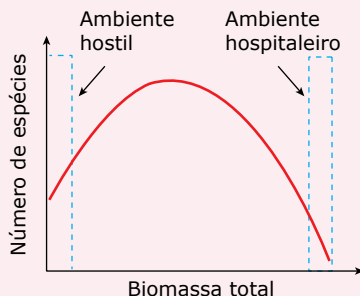
**09.** (PUC-Campinas-SP-2016) O gráfico a seguir representa a ação de uma grave doença epidêmica sobre a população de ratos de uma pequena cidade.



Os períodos de tempo, numerados de I a IV, indicam, respectivamente,

- A) equilíbrio, epidemia, recuperação e crescimento.
- B) equilíbrio, epidemia, crescimento e equilíbrio.
- C) equilíbrio, recuperação, epidemia e equilíbrio.
- D) crescimento, epidemia, recuperação e equilíbrio.
- E) crescimento, recuperação, epidemia e extinção.

**10.** (Unicamp-SP-2016) A diversidade de plantas tende a ser maior em lugares que não sejam nem tão hostis nem tão hospitaleiros. Em um ambiente onde faltam recursos, poucas espécies de plantas sobrevivem. Se as condições melhoram, o número de espécies tende a aumentar. Já quando há abundância de nutrientes, a tendência se reverte e o ambiente é dominado por poucas espécies que captam recursos de forma mais eficaz. O gráfico a seguir mostra a relação entre a biomassa e a quantidade de espécies de plantas em uma mesma área.

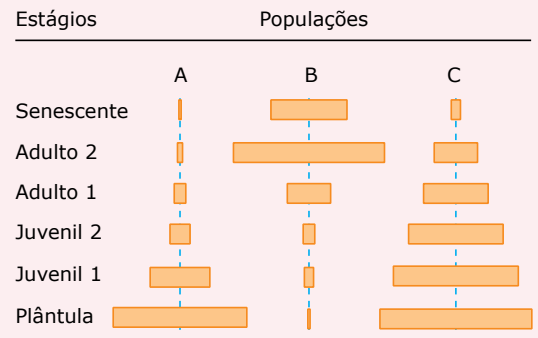


Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/07/18/estudo-reabilita-teoria-sobre-diversidade-de-plantas>> (Adaptação).

Com base no texto, é correto afirmar que

- A) espécies mais eficientes na obtenção de recursos prevalecem quando há abundância de recursos.
- B) quanto maior a abundância de recursos, maior a diversidade de espécies.
- C) alta produção de biomassa indica necessariamente maior diversidade de espécies.
- D) ambientes hostis são mais limitantes para a diversidade que ambientes hospitaleiros.

**11.** (FUVEST-SP-2017) A figura representa a estrutura de três populações de plantas arbóreas, A, B e C, por meio de pirâmides etárias. O comprimento das barras horizontais corresponde ao número de indivíduos da população em cada estágio, desde planta recém-germinada (plântula) até planta senescente.



BRESINSKY et al. *Tratado de Botânica de Strasburger*. 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012 (Adaptação).

A população que apresenta maior risco de extinção, a população que está em equilíbrio quanto à perda de indivíduos e a população que está começando a se expandir são, respectivamente,

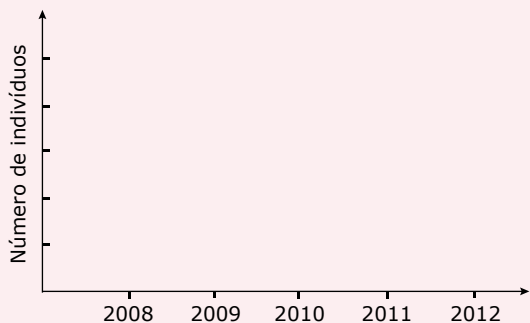
- A) A, B, C.
- B) A, C, B.
- C) B, A, C.
- D) B, C, A.
- E) C, A, B.

**12.** (UNITAU-SP) Uma população é composta por um conjunto de indivíduos da mesma espécie que compartilha uma dada área por um determinado tempo. Assim, variações do tamanho populacional são verificadas no tempo e no espaço, em função da densidade populacional. Nesse sentido, defina densidade populacional e explique os quatro fatores que causam a sua variação.

13. (Unisa-SP-2016) A tabela especifica as variações sofridas por uma população de lagartos de uma pequena ilha por um período de 5 anos.

Anos	Natalidade	Mortalidade	Imigração	Emigração
2008	80	10	5	9
2009	90	19	10	26
2010	240	60	60	46
2011	15	245	40	70
2012	53	35	19	37

A) Considerando que a população de lagartos era composta inicialmente por 90 indivíduos, trace no gráfico a seguir a curva de crescimento desta população e indique o número total de indivíduos para cada um dos anos.



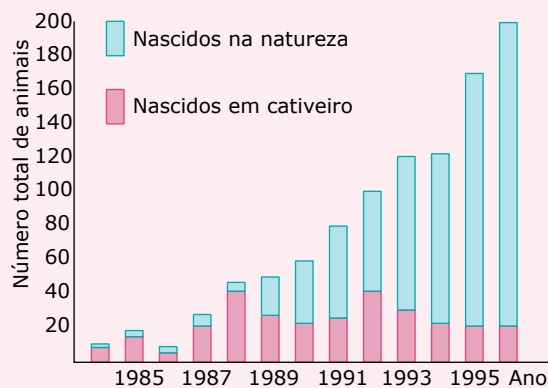
B) O que ocorreu com o número de indivíduos da população no período de 2011 a 2012? Suponha que tenha ocorrido uma queda drástica da temperatura nessa região por dois meses em 2013, mas a quantidade de alimento permaneceu constante. Explique por que essa população de lagartos teria menor chance de sobrevivência quando comparada com uma população de roedores.

Espécie exótica	Área com tela		Área sem tela	
	Densidade (indivíduos / m <sup>2</sup> )	Tamanho médio dos indivíduos (cm)	Densidade (indivíduos / m <sup>2</sup> )	Tamanho médio dos indivíduos (cm)
Alga	100	15	110	18
Craca	300	2	150	1,5
Mexilhão	380	3	200	6
Ascídia	55	4	58	3,8

O pesquisador concluiu corretamente que os peixes controlam a densidade dos(as)

- A) algas, estimulando seu crescimento.
- B) cracas, predando especialmente animais pequenos.
- C) mexilhões, predando especialmente animais pequenos.
- D) quatro espécies testadas, predando indivíduos pequenos.
- E) ascídias, apesar de não representarem os menores organismos.

02. (Enem) Programas de reintrodução de animais consistem em soltar indivíduos, criados em cativeiro, em ambientes onde sua espécie se encontra ameaçada ou extinta. O mico-leão-dourado da Mata Atlântica faz parte de um desses programas. Como faltam aos micos criados em cativeiro habilidades para sobreviver em seu *habitat*, são formados grupos sociais desses micos com outros capturados na natureza, antes de soltá-los coletivamente. O gráfico mostra o número total de animais, em uma certa região, a cada ano, ao longo de um programa de reintrodução desse tipo.



PRIMACK; RODRIGUES. *Biologia da conservação*.

## SEÇÃO ENEM

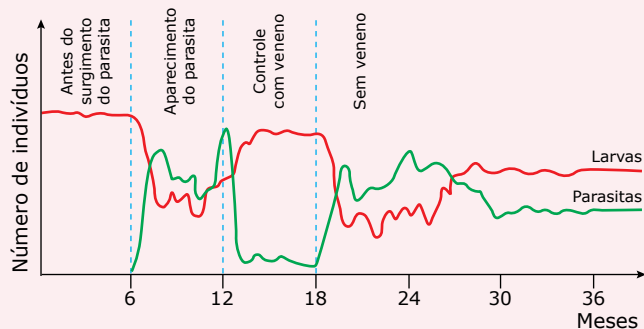
01. (Enem-2016) Um pesquisador investigou o papel da predação por peixes na densidade e tamanho das presas, como possível controle de populações de espécies exóticas em costões rochosos. No experimento colocou uma tela sobre uma área da comunidade, impedindo o acesso dos peixes ao alimento, e comparou o resultado com uma área adjacente na qual os peixes tinham acesso livre. O quadro apresenta os resultados encontrados após 15 dias de experimento.

A análise do gráfico permite concluir que o sucesso do programa deveu-se

- à adaptação dos animais nascidos em cativeiro ao ambiente natural, mostrada pelo aumento do número de nascidos na natureza.
- ao aumento da população total, resultante da reintrodução de um número cada vez maior de animais.
- à eliminação dos animais nascidos em cativeiro pelos nascidos na natureza, que são mais fortes e selvagens.
- ao pequeno número de animais reintroduzidos, que se mantiveram isolados da população de nascidos na natureza.
- à grande sobrevivência dos animais reintroduzidos, que compensou a mortalidade dos nascidos na natureza.

- 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.

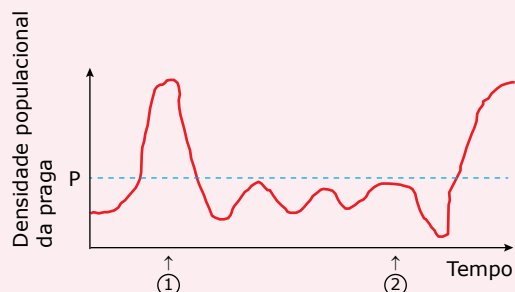


O aspecto biológico, ressaltado a partir da leitura do gráfico, que pode ser considerado o melhor argumento para que o produtor não retome o uso do veneno é:

- A densidade populacional das larvas e dos parasitas não é afetada pelo uso do veneno.
- A população de larvas não consegue se estabilizar durante o uso do veneno.
- As populações mudam o tipo de interação estabelecida ao longo do tempo.
- As populações associadas mantêm um comportamento estável durante todo o período.
- Os efeitos das interações negativas diminuem ao longo do tempo, estabilizando as populações.

- 04.** (Enem) O crescimento da população de uma praga agrícola está representado em função do tempo, no gráfico seguinte, no qual a densidade populacional superior a  $P$  causa prejuízo à lavoura. No momento apontado pela seta 1, um agricultor introduziu uma espécie de inseto que é inimigo natural da praga, na tentativa de controlá-la biologicamente.

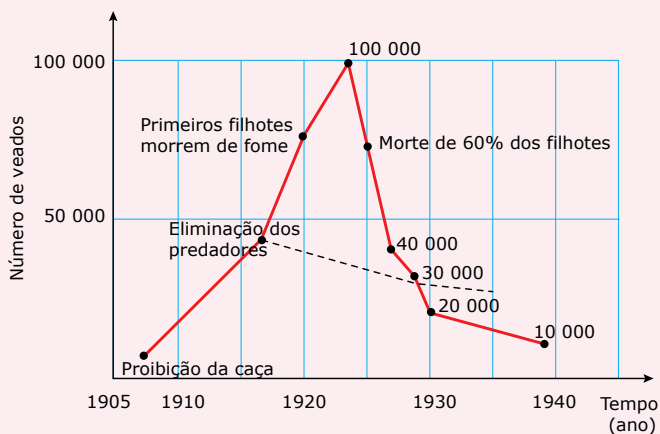
No momento indicado pela seta 2, o agricultor aplicou grande quantidade de inseticida, na tentativa de eliminar totalmente a praga.



A análise do gráfico permite concluir que

- se o inseticida tivesse sido usado no momento marcado pela seta 1, a praga teria sido controlada definitivamente, sem necessidade de um tratamento posterior.
- se não tivesse sido usado o inseticida no momento marcado pela seta 2, a população de praga continuaria aumentando rapidamente e causaria grandes danos à lavoura.
- o uso do inseticida tornou-se necessário, uma vez que o controle biológico aplicado no momento 1 não resultou na diminuição da densidade da população da praga.
- o inseticida atacou tanto as pragas quanto os seus predadores; entretanto, a população de pragas recuperou-se mais rápido, voltando a causar dano à lavoura.
- o controle de pragas por meio do uso de inseticidas é muito mais eficaz que o controle biológico, pois os seus efeitos são muito mais rápidos e têm maior durabilidade.

- 05.** (Enem) No início do século XX, 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.



AMABIS & MARTHO. *Fundamentos de Biologia Moderna*. p. 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 esses 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 para a sobrevivência da população como um todo.
- IV. A morte dos predadores acabou por permitir um crescimento exagerado da população de veados. Isso 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.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. D
- 03. C
- 04. E
- 05. Soma = 29

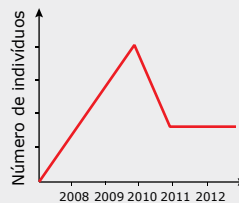
### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. E
- 03. B
- 04. D
- 05. E
- 06. A
- 07. B
- 08. B
- 09. B
- 10. A
- 11. D
- 12. Densidade é o número de indivíduos presentes em uma unidade de área. O tamanho da população varia em função da natalidade, mortalidade, imigração e emigração. Variações nessas taxas influem na densidade populacional.

13.

- A)



Anos	Indivíduos
2008	156
2009	211
2010	405
2011	145
2012	145

- B) A população se manteve em equilíbrio. Os lagartos teriam menos chances que os roedores devido ao mecanismo de termorregulação. Como os répteis são ectotérmicos, eles dependem de fontes de calor do ambiente para se aquecerem.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. A
- 03. E
- 04. D
- 05. E



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



## Cadeia Alimentar

Ao conjunto de populações de espécies diferentes que vivem em uma mesma área e em um determinado intervalo de tempo dá-se o nome de **comunidade**, biocenose ou, ainda, biota. Em uma comunidade, encontramos relações intraespecíficas (entre os indivíduos de uma mesma população) e relações interespecíficas (entre indivíduos de espécies diferentes).

Ao se fazer o estudo de uma comunidade, não levamos em consideração as condições físicas e químicas do meio ambiente. Interessa-nos conhecer apenas as diferentes espécies de seres vivos da região, seus modos de vida e como se inter-relacionam umas com as outras.

Quando relacionamos a comunidade com as condições físico-químicas do ambiente, estamos diante de um nível de organização mais complexo, chamado **ecossistema** ou complexo ecológico. Assim, todo ecossistema é constituído por um meio biótico (representado pelos seres vivos da região) e por um meio abiótico ou biótopo (representado pelas condições físico-químicas da região).

O conjunto de todos os ecossistemas de nosso planeta recebe o nome de **biosfera**. A biosfera, portanto, representa a parte do nosso planeta que contém vida.

Podemos subdividir a biosfera em epinociclo, limnociclo e talassociclo.

- A) Epinociclo (biociclo terrestre)** – Compreende todos os ecossistemas de terra firme, como as florestas, os desertos e os campos.
- B) Limnociclo (biociclo dulcícola)** – Compreende todos os ecossistemas de água-doce, como os rios e os lagos.
- C) Talassociclo (biociclo marinho)** – Compreende todos os mares e oceanos, isto é, todos os ecossistemas de água salgada.

Muitas vezes, encontramos na biosfera regiões de transição entre diferentes ecossistemas. Tais regiões são chamadas de **ecótono** (ecótone). No ecótono, encontramos espécies características dos ecossistemas que lhe são vizinhos, bem como espécies que são exclusivas do ecótono. Um bom exemplo de ecótono é a região de transição entre um campo e uma floresta.

A área ou o espaço físico onde, normalmente, vive uma determinada espécie, dentro do ecossistema, constitui o habitat da espécie. O leão, a zebra e a girafa, por exemplo, vivem em um mesmo *habitat*: as savanas africanas. Diferentes espécies de animais têm como *habitat* as águas mais superficiais dos ecossistemas marinhos, e muitas outras vivem em regiões mais profundas. Em uma floresta, muitas espécies estão adaptadas a viver apenas nas copas mais altas das árvores, já outras têm como *habitat* os troncos e os galhos mais baixos. Assim, em um mesmo *habitat*, pode haver diferentes espécies de seres vivos.

Dentro do seu *habitat*, cada espécie possui um modo de vida que constitui o seu **nicho ecológico**. O nicho de uma espécie compreende tudo o que a espécie faz dentro do ecossistema, ou seja, o que come, onde, como e a que momento do dia isso ocorre, como se inter-relaciona com as demais espécies do ambiente, quando e como se reproduz, etc. Pode-se dizer, também, que o nicho ecológico é o conjunto de atividades de uma espécie no ecossistema. Quando dizemos, por exemplo, que os preás são roedores de hábitos noturnos, que vivem durante o dia em tocas cavadas em depressões úmidas do terreno e saem à noite, geralmente em bandos com cerca de dez indivíduos, à cata de capim, arroz, trigo, milho e outras plantas que lhes servem de alimento, procurando esquivar-se de corujas, lobos-guarás, cobras e outros predadores, estamos, ao fazer essa descrição, relatando parte do nicho ecológico desses animais. É comum falarmos em nicho de alimentação, nicho de reprodução, etc. Conhecendo o nicho ecológico de uma espécie, podemos determinar sua posição funcional no ecossistema, isto é, a função por ela desempenhada.

Alguns autores comparam a relação entre *habitat* e nicho ecológico com o endereço e a profissão. O *habitat* seria o endereço da espécie (local onde ela vive), e o nicho seria a sua profissão (o que ela faz dentro do seu meio).

Segundo o Princípio da Exclusão Competitiva ou o Princípio de Gause, duas ou mais espécies não podem explorar, por muito tempo, o mesmo nicho ecológico dentro de um mesmo *habitat*.

Se espécies diferentes têm o mesmo nicho, então terão os mesmos hábitos ou o mesmo modo de vida. Se estiverem em um mesmo *habitat*, a forte competição entre elas acaba promovendo mudança de *habitat* (migração) ou de nicho (alteração do hábito alimentar, por exemplo), ou mesmo a extinção da espécie menos adaptada às condições ambientais.

Pode-se dizer, então, que a competição é uma relação ecológica em que ocorre superposição de nichos ecológicos. Evidentemente, quanto maior for a sobreposição dos nichos considerados, mais acirrado se torna o mecanismo competitivo.

Assim, quando nos deparamos, em um determinado *habitat*, com espécies que estabelecem entre si interações antigas, podemos afirmar que seus nichos são diferentes. Mesmo quando se trata de organismos proximamente relacionados, uma análise mais cuidadosa de seus nichos pode revelar certas diferenças, como atividade em horas diferentes do dia ou ligeiras preferências em relação ao alimento disponível. Por exemplo, certas espécies de herbívoros se nutrem de pastagem em um mesmo *habitat*, mas não competem pelo alimento, pois umas se alimentam apenas das folhas mais tenras, ao passo que outras preferem as folhas mais velhas.

Por mais que possa parecer que espécies diferentes possuem o mesmo nicho dentro de um mesmo *habitat*, na realidade, isso é praticamente impossível. Sempre haverá alguma coisa que uma espécie faz diferentemente da outra. Duas espécies de peixes, por exemplo, podem conviver em uma mesma profundidade de uma lagoa, alimentar-se semelhantemente e ter atividade mais intensa em uma mesma hora do dia, mas se reproduzirem em épocas diferentes do ano. Nesse caso, seus nichos se superpõem em grande parte, mas ainda assim são diferentes.

Às vezes, mesmo entre indivíduos de uma mesma espécie, há diversidade de nichos. Entre insetos, por exemplo, muitas espécies de mosquitos revelam hábitos alimentares diferentes entre machos e fêmeas: o macho é fitófago (alimenta-se de plantas), e a fêmea é hematófaga (alimenta-se de sangue dos animais).

Espécies diferentes que vivem em *habitats* diferentes, mas têm nichos ecológicos semelhantes, são chamadas de **equivalentes ecológicos**. É o caso, por exemplo, dos búfalos, que vivem nas pradarias americanas, e das zebras, que vivem nas savanas africanas, pois ambas as espécies têm nichos bastante semelhantes.

## O MEIO BIÓTICO

Nos ecossistemas, o meio biótico (seres vivos) está dividido em três categorias: produtores, consumidores e decompositores.

### Produtores

São os seres autótrofos do ecossistema. Compreendem, portanto, todos os organismos fotossintetizantes e quimiossintetizantes. Os produtores retiram substâncias inorgânicas do meio abiótico e, por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese, as transformam em substância orgânica (glicose), que é, então, utilizada como alimento. Por isso, esses organismos são chamados de produtores, isto é, são os únicos seres do ecossistema que conseguem produzir, em sua própria estrutura, substâncias orgânicas por intermédio de substâncias inorgânicas obtidas no meio ambiente.

Nos ecossistemas aquáticos, os produtores estão representados principalmente pelas algas fotossintetizantes, em especial por espécies microscópicas que vivem nas águas mais superficiais. Já nos ecossistemas terrestres, os produtores estão representados principalmente por briófitas, pteridófitas, gimnospermas e, especialmente, angiospermas.

O total de matéria orgânica produzida pelos produtores de um ecossistema por unidade de área e de tempo constitui a chamada **produtividade primária bruta (PB)**. Essa produtividade bruta pode ser expressa, por exemplo, em  $\text{kg} / \text{m}^2 / \text{ano}$  /  $\text{g} / \text{m}^2 / \text{ano}$ , etc. Conhecendo-se o conteúdo energético da matéria produzida, a produtividade pode ser expressa em  $\text{calorias} / \text{m}^2 / \text{ano}$  ou  $\text{kcal} / \text{m}^2 / \text{ano}$ . Parte dessa produtividade bruta é consumida pela respiração celular do próprio produtor.

A **produtividade primária líquida (PL)** é a diferença entre o que foi produzido pelo vegetal por meio da produtividade bruta e o que foi consumido pelo vegetal por meio da respiração celular durante um mesmo intervalo de tempo.

$$PL = PB - R$$

*PL = Produtividade primária líquida; PB = Produtividade primária bruta; R = Respiração celular.*

**Exemplo:**

A produtividade primária bruta de um campo de milho nos Estados Unidos foi avaliada, em 1926, em 8 208 kcal / m<sup>2</sup> / ano. Sendo a respiração avaliada em 2 045 kcal / m<sup>2</sup> / ano, podemos dizer que a produtividade primária líquida desse campo foi de 6 163 kcal / m<sup>2</sup> / ano, bastando, para isso, aplicar a relação (PL = PB - R).

## Consumidores

São seres heterótrofos que, na incapacidade de produzir primariamente a matéria orgânica glicose em seu próprio organismo, se alimentam de outros seres vivos por meio do predatismo, parasitismo, comensalismo, mutualismo, etc. Esses seres podem ser subdivididos em ordens:

- A) Consumidores de 1ª ordem (primários)** – Obtêm alimentos diretamente dos produtores.
- B) Consumidores de 2ª ordem (secundários)** – Obtêm alimentos dos consumidores de 1ª ordem.
- C) Consumidores de 3ª ordem (terciários)** – Obtêm alimentos dos consumidores de 2ª ordem e, assim, sucessivamente.

De acordo com os seus hábitos alimentares, os consumidores também podem ser classificados em:

- **Fitófagos ou herbívoros** – Obtêm alimento apenas de plantas. Conforme se alimentam, por exemplo, de folhas, raízes, frutos, sementes ou seiva, podem ser subdivididos em: folívoros (nutrem-se apenas de folhas), radicívoros (nutrem-se de raízes), frutívoros (nutrem-se de frutos), etc. São consumidores de 1ª ordem.
- **Zoófagos** – Obtêm alimentos apenas de animais. Podem ser carnívoros (nutrem-se de carne), hematófagos (nutrem-se de sangue), insetívoros (nutrem-se de insetos), piscívoros ou ictiófagos (nutrem-se de peixes), ornitóforos (nutrem-se de aves), lactíforos (nutrem-se de leite), larvófagos (nutrem-se de larvas), etc. Podem ser consumidores de 2ª, 3ª, 4ª ou mais ordens.
- **Onívoros** (*omni*, tudo; *vorare*, devorar) – Obtêm alimentos tanto de plantas quanto de animais. Assim, podem ser consumidores de quaisquer ordens.

O acúmulo de matéria orgânica no corpo dos consumidores, durante certo intervalo de tempo, constitui a **produtividade secundária líquida (PSL)**. O cálculo da PSL pode ser feito usando-se a seguinte relação:

$$\text{Produtividade secundária líquida (PSL)} = \text{Alimento ingerido (A)} - \left( \text{Perdido nas fezes (F)} + \text{Perdido na urina (U)} + \text{Perdido na respiração (R)} \right)$$

## Decompositores

Também denominados sapróbios ou saprófitos, são seres heterótrofos que obtêm alimento dos cadáveres e dos restos orgânicos de outros seres vivos. Representados em todos os ecossistemas, principalmente, por fungos e bactérias, esses organismos degradam a matéria orgânica, transformando-a em compostos inorgânicos. Utilizam alguns produtos da degradação como alimento e liberam outros para o meio ambiente, os quais serão, então, reutilizados pelos produtores. Essa atividade é chamada de decomposição ou mineralização e é fundamental para a reciclagem da matéria em um ecossistema, o que faz dos decompositores as grandes “usinas processadoras de lixo orgânico” do mundo. A ação dos decompositores, portanto, impede que o planeta fique inteiramente recoberto por uma camada orgânica morta, fato que inviabilizaria a existência da vida na Terra. Para alguns autores, os decompositores nada mais são do que consumidores especiais, que se alimentam dos restos de todos os demais componentes do ecossistema. Sua importância está em reciclarem a matéria, tornando-a novamente disponível para os organismos da comunidade.

### OBSERVAÇÃO

Para alguns autores, os termos detritívoros e decompositores são sinônimos. Outros, entretanto, admitem diferenças: detritívoros são os animais que se alimentam de matéria orgânica morta, porém os seus dejetos ainda contêm matéria orgânica, que é atacada pelos decompositores. De acordo com esse conceito, a minhoca seria um exemplo de animal detritívoro. Já os decompositores são organismos, como as bactérias e os fungos, que fazem a transformação da matéria orgânica em inorgânica (minerais) utilizada pelas plantas. Os decompositores agem sobre os dejetos que os detritívoros eliminam e também sobre os cadáveres dos detritívoros.

Existem, ainda, autores que consideram como decompositores todos os seres vivos que se alimentam de restos de organismos ou de organismos mortos, classificando-os em três tipos: necróforos, detritívoros e microdecompositores. Para esses autores, necróforos são os animais que se alimentam de cadáveres, como fazem, por exemplo, os urubus e as hienas.

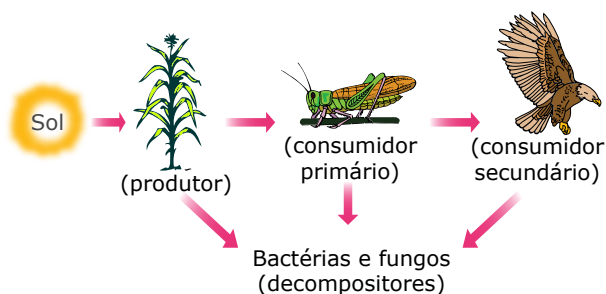
Detritívoros são os animais que comem detritos: restos de vegetais que caem das plantas (folhas, flores, frutos), restos de animais (escamas, pelos, penas, carapaças de insetos, ossos) ou, ainda, excrementos. Geralmente, os invertebrados necrófagos são também detritívoros, como acontece com moscas, besouros, formigas e muitos outros. Necrófagos e detritívoros não consomem todas as substâncias existentes nos organismos mortos ou nos restos dos organismos. O consumo completo e, portanto, o desaparecimento desses restos devem-se à atividade dos microdecompositores, representados por certos fungos e bactérias.

Em todos os ecossistemas, existe uma estreita relação de interdependência entre os produtores, os consumidores e os decompositores. Essa interdependência se manifesta, por exemplo, por meio da cadeia alimentar.

## CADEIA ALIMENTAR

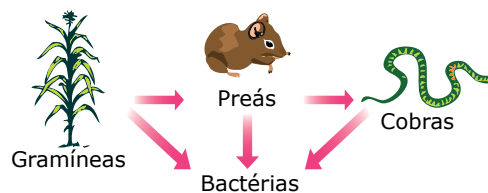
Ao obter alimento, qualquer organismo adquire energia, que utiliza para o desempenho de suas diversas atividades vitais, e matéria, isto é, substâncias e elementos químicos que serão utilizados na construção e na reparação de estruturas do corpo. Assim, é no alimento que os seres vivos obtêm matéria-prima para seu crescimento, desenvolvimento e reparação de perdas. E é por meio da cadeia alimentar que os seres vivos obtêm o alimento de que tanto necessitam.

Chama-se cadeia alimentar ou cadeia trófica a sequência linear de seres vivos em que um serve de fonte de alimento para o outro. Para ser completa, precisa ter produtores, consumidores e decompositores. As figuras a seguir mostram exemplos de cadeias alimentares.



O fluxo de matéria na cadeia alimentar é cíclico – Na figura, a matéria passa do produtor para o gafanhoto e deste para a ave. A ação dos decompositores a devolve, no estado inorgânico, ao meio ambiente.

Cada componente da cadeia constitui um **nível trófico** (nível alimentar). Dessa maneira, os produtores formam o 1º nível trófico; os consumidores primários (1ª ordem) constituem o 2º nível trófico; os consumidores secundários (2ª ordem) formam o 3º nível trófico, e assim sucessivamente. Os decompositores podem estar em diversos níveis tróficos (exceto no 1º nível), dependendo da origem dos restos orgânicos que degradam. Veja o exemplo a seguir:



Níveis tróficos – 1º nível trófico (nível dos produtores): gramíneas; 2º nível trófico (nível dos consumidores de 1ª ordem): preás; 3º nível trófico (nível dos consumidores de 2ª ordem): cobras.

A maioria dos produtores é formada por organismos fotossintetizantes e, dessa forma, a luz solar se constitui como uma fonte de energia indispensável para a manutenção dos diversos ecossistemas. Entretanto, por mais eficientes que sejam, os produtores só conseguem utilizar uma pequena parte da energia luminosa do Sol que chega à superfície da Terra. Calcula-se, aproximadamente, que apenas 47% da energia solar que atinge a nossa atmosfera chega à superfície. Entretanto, parte dessa energia é refletida e parte é absorvida e transformada em calor, que é utilizado na evaporação da água e no aquecimento da superfície, tendo um papel importante na determinação do clima e dos processos atmosféricos. Estima-se que apenas uma pequena parcela (de 1 a 2%) da luz solar que alcança a superfície terrestre seja utilizada na realização da fotossíntese.

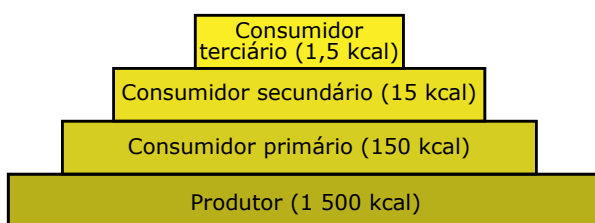
Os produtores fotossintetizantes atuam como conversores de energia: transformam a energia luminosa que absorvem em energia química. Esta fica armazenada nas moléculas orgânicas (carboidratos) fabricadas por meio da fotossíntese. A energia química é a modalidade de energia utilizada pelas células dos organismos produtores, consumidores e decompositores do ecossistema. É por meio da cadeia alimentar que parte dessa energia fixada pelos produtores é transferida aos níveis tróficos seguintes.

À medida que é transferida de um nível trófico para outro, a quantidade de energia disponível diminui, uma vez que boa parte da energia obtida por um organismo pela alimentação é gasta na manutenção de suas atividades vitais. Alguns autores consideram que, de modo geral e aproximado, cada elo da cadeia alimentar recebe apenas 10% da energia que o elo anterior recebeu.

O fato de haver essa redução da disponibilidade de energia na passagem de um nível trófico para outro faz com que as cadeias alimentares não sejam muito longas, raramente tendo mais que quatro ou cinco níveis tróficos. Quanto mais curta for a cadeia alimentar, maior será a quantidade de energia disponível para os níveis tróficos. Quanto mais distante dos produtores estiver um determinado nível trófico de consumidores, menor será a quantidade de energia útil recebida. A energia, portanto, apresenta um fluxo unidirecional e decrescente ao longo da cadeia alimentar.

O fluxo de energia entre os componentes de uma cadeia alimentar em um ecossistema pode ser representado por uma pirâmide, a **pirâmide de energia**.

A pirâmide de energia indica a quantidade de energia acumulada em cada nível trófico da cadeia alimentar e a disponibilidade de energia para o nível seguinte. Essa pirâmide nunca pode ser invertida e mostra claramente o princípio da perda de energia em cada nível trófico da cadeia.



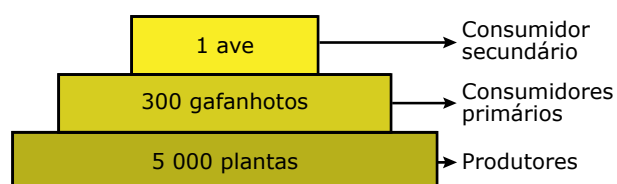
*Pirâmide de energia em um ecossistema de floresta temperada – Para cada 1 500 kcal fornecidas pela vegetação (produtores), apenas 150 kcal são efetivamente transferidas e assimiladas pelos consumidores de primeira ordem. Da mesma forma, para cada 150 kcal disponíveis desses consumidores para os de segunda ordem, só 15 kcal serão aproveitadas. O aproveitamento é cerca de um décimo da energia disponível no grupo trófico anterior.*

Um dos inconvenientes das pirâmides de energia é que nelas não há lugar adequado para os decompositores, que são uma parcela importante do ecossistema.

Além disso, muita matéria orgânica em um ecossistema pode não ser utilizada nem decomposta, ficando armazenada. As pirâmides de energia não mostram claramente a parte da energia que é armazenada.

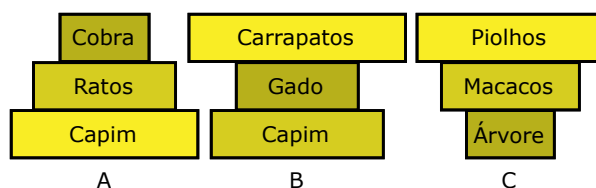
Além da pirâmide de energia, podemos representar as cadeias alimentares pelas pirâmides de número e biomassa.

A **pirâmide de números** indica a quantidade de indivíduos presentes em cada nível trófico da cadeia alimentar. Veja o exemplo a seguir:



*Pirâmide de números – No exemplo anterior, 5 000 plantas (produtores) existentes em um determinado meio são necessárias para alimentar 300 gafanhotos (consumidores primários), que, por sua vez, servirão de alimento a apenas uma ave (consumidor secundário).*

A pirâmide de números pode ou não ser invertida. Veja os exemplos a seguir:



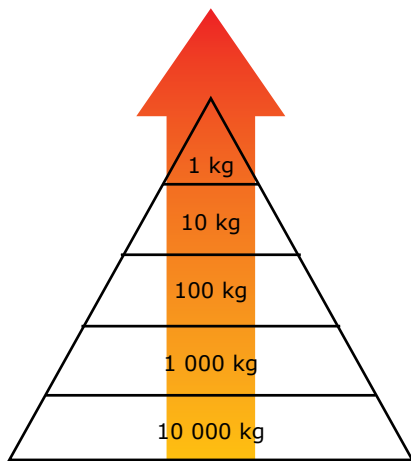
*Pirâmides de números – A. Pirâmide na qual o número de indivíduos decresce do primeiro ao último nível trófico da cadeia. B. Pirâmide mostrando um número acentuado de carrapatos em relação ao de gado, como geralmente sucede na interação parasita-hospedeiro. C. Pirâmide com vértice voltado para baixo; caracteriza os casos em que o produtor, apresentando grande porte, ocorre em número relativamente pequeno no ecossistema.*

Uma pirâmide de números tem o inconveniente de nivelar os organismos sem levar em conta seu tamanho e sem representar adequadamente a quantidade de matéria orgânica existente nos diversos níveis.

A **pirâmide de biomassa** (pirâmides das massas) representa graficamente a biomassa, ou seja, a massa de matéria orgânica dos organismos em cada nível trófico.



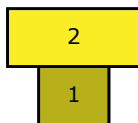
Veja o exemplo a seguir:



A pirâmide de massa ou biomassa – Repare que, nesse caso, considera-se não o número de indivíduos em cada nível trófico, mas sim a biomassa transferível de um nível trófico a outro. São necessários 10 000 kg de algas para suprir a alimentação de 1 000 kg de microcrustáceos; 1 000 kg de microcrustáceos satisfazem às necessidades de 100 kg de peixes pequenos, e assim sucessivamente. Cada nível exige uma biomassa 10 vezes maior no nível anterior porque apenas 10% da energia é transferível de um nível a outro.

O inconveniente da pirâmide de biomassa é que ela não leva em conta o fator tempo, mas apenas representa a massa biológica em um dado instante, não acusando, portanto, a velocidade com que a matéria orgânica é produzida.

Quase sempre a massa dos produtores é maior que a dos consumidores. Às vezes, no entanto, a pirâmide de biomassa pode se apresentar invertida. É o que acontece, por exemplo, nos ecossistemas marinhos, em que a biomassa dos produtores, representados pelo fitoplâncton, apresenta-se menor que a dos consumidores primários, representados pelo zooplâncton.



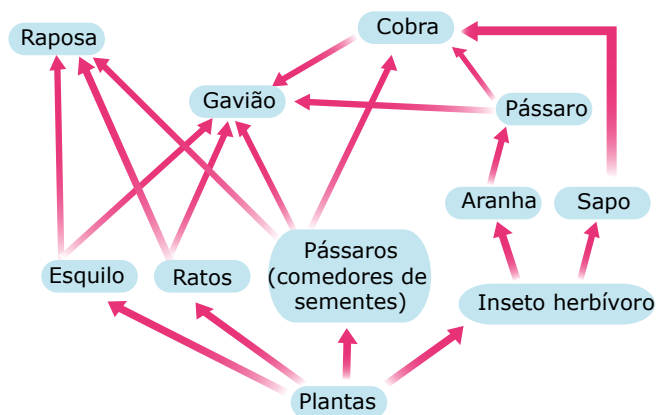
1. Fitoplâncton; 2. Zooplâncton.

Nesse exemplo, no momento da medição, a biomassa dos produtores (fitoplâncton) é menor do que a de consumidores primários (zooplâncton). Inicialmente, isso pode parecer estranho, porém, se lembrarmos que

a taxa de reprodução (potencial biótico) do fitoplâncton é muito mais elevada do que a do zooplâncton e que a velocidade de consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton é grande, fica fácil compreender como uma biomassa aparentemente menor de produtores pode sustentar uma biomassa grande de consumidores primários. Isso acontece exatamente pelo fato de não se levar em consideração o fator tempo na construção de uma pirâmide de biomassa. Fica claro que, se a produtividade (que leva o tempo em consideração) tivesse sido medida, e não a biomassa, a pirâmide do exemplo seria bem mais larga na base. A inversão da pirâmide aparece porque a medição da biomassa é relativa apenas àquele momento e não considera a taxa de renovação da matéria orgânica (a velocidade de reprodução do fitoplâncton é maior que a do zooplâncton, o que permite a sua rápida renovação).

## TEIA ALIMENTAR

Nos diversos ecossistemas, diferentes cadeias alimentares acabam se entrelaçando, resultando em uma teia ou rede alimentar. A teia alimentar, portanto, é um conjunto de diversas cadeias alimentares entrelaçadas. Veja o exemplo a seguir:

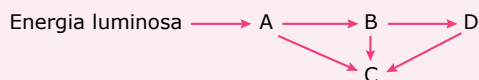


Teia alimentar – Em uma teia alimentar, a matéria das plantas (produtores) pode seguir diferentes caminhos. Por exemplo, as plantas podem ser fonte de alimento para o esquilo que, por sua vez, pode servir de alimento para o gavião; ou podem ser consumidas por um inseto herbívoro que, por sua vez, serve de alimento para a aranha. A aranha serve de alimento para o pássaro que, por sua vez, é alimento da cobra e esta, por sua vez, serve de alimento para o gavião.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (Cesgranrio) O girino vive na água e, após a metamorfose, passa a viver em terra firme; quando adulto, oculta-se durante o dia, em lugares sombrios e úmidos para proteger-se de predadores e evitar a dessecação. Ao entardecer, abandona seu refúgio à procura de alimento. Como o acasalamento se realiza na água, vive próximo a rios e lagoas. Essa descrição do modo de vida do sapo representa o seu
- A) *habitat*. D) ecossistema.  
B) nicho ecológico. E) biótopo.  
C) bioma.
- 02.** (FCMSC-SP) Um animal que caça aves que se alimentam de sementes é
- A) produtor.  
B) decompositor.  
C) consumidor de 1ª ordem.  
D) consumidor de 2ª ordem.  
E) consumidor de 3ª ordem.
- 03.** (UFMG) Considere o seguinte fluxo de energia nos seres vivos:



A alternativa que indica o tipo de nutrição dos indivíduos **B, C e D**, respectivamente, é

- A) herbívoro, herbívoro, onívoro.  
B) onívoro, herbívoro, carnívoro.  
C) herbívoro, onívoro, carnívoro.  
D) herbívoro, onívoro, herbívoro.  
E) saprófita, carnívoro, herbívoro.
- 04.** (Cesgranrio) Em uma cadeia trófica, a energia química armazenada nos compostos orgânicos dos seus produtores é transferida para os demais componentes da cadeia. A experiência comprova que essa energia, ao passar de um nível trófico para outro,
- A) aumenta rapidamente.  
B) diminui gradativamente.  
C) é toda consumida.  
D) permanece inalterada.  
E) aumenta lentamente.
- 05.** (Vunesp) As cadeias alimentares podem ser representadas graficamente por pirâmides ecológicas, nas quais cada degrau representa um nível trófico. As pirâmides podem representar o número de indivíduos, a biomassa ou a energia em cada nível da cadeia, e a extensão de cada degrau depende dos componentes do nível.

Uma pirâmide invertida, com a base menor e o topo maior, poderia representar

- A) a energia ou a biomassa ou o número de indivíduos.  
B) a energia, mas não a biomassa ou o número de indivíduos.  
C) o número de indivíduos ou a biomassa, mas não a energia.  
D) o número de indivíduos ou a energia, mas não a biomassa.  
E) o número de indivíduos, a biomassa ou a energia.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

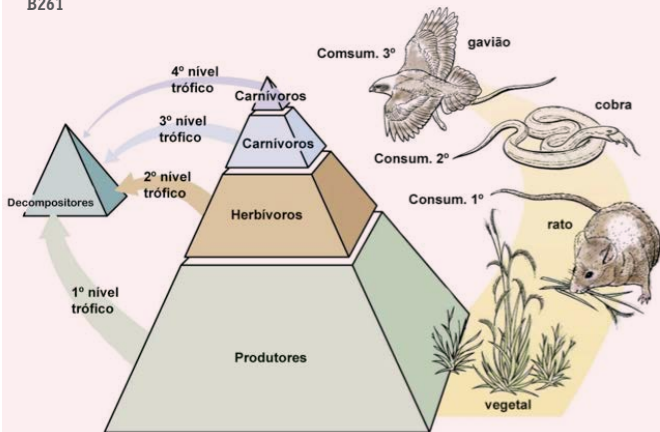


- 01.** (PUC Minas) Leia atentamente as afirmativas a seguir:
- 36CW  
I. O Sol é a fonte primária de energia para a biosfera.  
II. O fluxo de energia em um ecossistema é unidirecional.  
III. Quanto maior o número de níveis tróficos em uma cadeia ecológica, maior será a quantidade de energia disponível no último nível trófico.

Assinale,

- A) se apenas as afirmativas I e II são verdadeiras.  
B) se apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.  
C) se apenas as afirmativas II e III são verdadeiras.  
D) se as afirmativas I, II e III são verdadeiras.  
E) se apenas a afirmativa II é verdadeira.
- 02.** (FUVEST-SP-2017) Recentemente, pesquisadores descobriram, no Brasil, uma larva de mosca que se alimenta das presas capturadas por uma planta carnívora chamada drósera. Essa planta, além do nitrogênio do solo, aproveita o nitrogênio proveniente das presas para a síntese proteica; já a síntese de carboidratos ocorre como nas demais plantas. As larvas da mosca, por sua vez, alimentam-se dessas mesmas presas para obtenção da energia necessária a seus processos vitais.
- Com base nessas informações, é correto afirmar que a drósera
- A) e a larva da mosca são heterotróficas; a larva da mosca é um decompositor.  
B) e a larva da mosca são autotróficas; a drósera é um produtor.  
C) é heterotrófica e a larva da mosca é autotrófica; a larva da mosca é um consumidor.  
D) é autotrófica e a larva da mosca é heterotrófica; a drósera é um decompositor.  
E) é autotrófica e a larva da mosca é heterotrófica; a drósera é um produtor.

03. (Unifor-CE-2016)  
B261



Disponível em: <<http://animais.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/cadeiaalimentar/Cadeia-Alimentar-dos-Animais-13.png>>.

Considerando a figura, que ilustra cadeia alimentar e níveis tróficos, é correto o que se afirma em:

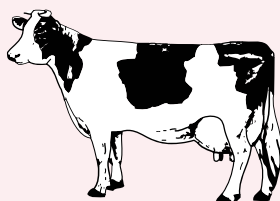
- A) na figura anterior o rato é um componente biótico classificado como ser autotrófico pois alimenta-se de vegetais.
- B) os herbívoros são classificados como seres heterotróficos, pois são capazes de sintetizarem seu próprio alimento.
- C) o gavião é um consumidor terciário portanto, neste caso, pertence ao terceiro nível trófico.
- D) a cobra é um consumidor secundário do tipo carnívoro que se alimenta de um ser herbívoro.
- E) os produtores são seres autotróficos dependentes dos decompositores para obterem a energia para realização da fotossíntese.

04. (UFRR-2016)  
JYZ6

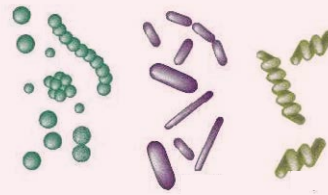
**I. Capim**



**II. Vaca**



**III. Micro-organismos**



Os seres vivos podem ser organizados de acordo com as relações de alimentação existentes entre eles. Essas relações costumam ser representadas por meio de diagramas denominados teias alimentares ou redes alimentares.

De acordo com as figuras e suas respectivas legendas, o que representa corretamente I, II e III?

- A) I. Produtor, II. Consumidor primário, III. Decompositor.
- B) I. Decompositor, II. Consumidor primário, III. Produtor.
- C) I. Consumidor primário, II. Consumidor secundário, III. Consumidor terciário.
- D) I. Produtor, II. Decompositor, III. Produtor.
- E) I. Produtor, II. Produtor, III. Decompositor.

05. (Unicamp-SP-2016) Em uma pirâmide de energia, as plantas têm importante papel na captação e transformação da energia luminosa e são responsáveis pela produtividade primária líquida. Nessa pirâmide, aparecem ainda os herbívoros e os carnívoros, que acumulam energia e determinam assim a produtividade secundária líquida. Sobre as pirâmides de energia, é correto afirmar que

- A) a energia é conservada entre os níveis tróficos.
- B) a respiração dos autótrofos é uma fonte de energia para os heterótrofos.
- C) a produtividade primária líquida é representada na base da pirâmide.
- D) a excreção é uma fonte de energia para os níveis tróficos superiores.

06. (FUVEST-SP-2016) Em relação ao fluxo de energia na biosfera, considere que

- A representa a energia captada pelos produtores;
- B representa a energia liberada (perdida) pelos seres vivos;
- C representa a energia retida (incorporada) pelos seres vivos.

A relação entre A, B e C na biosfera está representada em:

- A)  $A < B < C$ .
- B)  $A < C < B$ .
- C)  $A = B = C$ .
- D)  $A = B + C$ .
- E)  $A + C = B$ .







- 04.** (Enem) Estudos de fluxo de energia em ecossistemas demonstram que a alta produtividade nos manguezais está diretamente relacionada às taxas de produção primária líquida e à rápida reciclagem dos nutrientes. Como exemplo de seres vivos encontrados nesse ambiente, temos: aves, caranguejos, insetos, peixes e algas.

Dos grupos de seres vivos citados, os que contribuem diretamente para a manutenção dessa produtividade no referido ecossistema são

- A) aves. D) insetos.  
B) algas. E) caranguejos.  
C) peixes.

- 05.** (Enem) Os personagens da figura estão representando uma situação hipotética de cadeia alimentar.



Disponível em: <<http://www.cienciasgaspar.blogspot.com>>.

Suponha que, em cena anterior à apresentada, o homem tenha se alimentado de frutas e grãos que conseguiu coletar. Na hipótese de, nas próximas cenas, o tigre ser bem-sucedido e, posteriormente, servir de alimento aos abutres, tigre e abutres ocuparão, respectivamente, os níveis tróficos de

- A) produtor e consumidor primário.  
B) consumidor primário e consumidor secundário.  
C) consumidor secundário e consumidor terciário.  
D) consumidor terciário e produtor.  
E) consumidor secundário e consumidor primário.
- 06.** (Enem) Um estudo recente feito no Pantanal dá uma boa ideia de como o equilíbrio entre as espécies, na natureza, é um verdadeiro quebra-cabeça. As peças do quebra-cabeça são o tucano-toco, a arara-azul e o manduvi. O tucano-toco é o único pássaro que consegue abrir o fruto e engolir a semente do manduvi, sendo, assim, o principal dispersor de suas sementes. O manduvi, por sua vez, é uma das poucas árvores onde as araras-azuis fazem seus ninhos.

Até aqui, tudo parece bem encaixado, mas... é justamente o tucano-toco o maior predador de ovos de arara-azul – mais da metade dos ovos das araras são predados pelos tucanos. Então, ficamos na seguinte encruzilhada: se não há tucanos-toco, os manduvis se extinguem, pois não há dispersão de suas sementes e não surgem novos manduvinhos, e isso afeta as araras-azuis, que não têm onde fazer seus ninhos. Se, por outro lado, há muitos tucanos-toco, eles dispersam as sementes dos manduvis, e as araras-azuis têm muito lugar para fazer seus ninhos, mas seus ovos são muito predados.

Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>> (Adaptação).

De acordo com a situação descrita,

- A) o manduvi depende diretamente tanto do tucano-toco como da arara-azul para sua sobrevivência.  
B) o tucano-toco, depois de engolir sementes de manduvi, digere-as e torna-as inviáveis.  
C) a conservação da arara-azul exige a redução da população de manduvis e o aumento da população de tucanos-toco.  
D) a conservação das araras-azuis depende também da conservação dos tucanos-toco, apesar de estes serem predadores daquelas.  
E) a derrubada de manduvis em decorrência do desmatamento diminui a disponibilidade de locais para os tucanos fazerem seus ninhos.

- 07.** (Enem) Há quatro séculos alguns animais domésticos foram introduzidos na Ilha da Trindade como “reserva de alimento”.

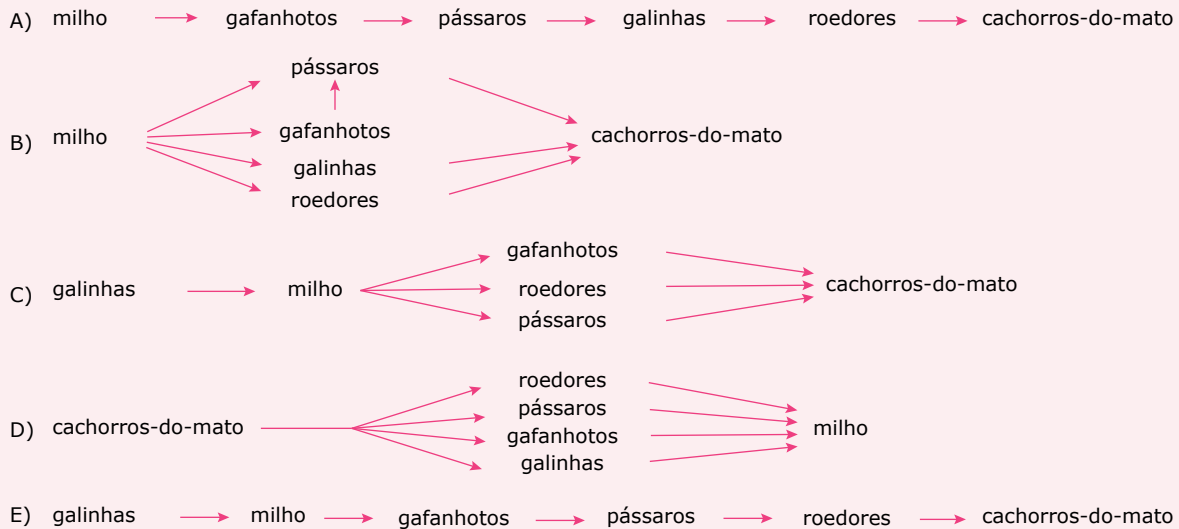
Porcos e cabras soltos davam boa carne aos navegantes de passagem, cansados de tanto peixe no cardápio. Entretanto, as cabras consumiram toda a vegetação rasteira e ainda comeram a casca dos arbustos sobreviventes. Os porcos revolveram raízes e a terra na busca de semente. Depois de consumir todo o verde, de volta ao estado selvagem, os porcos passaram a devorar qualquer coisa: ovos de tartarugas, de aves marinhas, caranguejos e até cabritos pequenos.

Com base nos fatos anteriores, pode-se afirmar que

- A) a introdução desses animais domésticos trouxe, com o passar dos anos, o equilíbrio ecológico.  
B) o ecossistema da Ilha da Trindade foi alterado, pois não houve uma interação equilibrada entre os seres vivos.  
C) a principal alteração do ecossistema foi a presença dos homens, pois animais nunca geram desequilíbrios no ecossistema.  
D) o desequilíbrio só apareceu quando os porcos começaram a comer os cabritos pequenos.  
E) o aumento da biodiversidade, a longo prazo, foi favorecido pela introdução de mais dois tipos de animais na ilha.

**08.** (Enem) Um agricultor, que possui uma plantação de milho e uma criação de galinhas, passou a ter sérios problemas com os cachorros-do-mato que atacavam sua criação. O agricultor, ajudado pelos vizinhos, exterminou os cachorros-do-mato da região. Passado pouco tempo, houve um grande aumento no número de pássaros e roedores, que passaram a atacar as lavouras. Nova campanha de extermínio e, logo depois da destruição dos pássaros e roedores, uma grande praga de gafanhotos destruiu totalmente a plantação de milho e as galinhas ficaram sem alimento.

Analisando o caso descrito, podemos perceber que houve desequilíbrio na teia alimentar representada por



## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. D
- 03. C
- 04. B
- 05. C

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. E
- 03. D
- 04. A
- 05. C
- 06. D
- 13.
- A) Sim. Os organismos que estão na base da pirâmide são autótrofos e esses seres, por meio da fotossíntese, são os únicos que conseguem produzir em suas células matéria orgânica (glicose, por exemplo) a partir de substâncias inorgânicas (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>).
- 07. C
- 08. E
- 09. A
- 10. D
- 11. D
- 12. B

Primariamente, a energia utilizada por todos os seres vivos do ecossistema (produtores, consumidores e decompositores) está contida nessa matéria orgânica sintetizada pelos autótrofos.

- B) Os decompositores podem obter energia de seres que ocupam todos os níveis tróficos e, assim, podem ocupar qualquer nível da cadeia, exceto o dos produtores.
- 14. B
- 15.
- A) A renovação das comunidades vegetais pelos grandes mamíferos está relacionada principalmente à herbivoria, que contribui para o aumento da diversidade, e à dispersão de sementes, responsável pela renovação da floresta.
- B) Consumidor primário.
- C) A ausência de antas e queixadas levará ao declínio das populações de seus consumidores.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. A
- 03. D
- 04. B
- 05. C
- 06. D
- 07. B
- 08. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Ecosistemas

### ECOSSISTEMAS TERRESTRES

A biosfera pode ser subdividida em biociclos: biociclo terrestre (epinociclo), biociclo dulcícola (limnociclo) e biociclo de água salgada (talassociclo).

Os biociclos, por sua vez, podem ser subdivididos em unidades chamadas biocoros ou biocoras. As Florestas e os Campos, por exemplo, são biocoros do biociclo terrestre. Cada biocoro também pode ser subdividido em partes denominadas biomas. O biocoro floresta, por exemplo, apresenta vários biomas com características bióticas e abióticas próprias: Floresta Tropical, Floresta Temperada, Floresta de Coníferas, etc. Os biomas, portanto, são grandes ecossistemas com fauna, flora e clima próprios, constituídos por comunidades que atingiram o estágio de clímax. Assim, as Florestas, os Campos e os Desertos são exemplos de biomas terrestres. Já os Lagos e os Mares são exemplos de biomas aquáticos.

#### OBSERVAÇÕES

- Alguns autores utilizam o termo bioma para designar apenas ecossistemas terrestres. Outros usam a palavra, indistintamente, para denominar grandes ecossistemas, incluindo os aquáticos.
- O estado de clímax atingido por um bioma depende de um grande número de fatores, tais como a latitude, as temperaturas médias e extremas da região, o relevo, o regime de chuvas e o tipo de solo.
- A identificação dos biomas terrestres é feita principalmente por meio da vegetação que apresentam. Por isso, são também conhecidos como formações fitogeográficas, isto é, formações vegetais típicas de determinadas regiões. Os principais biomas terrestres são: Tundra, Florestas de Coníferas, Florestas Temperadas, Florestas Tropicais, Campos e Desertos. Um mesmo tipo de bioma terrestre pode estar presente em mais de uma região do planeta. Por exemplo: o bioma do tipo Floresta Tropical existe em parte da América do Sul e em regiões da África e da Ásia; o mesmo ocorre com o bioma do tipo Deserto, que é encontrado em várias partes da Terra.

### Tundra

Localizado no Hemisfério Norte, abaixo da zona de gelo permanente (calota polar), esse bioma circunda o Polo Norte, compreendendo a parte norte do Alasca, do Canadá, da Groenlândia, da Noruega, da Suécia, da Finlândia e da Sibéria.

Na Tundra, há apenas duas estações: verão e inverno. O verão é de curta duração (2 a 3 meses), com temperaturas em torno de 10 °C. Nesse curto verão, surgem áreas onde o solo degela apenas superficialmente e a camada inferior permanece congelada (*permafrost*), o que impede a drenagem da água do degelo e leva à formação de poças e lagoas, apesar de a precipitação anual ser muito baixa.

No inverno, que se estende pela maior parte do ano (cerca de 10 meses), as camadas superficiais do solo também ficam congeladas.

É um bioma que recebe pouca energia radiante proveniente do Sol e pouca luminosidade. A precipitação é pequena, ocorrendo normalmente sob a forma de neve.

A vegetação é pouco exuberante e se desenvolve, predominantemente, durante os meses de verão e nas áreas onde o solo degela superficialmente. Ao norte, predominam os musgos e líquens, e mais ao sul, onde a temperatura é um pouco mais elevada, são encontrados também pequenos arbustos. Nesse bioma não existem árvores. No inverno, essa vegetação praticamente desaparece, em consequência do frio intenso e da seca fisiológica (fenômeno no qual os solos frios permitem pouca absorção de água, e os solos gelados, nenhuma). Assim, não é a temperatura baixa que diretamente provoca a pobreza da vegetação e, especialmente, a inexistência de árvores: é a disponibilidade de água que impõe limites ao desenvolvimento da vegetação na Tundra.

A fauna é constituída por rena, caribu, boi almiscarado, urso polar, lobo-do-ártico, raposa-do-ártico, lebre-do-ártico, lemingues (pequenos roedores), coruja-das-neves, ptármigas ou ptarmigans (aves do tamanho de um pombo), perdiz branca e poucas espécies de insetos (embora o número de indivíduos por espécie seja grande, notadamente o de dípteros, vulgarmente chamados de moscas e mosquitos).



Caribu

Lemingue



Boi almiscarado

Fauna típica da Tundra.

A vegetação serve de alimento a animais herbívoros, como a rena, o caribu, o boi almiscarado, os lemingues e as lebres-do-ártico. Esses herbívoros, por sua vez, são alimentos de carnívoros, como o lobo-do-ártico, a raposa-do-ártico e a coruja-das-neves.

No inverno, o frio intenso, a escuridão e a escassez de alimento limitam a presença de alguns grupos de seres vivos nessa região. Assim, muitos animais migram para outras regiões em busca de melhores condições de sobrevivência. Grandes mamíferos, como a rena e o caribu, migram para o sul, em direção à Taiga; algumas aves migram para outras regiões. Entretanto, alguns animais, como as ptármigas, a lebre ártica, a raposa-do-ártico, o urso polar e os insetos vivem o ano inteiro nessa região.

Entre as adaptações morfofisiológicas apresentadas pelos animais da Tundra para sobreviverem às condições ambientais do inverno rigoroso, estão as seguintes:

- Presença de pelos longos (ou penas desenvolvidas, no caso das aves), densamente distribuídos, de maneira a reter um "colchão" de ar circundante e termoisolante, o que dificulta a perda de calor para o meio externo.
- Hipoderme (camada de tecido adiposo situada sob a derme) normalmente espessa, constituindo outra barreira térmica que dificulta a perda de calor para o meio externo.
- Extremidades corporais, como orelhas, caudas e patas, menores. Assim, a perda de calor é reduzida, o que auxilia na manutenção da temperatura do corpo. Em regiões quentes, os mamíferos, ao contrário do que ocorre na Tundra, apresentam extremidades maiores, o que ajuda a dissipar o calor para o meio externo com maior facilidade.
- Alguns, como é o caso dos lemingues, evitam os ventos violentos cavando tocas sob a neve, onde se abrigam. Nesses locais, protegidos das baixas temperaturas, consomem as partes subterrâneas dos vegetais ou o suprimento de sementes que armazenaram durante o verão.
- Outros, como é o caso dos insetos, permanecem dormentes no inverno. A maioria dos insetos se encontra, nessa época do ano, na fase de ovo ou de larva.
- Muitos animais são capazes de desenvolver camuflagem, mudando a coloração dos pelos ou das penas, de modo a se confundirem com a coloração do ambiente. Camuflados, os animais têm facilitado o processo de capturar suas presas ou de fugir de seus predadores. Por exemplo: a raposa-do-ártico, a lebre-do-ártico e a perdiz branca possuem no verão uma pelagem (ou plumagem, no caso das aves) acinzentada, que as confunde com a coloração cinza-esverdeada da vegetação formada por musgos e líquens; no inverno, exibem pelos (ou penas) brancos, confundindo-se, assim, com a neve.

## Florestas de Coníferas

Localizadas também no Hemisfério Norte, logo ao sul da Tundra, estendem-se por todo o norte da Sibéria e do Canadá. A palavra "Taiga" (de origem russa) é usada para designar as Florestas de Coníferas existentes na Sibéria. A taiga siberiana é a mais vasta floresta do mundo, ocupando uma área de, aproximadamente, 8 milhões de km<sup>2</sup>.

Assim como acontece na Tundra, as Florestas de Coníferas apresentam apenas duas estações: verão e inverno. O verão dura de 3 a 6 meses e apresenta dias mais quentes do que os da Tundra, já que o bioma está mais próximo do Equador e recebe mais energia radiante do Sol. Os dias de verão não são tão longos, mas são mais quentes, e o solo degela-se completamente. O inverno é tão rigoroso quanto o da Tundra, porém com menor duração (6 a 9 meses).

A vegetação é constituída, predominantemente, por coníferas, como os pinheiros e abetos. As coníferas são plantas do grupo das gimnospermas. Musgos, líquens e arbustos também aparecem. A vegetação rasteira é escassa, já que chega pouca luz ao solo (a copa das árvores de maior porte impede a penetração do Sol). Na superfície do solo, há um tapete de folhas e ramos mortos, onde se desenvolvem alguns fungos.

As coníferas não perdem as folhas no inverno, permanecendo sempre verdes. Como no inverno o solo congela, as coníferas possuem algumas adaptações que lhes permitem sobreviver nessas condições desfavoráveis de seca fisiológica.

Essas adaptações são:

- Folhas aciculares (finas e compridas, à semelhança de agulhas) revestidas por uma camada de cera, que reduz a perda de água durante todo o período em que o solo está gelado e as raízes não podem realizar a absorção. Os ramos curvam-se sob o peso da neve, até que esta, deslizando, se desprenda. Pelo fato de sua vegetação ser formada basicamente por árvores portadoras de folhas aciculares, esse bioma também é conhecido como Floresta Aciculifoliada.
- Troncos recobertos por espessa camada de súber (cortiça), que age como isolante térmico, protegendo os tecidos mais internos.

A fauna está representada, principalmente, por alces, cervos, lincos, martas, ursos pardos, lobos, raposas vermelhas, lebres americanas, porcos-espinho, esquilos, camundongos, aves e insetos, além dos animais que migram da Tundra.



Fauna típica das Florestas de Coníferas.



No inverno, os animais das Florestas de Coníferas encontram condições muito semelhantes às que vimos na Tundra. Os esquilos e ursos dormem por longos períodos, embora não hibernem totalmente. Os insetos hibernam.

### OBSERVAÇÃO

Os pássaros insetívoros migram para o sul, e os que se alimentam de sementes voam em busca de lugares onde a produção de cones dos pinheiros foi mais abundante. Lobos, lincas e outros permanecem na Floresta de Coníferas, obtendo alimento por meio de suas atividades predatórias.

## Florestas Temperadas Decíduas

São típicas de regiões de clima temperado, com as quatro estações do ano bem definidas, sendo encontradas predominantemente no Hemisfério Norte, ao leste dos Estados Unidos, oeste da Europa e leste da Ásia (Coreia, Japão e partes da China).

A flora apresenta uma grande diversidade de espécies, com uma vegetação predominantemente arbórea, constituída por carvalhos, magnólias, faias, nogueiras, etc. Essas árvores são decíduas (do latim *deciduus*, que cai) ou caducas (do latim *caducus*, que cai), isto é, perdem todas as suas folhas no final do outono, vindo daí o nome Floresta Decídua ou Floresta Caducifoliada. Essa queda das folhas também é uma adaptação que protege a planta da seca fisiológica, já que, uma vez sem as folhas, ela conserva mais a água em seu corpo durante o inverno, período em que a maior parte dessa substância fica imobilizada no solo devido às baixas temperaturas.

Além das árvores de grande porte, aparecem também arbustos, gramíneas e musgos.

Nessas florestas, chegam a existir até quatro estratos (camadas) de vegetação. São eles:

- Uma camada de árvores, geralmente de 8 a 30 metros de altura, que forma uma cobertura vegetal contínua. Esta, evidentemente, é a camada de vegetação que recebe a luz do Sol mais intensamente.
- Uma camada de arbustos, que chega a uma altura aproximada de 5 metros. Os arbustos assemelham-se às árvores, mas se ramificam próximo ou rente ao solo.
- Uma camada de gramíneas e também de pteridófitas (samambaias, por exemplo).
- Uma camada mais rasteira, constituída por briófitas (musgos e hepáticas). Abaixo dessa camada, encontra-se um solo rico em nutrientes, originários principalmente da decomposição das folhas que caem no solo.

A fauna é rica e bastante diversificada. Nas Florestas Decíduas, são encontrados diversos mamíferos (ursos, veados, lobos, javalis, raposas, esquilos, leões-da-montanha, gambás, lebres, ratos silvestres), répteis, anfíbios, inúmeras espécies de aves e insetos (coleópteros, como besouros e joaninhas, são os mais abundantes). No solo, também são encontrados muitos protozoários e helmintos (vermes).

## Florestas Pluviais Tropicais

Encontradas na América Central, América do Sul, África, Ásia e Austrália.

Devido ao fato de esses biomas se localizarem na faixa equatorial (baixa latitude), a quantidade de energia radiante do Sol que recebem é elevada durante todo o ano. O índice de precipitação também é alto, com chuvas abundantes e regulares (daí a denominação Florestas Pluviais). As temperaturas médias são altas (21 a 32 °C). Portanto, são biomas que apresentam clima quente e úmido.

Entre os biomas terrestres, essas florestas são as que apresentam a maior variedade florística e faunística.

A vegetação é exuberante, apresentando folhas largas, e por isso essas plantas são ditas latifoliadas (do latim *latus*, largo, amplo, e *folia*, folha); têm grande superfície transpiratória, o que não traz problemas de desidratação, uma vez que a disponibilidade de água no ambiente é abundante. A cerificação observada nas folhas, notadamente na face superior, destina-se à defesa contra o excesso de luz. As folhas das árvores não caem todas de uma só vez, como acontece nas Florestas Temperadas Decíduas e, por isso, essas plantas são também denominadas perenifólias (do latim *perennis*, perpétuo, duradouro). Suas folhas caem gradualmente, sendo logo substituídas por outras.

Assim como nas Florestas Temperadas Decíduas, a vegetação das Florestas Pluviais Tropicais tem uma nítida estratificação vertical. No primeiro estrato, ficam as copas das árvores mais altas (que podem atingir 40 metros ou mais). Debaixo dessa cobertura, vem um outro estrato formado por árvores de menor porte e, em seguida, vem um estrato formado por arbustos, com poucos metros de altura. Sobre os troncos das árvores e arbustos, desenvolvem-se muitos líquens, bromélias e samambaias. É grande o número de parasitas e epífitas. A vegetação rasteira, próxima ao solo, é escassa devido à pequena quantidade de luz que recebe. Alguns cálculos mostram que, em certas Florestas Tropicais, chega ao solo cerca de 500 vezes menos luz que nas copas das árvores mais altas.

Os teores de oxigênio, umidade e temperatura também são diferentes nos diversos estratos dessa vegetação. Por exemplo: as copas das camadas superiores se aquecem muito durante o dia, porém perdem calor rapidamente à noite. Ao contrário, nas camadas mais inferiores, a temperatura varia muito pouco. Assim, apesar de o bioma estar submetido a um clima geral, existem microclimas distintos nos diferentes estratos.

A enorme quantidade de nichos ecológicos presentes nessas florestas permite a existência de uma fauna rica e diversificada, constituída por muitos mamíferos arborícolas (macacos, lêmures, bichos-preguiça), mamíferos terrícolas (cotias, antas, capivaras, veados, onças, tapires), muitas espécies de aves, répteis (cobras, lagartos), anfíbios (sapos, pererecas), insetos (mosquitos, besouros, formigas), etc.



No solo das Florestas Pluviais Tropicais, bactérias e fungos degradam rapidamente as folhas que caem e outros restos orgânicos. Nesse solo, não chega a ocorrer o acúmulo de nutrientes decorrente da decomposição, como ocorre no solo das Florestas Temperadas. A matéria orgânica que atinge o solo é prontamente degradada, uma vez que altas temperaturas e umidade aceleram os processos de decomposição. Os nutrientes minerais resultantes da decomposição são prontamente absorvidos pela vegetação. Por isso, no solo dessas florestas não há, via de regra, acúmulo de nutrientes minerais.

As árvores têm, em geral, raízes pouco profundas, sendo, por isso, facilmente derrubadas nos desmatamentos. No entanto, o desmatamento leva a um rápido empobrecimento do solo, já que as águas das chuvas lavam os minerais, carregando-os para os cursos de água e lençóis subterrâneos. Por isso, esses solos, normalmente, não se prestam à agricultura. Após o desmatamento, sofrem erosão rápida ou então endurecem, formando crostas espessas, de difícil cultivo.

## Campos

Encontrados tanto em regiões tropicais quanto em temperadas, recebem diferentes denominações, conforme as regiões e países em que se desenvolvem. Podem ser classificados em Estepes e Savanas.

## Estepes

Campos onde há nítido predomínio das gramíneas, encontrados em regiões cujo clima apresenta períodos de seca. As pradarias da América do Norte e os pampas da Argentina, Uruguai e do Sul do Brasil são exemplos de Estepes.

Nas pradarias americanas, a vegetação, predominantemente constituída por gramíneas, pode variar de meio metro a dois metros de altura. Antílopes americanos, bisões, lobos, coiotes, raposas, roedores, cobras, aves insetívoras, gaviões, corujas e muitos insetos são exemplos de animais encontrados nas pradarias da América do Norte.

Nos Pampas, a vegetação predominante é também constituída por gramíneas, mas estas raramente ultrapassam 50 cm de altura. Tatus, diversas espécies de roedores, carnívoros (guaraxaim, gato-dos-pampas), grande variedade de répteis (cobras e lagartos), aves (quero-quero, seriema, chimango-carrapateiro), insetos, aranhas são exemplos de representantes da fauna dos Pampas.



Fauna típica dos Pampas.

## Savanas

Formações em que estão presentes arbustos e árvores de pequeno porte, além de gramíneas. Esse tipo de bioma é encontrado na África, na Ásia, na Austrália e nas Américas. As savanas africanas e o campo cerrado (Cerrado) do Brasil são exemplos desse tipo de bioma.

Como exemplos de representantes da fauna das savanas africanas, podemos citar: herbívoros de grande porte (antílopes, zebras, girafas, elefantes, rinocerontes), carnívoros (leões, leopardos), diversas espécies de aves (muitas delas corredoras, como o avestruz), répteis (cobras e lagartos) e muitas espécies de artrópodes (insetos, aracnídeos).

No Cerrado, a fauna é constituída por tatus, veados, grande variedade de roedores (capivara, paca, cutia, preá), carnívoros (onça-parda, cachorro-do-mato, lobo-guará), muitas aves (corujas, gaviões, emas, seriemas), numerosas cobras e muitos insetos.

## Desertos

Aparecem na África, Ásia, Austrália, América do Norte e América do Sul. O deserto do Saara, que se estende da costa atlântica da África até a Arábia, é o maior do mundo.

Os Desertos são biomas de baixa pluviosidade e baixa umidade do ar. Durante o dia, as temperaturas são altas (frequentemente ultrapassam os 40 °C) e, não havendo quantidade suficiente de vapor-d'água para fazer a retenção de calor, as noites são, em geral, extremamente frias. Pode haver variações de 30 °C ou mais entre o dia e a noite.

Não é a areia, como muita gente pensa, que caracteriza o Deserto, e sim a sua aridez. No Saara, por exemplo, apenas 30% do território é coberto por areia. A maior parte do Saara e dos outros desertos apresenta uma superfície rochosa ou de barro ressecado. Em todos eles, as chuvas são escassas, o que limita o desenvolvimento da vida vegetal e animal.

A vegetação é pouco abundante e distribuída de forma esparsa. Uma planta no Deserto tem de aproveitar ao máximo a pouca água disponível. Assim, muitas raízes e folhas de certas plantas produzem substâncias que inibem o crescimento de outras nas proximidades.

Gramíneas e plantas arbustivas, como as cactáceas, constituem a vegetação predominante desse bioma. Muitas dessas plantas só conseguem aí sobreviver porque possuem adaptações a um ambiente de seca e, por isso, são denominadas xerófitas. Nas cactáceas, por exemplo, os caules, que são verdes e fazem fotossíntese, armazenam água em um tecido especial, o parênquima aquífero, enquanto as folhas estão modificadas em espinhos, o que diminui a superfície de perda de água por meio da transpiração. As raízes de muitas plantas dos Desertos são profundas, chegando a atingir lençóis subterrâneos, enquanto outras têm raízes superficiais, capazes de aproveitar rapidamente a água de eventuais chuvas.

Muitas plantas desse bioma desenvolvem-se e completam o ciclo semente-flor-semente apenas durante os breves períodos em que há disponibilidade de água. Nessa época, suas sementes germinam, originando novas plantas, que florescem, produzem novas sementes e morrem. Essas novas sementes só vão germinar em outro período de chuva.

A fauna é constituída por escorpiões, lacraias, insetos, cobras, lagartos, algumas aves e mamíferos (ratos, coiotes, camelos).

Os animais possuem adaptações especiais que lhes permitem viver nas condições ambientais desse bioma. Os mamíferos do Deserto, por exemplo, têm urina e fezes concentradas, ausência ou redução das glândulas sudoríparas, maior utilização da água metabólica e uma tolerância maior à desidratação. O camelo consegue sobreviver perdendo até 40% da água corpórea, ao contrário da maioria dos mamíferos em que a perda de 10 a 20% da água corpórea leva à morte.

A presença de uma pelagem clara e densa em muitos animais é outra adaptação contra a desidratação: os pelos atuam como uma barreira que retarda o aquecimento do animal. Constatou-se experimentalmente que camelos tosquiados (com pelos em torno de 1 cm de comprimento) desidratam-se mais rapidamente que camelos não tosquiados.

Muitos pequenos mamíferos desse bioma, como o rato-canguru, podem passar a vida inteira sem beber água, obtendo toda a água de que necessitam das plantas que comem.

A maioria dos animais do Deserto também tem hábitos noturnos, isto é, são mais ativos à noite, quando as condições de temperatura são mais amenas.

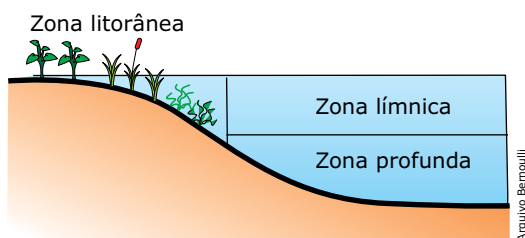
## ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

### Limnóciclo

O limnóciclo ou biociclo dulcícola compreende ecossistemas de águas lênticas (águas paradas, sem correntezas) e de águas lóticicas (águas correntes).

As águas lênticas estão representadas, principalmente, pelos lagos e lagoas. Os lagos são depressões na superfície dos continentes nas quais existe uma extensão considerável de água parada, cercada de terra. O nome lagoa é dado, de um modo geral, às pequenas massas de água, suficientemente rasas para que plantas com raízes cresçam na maior parte do fundo.

Esses ecossistemas podem apresentar três regiões ou zonas: litorânea, límnica e profunda.



Zonas de um lago.

- A) Zona litorânea** – Parte mais periférica do lago e mais ricamente habitada. Aí são encontradas muitas espécies de plantas enraizadas no fundo, plantas flutuantes, plantas totalmente submersas e muitos animais, como moluscos, artrópodes, anfíbios e peixes.

- B) Zona límnica** – Parte mais central ou interna do lago e que se estende até a profundidade de penetração da luz. É muito rica em plâncton (fitoplâncton e zooplâncton). O plâncton é o conjunto dos organismos aquáticos, flutuantes, na maioria microscópicos, e que podem ser autótrofos ou heterótrofos. O fitoplâncton é formado pelos organismos autótrofos do plâncton, representado por uma infinidade de algas microscópicas fotossintetizantes, como algumas espécies de clorofíceas (algas verdes), cianofíceas (algas azuis), euglenofíceas e diatomáceas. O zooplâncton, por sua vez, é formado pelos seres heterótrofos do plâncton, sendo constituído por protozoários, microcrustáceos e larvas de diversos organismos.

Nesse tipo de bioma, os produtores estão representados por plantas que vivem parcial ou totalmente submersas e, principalmente, pelo fitoplâncton. Os organismos do fitoplâncton são os produtores mais significativos desse ecossistema, enquanto os do zooplâncton atuam como consumidores primários (o zooplâncton alimenta-se do fitoplâncton).

Além da riqueza em seres planctônicos, a zona límnica é também habitada por diversas espécies de peixes que, geralmente, estão presentes na maior parte dos biomas de águas lênticas.

- C) Zona profunda** – Região do lago em que não há penetração de luz e, conseqüentemente, não existe vida fotossintetizante. Os principais habitantes dessa região são bactérias e fungos que decompõem os restos orgânicos que descem das águas mais superficiais.

Os maiores biomas lênticos da biosfera são o lago Baikal, localizado na Sibéria (com 1 754 m de profundidade), e o lago Tanganica, na África (com 1 449 m de profundidade).

As águas lóticicas compreendem os rios e os riachos, caracterizados pelas correntezas das águas. Nesses ecossistemas, o constante movimento das águas, formando correntes, determina um ambiente rico em oxigênio e em nutrientes vindos de ecossistemas vizinhos, principalmente da vegetação marginal.

Os organismos que vivem nas águas lóticicas dependem da velocidade das correntes. Em locais de correntezas rápidas, praticamente não há plâncton. Nesses locais, são encontrados algas e musgos fixados à superfície de pedras. Sob essas pedras vivem alguns animais de corpo extremamente achatado, que se ajusta às reentrâncias estreitas, e com adaptações especiais que os capacitam a se segurarem às pedras. Para esses pequenos organismos, capazes de resistir à rapidez das correntes, há abundância de oxigênio e de nutrientes varridos pelas águas. Nos locais onde as correntezas se tornam mais lentas (águas mais calmas), os rios passam a apresentar características semelhantes aos ecossistemas lênticos.

## Talassociclo

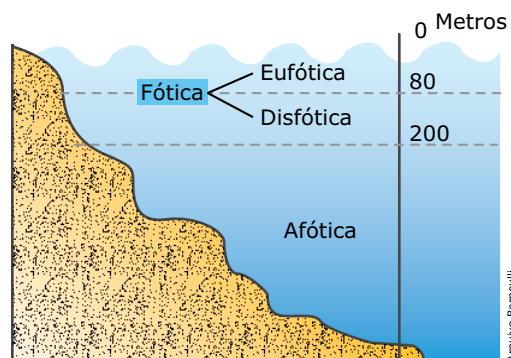
O talassociclo (biociclo marinho) compreende todos os mares e oceanos, sendo o maior dos biociclos. Esses biomas apresentam duas características básicas: continuidade e estabilidade. Continuidade porque cobrem cerca de 75% da superfície terrestre e não possuem barreiras físicas separando-os. Estabilidade porque não secam ou congelam inteiramente; além disso, os fatores climáticos afetam notadamente apenas as águas mais superficiais.

A temperatura das águas mais superficiais varia de acordo com as estações do ano e com a latitude. No entanto, essa variação é menor do que a observada nos ecossistemas terrestres, uma vez que os oceanos retêm maior quantidade de calor, liberando-o mais lentamente que a terra. A temperatura da água tende a diminuir com a profundidade, sendo que nas águas mais profundas permanece mais ou menos constante, em torno de 2,5 °C.

Os sais minerais dissolvidos na água do mar estão em porcentagens e quantidades diferentes das encontradas na água doce. A salinidade dos mares é de cerca de 3,5 g/L (gramas por litro), com predominância do cloreto de sódio (NaCl). Lembre-se de que os sais minerais dissolvidos na água estão dissociados em íons. Mais de 75% dos íons dissolvidos na água do mar estão representados por  $Cl^-$  e  $Na^+$ . Em regiões próximas à costa, a salinidade pode ser menor e mais variável do que a de regiões de mar aberto, em função da influência dos rios e das chuvas.

Quanto à penetração da luz, os ecossistemas marinhos apresentam as seguintes regiões: zona fótica e zona afótica.

- A) Zona fótica** – Região muito iluminada que se estende até a profundidade máxima de 200 metros. Alguns autores costumam subdividi-la em zona eufótica e zona disfótica. A zona eufótica (muito iluminada) está situada entre a superfície e a profundidade média de 80 metros, enquanto que a disfótica (pouco iluminada) situa-se numa faixa entre 80 e 200 metros de profundidade. Na zona fótica, especialmente na faixa da região eufótica, encontram-se numerosos seres fotossintetizantes, representados principalmente por diversas espécies de algas do fitoplâncton marinho. Esses seres são os principais produtores desse tipo de bioma.
- B) Zona afótica** – Região escura onde não há mais a penetração da luz. Situa-se abaixo de 200 metros de profundidade. Nessa região, portanto, não são encontrados mais seres fotossintetizantes.



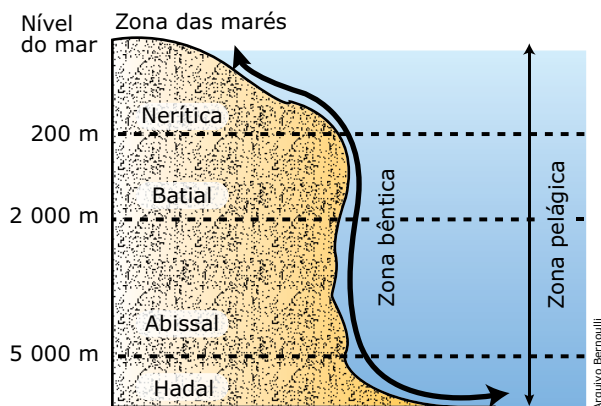
Regiões dos ecossistemas marinhos de acordo com a penetração de luz.

Quanto à profundidade dos oceanos, podem-se distinguir as seguintes regiões ou zonas: intertidal, nerítica, batial, abissal e hadal.

- A) Zona intertidal ou das marés** – Região sujeita ao avanço e recuo das águas todos os dias, isto é, sofre as flutuações das marés (preamar = maré alta e baixamar = maré baixa), ficando alternadamente exposta ao ar e recoberta pela água. Essa região é também conhecida por ambiente ou sistema litorâneo. É uma região com muita luminosidade, oxigênio e alimento. Além dos animais de vida livre, há grande quantidade de algas e animais fixos às rochas que estão adaptados à alternância de exposição à água e ao ar.
- B) Zona nerítica** – Corresponde à região situada sobre a plataforma continental. Estende-se desde a linha de marés até, aproximadamente, 200 metros de profundidade. É rica em fitoplâncton, zooplâncton e em peixes que são utilizados na alimentação humana, o que a torna uma região de grande importância econômica.
- C) Zona batial ou oceânica** – Região que se estende dos 200 até cerca de 2 000 metros de profundidade. Suas águas são frias e pobres em fauna.
- D) Zona abissal** – Região que se estende dos 2 000 aos 5 000 metros de profundidade. Os seres que aí vivem estão representados por bactérias decompositoras e alguns poucos animais adaptados à vida em regiões escuras e profundas. Entre essas adaptações, podemos citar o corpo achatado e a pressão interna corporal elevada, que constituem uma compensação em relação às grandes pressões externas que agem sobre eles.

Quando uma criatura dessas é capturada e trazida à superfície, o seu corpo simplesmente “explode” em virtude da grande pressão exercida de dentro para fora. Os seres que suportam grandes pressões, como os organismos abissais, são classificados como euribáricos, enquanto os que não suportam grandes pressões são chamados de estenobáricos. Os seres aquáticos são predominantemente estenobáricos. Muitos organismos abissais também possuem boca e dentes grandes, bem como estômago dilatável, sendo tais adaptações importantes à escassez de alimento, pois facilitam o aproveitamento deste nas poucas oportunidades em que é encontrado. Muitas espécies abissais realizam o fenômeno da bioluminescência ou fotogênese, isto é, produzem luz. Isso, evidentemente, facilita a vida dessas espécies numa região onde não há penetração da luz. Algumas espécies de animais abissais são cegos, mas a grande maioria enxerga e produz bioluminescência a partir de estruturas chamadas de lanternas. Devido a essa bioluminescência, a seleção natural favoreceu, nesse ambiente, os animais que enxergam.

- E) Zona hadal** – É a região mais profunda dos oceanos, abaixo de 5 000 metros. Nela, praticamente não existe vida.



Principais regiões do ambiente marinho de acordo com a profundidade.

### OBSERVAÇÃO

No ecossistema marinho, as expressões zona bêntica e zona pelágica são utilizadas, respectivamente, para designar o fundo (o solo) e a coluna de água, qualquer que seja a profundidade. Por exemplo: a zona pelágica batial refere-se à massa de água da zona batial.

Quanto à concentração de nutrientes minerais, há uma diferença quando se consideram as regiões próximas da costa e as regiões de alto-mar. Próximo à costa, a concentração desses nutrientes é, em geral, maior, devido principalmente ao desaguamento de rios que trazem nutrientes da terra.

Em alto-mar, essa concentração geralmente é mais baixa, uma vez que grande parte dos nutrientes encontra-se no fundo. Entretanto, em certos locais, existem as chamadas correntes de ressurgência, movimentos da água de baixo para cima, que trazem os nutrientes do fundo para a superfície, enriquecendo as águas mais superficiais e permitindo, assim, a proliferação de algas fotossintetizantes e, conseqüentemente, de animais. Nesses locais de ressurgência, há abundância de peixes, como ocorre na costa do Peru e, em menor intensidade, no Brasil, na região de Cabo Frio. Não fosse a existência dessas correntes, a maior parte dos minerais, resultante da atividade de decomposição, permaneceria no fundo dos oceanos, já que elas trazem boa parte desses minerais à superfície iluminada, onde serão utilizados pelos produtores. Com isso, a produtividade primária nessas regiões é elevada, o que torna a região mais fértil e, conseqüentemente, capaz de suportar a presença de numerosos consumidores.

Quanto à motilidade, os organismos que habitam os oceanos estão distribuídos em três grupos: plâncton, nécton e bênton.

- **Plâncton** – O plâncton (do grego *plankton*, errante) é constituído por seres flutuantes que são carregados passivamente pelas ondas e correntes. Alguns organismos planctônicos podem até ter movimentos próprios, mas não são capazes de vencer a força das correntes e das ondas e, por isso, acabam sendo carregados. Tal como nos ecossistemas dulcícolas, o plâncton marinho é subdividido em fitoplâncton e zooplâncton. O fitoplâncton é formado pelas algas microscópicas, como as diatomáceas, dinoflagelados e muitas espécies de clorófitas. Essas algas são as grandes produtoras das cadeias alimentares marinhas. Embora microscópicas, seu número é tão grande que a fotossíntese por elas realizada corresponde a cerca de três vezes a fotossíntese realizada pelas plantas terrestres. O zooplâncton, por sua vez, é formado por seres heterótrofos, como protozoários, microcrustáceos e larvas de muitos animais (cnidários, moluscos, equinodermos, peixes). O tamanho dos seres do zooplâncton pode variar desde o microscópico, como um protozoário, até o tamanho macroscópico, como a caravela (colônia de cnidários). O plâncton marinho é também conhecido por haloplâncton, enquanto o de água doce é denominado limnoplâncton.
- **Nécton** – O nécton (do grego *nekton*, apto a nadar) é formado por organismos que se deslocam ativamente na água, inclusive contra a força das ondas e das correntes. Peixes, mamíferos (baleias, golfinhos), tartarugas marinhas, certos crustáceos, como os camarões, e certos moluscos, como as lulas, são bons exemplos de seres nectônicos.

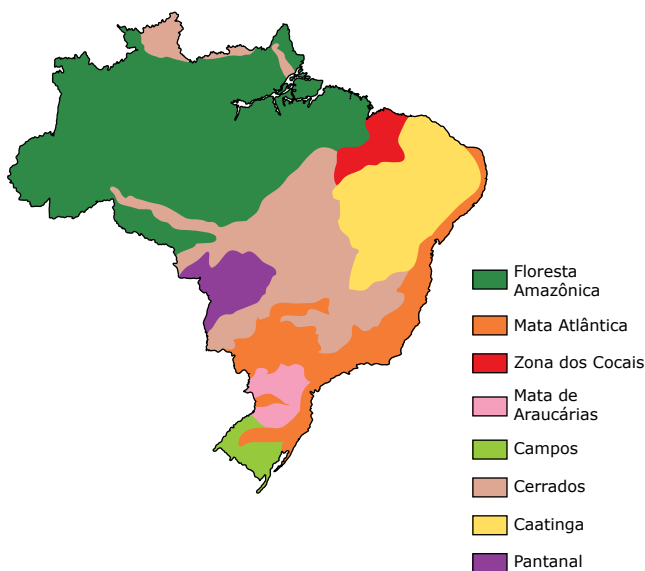


- **Bênton** – O bênton (do grego *benthos*, fundo do mar) é constituído por seres que vivem afixados a um substrato (solo, rocha) e também pelos seres que se locomovem arrastando-se no solo marinho. Assim, seres bentônicos podem ser sésseis ou errantes. Os sésseis vivem afixados a um substrato e estão representados por certas algas macroscópicas, pólipos de cnidários, espongiários (poríferos), etc. O bênton errante é formado por seres que se deslocam sobre o fundo (solo marinho), como as estrelas-do-mar, os caranguejos e os caramujos.

Os termos plâncton, nécton e bênton também são empregados para os organismos que vivem nos ecossistemas de água doce.

## BIOMAS BRASILEIROS

Em nosso país, os biomas ou formações fitogeográficas mais importantes, pela área que ocupam e pela composição da vegetação característica, são: a Floresta Amazônica, as Florestas Pluviais Costeiras (Mata Atlântica), a Mata de Araucária, os Campos Cerrados, os Campos, a Caatinga, a Mata dos Cocais e o Complexo do Pantanal.



ATLAS GEOGRÁFICO ESCOLAR.

*Distribuição original dos biomas brasileiros.*

## Floresta Amazônica (Hileia Amazônica)

Ocupando cerca de 40% do território brasileiro (cerca de 3,5 milhões de km<sup>2</sup>), é uma floresta tipicamente pluvial tropical, onde se pode reconhecer a mata dos igapós, a mata das várzeas e a mata de terra firme.

A mata dos igapós, situada próxima aos rios, encontra-se permanentemente alagada, abrigando plantas como a vitória-régia, aguapés, palmeiras diversas e vários tipos de gramíneas.

A mata das várzeas, situada entre a mata dos igapós e a da terra firme, é inundada apenas durante as épocas de cheias dos rios e abriga plantas como a seringueira (cujo tronco pode chegar a até 3 m de diâmetro na base e cuja altura pode chegar a 50 m), o cacaueiro e palmeiras diversas.

A mata de terra firme, que é situada nos terrenos altos e nunca sofre inundação, abriga vegetais como a castanheira (castanha-do-pará), o guaraná, o pau-rosa, os cipós e muitas epífitas.

As precipitações são bem distribuídas no decorrer do ano (superiores a 1 800 mm/ano) e as temperaturas médias anuais ficam em torno de 25 a 28 °C. A temperatura apresenta pequena variação entre o dia e a noite.

Trata-se de um ecossistema de grande complexidade, no estágio clímax, e com um grande número de nichos ecológicos. Apesar de se falar de um clima geral, existem muitos microclimas devido à estratificação da vegetação. Assim, se partimos das copas mais altas em direção ao chão, a ventilação, a luminosidade, a umidade do ar e a temperatura sofrem variações.

A Floresta Amazônica tem grandes árvores, de folhas largas (latifoliadas) que não caem no inverno (perenifólias). De um modo geral, pode-se dizer que a vegetação dessa floresta é higrófita, isto é, formada por plantas adaptadas a viver em locais com muita umidade. Não se deve confundir higrófita com hidrófita (planta que se desenvolve dentro da água, como a vitória-régia).

Ao contrário do que se pensou durante muito tempo, o solo da Floresta Amazônica não é rico em nutrientes minerais. De fato, a maior parte do solo é pobre nesse tipo de nutrientes, devido à rápida decomposição e ao reaproveitamento da matéria orgânica que cai no solo. O grande número de raízes existente nesse solo absorve rapidamente os nutrientes originários da decomposição, que então passam para o corpo da planta. Assim, quase todos os nutrientes minerais estão nas partes do vegetal, e não no solo. A densa cobertura vegetal contribui para amenizar a queda das gotas de chuva, diminuindo seu efeito erosivo e, conseqüentemente, o carreamento dos minerais. É por isso que o desmatamento da Floresta Amazônica pode levar ao empobrecimento do solo, tornando-o inadequado para a agricultura.

Sua fauna também é bastante exuberante e diversificada. Entre os mamíferos, temos a anta, a onça-pintada, macacos, tamanduás, preguiças, tatus, gambás. Aves diversas, répteis e insetos também são abundantes nessa fauna.



## Mata Atlântica

Estende-se, originalmente, ao longo da costa, desde o Rio Grande do Norte até quase o extremo sul do país, acompanhando a cadeia de montanhas do litoral brasileiro (Serra do Mar). Corresponde a, aproximadamente, 6% do território nacional, embora nas últimas décadas tenha sido muito devastada com a ocupação e introdução de áreas de agricultura.

É também uma Floresta Pluvial Tropical típica, classificada por alguns como Floresta Pluvial Costeira, semelhante à Floresta Amazônica em muitas de suas características. A diferença mais expressiva entre elas está na topografia do terreno que ocupam: a Floresta Amazônica situa-se em ampla planície, enquanto a Mata Atlântica é mais íngreme e ocorre em regiões montanhosas.

A cadeia de montanhas da Serra do Mar atua como uma barreira aos ventos úmidos que sopram do mar. Estes, ao atingirem as montanhas, sobem e sofrem resfriamento, havendo condensação de vapor-d'água, que se precipita em forma de chuva. Assim, tem-se uma região úmida o suficiente para suportar essa densa mata.

A vegetação é semelhante à da Floresta Amazônica, embora menos exuberante, sendo constituída, predominantemente, por higrófitas. Também possui árvores de grande porte (não tão altas quanto as da Amazônia) ligadas por lianas (cipós) e com grande número de epífitas. Entre as árvores, as espécies mais representativas são: canela, jequitibá, pau-brasil, jacarandá, peroba, ipê, quaresmeira e diversas palmeiras, muitas delas, inclusive, exploradas para a extração do palmito. Várias espécies de samambaias, musgos e avencas também são encontradas.

A fauna também é semelhante à amazônica. Aí encontramos macacos, preguiças, onças, jaguatiricas, cachorros-do-mato, porcos-do-mato, papagaios, araras, tucanos, cobras, lagartos, insetos, etc.

Entre os ecossistemas brasileiros, a Mata Atlântica é um dos mais devastados. De fato, dos 350 000 km<sup>2</sup> de área que possuía à época do Descobrimento, restam apenas 10 000 km<sup>2</sup>, ou seja, 5% da área inicial. Com essa devastação, suas espécies vegetais e animais vivem ameaçadas de extinção.

## Floresta ou Mata de Araucárias

Localizada no Sul do Brasil, estende-se pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo também conhecida por Mata dos Pinhais ou Zona dos Pinhais. O clima da região é subtropical, com chuvas regulares e estações relativamente bem definidas, em que o inverno é normalmente frio, com geadas frequentes, e o verão, razoavelmente quente. As copas das árvores formam uma camada contínua, como ocorre na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica. Por serem mais abertas, são menos úmidas do que as Florestas Pluviais Tropicais.

A vegetação é formada predominantemente pelo pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), que pode atingir até 30 metros de altura e 1,5 metros de diâmetro. Como é uma heliófita (planta de Sol), os ramos mais baixos da araucária, que ficam na sombra, são eliminados, permanecendo as ramificações apenas no topo de seus troncos, o que lhes confere um aspecto de guarda-Sol.

Além das araucárias, aí também aparecem pinheiros do gênero *Podocarpus* (utilizados na fabricação de lápis), samambaias, erva-mate (planta utilizada para fazer infusões) e gramíneas. Assim, distinguimos três estratos de vegetação bem definidos: o arbóreo, constituído pelos pinheiros, o arbustivo, constituído por samambaias arborescentes, e o herbáceo, constituído pelas gramíneas.

Alguns autores classificam a Mata de Araucárias como uma Floresta Temperada Indecídua, uma vez que as plantas dominantes (pinheiros-do-paraná) não perdem suas folhas durante o inverno.

Atualmente, a Mata de Araucárias é um ecossistema praticamente extinto. Em virtude da exploração do pinheiro-do-paraná pelas companhias madeireiras, existem hoje apenas 200 000 hectares dessa floresta, que se estendia, na primeira metade do século XX, por cerca de 4 milhões de hectares.

## Campos Cerrados

Ocupam, aproximadamente, 25% do território brasileiro, ocorrendo principalmente na região Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), em Minas Gerais, em São Paulo, na Bahia, no Maranhão e no Piauí.

O clima na região é quente (média anual de 26 °C), com duas estações: uma seca, bem pronunciada, que pode perdurar de 5 a 7 meses, na qual os rios não secam, porém têm sua vazão diminuída; e outra chuvosa, abrangendo os meses de verão. O solo é arenítico, geralmente muito profundo, e sua grande permeabilidade permite a infiltração fácil da água que, ao encontrar rocha impermeável, forma um lençol subterrâneo. As camadas de terra adjacentes a esse lençol são também úmidas, de maneira que a seca de inverno atinge somente as camadas mais superficiais. É também um solo ácido, pobre em nutrientes minerais e com alta taxa de alumínio, substância muito tóxica para a vegetação.

O Cerrado é um tipo de Savana. Sua vegetação é composta de pequenas árvores esparsas, arbustos e gramíneas. Entre as plantas típicas desse bioma, podemos citar a lixeira, o pau-terra, a sucupira, a peroba-do-campo, o pequi, a copaíba, o angico, a caviúna, o barbatimão e gramíneas, como o capim-flecha e a barba-de-bode.

Essa vegetação apresenta algumas características xeromórficas, isto é, de xerófitas, tais como caules tortuosos com casca grossa e folhas espessas com superfície muitas vezes brilhante. Por causa disso, acreditava-se antigamente que o fator limitante nessa região era a água. Por outro lado, no Cerrado existem também plantas com características típicas de lugares úmidos: folhas largas, produção de flores e brotos em plena estação da seca. Isso desencadeou uma série de estudos sobre esse bioma que demonstraram que, na realidade, a água não é o fator limitante do Cerrado. Descobriu-se que o solo, mesmo na estação seca, contém um teor razoável de umidade, a partir dos 2 metros de profundidade, e que as raízes de muitas plantas aprofundam-se nesse solo até atingir o lençol de água subterrâneo, retirando dele a água necessária para sua sobrevivência. Conseguiu-se entender, então, porque, concomitantemente às características xeromórficas de algumas plantas, havia outras típicas de ambientes ricos em água.

Atualmente, explica-se o aspecto xeromórfico de muitas plantas do Cerrado em função da escassez de nutrientes do solo, e não da falta de água. É, portanto, um pseudoxeromorfismo (falso xeromorfismo). A deficiência de nutrientes no solo dificulta muito a síntese de proteínas, e o excesso de carboidratos produzidos pelas plantas acaba se acumulando em estruturas que lhes dão aspectos xeromórficos: súber espesso, cutículas grossas, muito esclerênquima. Fala-se, então, que essa vegetação do Cerrado possui um escleromorfismo oligotrófico, ou seja, as plantas apresentam endurecimento das estruturas devido à falta de nutrientes. Ao que tudo indica, a quantidade elevada de alumínio no solo do Cerrado também agrava o escleromorfismo oligotrófico da vegetação.

As queimadas ocorrem naturalmente, com certa frequência. Entretanto, muitas plantas típicas desse bioma resistem à ação do fogo, o que possibilita que, em poucas semanas, a vegetação verde se reconstitua substituindo o tom cinza deixado pela queimada. Essa resistência deve-se a certas adaptações que essas plantas possuem.

Entre elas, destacamos:

- I. A espessa camada externa de cortiça nos caules, que, funcionando como um isolante térmico, protege as gemas, de onde originam-se novos ramos, após cessar o fogo.
- II. Muitas plantas possuem raízes que crescem lateralmente próximas à superfície do solo e, como a ação do fogo na superfície é pouco sentida sob o solo, essas raízes permanecem vivas.
- III. Algumas plantas possuem xilopódios, caules subterrâneos especiais, de cujas gemas brotam novos ramos após o fim do fogo.

Segundo especialistas, o solo do Cerrado pode ser utilizado para a agricultura intensiva, desde que seu pH seja corrigido pela adição de calcário (calagem) e que se faça uso de fertilizantes adequados.

Entre os mamíferos da região, consumidores de primeira ordem, destacam-se os veados e uma grande variedade de roedores (capivara, paca, cutia, preá). Consumidores de segunda ordem são a onça-parda, o cachorro-do-mato e o lobo-guará, que é o maior dos canídeos brasileiros. Os restos deixados pelos predadores são consumidos por aves de rapina, entre as quais destaca-se o gavião. Outros predadores, além dos mamíferos, são as numerosas cobras e as corujas. Aves corredoras, como emas e seriemas, vivem também nesse bioma. Nas áreas nuas, formigueiros e cupinzeiros formam elevações.

## Campos

Ocupam boa parte do Rio Grande do Sul, onde são conhecidos como Pampas, e representam uma área de grande importância econômica para a agricultura e a pecuária da região.

São formações de campos limpos, com uma distribuição regular de chuvas, apresentando verão quente e inverno muito frio.

A vegetação é formada, predominantemente, por gramíneas. A ocorrência de árvores e arbustos é rara, embora algumas árvores possam ser encontradas esparsamente distribuídas, como a unha-de-gato, o pau-de-leite e a sombra-de-touro.

A fauna apresenta alguns animais típicos: roedores, raposa-do-campo, gato-do-pampa e guaraxaim.

Embora sejam bastante utilizados como terras de cultivo, os Campos prestam-se muito à pastagem, permitindo a existência de uma pecuária desenvolvida.

## Caatinga

A Caatinga (do tupi, "mata branca") localiza-se no Nordeste de nosso país e ocupa cerca de 11% da superfície do território brasileiro.

Apresenta clima semiárido, com chuvas escassas e irregulares e temperatura média elevada. A estação seca dura mais de sete meses do ano. Os rios, em sua maioria, secam no verão. Essa escassez de água constitui um grande fator limitante à existência de vida animal e vegetal na região.

A vegetação é formada por xerófitas, isto é, por plantas adaptadas ao clima seco. Tais adaptações seriam a transformação de folhas em espinhos em algumas espécies, a presença de folhas cerificadas, o rápido mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, raízes profundas e portadoras de parênquima aquífero, que procuram alcançar os lençóis de água subterrâneos, entre outras. Está representada por cactáceas, arbustos e pequenas árvores. Entre as cactáceas, destacam-se o mandacaru, o xique-xique, a coroa-de-frade e o facheiro. Os arbustos normalmente possuem espinhos e perdem as folhas na época mais quente do ano. Por sua vez, algumas plantas se caracterizam por terem folhas apenas nos três ou quatro meses de inverno, que é a estação das chuvas. No resto do tempo, elas ficam sem folhas, e o aspecto da vegetação se torna mais claro, vindo daí o nome "mata branca". A queda das folhas na estação seca representa também um modo de reduzir a área exposta à transpiração.

Perder as folhas em certas épocas do ano caracteriza a vegetação caducifólia. Entre as árvores, encontramos o juazeiro, a barriguda, a aroeira, o umbu, a braúna e a maniçoba.

Entre os representantes da fauna, estão veados, guará, guaxinim, tatus e tamanduás (que se alimentam de formigas e cupins), diversas espécies de cobras e aves de rapina.

Alguns autores classificam a Caatinga como uma Floresta Tropical Caducifólia.

## Mata dos Cocais (Zona dos Cocais)

Ocupando grande parte dos estados do Maranhão e do Piauí, atingindo também o Rio Grande do Norte, a Mata dos Cocais é uma formação fitogeográfica exclusivamente brasileira. Constitui uma zona de transição entre a Floresta Amazônica e a Caatinga.

A vegetação é formada, predominantemente, por palmeiras, como o babaçu, a carnaúba e o buriti. Os babaçuais são matas densas, com árvores medindo de 10 a 15 metros, que produzem pequenos cocos de onde se extraem óleos; os carnaubais apresentam vegetação espaçada com árvores medindo até 20 metros. Das sementes da carnaúba, extraem-se óleos comumente utilizados na fabricação de margarinas; das folhas dessa palmeira obtêm-se ceras empregadas em cremes de polir; sua madeira é usada em construção e a palha serve para fabricar cestos, tapetes e outros objetos, além de ser utilizada na cobertura de casas.

## Pantanal Mato-Grossense (Complexo do Pantanal)

Localizado no oeste dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, o Complexo do Pantanal é uma região plana, onde os rios da bacia do Rio Paraguai extravasam suas águas nos meses de cheia, inundando extensas áreas. Mesmo nos meses mais secos, muitas regiões ainda permanecem alagadas, dando origem a pequenas lagoas intermeadas por terra firme.

A vegetação é heterogênea, extremamente diversificada, com aspectos de Cerrado, Campos e Floresta, justificando a sua denominação: "Complexo do Pantanal". Nas regiões baixas e alagadas, encontramos plantas aquáticas, como aguapés e vitória-régia. Nas margens das lagoas e dos rios, existe uma rica vegetação de brejo; nas áreas mais secas, a vegetação apresenta características do Cerrado. Existem ainda Florestas, com predomínio de figueiras, embaúbas, palmeiras e aroeiras.

Existe uma ampla fauna aquática, constituída de moluscos, crustáceos e diversas espécies de peixes (dourado, pacu, jaú, pintado, surubim, piau, piranhas, etc.), que garante a existência de uma variadíssima comunidade de aves, entre as quais se destacam garças, tuiuiús, saracuras, urubus-rei, emas, seriemas e muitas outras. Existem mais de 230 espécies de aves, sendo a maioria pernalta.

Existem grandes répteis nesse bioma, entre eles duas espécies de jacarés: o jacaretinga e o jacaré-do-pantanal, que se alimentam de peixes. Das cobras, a espécie mais imponente é a sucuri, cobra não venenosa que pode atingir até 10 metros de comprimento. Mamíferos de destaque são as capivaras (roedores que podem atingir até 70 kg), onças-pardas e pintadas, ariranhas, tamanduás-bandeira, porcos-do-mato (queixada, cateto), várias espécies de macacos e diferentes tipos de veados, entre os quais se destaca o cervo-do-pantanal.

## Manguezais

Os Mangues, Manguezais ou Florestas de Manguê localizam-se às margens dos oceanos, geralmente em estuários (loais onde os rios se encontram com o mar). Possuem um solo lodoso, mal arejado, salino, periodicamente inundado por água salobra (uma mistura das águas de um rio com as águas salgadas), o que limita o número de espécies de plantas. A vegetação predominante é arbórea, formada por halófitas (plantas adaptadas à sobrevivência em ambientes com alta salinidade). Algumas dessas plantas, como a *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), possuem raízes-espora, que ajudam na fixação no solo lodoso; outras, como a *Avicennia tomentosa* (mangue-preto), possuem pneumatóforos (raízes respiratórias), que captam oxigênio do ar para compensar o baixo teor de O<sub>2</sub> do solo.

Além de amortecer os impactos das marés e reter sedimentos trazidos pelos rios, evitando o assoreamento das praias, os Manguezais são locais propícios para a reprodução de um grande número de animais marinhos (caranguejos, camarões, ostras e várias espécies de peixes). Os peixes, normalmente, ao completarem seu desenvolvimento, abandonam o Manguê, mas algumas espécies de caranguejo e de ostras permanecem nele a vida toda. Além de serem área de procriação ("berçários") de várias espécies, os Manguezais também contribuem para a comunidade marinha costeira, fornecendo grande parte dos nutrientes que ela necessita. Aves, como garças, gaivotas, flamingos e até alguns mamíferos, como o guaxinim e a lontra têm no Manguê uma importante fonte de alimento.



TXEX

### Biomias brasileiros

Nessa videoaula, são apresentadas as principais características de alguns biomas brasileiros.



### Biomias puzzle

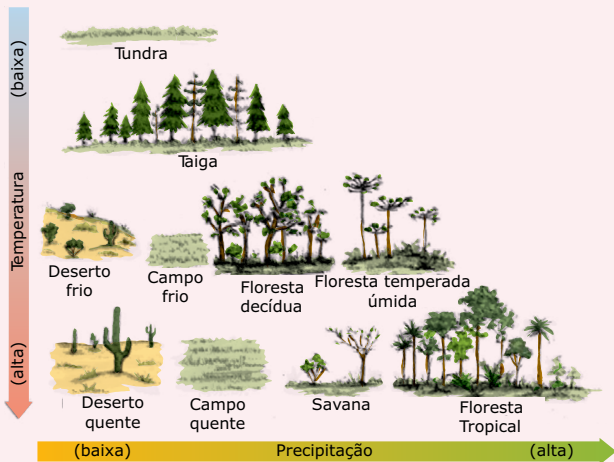
Nesse objeto de aprendizagem, você vai se divertir e aprender mais sobre as principais características dos ecossistemas brasileiros, bem como seus respectivos posicionamentos geográficos, respondendo a questões sobre eles. Bom jogo!



# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (Unimontes-MG) A figura a seguir representa os principais biomas terrestres em relação à temperatura e à precipitação.



AMABIS, 1999.

Sabendo-se que a biodiversidade é limitada pelas características típicas dos biomas, assinale a alternativa que apresenta a associação incorreta entre bioma e vegetação característica.

- A) Savana – plantas caducifólias e pouca chuva.
- B) Taiga – gimnospermas e pouca chuva.
- C) Campos – herbáceas, com períodos de seca.
- D) Florestas Tropicais – plantas perenifólias e muita chuva.

**02.** (Vunesp) Assinale a alternativa que representa, em ordem crescente, os ecossistemas com maior diversidade de vida.

- A) Floresta Tropical Pluvial, Tundra, Taiga, Floresta Temperada Caducifólia.
- B) Tundra, Taiga, Floresta Tropical Pluvial, Floresta Temperada Caducifólia.
- C) Taiga, Tundra, Floresta Tropical Pluvial, Floresta Temperada Caducifólia.
- D) Taiga, Floresta Temperada Caducifólia, Tundra, Floresta Tropical Pluvial.
- E) Tundra, Taiga, Floresta Temperada Caducifólia, Floresta Tropical Pluvial.

**03.** (PUC Minas) Relacione a primeira coluna com a segunda:

1. Campo
2. Savana
3. Tundra
4. Floresta
5. Deserto

- ( ) Bioma circumpolar, cuja vegetação é constituída basicamente por líquens. Plantas herbáceas crescem e frutificam rapidamente no verão.
- ( ) Possui vários estratos vegetais. Sua composição varia de acordo com a altitude e com o índice pluviométrico. As árvores podem atingir mais de 35 metros.
- ( ) Encontra-se em todo o mundo. O tipo de vegetação predominante são as plantas herbáceas e de pequeno porte.
- ( ) Vegetação que se encontra muito espalhada, com áreas nuas entre as regiões de vegetação. As plantas suculentas armazenam água e seu sistema radicular é muito espalhado.
- ( ) Possui árvores dispersas. O índice pluviométrico varia entre 1 000 e 1 500 mm anuais. Existência de estação seca prolongada.

Assinale a alternativa que contém a relação correta encontrada.

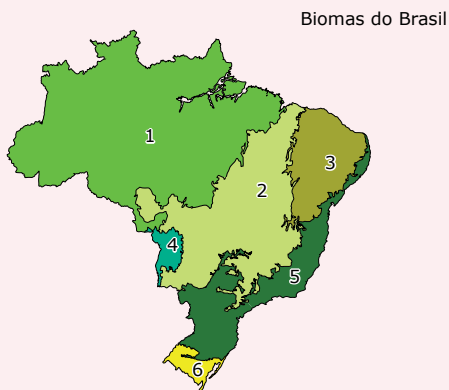
- A) 3, 4, 1, 5, 2
- B) 2, 5, 3, 4, 1
- C) 1, 3, 2, 5, 4
- D) 2, 4, 1, 3, 5
- E) 3, 1, 2, 4, 5

**04.** (UFMS) Os biomas de água salgada, representados pelos mares e oceanos, ocupam aproximadamente 3/4 da superfície da Terra. As profundidades dessas massas líquidas variam desde poucos metros, na região litorânea, até milhares de metros na região hadal. Sobre esses biomas, é correto afirmar que:

- 01. o ambiente marinho pode ser separado em dois domínios: o bentônico, que corresponde ao fundo, e o pelágico, que se refere ao domínio relativo às massas de água.
- 02. a luz consegue penetrar na água do mar até a profundidade máxima de 450 metros da zona fótica.
- 04. o fitoplâncton marinho, constituído por organismos fotossintetizantes, está localizado na porção superior da zona fótica.
- 08. os organismos bentônicos marinhos podem ser sésseis (fixos) ou errantes (que se deslocam sobre o fundo).
- 16. o nécton é constituído pelos organismos que se deslocam passivamente através das correntezas.
- 32. as bactérias e os fungos constituem os decompositores nas cadeias alimentares do ambiente marinho.

Soma ( )

05. (UDESC–2015) Segundo o IBGE existem seis biomas continentais brasileiros, os quais são mostrados na figura a seguir.



Disponível em: <[http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1161807794biomas\\_br.jpg](http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1161807794biomas_br.jpg)>. Acesso em: 30 set. 2014 (Adaptação).

Assinale a alternativa correta em relação aos biomas continentais brasileiros, mostrados na figura.

- A) O bioma 1 caracteriza-se por apresentar uma floresta com vários estratos ou andares formados pelas copas das árvores.
- B) O bioma 2 caracteriza-se por ser uma floresta pouco diversificada, porém com espécimes vegetais de copas altas e com grande quantidade de primatas.
- C) No bioma 6 encontramos uma mata constituída principalmente por representantes de Gimnospermas e fauna tipicamente arborícola.
- D) Entre todos os biomas apresentados, o indicado pelo número 5 é o que se encontra mais preservado em termos de flora e fauna.
- E) No bioma 3 encontra-se uma vegetação tipicamente constituída por gramíneas e árvores de pequeno porte, com casca espessa e limbo foliar amplo.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Unesp–2016) Leia o trecho da música “O Xote das Meninas”, de Luiz Gonzaga e Zé Dantas:

“Mandacaru, quando fulóra na seca  
É o sinal que a chuva chega no sertão...”

Os versos fazem referência a uma espécie vegetal característica do bioma brasileiro

- A) Cerrado.  
B) Caatinga.  
C) Mata dos Cocais.  
D) Pantanal.  
E) Pampa.

02. (Unifor-CE) Região fitogeográfica do Brasil, caracterizada por cobertura vegetal de árvores que possuem altitudes que podem variar entre 25 e 50 metros e troncos com 2 metros de espessura. As sementes dessas árvores podem ser ingeridas. Seus galhos envolvem todo o tronco central. Os fatores determinantes para o desenvolvimento dessas plantas são o clima e o relevo, uma vez que ocorrem principalmente em áreas de relevo mais elevado. Essa cobertura vegetal desenvolve-se em regiões nas quais predomina o clima subtropical, que apresenta invernos rigorosos e verões quentes, com índices pluviométricos relativamente elevados e bem distribuídos durante o ano. A região caracterizada é:

- A) Mata Atlântica  
B) Caatinga  
C) Floresta Amazônica  
D) Cerrado  
E) Mata de Araucária

03. (UFTM-MG) A decomposição da matéria orgânica nas florestas tropicais ocorre em poucos meses enquanto nas florestas temperadas demora de quatro a seis anos. Isso ocorre devido a dois fatores característicos das florestas tropicais e ausentes nas florestas temperadas, a saber,

- A) precipitação mais abundante e altas temperaturas.  
B) baixa umidade do ar e elevada pressão atmosférica.  
C) alta umidade do ar e baixas temperaturas.  
D) precipitação menos abundante e baixas temperaturas.  
E) baixa pressão atmosférica e elevada altitude.

04. (UFAM) “Água aberta” do lago é uma região afastada da borda, ocupada por fitoplâncton, zooplâncton e peixes, os quais frequentemente visitam a zona litoral para alimentação e reprodução. Em ecossistemas de água doce, qual é a zona a que nos referimos?

- A) Interdidal  
B) Profunda  
C) Limnética  
D) Pelágica  
E) Bentônica

05. (Unimontes-MG) O ambiente marinho desperta nos cientistas grande fascínio, provavelmente devido à sua rica e singular biodiversidade. A partir do critério profundidade, os oceanos podem ser divididos em diversas zonas ou regiões com características até certo ponto distintas.

Sobre o assunto abordado, são feitas algumas afirmações. Analise-as e assinale a correta.

- A) Devido à luminosidade intensa, a região hadal é propícia ao desenvolvimento do fitoplâncton.  
B) Os organismos do domínio bentônico podem ser sésseis ou errantes e, via de regra, alimentam-se de cadáveres e detritos orgânicos.  
C) Em regiões costeiras, a ocorrência do fenômeno da ressurgência prejudica a cadeia alimentar e inviabiliza a prática da pesca.  
D) As águas quentes da região abissal favorecem a vida vegetal e, por consequência, a diversidade animal é abundante.



**06.** (PUC-Campinas-SP-2016) José Lins do Rego foi autor de importantes obras literárias que têm como palco o Nordeste brasileiro. Um de seus mais importantes romances é *Menino de Engenho* do qual foi retirado o seguinte trecho:

Lá um dia, para as cordas das nascentes do Paraíba, via-se, quase rente do horizonte, um abrir longínquo e espaçado de relâmpago: era inverno na certa no alto sertão. As experiências confirmavam que com duas semanas de inverno o Paraíba apontaria na várzea com a sua primeira cabeça-d'água. O rio no verão ficava seco de se atravessar a pé enxuto. Apenas, aqui e ali, pelo seu leito, formavam-se grandes poços, que venciam a estiagem. Nestes pequenos açudes se pescava, lavavam-se os cavalos, tomava-se banho.

MENINO DO ENGENHO. 77. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2000. p. 54.

O fato de o leito do rio ficar praticamente seco no verão é típico da hidrografia de áreas do Sertão nordestino, que apresentam como uma de suas importantes características

- A) a reduzida pluviosidade, provocada por múltiplos fatores, entre eles a dinâmica atmosférica que limita a ação de massas úmidas.
- B) o inverno semelhante ao encontrado no clima subtropical do Sul do Brasil: redução das temperaturas devido à presença da massa polar.
- C) o verão pouco chuvoso com elevadas temperaturas que se assemelham às condições do verão da porção Centro-Sul do Brasil.
- D) a fraca pluviosidade provocada pelas condições de relevo pouco acidentado e com baixas altitudes, que impedem a formação de chuvas orográficas.
- E) a reduzida atuação de massas de ar, como a Tropical continental e a Polar atlântica, ambas portadoras de elevado grau de umidade.

**07.** MU1B (ACAFE-SC) As atuais projeções de mudanças climáticas globais indicam que, assim como a maioria das regiões do mundo, o Brasil também estará vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas. Como a população e as atividades são sensíveis ao clima, a natureza e o nível das mudanças no futuro podem ser muito importantes para a vida no país. Alguns estudos mostraram que as mudanças climáticas podem resultar em *die-back* (colapso) da Floresta Amazônica, rica fonte de biodiversidade, oxigênio e água doce.

MARENGO, J.; BETTS, R. Coordenadores do projeto sobre Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil (DCC) – *Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil*. 2011.

Assinale a alternativa onde todas as consequências das mudanças climáticas podem afetar a Mata Atlântica brasileira.

- A) Perda de *habitat* e extinção de espécies, mudança na composição e nos locais das florestas, aumento de incêndio em função da seca, inundação das áreas costeiras.
- B) Alterações nas áreas agrícolas, no rendimento dos produtos de colheita, aumento na demanda de irrigação, aumento do aparecimento de pragas e doenças agrícolas.
- C) Diminuição de mortes por frio, aumento de doenças respiratórias e alergias ao pólen, aumento de mortes pelo calor e doenças, interrupção no abastecimento de alimentos.
- D) Redução na qualidade da água, aparecimento de doenças respiratórias e alergias, ondas prolongadas de calor e estiagem, aumento de ervas daninhas nas áreas mais quentes.

**08.** (UEG-GO-2015) A taxa de desaparecimento de certos tipos de espécies, particularmente aquelas mais vulneráveis à caça, à poluição e à destruição de *habitats*, tem aumentado significativamente nos diferentes biomas brasileiros. O estado de Goiás possui como bioma o Cerrado, considerado um complexo mosaico vegetacional com altas potencialidades. A perda de espécies no Cerrado está relacionada principalmente à

- A) sobre-exploração e à introdução de espécies não nativas, especialmente de predadores, competidores e patógenos no bioma.
- B) introdução acelerada de uma agricultura mecanizada e favorável às condições locais para validar as políticas do agronegócio como benefício à sustentabilidade.
- C) ausência de políticas adequadas ao manejo sustentável das espécies, visto que o Cerrado é considerado legalmente um patrimônio natural brasileiro como a Amazônia.
- D) manutenção de áreas de proteção ambiental em propriedades particulares, uma vez que o Cerrado naturalmente favorece a preservação de determinadas espécies.

**09.** UQVH (FMJ-SP) A Floresta Amazônica apresenta grande biodiversidade, registrando, especialmente, muitas espécies endêmicas. Essa biodiversidade atrai ações relacionadas à biopirataria, que se caracteriza

- A) pelo contrabando de espécies da fauna e da flora locais por empresas que pretendem patentear seus princípios ativos.
- B) pela exportação ilegal de espécies nativas com destacado valor decorativo que chegam ao destinatário sem as características anunciadas.
- C) pelo extermínio das espécies a mando de investidores que procuram reduzir o valor das terras para futura compra e exploração.
- D) pela fabricação de medicamentos fitoterápicos sem a comprovação técnica de sua eficácia e pertinência.
- E) pela implantação de laboratórios de pesquisa temporários na área de floresta para estudar exemplares e promover novos transgênicos.

**10.** (UECE-2015) "Os manguezais são formações florestais que ocorrem em áreas abrigadas do litoral tropical, no ponto de contato entre o continente e o mar [...]. Embora sua área seja relativamente pequena, a interface entre o continente e o mar é um dos ambientes mais dinâmicos do planeta." Sobre o mangue, é correto afirmar que

- A) por demorar a reagir a mudanças no ambiente costeiro, os manguezais não são bons indicadores da dinâmica ambiental da área litorânea.
- B) a zona costeira, além de sofrer a variabilidade induzida por mudanças globais, é hoje a região de menor densidade populacional do planeta e hospeda pequena parte das áreas urbanas e regiões industriais.
- C) para se desenvolver em um ambiente tão dinâmico, os manguezais devem apresentar elevado grau de resiliência (capacidade de retomar rapidamente seu ponto de equilíbrio após um distúrbio), alterando sua distribuição e características estruturais de acordo com as feições do litoral e com as forças dominantes em um dado período.
- D) no Brasil, os manguezais ainda não estão sob a legislação federal e, portanto, não são considerados áreas de preservação permanente.

**11.** (Unicentro-PR) O texto e o quadro referem-se à questão a seguir:

"Hotspot" é um termo criado pelo ecologista inglês Norman Myers e serve para designar áreas mundiais que concentram os mais altos índices de biodiversidade e onde as ações de conservação seriam mais urgentes. Consideram-se *hotspot* áreas com, pelo menos, 1 500 espécies endêmicas de plantas e que tenham perdido mais de 3/4 da sua vegetação original. Há 25 áreas no planeta consideradas *hotspot*. Juntas, cobrem apenas 1,4% da superfície terrestre e abrigam mais de 60% de toda a biodiversidade animal e vegetal do planeta.

Disponível em: <www.conservation.org.br/como/index>. Acesso em: 25 ago. 2004.

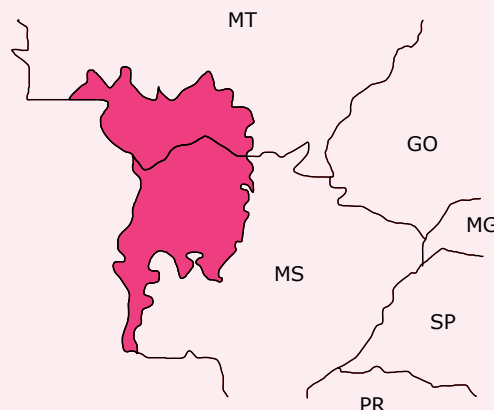
No Brasil, há duas áreas *hotspot*, cujas características estão listadas a seguir:

Áreas	Clima	Flora característica	Fauna característica
01	Quente e úmido	Palmito, pau-brasil, cedro, peroba, jacarandá, orquídeas, samambaias.	Mico-leão-dourado, onça-pintada, jaguatirica, macuco.
02	Quente e seco	Arbustos, ipê, peroba-do-campo, caviúna, gramíneas.	Lobo-guará, tamanduá, tatu, anta, seriema.

Assinale a alternativa que indica corretamente quais são as áreas 01 e 02, respectivamente.

- A) Mata Atlântica e Cerrado.
- B) Floresta Amazônica e Campos Gerais.
- C) Mata de cocais e Caatinga.
- D) Pantanal e vegetação litorânea.
- E) Mata de araucária e Mangue.

**12.** (UFTM-MG) O mapa indica um dos biomas brasileiros.



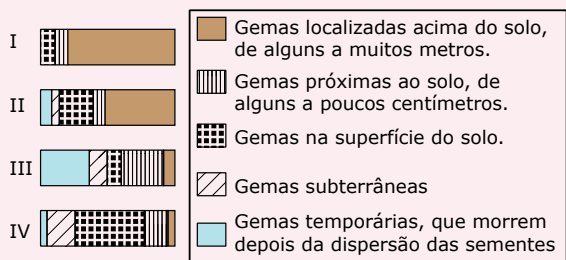
Disponível em: <siscom.ibama.gov.br>.

A respeito do bioma destacado, é correto afirmar que se trata de uma região cujas principais características são:

- A) Presença de plantas xeromórficas, como palmas, e solo pobre em minerais e rico em alumínio.
- B) Muitas espécies de vegetais e de animais dependentes do fluxo das águas, como o buriti e o tuiuíú.
- C) Presença de uma floresta exuberante, com árvores de grande porte, como a seringueira, e ausência de monocotiledôneas.
- D) Riqueza em espécies como as cactáceas, as vegetações rasteiras, os répteis escamados e os roedores.
- E) Existência de relevo plano, com vegetação herbácea, como as gramíneas, e ausência de eudicotiledôneas.

**13.** (FUVEST-SP-2017) Em 1903, o botânico alemão Christen Raunkiaer propôs um sistema que reconhece cinco formas de vida para as plantas terrestres. Essas formas são classificadas de acordo com (i) a posição das gemas caulinares em relação ao solo e sua exposição a fatores ambientais e (ii) a permanência ou não dessas gemas nas diferentes estações do ano.

Os esquemas I, II, III e IV representam as proporções relativas das formas de vida das plantas presentes em quatro biomas terrestres (Tundra, Floresta Temperada, Floresta Tropical e Deserto).



Complete a tabela a seguir, escrevendo o nome do bioma terrestre que corresponde a cada um dos esquemas, I, II, III e IV.

Esquema	Bioma terrestre
I	
II	
III	
IV	

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2018) O deserto é um bioma que se localiza em regiões de pouca umidade. A fauna é, predominantemente, composta por animais roedores, aves, répteis e artrópodes.

Uma adaptação, associada a esse bioma, presente nos seres vivos dos grupos citados é o(a)

- A) existência de numerosas glândulas sudoríparas na epiderme.
- B) eliminação de excretas nitrogenadas de forma concentrada.
- C) desenvolvimento do embrião no interior de ovo com casca.
- D) capacidade de controlar a temperatura corporal.
- E) respiração realizada por pulmões foliáceos.

**02.** (Enem-2016) Em uma aula de biologia sobre formação vegetal brasileira, a professora destacou que, em uma região, a flora convive com condições ambientais curiosas. As características dessas plantas não estão relacionadas com a falta de água, mas com as condições do solo, que é pobre em sais minerais, ácido e rico em alumínio. Além disso, essas plantas possuem adaptações ao fogo.

As características adaptativas das plantas que correspondem à região destacada pela professora são:

- A) Raízes escoras e respiratórias.
- B) Raízes tubulares e folhas largas.
- C) Casca grossa e galhos retorcidos.
- D) Raízes aéreas e perpendiculares ao solo.
- E) Folhas reduzidas ou modificadas em espinhos.

**03.** (Enem-2016) A vegetação apresenta adaptações ao ambiente, como plantas arbóreas e arbustivas com raízes que se expandem horizontalmente, permitindo forte ancoragem no substrato lamacento; raízes que se expandem verticalmente, por causa da baixa oxigenação do substrato; folhas que têm glândulas para eliminar o excesso de sais; folhas que podem apresentar cutícula espessa para reduzir a perda de água por evaporação. As características descritas referem-se a plantas adaptadas ao bioma:

- A) Cerrado.
- B) Pampas.
- C) Pantanal.
- D) Manguezal.
- E) Mata de Cocais.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. E
- 03. A
- 04. Soma = 45
- 05. A

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. E
- 03. A
- 04. C
- 05. B
- 06. A
- 07. A
- 08. A
- 09. A
- 10. C
- 11. A
- 12. B

13.

Esquema	Bioma terrestre
I	Floresta Tropical
II	Floresta Temperada
III	Deserto
IV	Tundra

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. C
- 03. D



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Sucessão Ecológica

Denomina-se sucessão ecológica o processo natural pelo qual uma comunidade muda gradualmente com o decorrer do tempo, até atingir uma situação de maior estabilidade denominada clímax.

Alguns autores costumam classificar as sucessões ecológicas em primárias e secundárias.

- **Sucessão primária** – Ocorre em uma área anteriormente sem vida. Representa a ocupação por seres vivos de uma área ou superfície até então nua. É o que acontece, por exemplo, quando há o aparecimento de espécies vegetais em uma região cujas condições não são inicialmente favoráveis, como dunas de areia, rochas nuas ou derrame de lavas vulcânicas.
- **Sucessão secundária** – Ocorre em uma área abandonada, onde, anteriormente, já havia uma comunidade que, por algum motivo, foi destruída. Essa área pode ser, por exemplo, um campo de cultivo abandonado ou uma floresta após um incêndio.

### ETAPAS DA SUCESSÃO

Em uma sucessão gradual de comunidades numa mesma região, distinguem-se as seguintes fases ou etapas: ecese, séries e clímax.

- **Ecese (ecésis)** – É a etapa inicial do processo de sucessão. As espécies de seres vivos que participam dessa etapa são chamadas de espécies pioneiras. Elas produzem modificações no meio abiótico da região, criando condições para a instalação de outras espécies de seres vivos.
- **Séries (seres)** – São as diferentes comunidades que surgem na região entre o estágio inicial (ecese) e o final (clímax) de uma sucessão, isto é, são as comunidades intermediárias entre a ecese e o clímax.
- **Clímax (homeostase)** – É o estágio final de uma sucessão ecológica. Nesse estágio, a comunidade atinge o seu máximo desenvolvimento, que é sempre compatível com as condições físico-químicas do meio. Mudanças drásticas nos fatores do ambiente (incêndios, erupções vulcânicas, grandes mudanças climáticas, desastres ecológicos) podem alterar o equilíbrio da comunidade clímax.

Vejam alguns exemplos de sucessões ecológicas:

- A) Sucessão ecológica iniciada a partir da superfície de uma rocha nua** – A superfície de uma rocha granítica nua e compacta é extremamente árida, uma vez que tal superfície não absorve água. Toda a água que a rocha recebe da chuva, por exemplo, escorre ou evapora rapidamente. Por isso, são pouquíssimos os seres vivos que conseguem se instalar nesse local e se desenvolver. Praticamente, só os líquens (associação mutualística de algas com fungos) conseguem se instalar e se desenvolver na superfície de uma rocha nua. Assim, sorédios (fragmentos de líquens) transportados pelo vento, ao caírem sobre a superfície da rocha nua, se instalam e desenvolvem-se, iniciando o povoamento daquela região. Dessa forma, os líquens constituirão a comunidade pioneira na superfície da rocha.

Uma vez instalados, os líquens começam a liberar sobre a superfície da rocha certos ácidos orgânicos que, lentamente, vão degradando a superfície, abrindo pequenas fendas, onde começam a se depositar partículas de terra e areia trazidas pelo vento, formando-se aí um microsolo, que passa a reter pequenas quantidades de água. Nesse microsolo, começam a se acumular restos de líquens mortos, o que permitirá a ação de decompositores e, conseqüentemente, o enriquecimento do meio com certos nutrientes minerais. Observe que a instalação da comunidade pioneira, representada pelos líquens, provoca alterações na superfície da rocha, criando novas condições abióticas, que permitirão a instalação de outras espécies. Assim, trazidos pelo vento, esporos de musgos (briófitas) podem se instalar nesse microsolo úmido. Os musgos são vegetais que só alcançam poucos centímetros de altura, não têm raízes verdadeiras e não exigem solos profundos.

Os musgos, quando morrerem, junto com maior quantidade de terra, água e nutrientes minerais retidos nas fendas, formarão um solo mais espesso, o que permitirá o desenvolvimento de novas espécies, como as gramíneas.

As raízes das gramíneas promoverão o aparecimento de novas fendas, aumentando e aprofundando os espaços e facilitando a formação de bolsas de terra cada vez maiores e mais profundas, onde começam a aparecer arbustos e, posteriormente, árvores.

Assim, o local que no passado era apenas a superfície nua (despovoada) de uma rocha, após certo tempo, torna-se um solo onde cresce e se desenvolve uma comunidade mais estável e predominantemente arbórea, que persiste até que uma mudança no ambiente, natural ou provocada pelo homem, perturbe o seu equilíbrio.

Sucessão ecológica primária				
Ecese	Séries			Clímax
Líquens	Musgos	Gramíneas	Arbustos	Árvores

Nesse exemplo de sucessão ecológica, os líquens foram a ecese, isto é, a etapa inicial do processo, enquanto a comunidade predominantemente arbórea constitui o clímax. As comunidades dos musgos, das gramíneas e dos arbustos, que apareceram entre o início (ecese) e o final (clímax), foram as séries dessa sucessão. É bom lembrar que, em qualquer sucessão ecológica, as mudanças das comunidades vegetais são acompanhadas também por mudanças nas comunidades de animais.

- B) Sucessão ecológica em uma região que sofre desmatamento** – Uma região de mata, cuja comunidade vegetal é formada predominantemente por árvores, sofre desmatamento e, em seguida, é abandonada. Com a remoção de toda a cobertura vegetal, o solo da região fica totalmente exposto às ações do Sol, dos ventos e das chuvas. Esse solo nu fica, portanto, mais sujeito à evaporação da água e, conseqüentemente, torna-se mais seco. Paralelamente, a ação conjunta dos ventos e das chuvas retira a camada de húmus (matéria orgânica em decomposição, rica em elementos nutritivos para as plantas), tornando o solo mais estéril. A ação dos ventos, das chuvas e notadamente das águas correntes sobre a superfície da terra favorece, também, a erosão.

Veja que, em conseqüência do desmatamento, as condições abióticas do solo foram modificadas. O solo, agora seco, pobre em nutrientes minerais, com rachaduras, exposto totalmente às ações do Sol, das chuvas e dos ventos, torna-se um ambiente hostil, onde poucas espécies de organismos conseguem se instalar e sobreviver. Entretanto, na natureza, existem espécies de seres vivos dotados de grande tolerância em relação a diferentes adversidades ambientais e que, por isso, conseguem se desenvolver em lugares onde poucos viveriam. Assim, sementes de gramíneas, trazidas pelo vento, podem chegar até essa área onde houve o desmatamento e iniciar novamente seu povoamento. Essas gramíneas serão as espécies pioneiras, formando a comunidade ecese.

Com o estabelecimento da comunidade das gramíneas, pequenos animais (insetos, aranhas, etc.) começam a se instalar na região. As excretas orgânicas desses pequenos animais, bem como

seus cadáveres e os restos orgânicos das gramíneas (pedaços de folhas, raízes, etc.), vão se acumulando no ambiente, o que propicia o surgimento de decompositores (bactérias, fungos). Estes, por sua vez, enriquecem o solo com mais nutrientes minerais por meio da atividade de decomposição. Além disso, os restos orgânicos que se acumulam no solo retêm mais umidade. As gramíneas fazem também uma sombra sobre a superfície do solo e, assim, a luz e o calor que chegam diretamente a ele são reduzidos. Isso contribui ainda mais para aumentar a umidade, uma vez que diminui a evaporação da água da superfície do solo. As raízes das gramíneas também ajudam a segurar a terra, evitando que esta seja carregada com facilidade pelos ventos ou pela água das chuvas. Com isso, o solo torna-se mais compacto.

A instalação e o desenvolvimento da comunidade pioneira, representada pelas gramíneas, provocaram alterações nas condições ambientais. Ou seja, a cobertura vegetal dessas plantas passou a proteger o solo contra a ação direta do vento e das enxurradas, evitando a continuidade do processo de erosão e contribuindo para a renovação do húmus e para a manutenção da umidade.

Com essas novas condições ambientais (solo mais compacto, mais úmido e enriquecido com mais nutrientes minerais), espécies vegetais que anteriormente não tinham condições de se instalar nesse local podem, então, se estabelecer. Assim, surge aos poucos uma nova comunidade vegetal formada por ervas diversas, que vão se desenvolvendo e ganhando das gramíneas a competição pela luminosidade. Atraídas pelas ervas, surgem novas espécies de animais. A feição da comunidade vai, então, se alterando, de modo que, depois de algum tempo, a comunidade vegetal, inicialmente formada pelas gramíneas, é substituída por uma comunidade vegetal herbácea (ervas).

A comunidade herbácea também irá provocar alterações nas condições ambientais. Como é pouco mais desenvolvida em porte que a comunidade anterior das gramíneas, sua cobertura reduz ainda mais a quantidade de luz e calor que chega à superfície do solo, contribuindo, assim, para torná-lo mais úmido. Suas raízes também seguram mais a terra, tornando o solo mais compacto e firme. Com isso, arbustos podem se instalar na região e, então, gradativamente, a comunidade herbácea vai sendo substituída por uma comunidade arbustiva. Esta, por sua vez, lentamente cede lugar para o desenvolvimento de uma comunidade arbórea semelhante à que existia na região antes de ocorrer o desmatamento. Essa comunidade arbórea constitui o desenvolvimento máximo da vegetação compatível com as condições ambientais da região, isto é, o clímax.

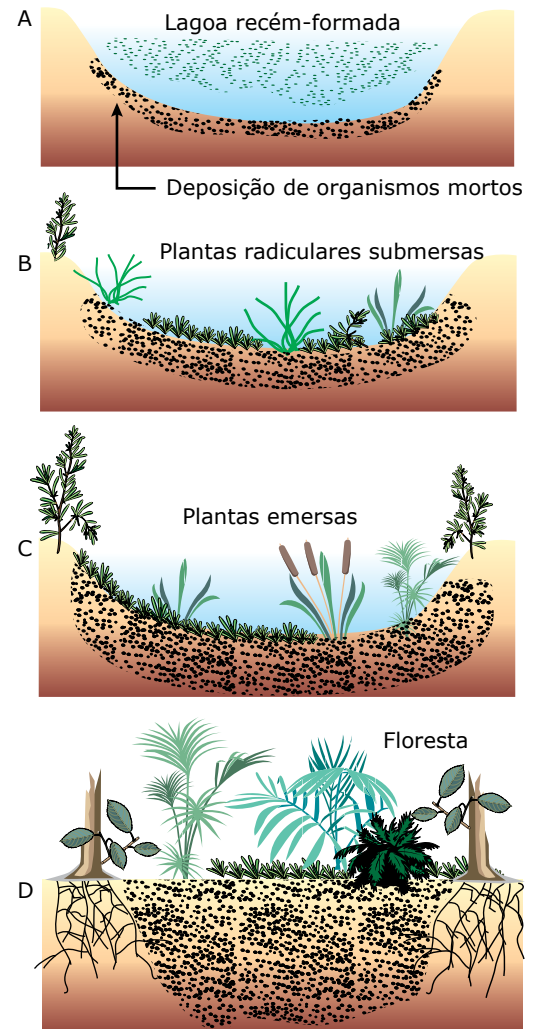


Sucessão ecológica secundária			
Ecese	Séries		Clímax
Gramíneas	Ervas	Arbustos	Árvores

Evidentemente, à medida que a comunidade vegetal vai mudando em um processo de sucessão ecológica, a comunidade animal da região também se altera. Uma comunidade vegetal arbórea, por exemplo, pode abrigar animais arborícolas, que não teriam condições de se estabelecerem em uma comunidade de gramíneas.

- C) Sucessão em uma lagoa** – Logo após a sua formação natural, a água de uma lagoa é normalmente límpida, sem vida, com o fundo desprovido de vegetação. O fitoplâncton, formado por algas microscópicas, é a primeira forma de vida vegetal a se instalar; em seguida, surgem os animais microscópicos do zooplâncton. Esses organismos, ao morrerem, vão se acumulando no fundo, propiciando o processo de decomposição, que enriquece a água com nutrientes. O aumento de nutrientes nas águas de uma lagoa é denominado eutrofização (eutroficação) e favorece a proliferação de outras espécies de vegetais e animais. Uma lagoa eutrófica (que alimenta bem) é geralmente uma lagoa pouco profunda, de águas esverdeadas (ricas em algas) e pobre em  $O_2$ . Já uma lagoa oligotrófica (que alimenta mal) é pobre em nutrientes, geralmente profunda, de águas límpidas e rica em  $O_2$ . Os primeiros estágios de uma lagoa representam oligotrofia e, aos poucos, ocorre a eutrofização.

O acúmulo de matéria orgânica em decomposição no fundo da lagoa cria uma camada de solo mais fértil, que permite o estabelecimento de plantas radiculares (plantas com raízes). As raízes dessas plantas ajudam a segurar o solo da lagoa, ao mesmo tempo que as partes mortas dessas plantas também contribuem para o aumento de nutrientes na lagoa. Esse fato, associado ao carregamento de material das áreas vizinhas (terra, folhas mortas, troncos, etc.) pelas águas das chuvas, determina uma diminuição gradual da profundidade da lagoa, que vai se tornando cada vez mais rasa. Começa, então, a surgir uma vegetação emergente e, aos poucos, a lagoa transforma-se em um pântano ou brejo, com fauna e flora próprias. Com o constante acúmulo de material no fundo, a lagoa acaba desaparecendo e tem início, na área, a instalação de plantas terrestres. No início, aparecem as gramíneas; à medida que o solo vai ficando mais firme, surgem plantas de porte um pouco maior, como os arbustos; e, por fim, árvores, que acabam formando uma comunidade arborícola típica de uma floresta.



*Sucessão ecológica em uma lagoa – (A) ecese, (B) e (C) séries, (D) clímax. Nesse exemplo, a comunidade do fitoplâncton, formado por algas microscópicas, constitui a comunidade pioneira, enquanto a comunidade arborícola do tipo floresta representa a comunidade clímax.*

## CARACTERÍSTICAS DE UMA SUCESSÃO

Partindo do estágio inicial (ecese) para o final (clímax), uma sucessão ecológica apresenta as seguintes características:

### Aumento da Diversidade de Espécies ou Diversidade Biológica (Biodiversidade)

A diversidade inicial é baixa, havendo, normalmente, predomínio de autótrofos. Ao longo da sucessão, há aumento na diversidade e no número de espécies heterotróficas. No clímax, a diversidade é alta e estável.

## Aumento da Complexidade da Teia Alimentar

No decorrer da sucessão, em consequência do aumento da diversidade de espécies e do surgimento de novos nichos ecológicos, a teia alimentar se torna cada vez mais complexa.

## Aumento da Biomassa

A biomassa ou matéria orgânica aumenta com a sucessão, sendo maior nos estágios clímax. Esse aumento da biomassa é também uma consequência do aumento da diversidade de espécies.

## Diminuição da Produtividade Líquida

Nos estágios iniciais da sucessão, a atividade autotrófica é maior que a heterotrófica e, por isso, a produtividade bruta (PB) é maior que a respiração (R), isto é,  $PB/R > 1$ . Considerando que a produtividade líquida (PL) é igual à diferença entre a produtividade bruta e a respiração ( $PL = PB - R$ ), veremos que ela é alta nos estágios iniciais da sucessão. Entretanto, no decorrer da sucessão, a atividade respiratória da comunidade aumenta e, assim, no estágio final (clímax), temos produtividade bruta (PB) e respiração (R) que se equivalem, com a relação entre ambas tendendo para 1 ( $PB/R = 1$ ). Isso significa que tudo que está sendo produzido é utilizado pela própria comunidade e, conseqüentemente, a produtividade líquida (PL) é baixa.

O quadro a seguir mostra as principais características da comunidade no decorrer de uma sucessão.

Características da comunidade	Tendências da sucessão: do estágio inicial até o clímax
Diversidade de espécies	Aumenta
Biomassa	Aumenta
Teia alimentar	Torna-se mais complexa
Relação PB/R	$PB/R > 1$ nos estágios iniciais, tendendo para 1 na comunidade clímax
Produtividade líquida (PL)	Diminui
Relação produtividade líquida / biomassa (PL / biomassa)	Diminui, pois a produtividade líquida diminui e a biomassa aumenta

Como vimos nos diferentes exemplos, em uma sucessão ecológica, diversas comunidades são formadas com o decorrer do tempo. Cada estágio modifica o meio abiótico, possibilitando a instalação e o desenvolvimento de novas espécies, mais aptas a explorá-lo. Quando a comunidade não pode ser substituída por nenhuma outra combinação de espécies mais aptas a explorar o meio, fala-se em comunidade clímax.

Acredita-se que a grande estabilidade das comunidades clímax deva-se à sua grande diversidade de espécies. Assim, quanto mais complexo o ecossistema, mais complexas serão as relações dentro dele, já que há maior número de nichos ecológicos disponíveis. Quanto mais nichos, mais diversificadas ficam a flora e a fauna; quanto mais diversos os componentes vivos, menores as probabilidades de que uma mudança em uma das condições possa afetar negativamente o ecossistema como um todo. Por exemplo: quando existem muitas espécies de produtores fotossintetizantes, cada uma delas adaptada a utilizar determinados comprimentos de onda luminosa ou determinada intensidade de luz, uma mudança na quantidade de luz poderá afetar alguns produtores, porém não todos eles. Assim, o ecossistema continuará estável e sem modificações apreciáveis.



### Sucessão secundária

As comunidades passam por diferentes alterações ao longo dos anos. Essa videoaula falará sobre as mudanças que ocorrem em uma área onde anteriormente havia vida.

BXB7



### Sucessão ecológica

Nesse objeto de aprendizagem, você poderá observar a ocorrência de dois eventos de sucessão ecológica: a primária e a secundária. Compreenda o comportamento das variáveis "diversidade de espécies", "biomassa" e "produtividade líquida" nas diferentes fases da sucessão.

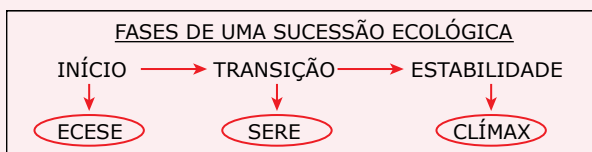


**Observação:** Houve simplificação nas representações da flora e da fauna.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFMG) Qual das situações a seguir não se verifica no decorrer de toda uma sucessão ecológica?  
6AKW
- Estabelecimento de espécies pioneiras que possibilitam a colonização da área por outros seres vivos.
  - Alteração gradual das condições biológicas sem que ocorram alterações nas condições físicas e químicas do meio.
  - Substituição gradual de comunidades, até que surja uma comunidade estável.
  - Invasão da área por espécies provenientes principalmente de comunidades próximas.
  - Extinção de espécies animais e / ou vegetais.
- 02.** (Unifor-CE) Considere as afirmações a seguir relativas à sucessão ecológica.
- É um processo ordenado de mudanças da comunidade.
  - Independente das modificações do ambiente físico.
  - A sucessão primária inicia-se pelo estabelecimento de espécies pioneiras no local.
  - O processo de sucessão termina com o estabelecimento, na área, de uma comunidade clímax.
- São verdadeiras, apenas
- I e II.
  - I e III.
  - II e III.
  - I, III e IV.
  - II, III e IV.
- 03.** (Unimontes-MG) A sucessão é um fato evidente quando há um distúrbio externo em um ecossistema, como fogo ou enchente. Nessa situação, tanto o meio físico-químico como os fatores bióticos passam por várias mudanças. A figura a seguir representa as fases de uma sucessão ecológica do tipo secundária. Analise-a.  
E6E1



Considerando a figura anterior e o assunto relacionado a ela, analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa correta.

- No estágio de clímax, a produtividade vegetal é maior que a atividade respiratória dos organismos.
  - Na fase inicial, verifica-se, na comunidade pioneira, uma grande complexidade das teias alimentares.
  - As extinções e alterações na abundância das populações ocorrem, principalmente, na fase de transição.
  - A chegada de seres colonizadores representa a etapa de maior maturidade numa determinada sucessão.
- 04.** (Vunesp) Considere as afirmativas:
- Sucessão ecológica é o nome que se dá ao processo de transformações graduais na constituição das comunidades de organismos.
  - Quando se atinge um estágio de estabilidade em uma sucessão, a comunidade correspondente é a comunidade clímax.

3. Numa sucessão ecológica, a diversidade de espécies aumenta inicialmente, atingindo o ponto mais alto no clímax, estabilizando-se então.

4. Numa sucessão ecológica ocorre aumento da biomassa.

Assinale

- se todas as afirmativas estiverem incorretas.
- se todas as afirmativas estiverem corretas.
- se somente as afirmativas 2 e 3 estiverem corretas.
- se somente as afirmativas 1 e 4 estiverem corretas.
- se somente a afirmativa 4 estiver correta.

**05.** (UFRGS-RS) Considere as seguintes afirmações sobre sucessão ecológica:

- Quando uma comunidade atinge o estágio clímax, a teia alimentar torna-se mais complexa.
- A composição das espécies tende a permanecer constante ao longo da sucessão.
- Os diferentes organismos dos estágios serais ocasionam modificações nas condições ambientais locais.

Quais são corretas?

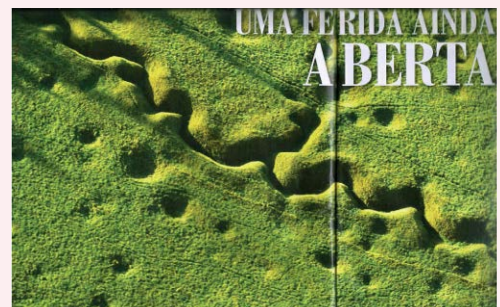
- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UFRGS-RS-2016) Os ecossistemas naturais terrestres passam por mudanças através da sucessão ecológica. Em relação a esse processo, é correto afirmar que ocorre
- estabilidade da biomassa total.
  - aumento da biodiversidade.
  - diminuição no tamanho dos indivíduos.
  - aumento da vegetação pioneira.
  - estabilidade na reciclagem dos nutrientes.

- 02.** (UEMG-2015) Em 28 de junho de 2014, foram completados 100 anos do assassinato de Francisco Ferdinando, herdeiro do trono do Império da Áustria – Hungria, e sua esposa, Sofia, em Sarajevo, fato esse que desencadeou a 1ª Guerra Mundial. A imagem a seguir mostra os remanescentes das trincheiras e das explosões de bombas, semelhantes a cicatrizes em um campo aberto, na localidade de Beumont Hamel, na França.  
4CXE

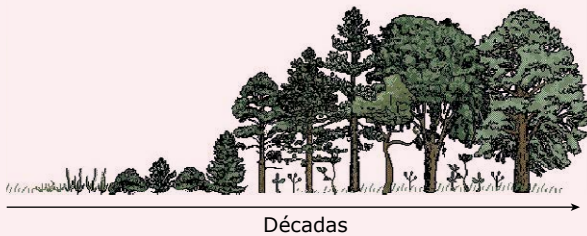


REVISTA VEJA. Editora Abril, edição 2 379, ano 47, n. 26, p. 55-56. 25 jun. 2014.

O que foi uma terra totalmente devastada, à época, hoje se vê recuperada e coberta de vegetação. O fenômeno biológico que permitiu tal recuperação é conhecido como

- A) cadeia alimentar.
- B) sucessão ecológica.
- C) ciclos biogeoquímicos.
- D) nicho ecológico.

- 03.** (FIEB-SP-2016) Analise a figura que ilustra a transformação na fitofisionomia de um ambiente ao longo de décadas.



Disponível em: <[www.sar8.org.br](http://www.sar8.org.br)> (Adaptação).

O processo ecológico ilustrado é a sucessão ecológica, caracterizado

- A) pela ocupação gradativa dos nichos existentes.
- B) pela transição biogeográfica entre diferentes biomas.
- C) pela faixa contínua de vegetação entre fragmentos florestais.
- D) pela vegetação existente ao longo das margens dos corpos d'água.
- E) pelo aumento da oscilação nas condições ambientais.

- 04.** (UCS-RS) A sucessão ecológica é o processo de colonização de um ambiente por seres vivos. Com o passar dos anos, os organismos que habitam um determinado local vão sendo substituídos por outros. São exemplos de espécies pioneiras em um processo de sucessão ecológica na superfície de uma rocha:

- A) líquens e briófitas.
- B) anelídeos e platelmintos.
- C) angiospermas e gimnospermas.
- D) pteridófitas e artrópodes.
- E) nematoides e insetos.

- 05.** (UFTM-MG) Considere uma área inicialmente ocupada por uma floresta e que tenha sido desmatada. Dá-se, então, a reocupação dessa área pela vegetação natural.

Durante o processo de sucessão ecológica descrito, é possível observar

- A) o aumento da diversidade de espécies e da biomassa.
- B) o aumento da diversidade de espécies e a diminuição da biomassa.
- C) a diminuição da biomassa e dos produtores.
- D) a diminuição da biomassa e a redução no número de nichos ecológicos.
- E) a constância da biomassa e da biodiversidade antes da fase clímax.

- 06.** (UFJF-MG) As queimadas, comuns na estação seca em diversas regiões brasileiras, podem provocar a destruição da vegetação natural. Após a ocorrência de queimadas em uma floresta, é correto afirmar que:

- A) com o passar do tempo, ocorrerá sucessão primária.
- B) após o estabelecimento dos líquens, ocorrerá a instalação de novas espécies.
- C) a comunidade clímax será a primeira a se restabelecer.
- D) somente após o retorno dos animais é que as plantas voltarão a se instalar na área queimada.
- E) a colonização por espécies pioneiras facilitará o estabelecimento de outras espécies.

- 07.** (UECE) A sucessão ecológica compreende uma série de alterações no ecossistema, resultantes da ação contínua dos fatores ambientais sobre os organismos e da reação dos organismos sobre o ambiente em que vivem. Dessa forma, a comunidade pioneira evolui passo a passo, até que a velocidade do processo começa a diminuir gradativamente, chegando a um ponto de equilíbrio, quando a comunidade passa a ser denominada clímax. Nesse contexto, pode-se afirmar corretamente que a estabilidade das comunidades clímax ocorre devido à(ao)

- A) aumento da variedade de espécies e da complexidade das relações alimentares.
- B) diminuição do número de espécies e à simplificação das relações alimentares.
- C) manutenção do número de espécies e, conseqüentemente, à estabilidade das relações alimentares.
- D) introdução de novas espécies e ao incremento da complexidade das relações alimentares.

- 08.** (UEMG-2018) As briófitas mais conhecidas são os musgos, que formam extensos tapetes verdes sobre rochas, troncos de árvores e barrancos. Quando habitam rochas, fazem parte de um importante processo ecológico denominado sucessão ecológica. Em relação ao papel das briófitas nesse processo, assinale a alternativa correta.

- A) Ao habitarem as rochas, as briófitas iniciam o processo de sucessão ecológica secundária, no qual se comportam como espécies-chave no ecossistema.
- B) A comunidade formada pelas briófitas sobre a rocha pode ser considerada uma comunidade clímax, já que a rocha não pode sofrer alterações.
- C) As briófitas são consideradas espécies secundárias por conseguirem viver em mais de um tipo de *habitat* além das rochas.
- D) O processo de sucessão que ocorre nas rochas nuas é chamado de sucessão primária e as briófitas são as plantas pioneiras nesse *habitat*.

- 09.** (FGV-SP) A comunidade clímax constitui a etapa final de uma sucessão ecológica. Considera-se que a comunidade chegou ao clímax quando

- A) as teias alimentares, menos complexas, são substituídas por cadeias alimentares.
- B) a produção primária bruta é igual ao consumo.
- C) cessam a competição interespecífica e a competição intraespecífica.
- D) a produção primária líquida é alta.
- E) a biomassa vegetal iguala-se à biomassa dos consumidores.

**10.** (Mackenzie-SP-2016) Os ecossistemas naturais estão em constante modificação. Como se fossem um organismo vivo, eles passam por vários estágios, desde a juventude até a maturidade. Sucessão ecológica é o nome que se dá a essa série de mudanças nas comunidades que compõem o ecossistema até atingir a comunidade clímax.

A respeito das sucessões ecológicas, assinale a alternativa correta.

- A) As espécies pioneiras são as que primeiro se instalam em um determinado ambiente, podendo ser autótrofas ou heterótrofas.
- B) No início da sucessão, a taxa de fotossíntese é maior do que a taxa de respiração.
- C) O número de nichos ecológicos permanece o mesmo em todos os estágios da sucessão.
- D) Somente seres eucariontes podem agir como espécies pioneiras.
- E) Em uma comunidade clímax, o consumo de CO<sub>2</sub> pelas plantas é sempre maior do que a produção de CO<sub>2</sub>.

**11.** (UEL-PR) Considere os seguintes ambientes.

OSGZ

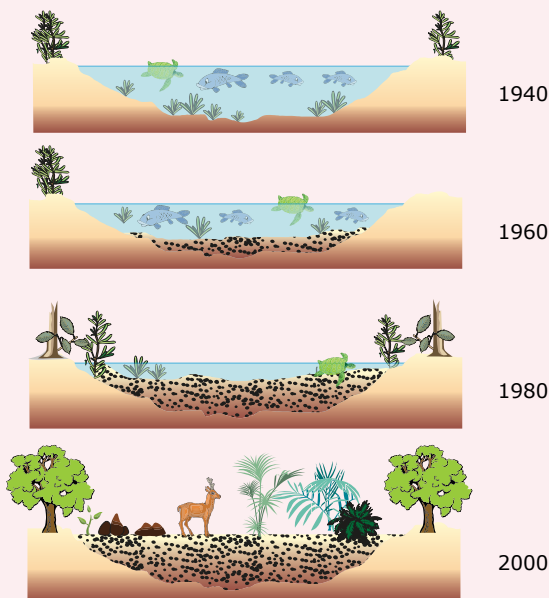
- I. Superfície de rocha nua
- II. Campo de cultivo abandonado
- III. Floresta recém-derrubada
- IV. Dunas de areia recém-formadas

A sucessão primária só pode ocorrer em

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

**12.** (UFPB) Com o passar dos anos, observa-se que os diferentes ambientes sofrem modificações, ocasionadas tanto por fenômenos naturais como pela interferência humana. A esse processo denomina-se sucessão ecológica. A figura a seguir representa o esquema de uma sucessão ecológica:

WOA4



AMABIS E MARTHO. *Biologia das Populações*. São Paulo: Ed. Moderna, 2005. v. 3. p. 389.

Com base na figura e nos conhecimentos acerca desse processo, é correto afirmar:

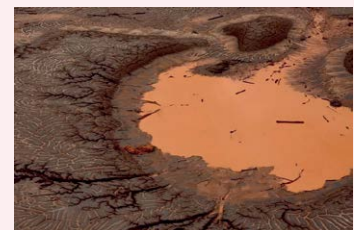
- A) A comunidade que se estabelece, ao final da sucessão ecológica, é a mais estável possível.
- B) As espécies que iniciam o processo de sucessão ecológica são denominadas espécies clímax.
- C) A diversidade de espécies da comunidade que se estabelece é mantida.
- D) As relações ecológicas entre as espécies que se estabelecem diminuem.
- E) As mudanças que ocorrem na população não alteram o ambiente.

**13.** (FASM-SP-2016) O rompimento da barragem de uma mineradora, em Mariana (MG), trouxe tragédia às populações afetadas e grande impacto ambiental. A liberação da lama provoca a pavimentação de uma grande área, porque a lama seca forma uma espécie de cimento. Em razão da grande quantidade de resíduos, a secagem completa do material poderá demorar dezenas de anos.

4K49

Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br>> (Adaptação).

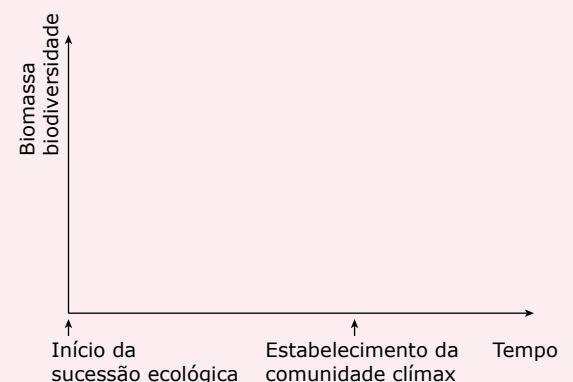
**Área devastada em Mariana (MG)**



Bruno Alencastro / Agência RBS

Suponha que uma área como a apresentada na foto passe por um processo de recuperação ambiental e que, ao longo das décadas, a sucessão ecológica resulte em uma comunidade clímax.

- A) No caso proposto, como é denominado o processo de sucessão ecológica que, com o passar do tempo, permitirá o estabelecimento de uma nova comunidade biológica na área degradada? Justifique sua resposta.
- B) Reproduza, no plano cartesiano a seguir, uma única linha contínua que represente a variação da biomassa e a variação da biodiversidade ao longo da sucessão ecológica e após o estabelecimento da comunidade clímax.





## SEÇÃO ENEM

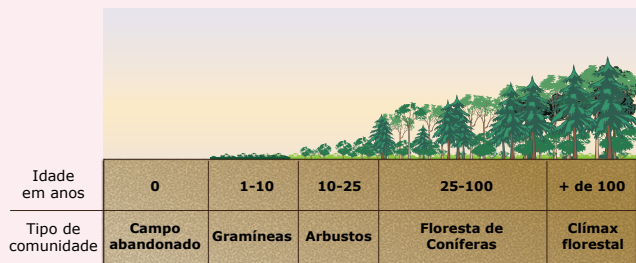
**01.** (Enem) Surtsey é uma ilha vulcânica situada perto da costa sul da Islândia. A erupção vulcânica que lhe deu origem ocorreu na década de 1960, o que faz dela, seguramente, a ilha mais nova do Oceano Atlântico. As primeiras espécies que aí se fixaram musgos e líquens. À medida que as aves foram fixando-se na ilha, as condições do solo foram melhorando e espécies vegetais mais complexas puderam iniciar a colonização do território. Em 1988 foi observada a presença do primeiro arbusto.

Disponível em: <www.nacopadasarvores.blogspot.com.br>. Acesso em: 25 maio 2012. [Fragmento]

O conjunto das alterações ocorridas no ambiente descrito é exemplo de

- A) nicho ecológico.
- B) eficiência ecológica.
- C) sucessão ecológica.
- D) irradiação adaptativa.
- E) resistência ambiental.

**02.** (Enem) O esquema a seguir mostra um processo de sucessão ecológica que teve início em um campo de cultivo abandonado, situado em uma região anteriormente ocupada por Floresta Decídua Temperada.



Com base nessas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que o esquema em questão representa

- A) uma sucessão primária em que as gramíneas foram as espécies pioneiras.
- B) uma sucessão secundária em que a composição em espécie muda mais rapidamente no início e mais lentamente nos estágios intermediários, mantendo-se praticamente constante no clímax.
- C) uma sucessão primária em que do estágio inicial até o clímax ocorreu um aumento da biomassa e uma menor diversificação das espécies.
- D) uma sucessão secundária que no estágio clímax deve possuir uma menor biodiversidade.
- E) uma sucessão secundária que teve início com espécies pioneiras heterótrofas.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

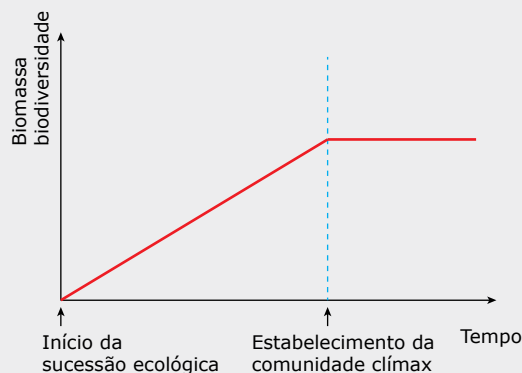
Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. D
- 03. C
- 04. B
- 05. C

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. B
- 03. A
- 04. A
- 05. A
- 06. E
- 07. A
- 08. D
- 09. B
- 10. B
- 11. C
- 12. A
- 13.
  - A) Sucessão ecológica secundária. Nesse tipo de sucessão, uma nova comunidade se desenvolve em uma área que sofreu um grande impacto ambiental.
  - B)



### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Noções de Engenharia Genética

A Engenharia Genética é um conjunto de técnicas que tem por objetivo a manipulação do material genético. São técnicas que permitem identificar, isolar e multiplicar genes, bem como construir moléculas híbridas de DNA, isto é, DNA constituído por segmentos originários de diferentes espécies de seres vivos.

### DNA RECOMBINANTE

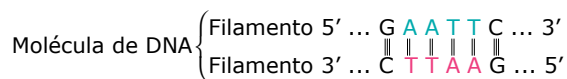
A tecnologia do DNA recombinante (rDNA), que teve início na década de 1970, constitui a base da Engenharia Genética e tem por principal objetivo a construção de moléculas de DNA não existentes na natureza, constituídas por segmentos provenientes de diferentes fontes. Assim, essas moléculas híbridas podem ser constituídas tanto por segmentos de DNA originários de organismos diferentes, quanto por segmento de DNA proveniente de um organismo ligado a um DNA sintético (produzido em laboratório, unindo-se os nucleotídeos numa sequência desejada).

O desenvolvimento da Bioquímica e os estudos genéticos realizados em micro-organismos, notadamente bactérias e bacteriófagos, deram uma grande contribuição para a obtenção dos conhecimentos e das técnicas necessários para a manipulação dos genes. Assim, surgiram “ferramentas” básicas para o desenvolvimento da Engenharia Genética. Entre elas, destacam-se as enzimas de restrição, também conhecidas por endonucleases de restrição.

As enzimas de restrição são encontradas em certas bactérias e atuam como verdadeiras “tesouras moleculares”, cortando o DNA em pontos específicos. Costuma-se dizer que elas têm a propriedade de clivar (cortar, quebrar) o DNA.

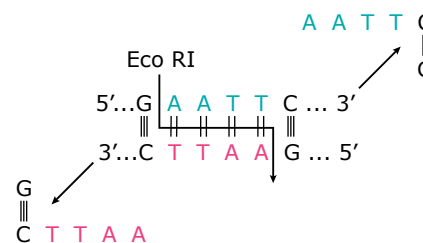
Essas enzimas, provavelmente, fazem parte do mecanismo de proteção que certas bactérias desenvolveram contra seus inimigos naturais, os vírus bacteriófagos. Nas células bacterianas, essas enzimas são capazes de reconhecer o DNA do vírus invasor como um elemento estranho e, assim, promover a sua destruição, cortando-o em pontos específicos, antes que ele sofra o processo de duplicação.

Cada bactéria tem suas próprias enzimas de restrição, e cada enzima reconhece apenas um tipo de sequência de bases nitrogenadas ao longo da molécula de DNA. São, portanto, altamente específicas, cortando o DNA apenas nos locais onde existem certas sequências de bases nitrogenadas. As sequências de bases nitrogenadas reconhecidas pelas enzimas de restrição são **palíndromos**, isto é, iguais nos dois filamentos da molécula de DNA, seja a leitura desses filamentos feita no sentido 5' → 3' ou no sentido 3' → 5'. Veja o exemplo a seguir:



Se a leitura dos dois filamentos for feita no sentido 5' → 3', a sequência será G A A T T C; se nos dois filamentos a leitura for feita no sentido 3' → 5', a sequência será C T T A A G. Assim, essas sequências de bases nesses dois filamentos são palíndromos.

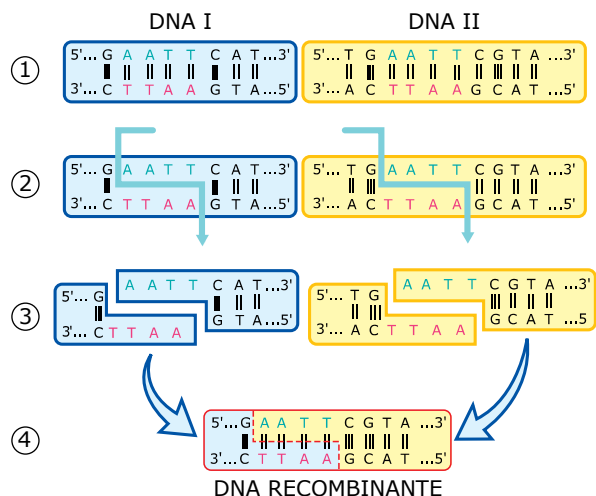
Existem vários tipos de enzimas de restrição. Uma delas é a Eco RI que atua na sequência ...G A A T T C..., fazendo o corte da ligação entre o G e o A, conforme mostra o esquema a seguir:



As enzimas de restrição podem ser isoladas de diferentes bactérias. Muitas indústrias cultivam essas bactérias, isolam suas enzimas de restrição e as comercializam, vendendo-as para laboratórios de genética molecular de todo o mundo. O quadro a seguir mostra alguns exemplos dessas enzimas, suas fontes (bactérias das quais são obtidas) e os seus sítios de clivagem (locais onde fazem o corte no DNA).

Enzima de restrição	Fonte	Sítio de clivagem
Bam HI	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> H	G↓GATCC CCTAG↓G
Hind III	<i>Haemophilus influenzae</i>	A↓AGCTT TTCTA↓A
Eco RI	<i>Escherichia coli</i>	G↓AATTC CTTAA↓G
Sal I	<i>Streptococcus albus</i> G	G↓TCGAC CAGCT↓G

A ilustração a seguir mostra, de forma bem simplificada, a construção de um DNA recombinante.



1. Imagine que os DNAs I e II são provenientes de dois organismos diferentes. 2. Utilizando-se de enzimas de restrição, os dois DNAs são cortados em pontos específicos. 3. Com o corte, os dois filamentos de cada DNA se separam. 4. Utilizando-se das enzimas DNA-ligases, um segmento do DNA I é ligado a um segmento do DNA II, formando, assim, um DNA recombinante.

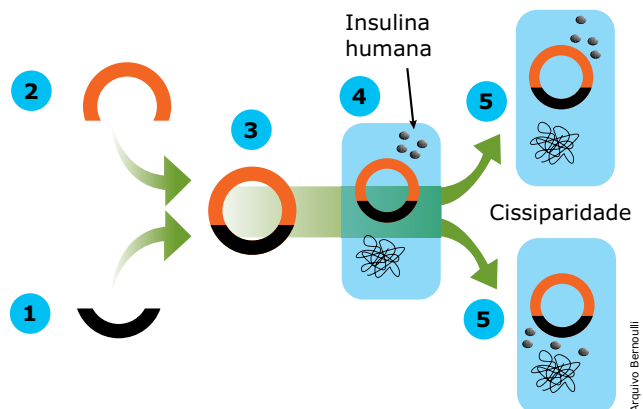
Por meio da tecnologia do DNA recombinante, tornou-se possível, por exemplo, associar segmentos de DNA (genes) de um animal ou de uma planta a plasmídios das bactérias.

Plasmídios são pequenos fragmentos circulares de DNA encontrados livremente no hialoplasma de muitas bactérias. Tanto no cromossomo bacteriano quanto nos plasmídios, existem genes (segmentos de DNA) responsáveis por diferentes características hereditárias das bactérias. Quando há reprodução da bactéria, todo o seu material genético, que inclui o cromossomo e o(s) plasmídio(s), duplica-se, sendo distribuído equitativamente entre as bactérias-filhas, que serão, então, geneticamente idênticas.

A insulina foi a primeira proteína humana produzida em células de bactérias geneticamente modificadas e aprovada para uso em pacientes. Antes do desenvolvimento dessa tecnologia, os diabéticos dispunham apenas de injeções de insulina extraída de animais, como bois e porcos. Acontece que a insulina desses animais é ligeiramente diferente da insulina humana, causando problemas alérgicos em alguns pacientes. A insulina produzida por bactérias transgênicas é idêntica à produzida pelo pâncreas humano e não causa problemas de alergia, daí a importância dessa conquista.

Atualmente, além da insulina, outras proteínas de interesse médico, como a somatotrofina (hormônio do crescimento), também são produzidas por bactérias geneticamente modificadas.

A ilustração a seguir nos dá, resumidamente, uma ideia da técnica do DNA recombinante com a utilização de plasmídios bacterianos.



Tecnologia do DNA recombinante – 1. Com a utilização de enzimas de restrição, um segmento de DNA humano, contendo a informação para a síntese da proteína insulina, é retirado de determinado cromossomo humano; 2. Plasmídio bacteriano de onde se retirou um segmento (pedaço) de DNA, com ajuda da enzima de restrição; 3. Com o auxílio da enzima DNA-ligase, o segmento de DNA humano é “soldado” ao plasmídio bacteriano. Forma-se, assim, um plasmídio contendo um DNA recombinante; 4. O plasmídio recombinante é incorporado à bactéria que, então, passa a ser uma bactéria transgênica. Os organismos que recebem ou incorporam genes de outra espécie são chamados de transgênicos; 5. A bactéria transgênica, ao se reproduzir por cissiparidade, origina bactérias-filhas, também transgênicas, ou seja, portadoras do plasmídio recombinante. Assim, obtém-se em pouco tempo um clone de bactérias transgênicas com capacidade de produzir a insulina humana utilizada no tratamento dos diabéticos.

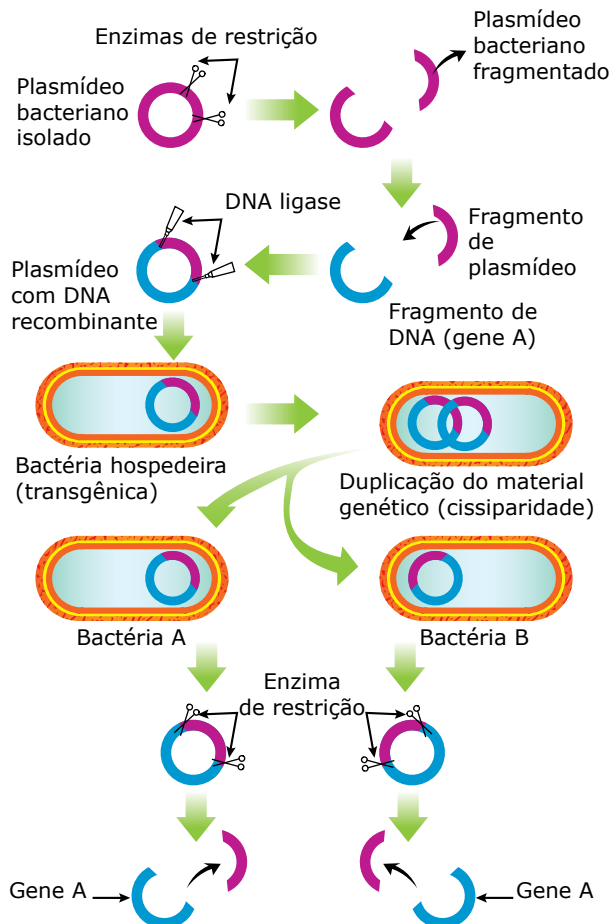
As bactérias transgênicas, isto é, portadoras de DNA recombinante, abrigam em si todas as informações necessárias para o cumprimento das tarefas rapidamente, funcionando como pequenas fábricas biológicas, capazes de produzir, em larga escala e com custos mais baratos, as proteínas desejadas.

## CLONAGEM DE GENES

Existem técnicas que permitem a fabricação de milhões de cópias idênticas de um gene, isto é, técnicas que permitem a obtenção de um clone de genes. Isso possibilita, por exemplo, submeter um determinado gene que se deseja estudar às inúmeras análises necessárias para a determinação da sua estrutura.

Os primeiros passos para a produção de um clone de genes são, obviamente, a identificação e o isolamento do gene que se deseja clonar. Uma vez identificado e isolado, sua clonagem poderá ser feita por diferentes técnicas.

- Clonagem de genes com utilização de bactérias:** Um plasmídeo bacteriano é isolado e cortado num determinado ponto com o auxílio de uma enzima de restrição. Em seguida, com o auxílio da enzima DNA-ligase, esse plasmídeo é ligado ao fragmento de DNA (gene) que se deseja clonar. Vamos chamar esse gene A. Forma-se, dessa maneira, um plasmídeo com DNA recombinante. Esse plasmídeo com DNA recombinante é introduzido numa bactéria hospedeira, que passa então a ser uma bactéria transgênica. Essa bactéria é colocada num meio de cultura contendo todas as condições necessárias para o seu desenvolvimento e reprodução. Ao se reproduzir, a bactéria-mãe duplica todo seu material genético, inclusive o gene A de origem exógena, e o distribui de forma equitativa entre as bactérias-filhas formadas. Cada bactéria-filha, portanto, terá os mesmos tipos de genes que existiam na bactéria-mãe. Assim, mantendo-se as condições no meio de cultura sempre favoráveis, em pouco tempo, obtém-se um número grande de bactérias geneticamente idênticas. Em todas elas, haverá o plasmídeo com o DNA recombinante, e, conseqüentemente, em todas haverá o gene A. Quando existir um número grande dessas bactérias transgênicas, seus plasmídios serão isolados, e deles, com o uso de enzimas de restrição, serão cortados os segmentos contendo o gene A. Obtém-se, assim, um número grande de genes idênticos, ou seja, um clone de um determinado gene.



Clonagem de gene com a utilização de bactérias.

- Clonagem de gene por meio da técnica do PCR:** Chamada em inglês de *Polymerase Chain Reaction* (PCR), que significa "Reação em Cadeia da Polimerase", essa tecnologia permite clonar, em laboratório, moléculas de DNA. O DNA é colocado em um meio contendo desoxirribonucleotídeos livres e uma enzima DNA polimerase especial, resistente ao calor, obtida de bactérias que vivem normalmente em fontes de água quente. Todo esse sistema é, então, submetido a uma temperatura de 98 °C, o que faz com que as duas hélices (fitas) da molécula de DNA se separem. Nessas condições, cada fita é complementada pelos nucleotídeos livres existentes no meio, formando-se, assim, duas moléculas completas e idênticas do DNA. Em seguida, o ciclo recomeça; são produzidas 4 moléculas, e assim por diante.

Como vimos, existem diferentes técnicas que permitem clonar um gene.

A clonagem de um gene permite que ele seja multiplicado, formando várias cópias, o que é necessário para estudar detalhadamente sua sequência de bases e, a partir disso, a sequência de aminoácidos da proteína que ele codifica. Pode-se saber em que tipo de célula o gene em estudo está funcionando e que fatores afetam seu funcionamento.

Um gene também pode ser extraído e transferido para indivíduos de uma outra espécie. Pode-se, por exemplo, introduzir um gene humano em um camundongo; um gene de inseto em uma planta; um gene humano em uma planta, etc., criando-se assim organismos transgênicos.



**Tecnologia do DNA recombinante**

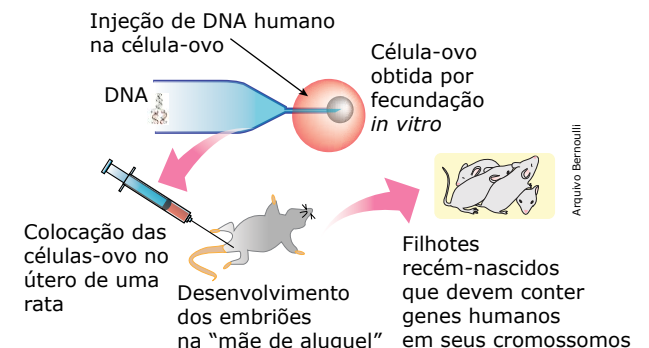
Essa animação demonstra os processos de clonagem para a produção da insulina humana recombinante. Perceba a importância das enzimas de restrição e como a descoberta de seus variados tipos aumenta a possibilidade de clonagem de diferentes genes de interesse. Bom trabalho!



## ANIMAIS TRANSGÊNICOS

Animal transgênico é aquele que possui, no seu material genético, um ou mais genes originários de outra espécie.

A produção desses animais normalmente se faz na fase embrionária, introduzindo-se no embrião de uma espécie genes de outra espécie. Veja o exemplo a seguir:



Técnica de produção de animais transgênicos.

Se introduzirmos genes humanos em embriões de camundongos, estes poderão se desenvolver tendo genes humanos em seus cromossomos, ou seja, serão camundongos transgênicos. Para isso, procede-se da seguinte maneira: faz-se a fecundação *in vitro*, ou seja, retiram-se óvulos de fêmeas colocando-os em um tubo de ensaio que contém espermatozoides. O processo é acompanhado pelo microscópio; e tão logo ocorram as fecundações, com aparelhagem de micromanipulação, injetam-se os genes humanos nos núcleos das células-ovo. Havendo receptividade, os genes injetados se incorporam aos cromossomos das células-ovo, sendo transmitidos quando ocorrer divisões mitóticas às células-filhas. Os ovos que receberam genes humanos são, então, implantados no útero de uma fêmea, no qual se desenvolvem, originando novos camundongos que conterão em suas células os genes humanos recebidos na fase embrionária. Esses camundongos serão, portanto, organismos transgênicos. Quando um camundongo transgênico se reproduzir, os genes humanos incorporados ao seu material genético poderão ser transmitidos aos descendentes, como qualquer outro gene.

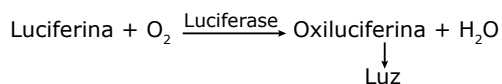
Em 1981, usando a tecnologia descrita, pedaços de DNA de coelho contendo o gene responsável pela produção da proteína hemoglobina foram injetados em células-ovo de camundongos. Essas células-ovo foram implantadas no útero de fêmeas de camundongos, onde se desenvolveram, dando origem a vários filhotes. A análise mostrou que os filhotes de camundongos que nasceram desses embriões tinham hemoglobina de coelho em suas hemácias. Isso comprovou que o DNA do coelho injetado na célula-ovo do camundongo se incorporou a um cromossomo e foi transmitido de célula a célula por meio das mitoses. Esses camundongos transgênicos foram cruzados entre si, e o gene do coelho incorporado ao seu material genético foi transmitido de geração a geração, segundo as leis mendelianas.

As perspectivas de utilização de animais transgênicos a favor do homem são muito boas. Assim como já acontece com bactérias transgênicas, num futuro não muito distante, animais transgênicos também poderão ser utilizados como verdadeiras fábricas para a produção de substâncias de interesse para o homem.

## PLANTAS TRANSGÊNICAS

De maneira semelhante ao que acontece com os animais, a produção de plantas transgênicas se faz introduzindo em uma planta genes de uma outra espécie de vegetal ou até de um animal. Vários experimentos bem-sucedidos já foram feitos nesse sentido. Um dos mais famosos associou ao material genético da planta do fumo o gene do vaga-lume responsável pela sua bioluminescência.

A reação de bioluminescência do vaga-lume depende da enzima luciferase. Essa enzima catalisa a reação de oxidação da substância luciferina, na qual é produzida luz, conforme mostra o esquema a seguir:



O gene para a produção da enzima luciferase foi isolado do vaga-lume e injetado em uma célula meristemática do fumo (tabaco), onde se incorporou a um dos cromossomos. Por meio de técnicas de cultura de tecidos vegetais, produziu-se uma planta inteira a partir dessa única célula transformada geneticamente. Assim, em todas as células dessa planta transgênica de fumo, o gene do vaga-lume se fez presente. Quando essa planta foi regada com uma solução de luciferina, ela começou a brilhar.

Por meio dessa mesma tecnologia, cientistas franceses já conseguiram criar uma planta do fumo, modificada geneticamente, capaz de produzir a hemoglobina humana. Essa pesquisa francesa é parte de um esforço científico mundial para se obter um substituto natural para o sangue humano, ou seja, obter um sangue que possa ser produzido em larga escala e que ponha fim à dependência de doadores que hoje existe.

Essa tecnologia também já é usada para produzir plantas nas quais se incorporam genes bacterianos que conferem resistência a determinados herbicidas ou a determinadas pragas. Desse modo, essas plantas modificadas geneticamente são capazes de crescer normalmente em terrenos tratados com esses herbicidas e resistem ao ataque de pragas.

Entre as grandes esperanças dos cientistas que trabalham com a manipulação genética de plantas, está a de se produzirem variedades capazes de fixar o nitrogênio do ar.

Sabe-se que um dos fatores limitantes ao crescimento das plantas e à produção agrícola é, justamente, a disponibilidade de nitrogênio no solo. Os fertilizantes, que encarecem a produção, têm como principal objetivo aumentar a quantidade de nitrogênio disponível às plantas.

Pesquisas estão sendo feitas no sentido de alterar geneticamente as plantas de interesse comercial, introduzindo em seu genoma genes de bactérias fixadoras de nitrogênio. A possibilidade de aumentar a eficiência na fixação de nitrogênio por meio da Engenharia Genética poderia resultar na produção de alimentos mais baratos para a humanidade.

A cada dia, surgem no mercado novas substâncias, produzidas pela tecnologia da Engenharia Genética, capazes de estimular o crescimento de animais, a produção de leite, o aumento do volume de lã dos carneiros, a produtividade de plantas cultivadas, a resistência de animais e de plantas a doenças diversas, etc.

Alimentos transgênicos, como o milho e a soja, resistentes a herbicidas, já são produzidos e comercializados em alguns países (EUA, Canadá, Japão, Argentina), embora ainda existam polêmicas sobre a segurança ou não para a saúde humana do uso de tais alimentos, bem como se o cultivo dessas plantas geneticamente modificadas pode ou não trazer prejuízos para o meio ambiente. O uso de alimentos transgênicos ainda divide opiniões. Entretanto, muitos cientistas e pesquisadores concordam que a técnica de manipulação do DNA é uma ferramenta poderosa e importante no estudo dos fenômenos biológicos com repercussão na saúde, no meio ambiente, na agricultura e na produção de alimentos. Bem manipulada e devidamente voltada para os interesses maiores da humanidade, a Engenharia Genética pode contribuir decisivamente para a melhoria do padrão de vida do homem na Terra.



## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (UFMT) O avanço da pesquisa biotecnológica promove cada vez mais a mobilização da sociedade, dos setores econômicos e dos poderes públicos com respeito ao estímulo, à absorção e ao controle dos resultados dessa pesquisa. Observam-se reações positivas com respeito aos benefícios trazidos pela biotecnologia e reações negativas – naturais quando se trata de qualquer conhecimento relativamente novo – quanto aos riscos tecnológicos. A sociedade, por meio de seus representantes e órgãos reguladores, responde com o estabelecimento de controle técnico mais detalhado no campo da biossegurança.

[...]

Ao longo dos últimos anos, temos tido a oportunidade de presenciar um debate acirrado acerca da conveniência ou não de permitirmos a entrada – e o desenvolvimento – de produtos transgênicos e dessa tecnologia no Brasil. [...]

SCHOLZE, Simone H. *Biossegurança e produtos transgênicos*.

Disponível em: <<http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/12897>>. Acesso em: 19 fev. 2010.

Em relação aos organismos transgênicos, tema abordado no texto, pode-se afirmar que

- A) são geneticamente modificados por possuírem genes somente da sua espécie.
- B) são geneticamente modificados por possuírem somente cromossomos de uma outra espécie.
- C) são todos clonados na fase vegetativa.
- D) sofrem mutação pela ação dos raios ultravioletas (UV).
- E) são geneticamente modificados por possuírem genes de espécies diferentes.

**02.**  
UQNM

(PUC-Campinas-SP) As técnicas de manipulação genética, utilizadas para a obtenção de seres transgênicos, permitiram a criação do primeiro transgênico de grande impacto na agricultura: a soja resistente a um potente herbicida, o *round-up*. Com o uso dessa variedade, as técnicas de controle de pragas nas culturas de soja sofreram mudanças, e os custos de produção diminuíram. A transferência de genes bacterianos para o genoma de uma planta amplamente cultivada e usada na alimentação animal e humana vem gerando, porém, questionamentos de cunho político, científico e filosófico.

Esses questionamentos justificam-se porque

- A) o custo dos transgênicos será certamente maior do que o dos produtos convencionais.
- B) todos os países passarão a produzir soja, prejudicando os atuais exportadores.

- C) não se conhecem os efeitos que os transgênicos podem ter na saúde das pessoas.
- D) eliminando-se as pragas da lavoura, muitas cadeias alimentares desaparecerão, beneficiando o meio ambiente.
- E) os transgênicos simplificarão muitas cadeias alimentares, eliminando todos os competidores do homem e dos animais que ele cria.

**03.** (FUVEST-SP) Enzimas de restrição são fundamentais à Engenharia Genética porque permitem

- A) a passagem de DNA através da membrana celular.
- B) inibir a síntese de RNA a partir de DNA.
- C) inibir a síntese de DNA a partir de RNA.
- D) cortar o DNA onde ocorrem sequências específicas de bases.
- E) modificar a sequência de bases do DNA.

**04.**  
2MHR

(PUC-SP) Em um experimento de Engenharia Genética, alguns pesquisadores introduziram em células bacterianas uma sequência de DNA ativo, responsável pela produção de insulina humana.

A síntese desse hormônio proteico no interior das bactérias é

- A) possível, pois, excetuando-se a referida sequência de DNA, as bactérias apresentam os componentes necessários à síntese de proteínas.
- B) possível, se, além do referido gene, forem introduzidos ribossomos, componentes celulares ausentes em bactérias.
- C) impossível, pois o RNA mensageiro correspondente à insulina não seria transcrito.
- D) impossível, pois as bactérias não apresentam enzimas capazes de promover as ligações peptídicas encontradas na insulina.
- E) impossível, pois o DNA bacteriano seria destruído pelo DNA humano, e as células perderiam a atividade.

**05.** (UNIFESP) Com relação à técnica de criação de organismos geneticamente modificados (transgênicos), o caderno "Mais!" do jornal *Folha de S.Paulo* (07.10.2001) afirmou:

"O que torna a técnica tão atrativa e produtora de ansiedade é que qualquer gene de qualquer espécie pode ser transferido para qualquer outra espécie."

Essa afirmação

- A) não é válida se as espécies forem de filos diferentes.
- B) não é válida se as espécies forem de classes diferentes.
- C) é válida, desde que as espécies sejam do mesmo reino.
- D) é válida, desde que as espécies sejam da mesma ordem.
- E) é válida para todas as espécies, independentemente de sua classificação.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (UERJ-2018) Por meio de técnicas desenvolvidas pela engenharia genética, é possível alterar o DNA das células. Uma dessas técnicas se baseia na utilização de vírus, manipulados por meio de duas enzimas: uma responsável pelo corte do material genético viral em pontos específicos e outra pela inserção de genes de interesse no vírus. Indique a característica dos vírus que justifica sua utilização na alteração do DNA das células. Em seguida, nomeie as duas enzimas referidas acima, indispensáveis para esse procedimento.

**02.** (IMED-SP-2016) Grande parte da insulina comercializada atualmente provém de bactérias transgênicas produzidas em laboratório. A produção do hormônio é realizada através do cultivo de bactérias, especialmente *Escherichia coli*. O gene da insulina é introduzido nessas bactérias, sem a necessidade de outros agentes, tornando-as capazes de produzir o hormônio.

Qual o processo de recombinação genética utilizado para criar essas bactérias transgênicas?

- A) Conjugação
- B) Inserção
- C) Transdução
- D) Transformação
- E) Translocação

**03.** (CEFET-MG-2015) Alguns vírus têm sido usados em lavouras de soja como um agente de controle biológico específico contra lagartas. Recentemente foram identificadas as proteínas produzidas por esses vírus e os genes realmente ativos durante a infecção desses insetos.

Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br>>. Acesso em: 15 ago. 2014 (Adaptação).

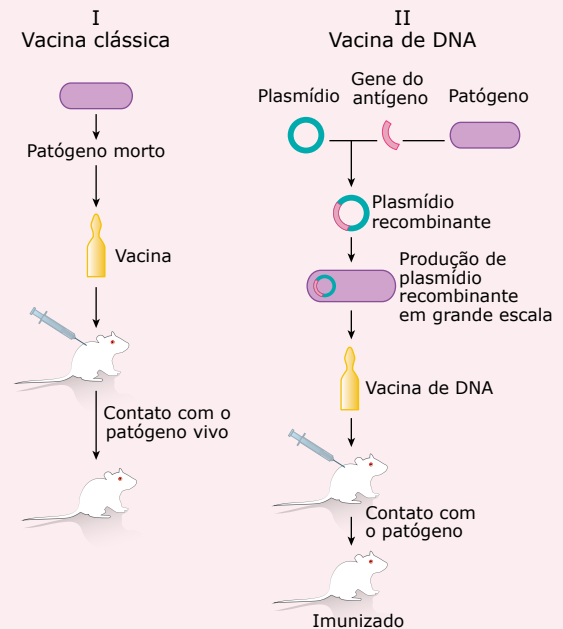
A identificação desses genes constitui uma importante ferramenta para a

- A) elaboração de um parasita inofensivo para a planta.
- B) minimização dos danos ecológicos causados pelo vírus.
- C) criação de linhagem de soja transgênica resistente à lagarta.
- D) preservação do inseto polinizador da planta na fase adulta.
- E) geração de uma vacina para proteger a planta das infecções.

**04.** (UFC-CE) As principais ferramentas empregadas na tecnologia do DNA recombinante são as enzimas de restrição, que têm a propriedade de cortar o DNA em pontos específicos. O papel biológico dessas enzimas bacterianas na natureza é, provavelmente

- A) proteger as bactérias contra os vírus bacteriófagos.
- B) reparar o DNA bacteriano que sofreu mutação deletéria.
- C) auxiliar no processo de duplicação do DNA.
- D) auxiliar no processo de transcrição do mRNA.
- E) auxiliar no processo de tradução do DNA.

**05.** (UFMG) Analise estas figuras:



Considerando-se os processos de imunização representados, é incorreto afirmar que

- A) os anticorpos são produzidos tanto em I quanto em II.
- B) o código genético do patógeno é igual ao do camundongo.
- C) o antígeno do patógeno é produzido pelo camundongo em I.
- D) o mRNA do antígeno do patógeno é traduzido em II.

**06.** (UFGD-MS-2016) Leia o texto a seguir.

Terapia gênica é o tratamento baseado na introdução de genes saudáveis com uso de técnicas de DNA recombinante. O primeiro teste clínico bem-sucedido dessa técnica foi divulgado em 1990. Embora ainda em estágio experimental, progressos recentes indicam oportunidades crescentes de investimento pela indústria, bem como justificam a expectativa de que, em alguns casos, essa tecnologia poderá chegar à prática clínica dentro de poucos anos.

A base da terapia gênica consiste na introdução de genes em células. Porém, a entrada de DNA puro através da membrana plasmática de células eucarióticas é extremamente rara. Essa dificuldade é, naturalmente, benéfica para o organismo, pois dificulta alterações espúrias do metabolismo celular e até mesmo transformações semelhantes às que se observam na evolução das espécies.

LINDEN, Rafael. Terapia gênica: o que é, o que não é e o que será. *Estud. av.*, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 31-69, 2010.

Escolha a alternativa que representa um exemplo de terapia gênica.

- A) Desenvolvimento de um organismo completo a partir de uma célula somática.
- B) Desenvolvimento de vacina de DNA, que consiste na aplicação de um gene que codifica uma proteína típica do agente agressor.
- C) Obtenção de uma nova espécie de bactéria produtora de insulina humana, que consiste na substituição do processo de extração de insulina de pâncreas de suínos.
- D) Uso de células-tronco, que consiste na reparação de tecidos que perderam sua função, por exemplo, por mutação genética.
- E) Sequenciamento do genoma humano visando à determinação de defeitos genéticos.

**07.**  
MS1K

(CMMG-2015) A clonagem é vista por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar animais ameaçados de extinção. Desde o início de 2000, pesquisas vêm sendo feitas em vários países, incluindo o Brasil. Para muitos especialistas, porém, esse processo reprodutivo está longe de ser uma alternativa viável para salvar as mais de 20 mil espécies ameaçadas.

No que diz respeito ao uso desse recurso para reduzir a extinção de espécies ameaçadas no planeta, é incorreto dizer que a clonagem

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

**08.** (UniCesumar-SP-2015) A espécie de levedura mais utilizada na produção de álcool no Brasil é a *Saccharomyces cerevisiae*. A CAT-1 é uma das linhagens dessa levedura que apresenta alto rendimento fermentativo. Esse alto rendimento é atribuído ao fato de essas leveduras conterem genes responsáveis por uma maior produção de vitaminas B1 e B6, essenciais para a sobrevivência da levedura durante o processo de fermentação. Pesquisadores brasileiros e norte-americanos formaram recentemente uma equipe multidisciplinar que sequenciou o genoma da CAT-1.

Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- A) As características genéticas da linhagem CAT-1 permitem o seu uso para a produção de vitaminas B1 e B6 por fermentação alcoólica.
- B) O sequenciamento do genoma da CAT-1 pode resultar em isolamento de genes a serem usados futuramente na criação de leveduras transgênicas de outras espécies.
- C) A maior produção de vitaminas B1 e B6 certamente eleva a quantidade de moléculas de ATP geradas nas cristas mitocondriais da levedura.
- D) O conhecimento obtido a partir do sequenciamento do genoma da CAT-1 pode ser útil para compreender a maior eficiência da fermentação aeróbica em relação à anaeróbica.
- E) O etanol produzido pelo processo de fermentação da linhagem CAT-1 tem maior rendimento porque é vitaminado.

**09.** (CEFET-MG) Com o desenvolvimento de técnicas de genética e aumento da área plantada com transgênicos surgiram preocupações com a biossegurança, restringindo esse tipo de cultura. Mesmo assim espera-se que a taxa de cultivo de organismos geneticamente modificados no Brasil cresça em média 54% até a safra 2020/21.

Disponível em: <<http://agromais.tv>>. Acesso em: 26 jul. 2012 (Adaptação).

Essas preocupações justificam-se pela possibilidade de

- A) ocorrência de mutações que proliferam células humanas após a absorção dos transgenes.
- B) produção de toxinas nocivas ao homem em consequência da mutagênese gerada nos vegetais.
- C) fluxo de genes entre as espécies nativas e as transgênicas que causam impactos na biodiversidade.
- D) distribuição de grande número de sementes transgênicas de forma ilícita por produtores após o primeiro plantio.
- E) geração de problemas imediatos no fígado e nos rins humanos decorrentes do consumo de alimentos transgênicos.

**10.** (UFRN) Como fazer um salmão comum virar um gigante? O segredo é pegar do Chinook (Salmão originário da Europa) um trecho de DNA denominado promotor do hormônio de crescimento e inseri-lo na célula-ovo do salmão do Atlântico Norte. A sequência promotora controla, indiretamente, a produção de proteína que, nesse caso, é a do hormônio de crescimento. Enquanto o salmão oceânico só produz o hormônio do crescimento no verão, o híbrido produz o ano inteiro.

Depois da inserção do DNA do Chinook no salmão do Atlântico Norte, este passa a ser

- A) quimera, pois ocorreu a clivagem dos dois alelos do gene que codifica a produção do hormônio do crescimento.
- B) clone, pois esse organismo foi gerado artificialmente a partir de óvulos não fecundados, conferindo-lhe vantagens quanto ao seu desenvolvimento.
- C) animal transgênico, pois se trata de um organismo que contém materiais genéticos de outro ser vivo, com vantagens em relação ao seu tamanho.
- D) organismo geneticamente modificado, pois a inserção do DNA promotor do hormônio do crescimento produz cópias idênticas do salmão gigante.

**11.** (UEG-GO-2016) A parte endócrina do pâncreas é formada pelas ilhotas pancreáticas, que contém dois tipos de células: beta e alfa. As células betas produzem a insulina, hormônio peptídico que age na regulação da glicemia. Esse hormônio é administrado no tratamento de alguns tipos de diabetes. Atualmente, através do desenvolvimento da engenharia genética, a insulina administrada em pacientes diabéticos é, em grande parte, produzida por bactérias que recebem o segmento de

- A) peptídeo e transcrevem para o DNA humano a codificação para produção de insulina humana.
- B) RNA mensageiro e codifica o genoma para produção da insulina da própria bactéria no organismo humano.
- C) plasmídeo da insulina humana e codifica o genoma agregando peptídeos cíclicos no organismo humano.
- D) DNA humano responsável pela produção de insulina e passam a produzir esse hormônio idêntico ao da espécie humana.

**12.** (PUC Minas) A vacina de DNA é a mais recente forma de apresentação de antígeno que veio revolucionar o campo da virologia. O processo envolve a inoculação direta do DNA plasmidial, que possui o gene codificador da proteína antigênica, que será expressa e produzida no interior das células do indivíduo. Esse tipo de vacina apresenta uma grande vantagem sobre as demais, pois fornece para o hospedeiro a informação genética necessária para que ele fabrique o antígeno preservando todas as suas características importantes na indução de uma resposta imune eficiente. Isso sem gerar os efeitos colaterais que podem aparecer quando são utilizados patógenos vivos, ou os problemas proporcionados pela produção das vacinas de subunidades em micro-organismos.

SCIENTIFIC AMERICAN.  
Desenvolvimento de vacinas gênicas. 1999.

Com base no texto, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. A imunidade desenvolvida pela vacina de DNA não é imediata, mas é de longa duração.
- II. O indivíduo geneticamente vacinado passa a produzir tanto os antígenos quanto os anticorpos.
- III. Patógenos vivos não podem ser usados como vacina, pois não determinam imunidade e sim doenças.
- IV. Os antígenos produzidos pelo DNA plasmidial são capazes de combater patógenos que infectem o hospedeiro.

São afirmações corretas

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

**13.** (UFSC) Porcos têm sido criados transgênicamente para que seus órgãos possam ser transplantados em homens; cientistas desenvolvem ovelhas "autotosquiáveis", isto é, a lã cai sozinha no devido tempo; genes de galinha são introduzidos em batatas, deixando os vegetarianos confusos com a perspectiva de cruzar animais com plantas [...].

CICLO VITAL, v. 4, p. 14, 1999.

A citação anterior mostra avanços da Engenharia Genética.

Assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s) sobre a transgenia e suas aplicações com relação à saúde e ao meio ambiente.

- ( ) Os organismos transgênicos são aqueles que recebem segmentos de DNA da mesma espécie.
- ( ) Os genes alienígenas permitem ao organismo receptor produzir substâncias que nunca produziriam em condições naturais.
- ( ) Os alimentos transgênicos não representam nenhuma ameaça à saúde humana, e, por isso, não necessitam ser testados em outras espécies de animais, antes de chegarem ao homem.
- ( ) A produção de insulina, a partir de transferência de genes humanos para bactérias, que passam, *incontinenti*, a produzir esse hormônio, é uma das experiências bem-sucedidas da transgenia.
- ( ) Cientistas interferem na evolução natural das espécies, alterando geneticamente animais e plantas.
- ( ) É fundamental o estabelecimento de limites, tanto por parte dos cientistas como dos governantes, para que as manipulações genéticas não resultem em impactos ambientais irreversíveis.

**14.** (Unicamp-SP-2016) *Aedes aegypti* modificados (transgênicos) têm sido utilizados no combate à dengue. Esses mosquitos produzem uma proteína que mata seus descendentes ainda na fase de larva. Mosquitos machos modificados são soltos na natureza para procriar com fêmeas nativas, mas os filhotes resultantes desse cruzamento não sobrevivem. É possível monitorar a presença de ovos resultantes do cruzamento de machos modificados com fêmeas nativas a partir da luz fluorescente emitida pelos ovos.

- A) Descreva o princípio da técnica utilizada para produzir os mosquitos modificados.
- B) Por que os ovos resultantes do cruzamento dos machos modificados com fêmeas nativas emitem luz fluorescente? O que é preciso fazer com os ovos para saber se eles emitem luz fluorescente?

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2018) Companhias que fabricam *jeans* usam cloro para o clareamento, seguido de lavagem. Algumas estão substituindo o cloro por substâncias ambientalmente mais seguras como peróxidos, que podem ser degradados por enzimas chamadas peroxidases. Pensando nisso, pesquisadores inseriram genes codificadores de peroxidases em leveduras cultivadas nas condições de clareamento e lavagem dos *jeans* e selecionaram as sobreviventes para produção dessas enzimas.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. Rio de Janeiro: Artmed, 2016 (Adaptação).

Nesse caso, o uso dessas leveduras modificadas objetiva

- A) reduzir a quantidade de resíduos tóxicos nos efluentes da lavagem.
- B) eliminar a necessidade de tratamento da água consumida.
- C) elevar a capacidade de clareamento dos *jeans*.
- D) aumentar a resistência do *jeans* a peróxidos.
- E) associar ação bactericida ao clareamento.

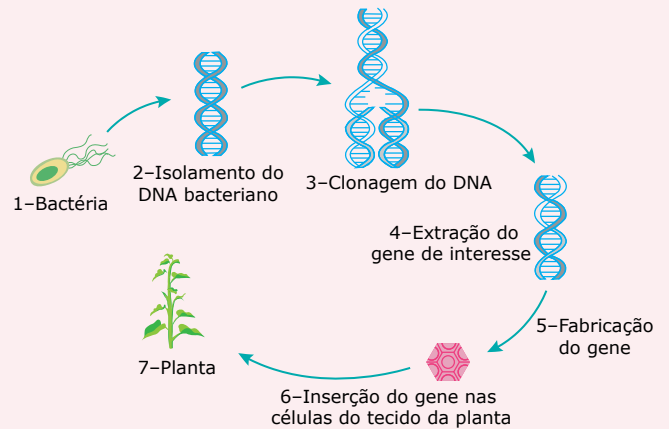
**02.** (Enem-2015) A palavra “biotecnologia” surgiu no século XX, quando o cientista Herbert Boyer introduziu a informação responsável pela fabricação da insulina humana em uma bactéria, para que ela passasse a produzir a substância.

Disponível em: <[www.brasil.gov.br](http://www.brasil.gov.br)>. Acesso em: 28 jul. 2012 (Adaptação).

As bactérias modificadas por Herbert Boyer passaram a produzir insulina humana porque receberam

- A) a sequência de DNA codificante de insulina humana.
- B) a proteína sintetizada por células humanas.
- C) um RNA recombinante de insulina humana.
- D) o RNA mensageiro de insulina humana.
- E) um cromossomo da espécie humana.

**03.** (Enem) Em um laboratório de Genética experimental, observou-se que determinada bactéria continha um gene que conferia resistência a pragas específicas de plantas. Em vista disso, os pesquisadores procederam de acordo com a figura.



Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2013 (Adaptação).

Do ponto de vista biotecnológico, como a planta representada na figura é classificada?

- A) Clone
- B) Híbrida
- C) Mutante
- D) Adaptada
- E) Transgênica

**04.** (Enem) A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

- A) Lisossomo
- B) Mitocôndria
- C) Peroxissomo
- D) Complexo golgiense
- E) Retículo endoplasmático

**05.** (Enem) Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma “célula sintética”, uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. *Science*, v. 329, 2010 (Adaptação).



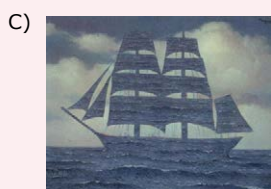
A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

- A) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
- B) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
- C) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
- D) possibilidade de programar geneticamente micro-organismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
- E) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

06. (Enem) Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo, ao receber material genético de outra espécie ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana.

O belga René Magritte (1896-1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas.

Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, a seguir, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?



## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. C
- 03. D
- 04. A
- 05. E

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. Vírus são parasitos intracelulares obrigatórios. Durante a invasão de células, transferem material genético funcional para o interior delas. As enzimas são enzimas de restrição e DNA-ligase.
  - 02. D
  - 03. C
  - 04. A
  - 05. C
  - 06. B
  - 07. D
  - 08. B
  - 09. C
  - 10. C
  - 11. D
  - 12. A
  - 13. F V F V V V
- 14.
- A) A principal técnica utilizada é a transgenia. Essa técnica permite a transferência de genes entre espécies diferentes. Um fragmento de DNA da espécie doadora é transferido e incorporado no DNA da espécie receptora, que passa a expressar o genótipo modificado.
  - B) Esses ovos produzem luz fluorescente, pois receberam o gene que permite a codificação da proteína que emite fluorescência. Os ovos devem ser iluminados com luz ultravioleta, e os que emitirem fluorescência são transgênicos.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. A
- 03. E
- 04. B
- 05. D
- 06. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Origem da Vida

Desde os tempos mais remotos, desejava-se compreender como surgiam os seres vivos. As teorias da abiogênese e biogênese revelam os esforços de diversos pesquisadores na busca por respostas.

### ABIOGÊNESE X BIOGÊNESE

Segundo a teoria da biogênese, os seres vivos se originam somente de outros seres vivos preexistentes por meio da reprodução. Entretanto, durante muito tempo, acreditou-se que seres vivos também poderiam surgir da matéria bruta. Essa ideia de que a vida pode surgir da matéria sem vida ficou conhecida como abiogênese.

Desde a Antiguidade, acreditava-se que a matéria bruta poderia espontaneamente gerar seres vivos, desde que contivesse um misterioso princípio necessário à vida, denominado "princípio ativo" ou "princípio vital". Essa teoria, que também ficou conhecida como teoria da "geração espontânea", teve muitos adeptos ao longo dos séculos. Acreditava-se, por exemplo, que moscas e girinos pudessem nascer da matéria bruta. No século XVII, um médico belga, Jan Baptist Helmont, chegou até a elaborar uma "receita" para produzir ratos, em 21 dias, a partir de camisas sujas de suor e grãos de trigo, colocados em locais protegidos e pouco iluminados.

Um dos primeiros cientistas a realizar experimentos que eram contrários à teoria da "geração espontânea" foi o médico italiano Francesco Redi. Em 1668, Redi demonstrou, experimentalmente, que os pequenos "vermes" que apareciam na carne em putrefação não eram gerados pela própria carne, como se pensava, e, sim, por ovos depositados por moscas adultas.

Experimento de Redi – *Pedaços de carne foram colocados em oito vidros, sendo quatro cobertos com gaze, impedindo a entrada de moscas, e os outros permaneceram abertos, permitindo, assim, a entrada das moscas. Após alguns dias, Redi constatou a presença de "vermes" (larvas de moscas) apenas nos vidros que ficaram destampados.*

Embora Redi não rejeitasse a hipótese da geração espontânea para outras situações, o resultado do seu experimento abalou a credibilidade da teoria da geração espontânea. Entretanto, ainda no século XVII, a descoberta dos micro-organismos, realizada pelo holandês Antonie van Leeuwenhoek, reavivou a ideia da geração espontânea. Os adeptos da abiogênese acreditavam que tais seres, por serem tão simples e de dimensões tão pequenas, não possuíam qualquer mecanismo de reprodução, devendo, portanto, surgir no próprio meio por geração espontânea.

Em 1745, a ideia de que os micro-organismos surgiam por geração espontânea foi reforçada com o experimento do naturalista inglês John Needham. Needham colocou caldos orgânicos (caldo de carne, por exemplo) em diversos frascos que foram então aquecidos e fechados hermeticamente. Após alguns dias, ao analisar o conteúdo dos frascos, verificou a presença de inúmeros micro-organismos. Segundo Needham, o aquecimento teria destruído qualquer forma de vida porventura presente nos referidos caldos e, assim, os micro-organismos que apareceram só poderiam ter surgido por "geração espontânea".

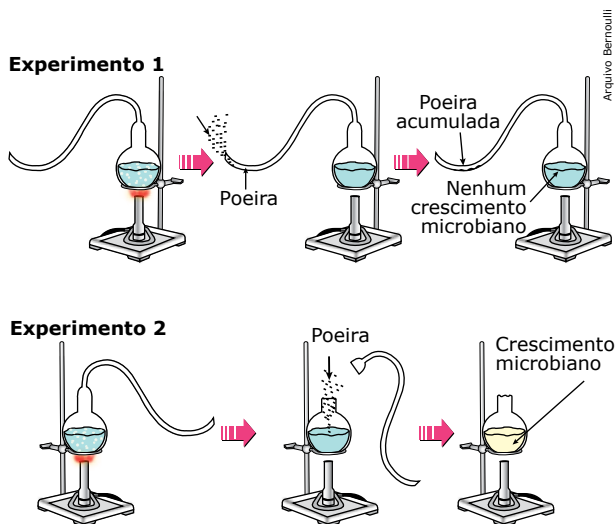
No século XVIII, Lazzaro Spallanzani, padre italiano e defensor da biogênese, refez o experimento de Needham, porém fervendo os frascos ao invés de simplesmente aquecê-los.

Após alguns dias, constatou que os frascos não continham micro-organismos. Concluiu, então, que Needham não havia aquecido suficientemente os frascos, e, por isso, não foram destruídos todos os micro-organismos ali já existentes. Needham rebateu, alegando que a fervura teria destruído o "princípio ativo", o que explicaria a ausência dos micro-organismos nos frascos.

No final do século XVIII, a descoberta do gás oxigênio e o seu papel essencial à vida também contribuíram para rebater o experimento de Spallanzani. Para os defensores da geração espontânea, a fervura dos caldos orgânicos e a vedação hermética impediriam a geração dos micro-organismos, uma vez que excluía do interior dos frascos o oxigênio, gás que na época era considerado essencial para a sobrevivência de qualquer forma de vida.



A derrubada definitiva da hipótese de que micro-organismos seriam formados por “geração espontânea” só ocorreu em 1862, com os famosos experimentos dos frascos em “pescoço de cisne”, idealizados e realizados pelo cientista francês Louis Pasteur.



Experimentos de Pasteur – *Pasteur colocou caldos orgânicos em frascos de vidro e, aquecendo-os, puxou o gargalo dos mesmos, produzindo, assim, um “pescoço em S” (“pescoço de cisne”), o que não impede a penetração do ar e, conseqüentemente, do oxigênio no interior dos frascos. Em seguida, os caldos no interior dos frascos foram fervidos para ocasionar a morte dos micro-organismos por ventura neles presentes. Após o resfriamento dos frascos, Pasteur observou que no experimento 1 as partículas em suspensão no ar (poeira, micro-organismos) ficaram retidas nas curvas úmidas do gargalo do frasco, e, desse modo, o caldo nutritivo não foi contaminado, permanecendo estéril, destituído de micro-organismos, à semelhança do que acontecera no experimento de Spallanzani.*

No experimento 2, Pasteur demonstrou que a fervura não havia destruído nenhum “princípio ativo”, uma vez que, ao quebrar o gargalo do frasco, permitindo que o ar contaminado entrasse em contato com o caldo, nele observou uma intensa proliferação de micro-organismos. O fato de os micro-organismos terem surgido apenas quando o ar “contaminado” entrava em contato direto com o caldo nutritivo esterilizado permitiu a Pasteur concluir que os micro-organismos encontrados no caldo do experimento 2 tiveram origem a partir de micro-organismos já existentes no ar contaminado, e não por geração espontânea. Apenas após ser “contaminada” por organismos vivos a vida surge nos frascos.

Entretanto, a aceitação da teoria da biogênese explica como surgem os seres vivos. Como então teriam surgido na Terra os primeiros seres vivos?

Do ponto de vista religioso, quase todas as crenças admitem a existência de um ser superior, criador de todas as coisas do Universo, inclusive dos seres vivos. A essa concepção religiosa dá-se o nome de criacionismo. Já do ponto de vista científico, existem hipóteses que procuram explicar o surgimento dos primeiros seres vivos em nosso planeta, algumas das quais abordaremos a seguir.

## HIPÓTESE DA PANSPERMIA CÓSMICA (COSMOZOÁRIOS)



Essa hipótese admite uma origem extraterrestre para a vida em nosso planeta. O panspermismo supõe que micro-organismos oriundos de outros pontos do espaço, transportados por meteoros ou por meteoritos, teriam chegado ao nosso planeta e, encontrando condições favoráveis de sobrevivência, teriam se proliferado, começando o povoamento da Terra.

Embora aceita por alguns, essa hipótese apresenta duas grandes restrições:

- As formas de vida conhecidas, mesmo as mais resistentes, como os esporos de bactérias e os cistos de protozoários, dificilmente resistiriam, sem proteção adequada, às grandes adversidades cósmicas, tais como as grandes variações de temperatura e as radiações mortais de alta intensidade.
- A hipótese não explica a origem da vida; apenas transfere o problema da Terra para outro ponto qualquer do Universo. E como teria surgido a vida nesse outro ponto do Universo? A hipótese não explica.

## HIPÓTESE HETEROTRÓFICA



Baseada nas ideias de Aleksandr Ivanovich Oparin, cientista russo, e de John Haldane, cientista inglês, essa hipótese, embora também tenha suas restrições, é uma das mais aceitas pela comunidade científica.

Em seu livro *A Origem da Vida*, publicado em 1936, Oparin procurou mostrar a provável origem da vida a partir de compostos orgânicos que teriam se formado no ambiente primitivo da Terra. A formação dessas moléculas orgânicas, antes mesmo do surgimento dos primeiros seres vivos, é o que se denomina evolução pré-biológica.

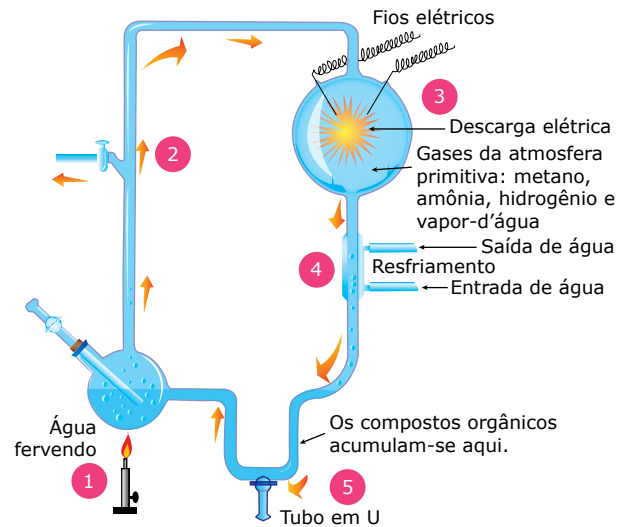
O ponto de partida dessa hipótese são as supostas condições que devem ter existido na Terra primitiva. Tais condições, segundo alguns cientistas, eram:

- Os gases predominantes na atmosfera da Terra primitiva eram, principalmente, a amônia ( $\text{NH}_3$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e o vapor-d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Esses gases teriam se originado das rochas fundidas, quando a superfície do nosso planeta ainda se solidificava, e das atividades vulcânicas que, conforme se sabe, liberam quantidades significativas de vapor-d'água e outros gases. Assim, os gases que predominavam na atmosfera primitiva não eram os mesmos que agora predominam em nossa atmosfera ( $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$ ).
- A condensação do vapor-d'água originava chuvas que caíam sobre a crosta bastante aquecida. Com isso, a água evaporava rapidamente e novas condensações originavam constantes tempestades que eram acompanhadas por inúmeras descargas elétricas (raios).
- Não existia ainda uma camada de ozônio ( $\text{O}_3$ ) perfeitamente formada, o que acarretava um verdadeiro "bombardeio" na superfície terrestre por radiações ultravioleta de alta intensidade.

Partindo dessas supostas condições que teriam existido na Terra primitiva, Oparin imaginou que a alta temperatura do planeta e a ocorrência de descargas elétricas na atmosfera pudessem ter provocado reações químicas entre os gases (amônia, metano, hidrogênio e vapor-d'água), fazendo surgir compostos orgânicos como aminoácidos, monossacarídeos, ácidos graxos, etc. Esses compostos orgânicos formados na atmosfera teriam se precipitado, junto da água das chuvas, na superfície do planeta. Devido à alta temperatura da superfície, a água retornava rapidamente à atmosfera por evaporação, deixando os compostos orgânicos sobre as rochas bastante aquecidos.

Em 1953, Stanley Miller construiu uma aparelhagem por meio da qual procurou recriar as supostas condições da nossa atmosfera primitiva. Colocou num balão de vidro: amônia, metano, hidrogênio e vapor-d'água. Submeteu esses gases ao aquecimento prolongado e a constantes descargas elétricas de alta intensidade. Depois de certo tempo, Miller constatou a formação de alguns aminoácidos no interior de sua aparelhagem.

Essa experiência de Miller está esquematizada na figura a seguir:



Experiência de Miller simulando as condições atmosféricas da Terra primitiva – Miller introduziu, em seu aparelho, metano, amônia, hidrogênio e vapor-d'água. O vapor-d'água era produzido pela fervura da água do balão (1). Pelo aquecimento, os gases são forçados a circular no sentido das setas (2). A mistura passa no interior de um grande balão, no qual ocorrem descargas elétricas de cerca de 60 000 volts (3). Essas descargas simulam os raios. O vapor-d'água é, em seguida, resfriado e condensado (4). Isso simula a condensação de vapor-d'água nas camadas superiores da atmosfera e as chuvas. Os compostos formados nesse sistema depositam-se na parte do tubo em forma de U (5).

Para alguns cientistas, a composição da atmosfera primitiva não teria nem  $\text{CH}_4$  (metano) nem  $\text{NH}_3$  (amônia), sendo constituída por vapor-d'água,  $\text{H}_2$  (hidrogênio),  $\text{N}_2$  (nitrogênio), grande quantidade de  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) e  $\text{CO}$  (monóxido de carbono), provenientes das intensas erupções vulcânicas da época. Entretanto, mesmo admitindo essa nova composição de gases da atmosfera primitiva, as ideias de Oparin não são invalidadas, uma vez que com essa nova composição de gases também teria sido possível a formação de aminoácidos e outras substâncias orgânicas, conforme se demonstrou por meio de experimentos semelhantes ao de Miller.

Miller, com o seu experimento, comprovou que é possível, sob certas condições especiais, formar aminoácidos abiogeneticamente, isto é, sem a participação de seres vivos. Se, experimentalmente, isso pode ocorrer, por que não poderia também ter ocorrido em condições naturais na nossa atmosfera primitiva?

Um outro cientista, Melvin Calvin, realizou experimentos semelhantes ao de Miller; porém, bombardeou os gases da atmosfera primitiva com radiações e obteve, entre outros, compostos orgânicos do tipo carboidrato.

As experiências de Miller, Calvin e outros demonstraram a possibilidade da formação de diferentes tipos de compostos orgânicos antes do surgimento de seres vivos na Terra. Isso, evidentemente, fortaleceu ainda mais a hipótese de Oparin.

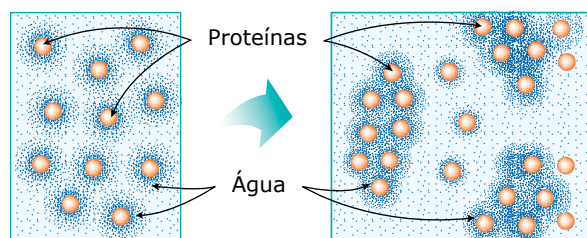
Oparin presumiu que as moléculas de aminoácidos sobre as rochas aquecidas, sob estímulo de calor, pudessem combinar-se por ligações peptídicas, dando origem a moléculas maiores, denominadas protenoides, que seriam as primeiras proteínas a existir na Terra.

Em 1957, Sidney 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 proteicas pequenas. Essa demonstração de Fox também contribuiu para fortalecer a hipótese de Oparin.

Continuando seu raciocínio, Oparin admite que a insistência das chuvas por milhões de anos e o resfriamento da superfície terrestre levaram ao aparecimento dos primeiros mares na Terra. Para esses mares primitivos, foram sendo arrastadas as proteínas e outros compostos orgânicos que se formavam sobre as rochas quentes. Os mares primitivos seriam, então, uma verdadeira "sopa orgânica" ou "caldo orgânico".

Neles, as proteínas, juntamente com a água, teriam formado sistemas coloidais (coloides). Da aglomeração e da interpenetração dos coloides teriam surgido os coacervados (coacervar = reunir). O coacervado é um sistema coloidal mais complexo, em que um aglomerado de moléculas proteicas fica envolvido por uma mesma camada de água.

Veja a figura a seguir:



**Coloide:** cada macromolécula de proteína está envolta por uma capa de água.

**Coacervado:** grupos de proteínas compartilhando a mesma capa de água.

Os coacervados poderiam ter se difundido nos mares primitivos e, com o passar do tempo, poderiam ir englobando partículas orgânicas e inorgânicas, que iriam se aderindo a eles, transformando-os em grandes complexos químicos que abrigavam inúmeras substâncias (proteínas, ácidos graxos, carboidratos, aminoácidos, etc.).

Nesse tempo, já deveriam ter surgido proteínas com capacidade catalisadora, isto é, enzimas, que aceleravam os processos de síntese de novas substâncias. Assim, compostos ricos em radicais fosforados poderiam ter se combinado com proteínas, formando nucleoproteínas com capacidade de autoduplicação. Essas nucleoproteínas autoduplicáveis seriam os protogenes, isto é, os genes primitivos. Esses protogenes teriam se associado uns aos outros, formando filamentos, os cromossomos. Esses cromossomos primitivos, envoltos pela massa de coacervados, originaram gotículas quase vivas, as pré-células. A posterior organização de moléculas proteicas e lipídicas na periferia das pré-células fez surgir uma membrana lipoproteica, reguladora do trânsito de substâncias entre o exterior e o interior daqueles microscópicos glóbulos. Com o seu equipamento de nucleoproteínas e de enzimas, a gotícula assumia um certo grau de autonomia para funcionar e para se reproduzir. Teriam surgido, assim, as mais rudimentares e primitivas células. Surgia a vida no planeta Terra.

O estudo dos fósseis mais antigos revela que aproximadamente 3,5 bilhões de anos separam os nossos dias do período em que a Terra conheceu as primeiras formas de vida. Estudos geológicos, por sua vez, indicam que o nosso planeta tem idade em torno de 4,5 a 5 bilhões de anos. Portanto, durante parte de sua existência, a Terra foi um planeta despovoado. Durante esse período é que teriam ocorrido os fenômenos relacionados por Oparin em sua hipótese.

Ainda de acordo com a hipótese heterotrófica, as primeiras células surgidas nos mares primitivos devem ter sido heterótrofas. Sabe-se que o mecanismo enzimático dos autótrofos é muito mais complexo do que o dos heterótrofos. Num processo evolutivo qualquer, surgem, primeiramente, as estruturas mais simples que, por meio de modificações, vão se tornando cada vez mais complexas. Assim, o processo evolutivo dos seres vivos ocorrido na natureza não deve ter sido diferente. Com base nesse raciocínio, é mais lógico admitir que os primeiros seres vivos, dotados de mecanismos enzimáticos mais simples, devem ter sido heterótrofos. Daí se falar em hipótese heterotrófica. Essa hipótese admite que esses primeiros seres vivos heterótrofos obtinham no próprio meio em que viviam, isto é, nos mares primitivos, o alimento necessário para sua manutenção e sobrevivência. Lembre-se de que, de acordo com Oparin, os mares primitivos eram verdadeiras "sopas orgânicas".

Como esses primeiros seres vivos obtinham energia dos alimentos? Seriam eles aeróbios ou anaeróbios? Como o mecanismo enzimático da respiração aeróbia é mais complexo do que o da fermentação, e como no meio ambiente ainda não existia o oxigênio livre ( $O_2$ ), é de se supor que tenham sido anaeróbios, obtendo energia dos alimentos por meio da fermentação (processo anaeróbio de obtenção de energia).



Com a evolução, algumas células adquiriram a capacidade de sintetizar a clorofila ou pigmento semelhante. Com capacidade de reter e de utilizar a energia da luz solar, tornou-se possível a realização da fotossíntese. Surgiram, então, os primeiros autótrofos fotossintetizantes. Como esses seres passaram a eliminar o  $O_2$  no meio ambiente, isso possibilitou o surgimento de seres de respiração aeróbia, isto é, os aeróbios.

Conforme acabamos de ver, segundo a hipótese heterotrófica sobre a origem da vida, os principais fenômenos bioquímicos relacionados com a obtenção e com o gasto de energia surgiram na Terra na seguinte sequência:

Fermentação → Fotossíntese → Respiração aeróbia

A hipótese heterotrófica tem suas restrições. Ela não explica, por exemplo, como se deu o surgimento do código genético, ou seja, como no início da vida as moléculas de ácidos nucleicos assumiram o controle da síntese de proteínas. Lembre-se de que, nas células atuais, a síntese de proteínas está diretamente ligada às informações existentes nas moléculas do DNA (há uma correspondência entre as tríades do DNA e o aminoácido que será introduzido na molécula proteica). O surgimento do código genético continua sendo um grande mistério.

Segundo Walter Gilbert, cientista estadunidense, um dos principais compostos orgânicos que teriam surgido é o RNA. Trata-se de uma molécula simples, formada pela polimerização linear de ribonucleotídeos, que teria conferido capacidade reprodutiva à vida, bem como a conservação de informações de atividades vitais para os organismos da Terra primitiva de forma anterior ao surgimento do DNA. Essa hipótese ficou conhecida como "hipótese do mundo de RNA".



#### Experimento de Miller e Urey

Nesse objeto de aprendizagem, assim como Miller e Urey, você conduzirá o experimento que simula a atmosfera primitiva. Fique atento a suas ações, pois a escolha das substâncias corretas e a manipulação adequada da aparelhagem são cruciais para a formação dos compostos orgânicos. Escolhas inadequadas podem invalidar a hipótese de Oparin e Haldane, mudando os rumos da ciência ou mesmo criando problemas no laboratório. Boa experimentação!



## HIPÓTESE AUTOTRÓFICA

A hipótese autotrófica difere da heterotrófica pelo fato de admitir que os primeiros seres vivos da Terra seriam autótrofos, isto é, capazes de fabricar seu próprio alimento. Essa ideia é aparentemente lógica, uma vez que todo ser vivo necessita de alimento. E, como a primeira forma de vida não dispunha de nenhum outro ser vivo para lhe servir de alimento, ela deveria, para sobreviver, ser autótrofa. No entanto, sabe-se que as reações do metabolismo autótrofo são muito complexas. É aí que está a restrição à hipótese autotrófica: se os primeiros seres vivos eram autótrofos, deveriam ter mecanismos enzimáticos complexos, o que contraria a Teoria da Evolução. Segundo a teoria evolucionista, é mais lógico supor que as primeiras formas de vida tenham sido extremamente simples e que, ao longo do tempo, por meio de um lento e progressivo processo evolutivo, foram se tornando cada vez mais complexas, originando toda essa variedade de organismos que conhecemos.

A hipótese autotrófica passou a ganhar mais adeptos entre os cientistas, notadamente a partir de 1997, quando ocorreu a descoberta das chamadas fontes termais submarinas (locais de onde emanam gases quentes e sulfurosos que saem de aberturas no assoalho marinho). Nesses locais, existe vida abundante, tendo, na base da cadeia alimentar, bactérias autótrofas, que não realizam fotossíntese, uma vez que não existe luz nessas profundezas. Esses seres, genericamente chamados de quimiolitautotróficos (do grego *litós*, rocha), na realidade, fazem quimiossíntese, utilizando energia liberada por reações entre componentes inorgânicos para fabricar suas próprias substâncias alimentares.

A descoberta das bactérias que vivem nas fontes termais acendeu ainda mais, entre alguns pesquisadores, a ideia de que os primeiros seres vivos eram autótrofos e teriam surgido nesse tipo de ambiente. Assim, segundo a hipótese autotrófica, a quimiossíntese teria surgido primeiro. Depois, teriam surgido a fermentação, a fotossíntese e, finalmente, a respiração aeróbia.

Como se vê, a origem da vida é ainda uma questão bastante polêmica e cercada de mistérios.



A6JT

#### Evolução do metabolismo energético

Esse objeto de aprendizagem contém informações acerca das duas importantes hipóteses utilizadas para explicar a origem da vida, heterotrófica e autotrófica, com destaque para as aquisições evolutivas metabólicas que os seres primitivos apresentaram. Aproveite o vídeo para compreender um pouco mais sobre elas. Boa tarefa!

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFPI) Todo ser vivo se origina por reprodução de outro ser vivo da mesma espécie.
- O texto anterior está de acordo com a
- teoria da geração espontânea.
  - teoria da biogênese.
  - hipótese heterotrófica da origem da vida.
  - hipótese autotrófica da origem da vida.
  - hipótese do criacionismo.
- 02.** (UEMS) A origem da vida no planeta foi possível devido a uma série de eventos que se sucederam. Em relação a esse fato, analise as proposições:
- Aumento gradativo da concentração de oxigênio na atmosfera.
  - Aparecimento de organismo quimiossintetizante fermentador.
  - Surgimento de organismo capaz de utilizar a energia luminosa.
- A ordem considerada mais aceita, em que os eventos anterior aconteceram, está contida na alternativa:
- I, II, III
  - II, I, III
  - III, II, I
  - III, I, II
  - II, III, I
- 03.** (Cesgranrio) Em 1953, com um aparelho bem engenhoso, o pesquisador *Stanley Miller* acrescentou um elemento a mais para a compreensão da origem da vida. Reproduzindo as condições ambientais primitivas no seu aparelho, conseguiu obter aminoácidos sem a participação de seres vivos, tendo usado para isso apenas
- ADN, ATP, acetil-coenzima A e metano.
  - ADN, ATP, oxigênio, luz e calor.
  - água, nitrogênio, carbono e faíscas elétricas.
  - metano, água,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  e descargas elétricas.
  - água, glicose, amônia e radiação luminosa.
- 04.** (UECE) A origem da vida na Terra é um assunto que sempre preocupou a humanidade e que desperta opiniões controversas e debates acalorados entre partidários de diferentes correntes. Analise as afirmativas a seguir sobre as teorias que tentam explicar a origem da vida.

- O médico holandês van Helmont (1577-1644) era um dos mais ferrenhos advogados da abiogênese, tendo ficado famoso com as suas "receitas para a abiogênese".
- Segundo a hipótese heterotrófica, os primeiros organismos eram estruturalmente muito simples e viviam em um ambiente aquático rico em substâncias nutritivas, mas sem oxigênio dissolvido na água ou na atmosfera. Eles usavam essas substâncias químicas como alimento, sendo, portanto, heterótrofos.
- Segundo a hipótese de Oparin e Haldane, os seres vivos não se originaram na Terra, mas em outros planetas e foram trazidos para a Terra por meteoros que caíram aqui.

Assinale a opção verdadeira.

- Somente a afirmativa I é correta.
- As afirmativas I e III são corretas.
- A afirmativa II é errada.
- Somente a afirmativa III é errada.

**05.**  
2NV3

(UFES) Durante os primeiros bilhões de anos de existência da vida, os seres procariontes evoluíram e desenvolveram processos bioquímicos fundamentais, tais como mecanismos de duplicação do material hereditário, síntese de proteínas, obtenção de energia e outros. Em relação à evolução dos processos de obtenção de energia, é lógico se pensar que

- a presença de oxigênio na atmosfera permitiu que uma linhagem de seres procariontes desenvolvesse um mecanismo de obtenção de energia – a respiração aeróbica.
- uma linhagem de seres procariontes desenvolveu um processo de fabricação de substâncias orgânicas que usa luz solar como fonte de energia – a fotossíntese.
- a fermentação é um processo de obtenção de energia bastante simples, e os primeiros seres vivos deviam utilizá-lo, por ser um processo anaeróbico.
- durante o processo da fotossíntese, ocorre degradação de moléculas de água, com liberação de energia e de oxigênio para a atmosfera.

Aponte a alternativa que apresenta a sequência correta da evolução dos processos.

- I – II – III – IV
- II – IV – III – I
- II – III – IV – I
- III – I – II – IV
- III – II – IV – I

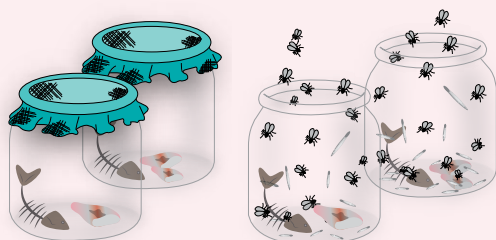
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (FSP-PE-2015) Em qual das teorias sobre a origem da vida Jan Baptista Van Helmont estava baseado quando dizia: "Coloca-se, num canto sossegado e pouco iluminado, camisas sujas. Sobre elas espalham-se grãos de trigo, e o resultado será que, em 21 dias, surgirão ratos"?

- A) Biogênese
- B) Renascimento
- C) Adaptação
- D) Abiogênese
- E) Abiótica

**02.** (FESP-BA) A figura seguinte representa a experiência de Redi.



Redi colocou dentro de recipientes substâncias orgânicas em decomposição. Alguns dos recipientes (à esquerda) foram cobertos com uma gaze e os outros deixados descobertos. Ele demonstrou que as larvas da carne podre desenvolveram-se de ovos de moscas e não a partir da transformação da carne. Os resultados dessa experiência fortaleceram a teoria sobre a origem da vida denominada

- A) hipótese autotrófica.
- B) hipótese heterotrófica.
- C) geração espontânea.
- D) abiogênese.
- E) biogênese.

**03.** (CMMG-2018) "Tétis entrega as novas armas a seu filho Aquiles e cuida do corpo de Pátroclo"...

"Mãe, estas armas que Hefesto me enviou, dizem bem com os trabalhos dos imortais; nenhum homem seria capaz de forjá-las. Vou para a luta aprontar-me, envergando-as;

mas tenho receio de que entrementes as moscas penetrem nas chagas abertas pelo cruel bronze no corpo do filho do claro Menécio (Pátroclo) e criem larvas, afeando, dessa arte, o cadáver do amigo - ah, sem mais vida nenhuma - e estragando-lhe a bela aparência".

ILÍADA - Homero, Canto XIX, v. 21-7.

Há mais de 2 500 anos, muito antes de Francesco Redi (1626-1697), podemos afirmar que os gregos

- A) eram adeptos da Geração Espontânea.
- B) foram os primeiros que demonstraram a veracidade da Abiogênese.
- C) acreditavam que a matéria orgânica em decomposição geravam larvas.
- D) sabiam que as moscas eram responsáveis pelas larvas que surgiam nos cadáveres.

**04.** (UNITAU-SP) No início da década de 1950, um cientista norte-americano construiu um equipamento no qual colocou hidrogênio, amônia e metano, disparando descargas elétricas e adicionando vapor-d'água nessa mistura. Após uma semana de experimento, houve a formação de um líquido no qual foram encontrados compostos orgânicos e alguns aminoácidos.

A experiência dá suporte a uma teoria de origem da vida em nosso planeta, que é representada em qual das alternativas a seguir?

- A) Criacionista
- B) Oparin e Haldane
- C) Abiogênese
- D) Heterotrófica
- E) Panspermia

**05.** (FGV) Na difícil busca pela explicação científica sobre a origem da vida no planeta Terra, uma das etapas consideradas essenciais é o surgimento de aglomerados de proteínas, os coacervados, capazes de isolar um meio interno do ambiente externo, permitindo que reações bioquímicas ocorressem dentro dessas estruturas de forma diferenciada do meio externo.

Tal hipótese, envolvendo essa etapa,

- A) contesta o princípio da abiogênese sobre a evolução bioquímica de moléculas orgânicas.
- B) reforça a ideia comprovada de que todo ser vivo se origina de outro.
- C) considera como espontâneo o processo de surgimento da vida no planeta.
- D) sugere que os primeiros seres vivos se multiplicavam como os vírus atuais.
- E) questiona a teoria criacionista, assim como a evolucionista lamarckista.

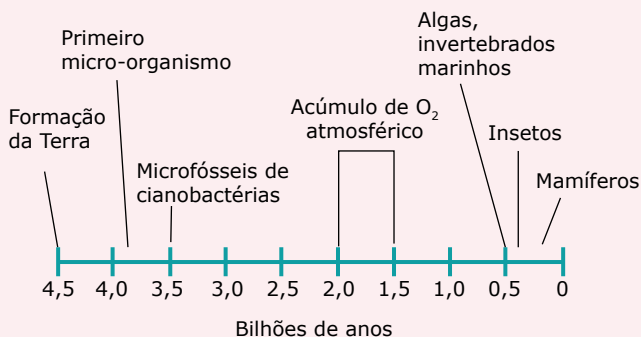
**06.** (UNEB-BA-2015) A origem da vida na Terra é uma questão ainda em aberto. No entanto, sabe-se que, há cerca de 3,5 bilhões de anos, já havia, na Terra primitiva, atividade de organismos unicelulares – cianobactérias. Vários processos químicos antecederam a vida unicelular. Primeiramente, foi preciso que substâncias químicas básicas, como metano, amônia, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono, fosfato e água formassem compostos de interesse biológico, como a glicina, presente em proteínas. Em uma segunda etapa, teriam sido produzidos lipídios e fosfolipídios. Posteriormente, em fases mais avançadas, moléculas de ácido ribonucleico, RNA, seriam formadas, permitindo a síntese de proteínas. (PACHECO, 2014, p. 35-38).

PACHECO, José Antônio de Freitas. Quando a vida surgiu no universo? *Ciência Hoje*. São Paulo: SBPC, n. 318, v. 53, set. 2014.

A atividade das cianobactérias iniciou uma revolução que mudou o cenário da Terra primitiva com reflexos na vida atual. Nesse contexto, é correto afirmar:

- A) A conquista da fotossíntese foi condicionada à presença de cloroplastos no citoplasma bacteriano.
- B) O fotoautotrofismo das cianobactérias estabeleceu a primeira crise alimentar, caracterizada pela falta de glicose.
- C) O surgimento de cianobactérias, há 3,5 bilhões de anos, confirma que a respiração aeróbica foi o primeiro processo bioenergético bem-sucedido na Terra.
- D) O estabelecimento das cianobactérias está associado ao "holocausto do oxigênio" porque determinou uma expressiva queda dos níveis de O<sub>2</sub>, tornando a atmosfera redutora.
- E) A atividade fotossintética, iniciada pelas cianobactérias, criou condições atmosféricas que permitiram, ao longo do tempo, a colonização dos continentes pelos pluricelulares.

**07.** (ESCS-DF)  
11D4

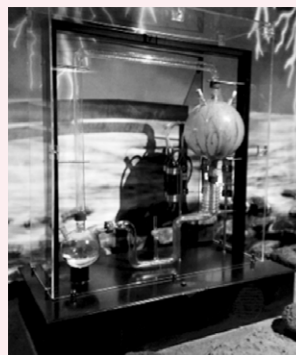


Disponível em: <www.icb.usp.br>.

A figura ilustra o surgimento, no processo de formação da Terra, de alguns seres vivos. Considerando essa figura e os múltiplos aspectos a ela relacionados, assinale a opção correta.

- A) Assim como os insetos, a molécula de DNA circular surgiu há menos de meio milhão de anos.
- B) Quando os primeiros vertebrados surgiram na Terra, os invertebrados já existiam há mais de dois milhões de anos.
- C) Três milhões de anos antes de os mamíferos surgirem, não existiam organismos fotossintetizantes na Terra.
- D) Antes de surgirem os invertebrados marinhos, a atmosfera terrestre possuía características redutoras e, assim, a biomassa era gerada pela respiração celular.
- E) O surgimento de cianobactérias contribuiu para o acúmulo de O<sub>2</sub> na atmosfera.

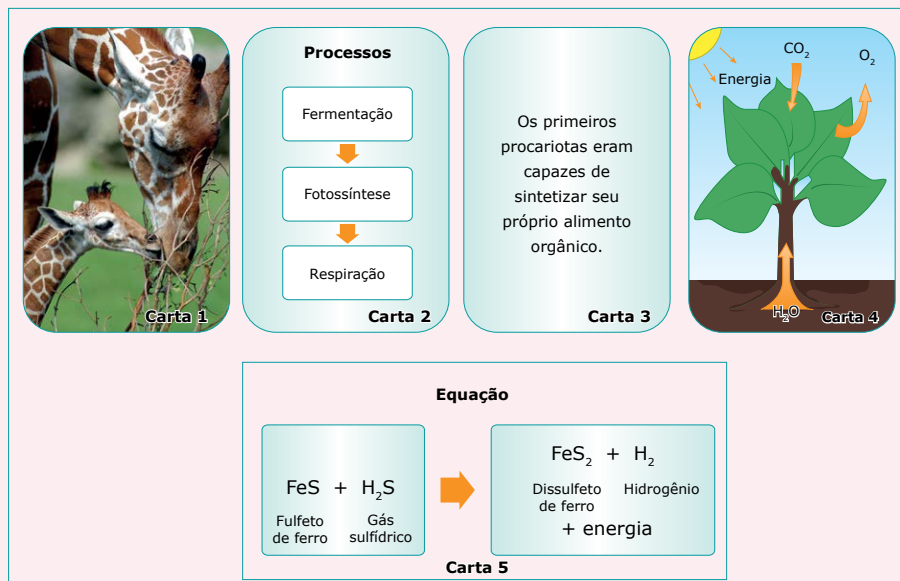
**08.** (PUC RS-2016) Com base na foto a seguir, que apresenta uma réplica do experimento de Miller-Urey, exposta no Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (MCT-PUCRS).



Sobre a experiência conduzida por esses dois cientistas, é correto afirmar:

- A) Com a experiência, tentou-se comprovar a hipótese de Francesco Redi sobre a inexistência da geração espontânea.
- B) O experimento contribuiu para uma melhor compreensão da teoria da Panspermia Cósmica, pois o aparelho simula as condições iniciais do espaço sideral.
- C) Como resultado do experimento, os cientistas obtiveram moléculas orgânicas complexas, sendo estas produto da reação entre gás carbônico, gás oxigênio, amônia e água na forma de vapor.
- D) Ao tentar reproduzir as condições da Terra primitiva, propostas por Oparin, os produtos da reação química conduzida pelo experimento foram obtidos a partir de gás metano, amônia, gás hidrogênio e água na forma de vapor.
- E) Segundo as conclusões de Miller e Urey, os coacervados obtidos como produtos do experimento representam os possíveis primeiros seres vivos que habitaram o planeta, por terem metabolismo próprio, além de capacidade de autorreprodução.

**09.** (UPE) Em uma gincana de Biologia, você concorre a uma vaga para representar Pernambuco na etapa nacional. O ponto sorteado foi Origem da vida. Você e seu adversário receberam cartas de um jogo, relacionadas às hipóteses: (1) autotrófica e (2) heterotrófica. Observe as cartas a seguir:



Vence aquele que inter-relacionar as cartas, montando uma sequência coerente com uma dessas duas hipóteses, associando as afirmações das colunas 1 e 2.

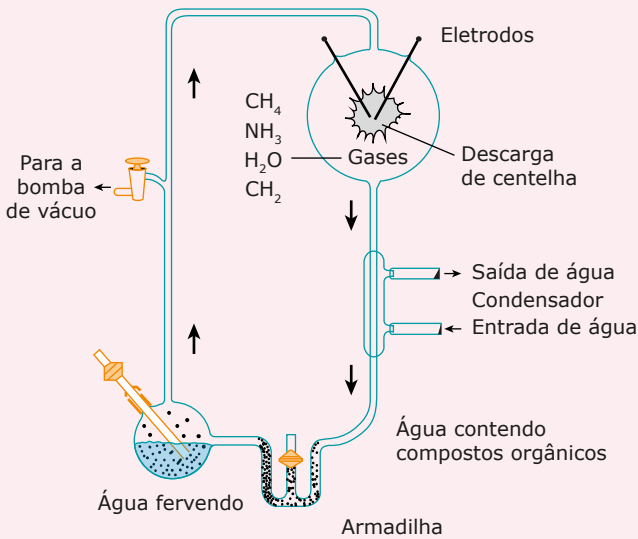
Coluna 1	Coluna 2
I. Autotrófica, pois a carta 3 traz a definição dos seres autótrofos, seguida da carta 5 representando a quimiossíntese, que antecede o processo de fermentação mostrado na carta 2.	A. A carta 2 pode ser relacionada às cartas 4 e 1 associadas, respectivamente, à fotossíntese e à respiração.
II. Autotrófica, pois a carta 5 representa a fotossíntese, que antecede a carta 3 por trazer a definição dos seres heterótrofos relacionados aos processos de fermentação e respiração, mostrados na carta 2.	B. A carta 2 pode ser relacionada às cartas 4 e 1 associadas, respectivamente, à quimiossíntese e à fermentação.
III. Heterotrófica, pois as cartas 2 e 3 iniciam tratando de fermentação e, conseqüentemente, antecedem os processos de fotossíntese e respiração, representados, respectivamente, nas cartas 5 e 2.	

Estão corretas as associações

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



10. (UEFS-BA-2015)



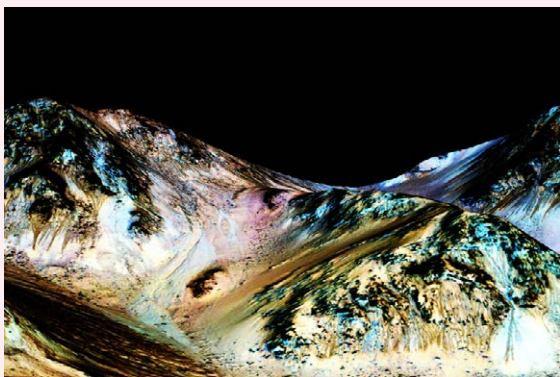
O esquema retrata um célebre experimento na Biologia, realizado pelo cientista Stanley L. Miller, que foi de grande importância para tentar elucidar o surgimento da vida.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que o experimento de Miller conseguiu demonstrar

- A) a falha na Teoria da Geração Espontânea, ao comprovar que a fervura de água contendo compostos orgânicos não resulta na formação dos seres vivos.
- B) a formação dos coacervados, a partir do agregado de moléculas inorgânicas, presentes na atmosfera primitiva.
- C) os gases constituintes da atmosfera primitiva, sendo esta de caráter redutor.
- D) a hipótese quimiolito autotrófica, com a formação das primeiras formas de vida.
- E) a formação de substâncias orgânicas complexas na ausência de seres vivos.

11. (Unisinos-RS-2016)

7GKR



Agência espacial americana (NASA) afirma ter encontrado água corrente em Marte, o que pode possibilitar existência de vida.

Disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/09/150928\\_marte\\_descobertas\\_cc](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/09/150928_marte_descobertas_cc)>. Acesso em: 29 set. 2015.

Em 2015, através da análise de imagens do satélite Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), a NASA afirmou que pode haver, escorrendo nas encostas em algumas montanhas do planeta Marte, água salgada líquida. Com isso, seria possível existir, ou ter existido, vida microbiana no planeta. No planeta Terra, há muito se discute a origem da vida, sendo a Teoria Clássica a mais aceita, a qual afirma que a Terra primitiva teria sido um ambiente rico em compostos orgânicos.

De acordo com essa teoria, os primeiros seres que habitaram nosso planeta seriam

- A) organismos heterotróficos com respiração aeróbica.
- B) organismos heterotróficos com respiração anaeróbica.
- C) organismos fotoautotróficos.
- D) organismos quimioautotróficos.
- E) organismos foto-heterotróficos.

12. (UEFS-BA) A noção de que as células de animais e plantas tiveram origem por meio da simbiose não é mais motivo de controvérsia. A biologia molecular, incluindo o sequenciamento gênico, reivindicou esse aspecto de minha teoria da simbiose celular. Mas o verdadeiro impacto da visão simbiótica da evolução ainda está para ser sentido. E a ideia de que novas espécies surgem de fusões entre membros de espécies antigas ainda não é sequer debatida na sociedade científica respeitável.

MARGULIS, Lynn. *O planeta simbiótico: Uma nova perspectiva da evolução*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001. p. 14.

A respeito dos processos endossimbióticos propostos pela pesquisadora Lynn Margulis, que atualmente são amplamente aceitos pela Ciência, é possível afirmar:

- A) Relações de fusões citoplasmáticas entre seres eucariontes ancestrais teriam aperfeiçoado a capacidade dos organismos atuais na realização de suas funções metabólicas.
- B) A capacidade fotoautótrofa presente em alguns eucariontes atuais é necessariamente dependente de uma relação simbiótica anterior, que englobou, a esse padrão de organização, determinadas cianobactérias ancestrais.
- C) A presença da mitocôndria no padrão eucarionte é considerada como resultado de uma relação endossimbiótica por apresentar, no seu interior, todas as informações genéticas presentes no DNA das atuais bactérias anaeróbicas.

- D) A formação dos cloroplastos precedeu a formação das mitocôndrias na história da vida, já que, para ocorrer a respiração celular, é necessária a presença do  $O_2$  produzido pela fotossíntese.
- E) Englobamentos primitivos entre seres unicelulares distintos geraram relações parasitárias que interferiram de forma significativa na história da vida no planeta.

**13.** (UFV-MG) Observe os dados a seguir e assinale a alternativa correta.  
FCEW

- I. Origem da célula eucariótica
- II. Fotossíntese
- III. Origem da célula
- IV. Respiração
- V. Fermentação
- VI. Evolução orgânica

Considerando-se o atual conhecimento dos mecanismos geradores de energia celular, pode-se afirmar que a sequência de eventos mais provável que deve ter ocorrido na evolução desses mecanismos, desde os ambientes primitivos há quase  $3,5 \cdot 10^9$  anos, é

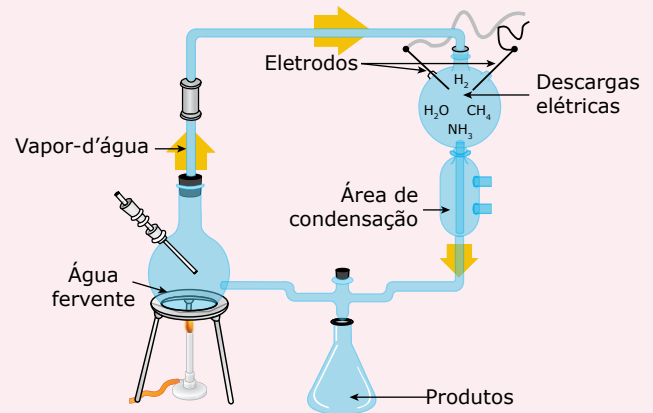
- A) VI, III, V, II, IV, I.
- B) I, II, III, IV, V, VI.
- C) VI, V, IV, III, II, I.
- D) III, I, II, IV, V, VI.
- E) V, VI, II, IV, III, I.

**14.** (UnB-DF) Num balão de vidro com o gargalo recurvado e aberto, Pasteur ferveu um caldo nutritivo, deixando esfriar lentamente. O caldo permaneceu inalterado por muitos dias. A seguir, o gargalo foi removido e, 48 horas depois, era evidente a presença de bactérias e fungos no caldo.

Assinale as alternativas corretas, referentes ao experimento descrito.

- A) As bactérias e fungos do ar foram incapazes de passar ao longo do gargalo e atingir o caldo nutritivo após seu resfriamento.
- B) O aquecimento matou as bactérias e fungos primitivamente presentes no caldo.
- C) As bactérias e fungos que apareceram no caldo eram de espécies diferentes daquelas que ocorrem no ar.
- D) O aquecimento inativou, temporariamente, as substâncias do caldo capazes de originar bactérias e fungos.
- E) Os sinais evidentes da presença de bactérias e fungos no caldo nutritivo foram consequência da multiplicação rápida desses micro-organismos.
- F) Todo ser vivo procede de outro ser vivo.
- G) Bactérias e fungos são autótrofos.

**15.** (Unicamp-SP) Em 1953, Miller e Urey realizaram experimentos simulando as condições da Terra primitiva: supostamente altas temperaturas e atmosfera composta pelos gases metano, amônia, hidrogênio e vapor-d'água, sujeita a descargas elétricas intensas. A figura representa o aparato utilizado por Miller e Urey em seus experimentos.



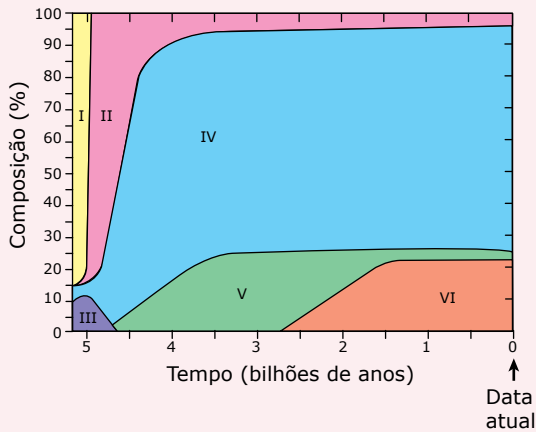
- A) Qual a hipótese testada por Miller e Urey neste experimento?
- B) Cite um produto obtido que confirmou essa hipótese.
- C) Como se explica que o  $O_2$  tenha surgido posteriormente na atmosfera?

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea. Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que

- A) seres vivos podem ser criados em laboratório.
- B) a vida se originou no planeta a partir de micro-organismos.
- C) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente.
- D) seres vermiformes e micro-organismos são evolutivamente aparentados.
- E) vermes e micro-organismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

02. (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.



THE RANDOM HOUSE ENCYCLOPEDIAS, 3. ed., 1990 (Adaptação).

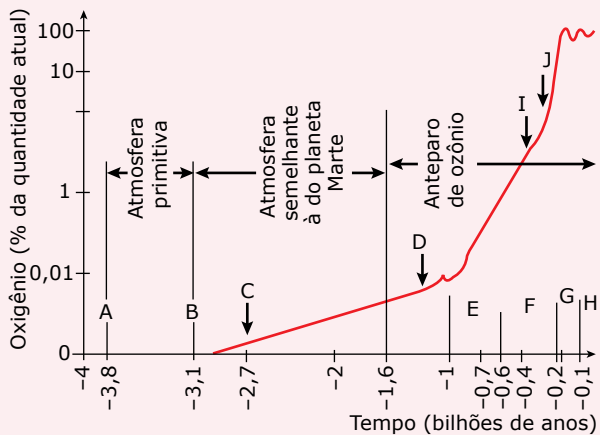
Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que

- 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, apenas.
- C) I e II, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.

03. (Enem) O gráfico a seguir representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



**Legenda:**

- A. Pneumatofita primitiva
- B. Aparecimento da vida
- C. Começo da fotossíntese
- D. Primeira célula eucarionte
- E. Pré-Cambriano
- F. Primário
- G. Secundário
- H. Terciário e quaternário
- I. Primeiros vertebrados
- J. Conquista da Terra

De acordo com o gráfico, é correto afirmar que

- A) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O<sub>2</sub>.
- B) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- C) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
- D) desde o Pré-Cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- E) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já havia se estabilizado.

**GABARITO**

Meu aproveitamento

**Aprendizagem**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. E
- 03. D
- 04. D
- 05. E

**Propostos**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. E
- 03. D
- 04. B
- 05. C
- 06. E
- 07. E
- 08. D
- 09. A
- 10. E
- 11. B
- 12. B
- 13. A
- 14. A, B, E, F

15.

- A) Moléculas orgânicas podem ter se formado nas supostas condições da atmosfera da Terra primitiva ou abiogeneticamente, nas supostas condições da atmosfera da Terra primitiva.
- B) Aminoácidos.
- C) O O<sub>2</sub> passou a ser liberado e se acumular na atmosfera após o surgimento dos seres fotossintetizantes.

**Seção Enem**

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. A
- 03. A



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Teorias Evolucionistas

Para explicar como ocorrem as modificações nas características dos seres vivos e o surgimento de novas espécies, várias teorias evolucionistas surgiram, entre as quais destacamos: o lamarckismo, o darwinismo e o neodarwinismo.

### LAMARCKISMO

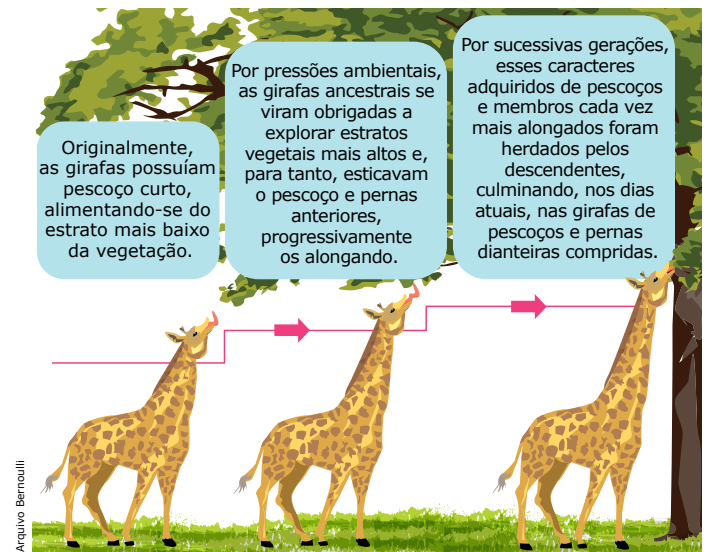
O biólogo francês Jean-Baptiste Lamarck foi um dos primeiros defensores do transformismo, isto é, um dos primeiros a admitir que os seres vivos se modificam com o passar do tempo. Em 1809, Lamarck, em seu livro *Philosophie zoologique*, propôs uma hipótese na tentativa de explicar como ocorre o mecanismo de transformação das espécies, ou seja, como uma espécie poderia dar origem a outras espécies.

O lamarckismo baseia-se em dois pontos básicos: lei do uso e desuso e lei da transmissão das características adquiridas.

Segundo Lamarck, as alterações das condições ambientais desencadeariam em uma espécie a necessidade de se modificar, no sentido de promover a sua adaptação às novas condições do meio. Em consequência, a espécie adquiriria novos hábitos, fato que acarretaria a utilização mais intensa e frequente de certos órgãos ou partes do organismo, causando-lhes uma hipertrofia ou, então, que acarretaria o desuso de órgãos e estruturas do corpo, causando-lhes uma atrofia. Assim, pelo uso ou desuso de certos órgãos e estruturas do corpo, os indivíduos passariam a ter novas características, que os tornariam mais bem adaptados às condições ambientais. Por meio da reprodução, essas novas características seriam transmitidas aos descendentes.

Vários foram os exemplos citados por Lamarck para ilustrar suas ideias evolucionistas. O mais célebre de todos foi o do pescoço das girafas atuais. Segundo Lamarck, os ancestrais das girafas tinham pescoços curtos, membros anteriores com o mesmo comprimento dos posteriores e viviam em um ambiente em que a vegetação rasteira era relativamente escassa; e, por isso, teriam sido forçados a se alimentarem de folhas situadas no alto das árvores.

No esforço para terem acesso ao alimento, adquiriram o hábito de esticar o pescoço e as pernas anteriores; e, assim, essas partes do corpo foram se desenvolvendo pelo uso frequente. Essas características adquiridas passaram a ser transmitidas de geração a geração, resultando nas atuais girafas de pescoços longos e de pernas dianteiras desenvolvidas.



De forma semelhante ao que aconteceu com as girafas, o lamarckismo explica a longa perna da garça como uma decorrência de seu esforço para se manter com o corpo fora da água; orelhas longas em coelhos seriam devido ao grande uso da audição para identificar a chegada dos predadores. À medida que eles necessitavam de melhor canalizar o som, suas orelhas foram, aos poucos, sendo esticadas até atingir o tamanho longo que possuem hoje em dia. A língua comprida e as garras desenvolvidas dos tamanduás seriam, respectivamente, respostas ao esticamento para capturar formigas e o uso frequente para remexer formigueiros; cactáceas teriam suas folhas reduzidas a espinhos como necessidade de adaptação à economia de água. A atrofia dos olhos das toupeiras atuais seria porque suas ancestrais não necessitavam de visão, já que viviam sob a terra. A atrofia então teria ocorrido devido à pouca utilização, e essa característica seria transmitida entre as gerações. Esses exemplos ilustram como o lamarckismo explica o surgimento de algumas características morfofisiológicas em determinadas espécies. Observe que, em todos os exemplos citados, o meio ambiente atua como um fator que “exige” modificações nos seres vivos, para que eles possam se tornar adaptados às circunstâncias existentes.

Embora certo em suas convicções, o lamarckismo está errado em suas explicações. A lei do uso e desuso, por exemplo, embora correta para o caso dos músculos, não pode ser generalizada para todos os órgãos e todas as partes de um organismo. Além disso, sabemos que nenhuma alteração fenotípica provocada por fatores ambientais, isto é, nenhuma característica adquirida, transmite-se à descendência. A maior falha da teoria está exatamente aí, na transmissão dos caracteres adquiridos ao longo das gerações. Apesar de suas falhas, Lamarck teve os seus méritos: foi um evolucionista ardente numa época em que predominava o fixismo e chamou a atenção para o fenômeno da adaptação ao meio como sendo um processo necessário para a evolução.

## DARWINISMO

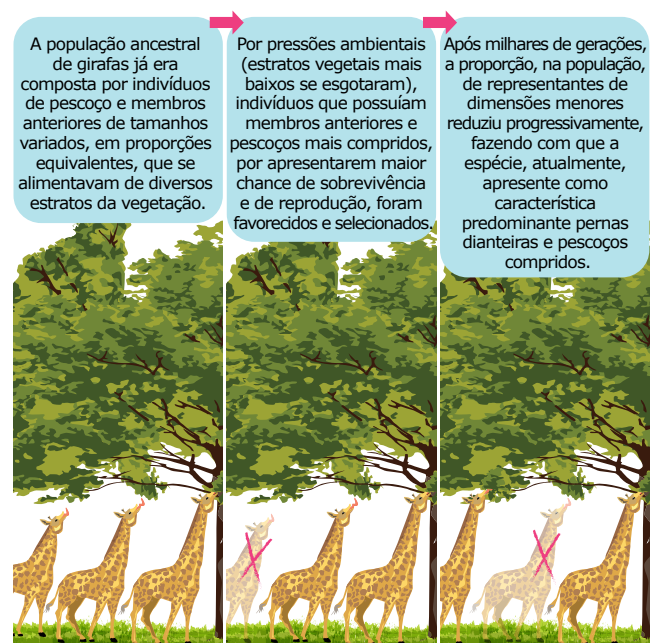
Em 1859, o naturalista inglês Charles Darwin expôs em seu livro *A origem das espécies* suas ideias evolucionistas que ficaram conhecidas como darwinismo.

O darwinismo baseia-se nos seguintes pontos:

- Os indivíduos de uma mesma espécie não são rigorosamente iguais uns aos outros. Há diferenças individuais que tornam alguns mais atraentes, mais fortes, mais rápidos, mais adaptados às condições de vida no ambiente do que outros não tão bem adaptados.
- As populações crescem numa progressão geométrica, enquanto as reservas alimentares crescem apenas numa progressão aritmética (fundamento este tirado de um livro de Thomas Malthus, economista inglês que muito influenciou Darwin na elaboração da sua teoria).
- Face à desproporção entre o crescimento da população e a quantidade de alimento disponível, os indivíduos empenhar-se-iam em uma “luta pela vida”.
- Como resultado da luta pela vida, haveria a **seleção natural** dos mais aptos em prejuízo dos menos aptos.

Apoiando-se nesses pontos, Darwin considerou que certas características poderiam contribuir para a sobrevivência e para a reprodução de certos indivíduos num determinado ambiente, constituindo variações favoráveis. Indivíduos portadores de variações desfavoráveis, por sua vez, teriam grandes dificuldades de sobrevivência e seriam extintos. Assim, as diferenças individuais já existentes entre os indivíduos de uma mesma espécie seriam selecionadas naturalmente pelo meio ambiente; o meio, então, como fator de seleção, preservaria os indivíduos portadores de variações favoráveis e eliminaria os portadores de variações desfavoráveis. Dessa maneira, a natureza iria, ao longo das gerações, “aprimorando” a espécie, de modo a torná-la cada vez mais adaptada ao meio ambiente.

Darwin também ilustrou suas ideias com alguns exemplos. Para explicar a origem das girafas atuais, ele argumentou da seguinte maneira: no passado, os ancestrais das atuais girafas tinham pescoços e patas dianteiras com tamanhos variáveis. Entretanto, em algum momento a vegetação rasteira começou a ficar indisponível e as girafas competiam pelo alimento disponível. Aqueles indivíduos que possuíam pescoço mais longo e patas dianteiras desenvolvidas foram favorecidos, já que essas características permitiam acesso às folhagens localizadas nos pontos mais altos das árvores. Dessa forma, as girafas que possuíam pescoços e patas curtas foram sendo lentamente extintas, uma vez que a seleção natural favorecia a sobrevivência dos indivíduos com as patas dianteiras desenvolvidas e pescoço longo, as quais conhecemos hoje.



A mesma explicação se aplica às longas orelhas dos coelhos. Elas permitiam uma audição mais eficiente aos coelhos que as possuíam, o que melhorava a capacidade de percepção dos predadores e favorecia a fuga. Assim, a característica favorável foi selecionada, enquanto o oposto ocorreu com os coelhos de orelhas curtas. Por sua vez, a competição entre os tamanduás era facilitada para aqueles que possuíam garras desenvolvidas e língua comprida, já que tinham maior acesso aos formigueiros e às formigas. Eles então sobreviviam e se reproduziam – em detrimento daqueles que não possuíam tais características –, uma vez que se adaptavam com sucesso ao seu meio. Já para as cactáceas, o darwinismo explica as folhas reduzidas a espinhos, bem como as demais adaptações à economia de água, como variações favoráveis que contribuíram para a adaptação e sobrevivência em condições desérticas.



É possível reconhecer uma grande diferença entre as teorias lamarckista e darwinista nos exemplos mencionados. Lamarck defendia que o meio é causador das variações, enquanto para Darwin, ele as seleciona. Ou seja, o lamarckismo considera que novas características são impostas pelo meio, enquanto o darwinismo defende que as diferentes características já existem e são apenas selecionadas pelo meio. A principal diferença entre essas ideias, portanto, se concentra na influência exercida pelo meio.

Um dos argumentos apresentados por Darwin em favor da seleção dos mais aptos baseou-se no estudo de espécies criadas e cultivadas pelo homem. Sabia-se que alguns animais domésticos e alguns vegetais cultivados pertenciam às espécies representantes ainda em estado selvagem.

Darwin se dedicou à criação de pombos, cujas variedades domésticas eram sabidamente originadas de uma única espécie selvagem, a *Columba livia*, a partir da seleção artificialmente conduzida pelos criadores. Sua conclusão foi que a seleção artificial podia ser comparada àquela que a natureza exercia sobre as espécies selvagens.

Da mesma forma que o homem seleciona reprodutores de uma determinada variedade ou raça, permitindo que apenas os que tenham as características desejadas se reproduzam, a natureza seleciona, nas espécies selvagens, os indivíduos mais adaptados às condições reinantes. Estes deixam um número proporcionalmente maior de descendentes, contribuindo significativamente para a formação da geração seguinte.

O darwinismo, entretanto, também cometeu falhas. Primeiramente, não soube explicar como surgem as novas variedades ou novas características entre os indivíduos de uma mesma espécie. Darwin partiu do princípio de que elas já existiam entre os indivíduos de uma mesma população. Também a afirmação de Malthus sobre a desproporção entre crescimento populacional e quantidade de alimentos estava profundamente exagerada e errônea. Lembre-se de que a ideia de Malthus muito influenciou Darwin na elaboração do conceito de seleção natural. Todavia, o fenômeno "luta pela vida", proposto por Darwin, é indiscutível, assim como é inegável a seleção natural dos mais aptos.

## NEODARWINISMO

Como vimos, a teoria evolucionista proposta por Darwin não soube explicar as causas das variações ou variabilidades hereditárias das espécies. Essa explicação só pôde ser dada mais

tarde, com a descoberta das mutações e com o desenvolvimento da genética. Apenas no século XX, com as contribuições dos trabalhos de Mendel e a expansão conceitual sobre genes, foi possível estabelecer os fatores determinantes da variabilidade nos seres vivos: as mutações e a recombinação gênica.

As mutações são fontes básicas para toda variabilidade genética, pois fornecem a matéria-prima para a evolução. Os novos genes produzidos determinam características fenotípicas que podem ou não ser úteis aos seres que as possuem. Caso sejam úteis e passadas à descendência, serão perpetuadas.

A recombinação gênica também contribui para a variabilidade. A reprodução sexuada, a segregação independente de dois ou mais pares de genes e o *crossing-over* são os fenômenos que permitem novos arranjos de genes que chegarão aos gametas, aumentando a variabilidade dessas células formadas durante a meiose e, conseqüentemente, aumentando a probabilidade de ocorrência de genótipos diferentes.

O neodarwinismo, teoria sintética da evolução ou teoria moderna da evolução proposta no início da década de 1940, constitui uma ampliação das ideias de Darwin: explica as causas das variações nos seres vivos, coisa que o darwinismo clássico não conseguiu explicar.

A mutação cria novos genes e a recombinação os mistura com aqueles já existentes, originando os indivíduos geneticamente variados de uma população. A seleção natural então "direciona" o processo evolutivo, uma vez que seleciona as características mais favoráveis ou adaptativas a um determinado meio. Em outras palavras, ela favorece os portadores de determinados conjuntos gênicos adaptativos, que tendem a sobreviver e se reproduzir em maior escala que os outros. Dessa forma, enquanto as mutações e a recombinação gênica aumentam a variabilidade genética nos seres vivos, a seleção natural a reduz, pois tende a eliminar os indivíduos que possuem variações desfavoráveis.

A evolução, portanto, pode ser considerada como **resultado da seleção natural, atuando sobre a variabilidade genética.**

Dependendo das condições ambientais, a seleção natural pode atuar em uma população favorecendo certos fenótipos referentes a uma determinada característica.

Gráfico 1 – Curva normal

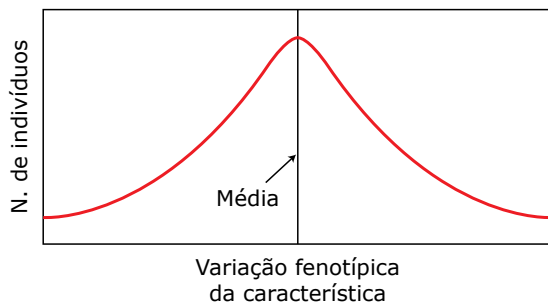
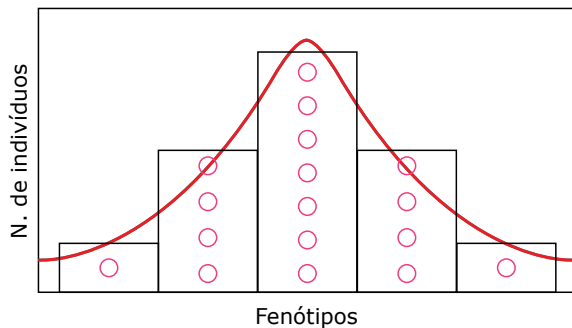


Gráfico 2 – Histograma



Os gráficos 1 e 2 representam a curva normal de distribuição de diferentes fenótipos referentes a uma determinada característica em uma população.

Considerando os tipos selecionados de acordo com a curva de distribuição normal dos diferentes fenótipos, a seleção pode ser: **direcional**, **estabilizadora** ou **disruptiva**.

- **Seleção direcional:** favorece apenas um dos tipos extremos da curva de distribuição normal. Exemplo: em uma população de bactérias onde existem indivíduos 100% sensíveis, indivíduos parcialmente resistentes e indivíduos 100% resistentes a certo antibiótico, a presença desse antibiótico no meio irá favorecer as bactérias 100% resistentes, aumentando na população bacteriana a frequência dos indivíduos portadores do referido fenótipo.
- **Seleção estabilizadora (normalizadora):** favorece os fenótipos médios da curva de distribuição normal, em detrimento dos fenótipos extremos. Exemplo: pesquisas feitas em diversos hospitais mostram que crianças nascidas com peso em torno da média (de 3 kg a 4,5 kg) têm maiores chances de sobreviver do que crianças com pesos muito grandes ou muito pequenos.
- **Seleção disruptiva (diversificadora):** favorece os indivíduos com fenótipos de ambos os extremos da curva de distribuição normal, em detrimento dos indivíduos com fenótipos médios. Exemplo: em um ambiente onde os alimentos para os pássaros estão representados predominantemente por sementes duras e larvas, devem ser favorecidos os pássaros de bico fino e delicado (que têm facilidade de capturar larvas) e pássaros de bico maior e mais forte (capazes de quebrar sementes). Nesse ambiente, os pássaros de bicos intermediários estão em desvantagem por não serem muito hábeis na obtenção de nenhum dos dois tipos de alimento.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



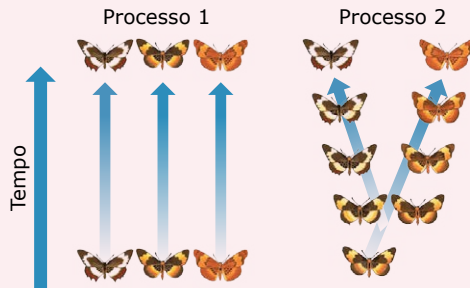
01. (Unifor-CE) Lamarck foi o primeiro a propor uma hipótese consistente para explicar o mecanismo da evolução. Nela, sustentava
  - A) a importância das mutações para a formação de novas espécies.
  - B) o papel da seleção natural na modificação das espécies.
  - C) a relevância dos híbridos na especiação.
  - D) as adaptações dos seres vivos ao ambiente.
  - E) a existência de alelos recessivos.
02. (PUC Minas) não é princípio da Teoria da Evolução de Darwin:
  - A) Seleção natural.
  - B) Lei do uso e do desuso.
  - C) Sobrevivência do mais apto.
  - D) Cada geração sucessiva ficar mais bem adaptada ao ambiente.
  - E) Os organismos apresentarem variações hereditárias e, portanto, transmissíveis.
03. (FUVEST-SP) Uma ideia comum às teorias da evolução propostas por Darwin e por Lamarck é a de que a adaptação resulta
  - A) do sucesso reprodutivo diferencial.
  - B) do uso e desuso de estruturas anatômicas.
  - C) da interação entre os organismos e seus ambientes.
  - D) da manutenção das melhores combinações gênicas.
  - E) de mutações gênicas induzidas pelo ambiente.
04. (UFMG) <sup>TMWC</sup> Sabe-se que a penicilina age de modo pouco eficaz sobre algumas bactérias, que, há algum tempo, não resistiam à ação desse antibiótico. Esse fenômeno pode ser atribuído
  - A) às mutações provocadas pela penicilina.
  - B) à resistência adquirida pelas bactérias quando em presença do antibiótico.
  - C) à produção em massa do antibiótico, tornando-o menos eficiente.
  - D) à seleção de bactérias já resistentes ao antibiótico.
  - E) à transmissão de características adquiridas através do tempo, devido ao meio ambiente.
05. (Unifor-CE) <sup>748A</sup> Considere os seguintes itens:
  - I. Mutação
  - II. Adaptação ao meio
  - III. Seleção natural
  - IV. Uso e desuso dos órgãos
  - V. Herança dos caracteres adquiridos

A teoria de Lamarck leva em consideração apenas

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

EXERCÍCIOS  
PROPOSTOS

01. (UEA-AM-2016)  
F02F



Disponível em: <<http://pt.slideshare.net>> (Adaptação).

Os processos 1 e 2 representam, respectivamente,

- A) darwinismo e lamarckismo.
- B) lamarckismo e criacionismo.
- C) criacionismo e fixismo.
- D) fixismo e evolucionismo.
- E) evolucionismo e darwinismo.

02. (UEL-PR-2015) Leia a tirinha e o texto a seguir.  
56LS



Disponível em: <[www.umsabadoqualquer.com/category/darwin/](http://www.umsabadoqualquer.com/category/darwin/)>. Acesso em: 27 jun. 2014.

Antes do século XVIII, as especulações sobre a origem das espécies baseavam-se em mitologia e superstições e não em algo semelhante a uma teoria científica testável. Os mitos de criação postulavam que o mundo permanecera constante após sua criação. No entanto, algumas pessoas propuseram a ideia de que a natureza tinha uma longa história de mudanças constantes e irreversíveis.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L.; LARSON, A.  
*Princípios Integrados de Zoologia*.  
Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 99.

De acordo com a ilustração, o texto e os conhecimentos sobre as teorias de fatores evolutivos, assinale a alternativa correta.

- A) A variabilidade genética que surge em cada geração sofre a seleção natural, conferindo maior adaptação à espécie.
- B) A variabilidade genética é decorrente das mutações cromossômicas e independe das recombinações cromossômicas.
- C) A adaptação altera a frequência alélica da mutação, resultando na seleção natural em uma população.
- D) A adaptação é decorrente de um processo de flutuação na frequência alélica ao acaso de uma geração para as seguintes.
- E) A adaptação é o resultado da capacidade de os indivíduos de uma mesma população possuírem as mesmas características para deixar descendentes.

03. (UECE-2016) Segundo a Teoria da Evolução de Darwin, a seleção natural atua permanentemente sobre as populações, eliminando fenótipos desviantes como resposta a diferentes interações que se estabelecem entre esses organismos e o meio em que vivem. No que concerne à seleção natural, assinale a afirmação verdadeira.

- A) No processo de seleção natural, o mais forte e mais evoluído sempre vence a luta pela sobrevivência.
- B) Os seres mais complexos e, portanto, mais evoluídos, possuem maior chance de reproduzir-se deixando descendentes.
- C) A seleção natural é um processo linear que conduz ao surgimento de organismos mais evoluídos, conforme é possível perceber na história evolutiva dos seres vivos.
- D) Na natureza, a vida é uma constante luta pela sobrevivência, em que os mais aptos sobrevivem.

04. (UFPA) As toupeiras atuais têm olhos atrofiados porque suas ancestrais, vivendo sob a terra, não necessitavam de visão. A pouca utilização dos olhos teria feito com que eles se atrofiassem, e isso seria transmitido de geração em geração.

A alternativa que traz a justificativa dos fenômenos expressos anteriormente, de acordo com o princípio evolutivo e seu autor, é:

- A) Uso e desuso – Lamarck.
- B) Seleção natural – Darwin.
- C) Transmissão dos caracteres adquiridos – Malthus.
- D) Mutação – De Vries.
- E) Recombinação gênica – Morgan.

05. (Unifor-CE-2015)



Disponível em: <<http://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/biologia/tirinhas-relacionadasaos-diversos-conteudos-da-biologia/>>. Acesso em: 28 set. 2014.

A maioria dos biólogos evolutivos acredita que a diversificação dos seres vivos durante a longa história da vida tem sido guiada principalmente pela seleção natural. Os eventos a seguir estão relacionados ao processo de seleção natural, exceto

- A) Sobrevivência favorecida.
- B) Capacidade de adaptação.
- C) Mutações.
- D) Herança de características adquiridas.
- E) Sucesso reprodutivo.

06. (UFRGS-RS) Existem duas grandes teorias que tentam explicar os mecanismos pelos quais os organismos evoluíram e continuam a evoluir. Tanto Lamarck como Darwin apresentam um fator como primordial para a evolução. A diferença é que, para Lamarck, esse fator é a causa direta das variações e, para Darwin, esse mesmo fator seria o que seleciona dentre as variações possíveis a mais adaptadas. Esse fator é

- A) o ambiente.
- B) a grande capacidade de reprodução.
- C) a competição.
- D) a variação hereditária transmissível.
- E) a migração.

07. (UFPA) Segundo a teoria darwinista, a afirmação que explica de maneira mais correta a resistência de bactérias aos antibióticos é:

- A) Os antibióticos levam à formação de bactérias resistentes.
- B) Todas as bactérias se adaptam aos antibióticos.
- C) Os antibióticos selecionam as bactérias resistentes.
- D) O uso inadequado de antibiótico provoca mutações nas bactérias.
- E) As bactérias tornaram-se resistentes aos antibióticos devido ao contato com eles.

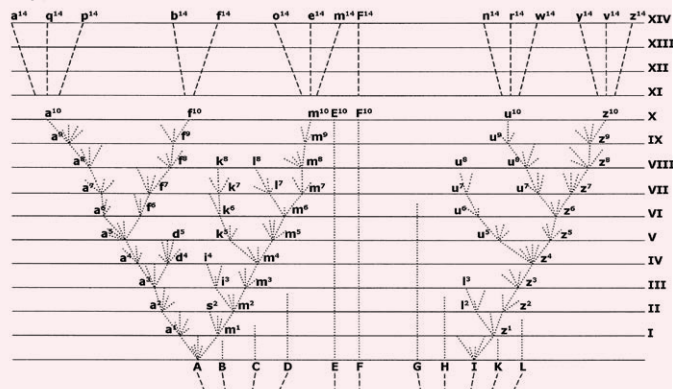
08. (UESB-BA-2015) Lamarck é injusta e infelizmente mais lembrado como alguém que estava errado. A herança das características adquiridas, da qual sua teoria defendia, não era, entretanto, original. Era uma crença geral que o próprio Darwin incorporou em a Origem das Espécies. Lamarck merece respeito, como o primeiro cientista que destemidamente advogou a evolução e tentou apresentar um mecanismo para explicá-la.

FUTUYMA, Douglas J. *Biologia Evolutiva*. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética / CNPq, 1992. p. 4.

A respeito desse tema abordado, pode-se afirmar:

- A) As ideias de Lamarck foram rejeitadas quase universalmente não porque ele abraçava a herança dos caracteres adquiridos, mas porque os principais naturalistas da época defendiam o conceito de seleção natural já proposto pelo darwinismo.
- B) Darwin se baseou nas ideias de uso e desuso de Lamarck para propor o conceito de ancestralidade comum entre todos os seres vivos.
- C) O trabalho de Lamarck preparou o ambiente científico para o início de um debate mais sério sobre o conceito de evolução biológica ao desenvolver argumentos que tentassem justificar os caminhos evolutivos.
- D) A herança das características adquiridas proposto por Lamarck revolucionou o meio científico da época ao criar o conceito de epigenética para justificar a ativação de determinados genes em função do estilo de vida dos indivíduos.
- E) A partir do século XX, com a elaboração de uma síntese evolutiva, as ideias de Lamarck foram associadas aos conceitos de genética de Mendel, criando a teoria denominada de Neodarwinismo.

09. (Uncisal-2016) R.J.R.V

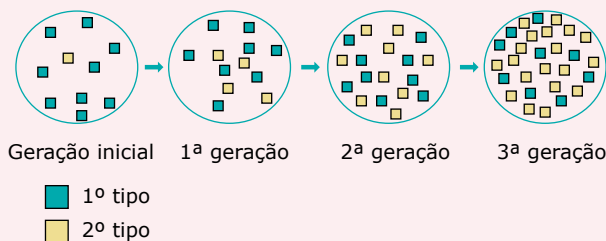


Nessa figura, em forma de "árvore", apresentada no livro *A origem das espécies*, de Charles Darwin (1859), qual a ideia que o autor queria apresentar?

- A) Espécies atuais conectam-se entre si em espécies ancestrais.
- B) As gerações mais recentes são melhores ou superiores a seus ancestrais.
- C) Não há conexão histórica entre as espécies, pois existe um tipo ideal para cada uma.
- D) O homem é um ser vivo que sofreu processo evolutivo separado dos outros seres.
- E) A espécie humana é a mais evoluída, mesmo tendo como descendente direto os macacos.



- 10.** (Cesgranrio) O desenho a seguir representa dois tipos de indivíduos de uma mesma espécie, reproduzindo-se ao longo de quatro gerações.



A análise dessa sequência permite afirmar que os indivíduos do segundo 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 esse ambiente.  
 E) desenvolveram resistência às variações ambientais.
- 11.** (Fatec-SP-2015) Diversas espécies de animais apresentam adaptações morfológicas, as quais permitem que elas se camuflam no ambiente em que vivem, passando quase despercebidas por predadores. Os insetos conhecidos como bichos-pau são exemplos desse tipo de adaptação. Eles apresentam o corpo, as pernas e as antenas extremamente longos e finos, de modo que se confundem com gravetos quando ficam em repouso, apoiados em árvores ou arbustos, como ilustrado na imagem.



Disponível em: <<http://tinyurl.com/pyay2qp>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

De acordo com a teoria mais aceita atualmente para compreender a evolução dos seres vivos, a adaptação morfológica citada teria surgido, ao longo das gerações, devido

- A) ao esforço de cada indivíduo em passar despercebido por predadores e se tornar o mais semelhante possível aos gravetos.  
 B) à proximidade espacial entre os insetos e os gravetos, o que teria levado a uma modificação corporal nos indivíduos no decorrer de suas vidas.  
 C) ao acaso, sendo que os insetos que se tornaram mais semelhantes a gravetos, no decorrer de suas vidas, teriam passado essa característica a seus descendentes.

- D) a uma troca de material genético entre os insetos e as plantas nas quais eles viviam, levando à manifestação de características das plantas no corpo do animal.  
 E) à seleção contínua dos indivíduos um pouco mais camuflados dentro das populações, os quais eram menos predados e deixavam mais descendentes.

- 12.** (UFV-MG) Analise as seguintes afirmativas:

- I. A seleção natural tende a diminuir a variabilidade de espécies pela eliminação de caracteres desprovidos de valor para a sobrevivência.  
 II. As mutações e recombinações cromossômicas tendem a aumentar a variabilidade genética das populações.  
 III. O ambiente é um fator importante na seleção natural porque estabelece o padrão para a sobrevivência.

Assinale

- A) se apenas I e II forem corretas.  
 B) se apenas uma afirmativa for correta.  
 C) se apenas I e III forem corretas.  
 D) se todas as afirmativas forem corretas.  
 E) se apenas II e III forem corretas.

- 13.** (UFES-2016) Na segunda metade do século XVIII, Charles Darwin e Alfred Wallace descreveram parte de uma teoria que hoje é conhecida como Evolução Biológica. Essa teoria postula que a enorme variedade de espécies de seres vivos existentes é resultado de processos de transformação e adaptação inerentes à própria vida. Baseado nos princípios e conceitos da Evolução Biológica, faça o que se pede.

- A) Indique os dois processos que promovem a variabilidade genética. Explique cada um deles.  
 B) Indique e explique o processo pelo qual, sob certas circunstâncias e ao longo do tempo, as características favoráveis dos organismos vivos tenderiam a ser preservadas, enquanto as características desfavoráveis tenderiam a ser eliminadas.  
 C) Descreva como o caso de desenvolvimento de resistência de bactérias a antibióticos e o caso de desenvolvimento de resistência de insetos a inseticidas podem ser explicados à luz da Teoria da Evolução Biológica.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2016) Darwin, em viagem às Ilhas Galápagos, observou que os tentilhões apresentavam bicos com formatos diferentes em cada ilha, de acordo com o tipo de alimentação disponível. Lamarck, ao explicar que o pescoço da girafa teria esticado para colher folhas e frutos no alto das árvores, elaborou ideias importantes sobre a evolução dos seres vivos.

O texto aponta que uma ideia comum às teorias da evolução, propostas por Darwin e por Lamarck, refere-se à interação entre os organismos e seus ambientes, que é denominada de

- A) mutação.  
 B) adaptação.  
 C) seleção natural.  
 D) recombinação gênica.  
 E) variabilidade genética.



**02.** (Enem) Embora seja um conceito fundamental para a Biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- A) modificação de características.
- B) incremento do tamanho corporal.
- C) complexificação de seus sistemas.
- D) melhoria de processos e estruturas.
- E) especialização para determinada finalidade.

**03.** (Enem) Diferente do que o senso comum acredita, as lagartas de borboletas não possuem voracidade generalizada. Um estudo mostrou que as borboletas de asas transparentes da família Ithomiinae, comuns na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica, consomem, sobretudo, plantas da família Solanaceae, a mesma do tomate. Contudo, os ancestrais dessas borboletas consumiam espécies vegetais da família Apocinaceae, mas a quantidade dessas plantas parece não ter sido suficiente para garantir o suprimento alimentar dessas borboletas. Dessa forma, as solanáceas tornaram-se uma opção de alimento, pois são abundantes na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica.

CORES ao vento. Genes e fósseis revelam origem e diversidade de borboletas sul-americanas. *Revista Pesquisa FAPESP*, n. 170, 2010 (Adaptação).

Nesse texto, a ideia do senso comum é confrontada com os conhecimentos científicos ao se entender que as larvas das borboletas Ithomiinae encontradas atualmente na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica apresentam

- A) facilidade em digerir todas as plantas desses locais.
- B) interação com as plantas hospedeiras da família Apocinaceae.
- C) adaptação para se alimentar de todas as plantas desses locais.
- D) voracidade indiscriminada por todas as plantas existentes nesses locais.
- E) especificidade pelas plantas da família Solanaceae existentes nesses locais.

**04.** (Enem) Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns, ausência de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

- A) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- B) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- C) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- D) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.
- E) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

**05.** (Enem) As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural.

As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu “chocalho”, que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas.

Ultimamente, os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

- A) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.
- B) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.
- C) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.
- D) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.
- E) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D     03. C     05. D
- 02. B     04. D

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D     04. A     07. C     10. C
- 02. A     05. D     08. C     11. E
- 03. D     06. A     09. A     12. D

13.

- A) Mutação e recombinação. A mutação consiste em alterações nas sequências de bases nitrogenadas do DNA, gerando novos genes. Recombinação gênica é o processo associado à formação de gametas.
- B) Seleção natural. É um processo que atua nas populações, selecionando os indivíduos mais aptos. Os mais aptos possuem maior capacidade reprodutiva, alterando, assim, a frequência das características.
- C) Os dois casos são explicados pelo processo de seleção natural. Os indivíduos resistentes à ação da substância, presentes em menor frequência, sobrevivem e continuam se reproduzindo, aumentando a frequência ao longo do tempo.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B     03. E     05. D
- 02. A     04. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Evidências da Evolução

Como explicar o surgimento da grande variedade de espécies de seres vivos existentes em nosso planeta?

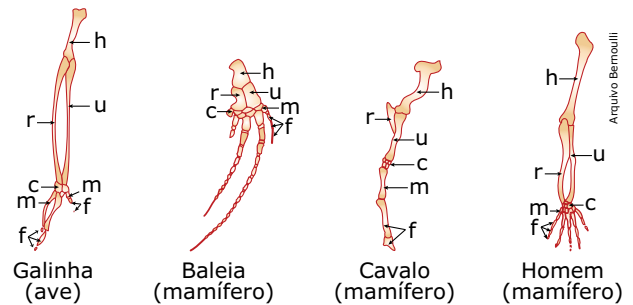
Os adeptos do fixismo admitem que todas as espécies, tal como se apresentam hoje, foram criadas por um ato divino. Assim, o número de espécies seria fixo e foi determinado no momento da Criação. Para explicar o desaparecimento de algumas espécies que viveram em épocas passadas e hoje não mais são encontradas, os fixistas recorrem ao catastrofismo, ou seja, de tempos em tempos, o Criador submete o mundo a determinadas catástrofes (dilúvio de Noé, por exemplo), quando algumas espécies são extintas e outras, preservadas.

A Teoria da Evolução, por outro lado, é adepta do transformismo, ou seja, admite que, devido ao surgimento de novas características e / ou desaparecimento de outras, as espécies se modificam com o passar do tempo, adaptando-se a novas condições ambientais, podendo originar novas espécies. O evolucionismo admite que as espécies se transformam com o passar do tempo, e as que atualmente vivem no nosso planeta descendem de espécies ancestrais que viveram em épocas passadas.

São numerosas as evidências que corroboram a linha de pensamento da maior parte da comunidade científica que tem a evolução dos seres vivos como uma realidade incontestável. Entre elas, destacamos as evidências anatômicas, embriológicas, bioquímicas, paleontológicas e zoogeográficas, que serão discutidas no decorrer do módulo.

### EVIDÊNCIAS ANATÔMICAS

O estudo da anatomia comparada mostra que espécies muito diferentes revelam estruturas com grandes semelhanças, apresentando um mesmo plano básico de organização. É o que acontece, por exemplo, com a estrutura óssea (esqueleto) dos membros anteriores de diferentes vertebrados. As asas das aves, a nadadeira anterior de uma baleia, a pata anterior de um cavalo e o membro superior (braço) de um homem, ainda que muito diferentes, possuem estruturas ósseas bastante parecidas. Seria isso uma simples coincidência ou uma evidência de que esses animais, todos eles vertebrados, descendem de um ancestral comum, do qual herdaram um plano básico de estrutura corporal?



*Membros anteriores de alguns vertebrados – Comparação entre os esqueletos dos membros anteriores de diferentes vertebrados. Observe que todos eles possuem um mesmo plano estrutural. Os ossos estão indicados da seguinte maneira: h = úmero; r = rádio; u = ulna; c = carpos; m = metacarpos; f = falanges.*

A padronização e a semelhança de estruturas anatômicas não se limitam apenas ao esqueleto, estando presentes também na anatomia das vísceras (órgãos internos). Aves e mamíferos, por exemplo, apresentam coração, sistema circulatório, sistema nervoso, entre outros, constituídos das mesmas partes básicas.

Órgãos ou estruturas semelhantes que têm, em diferentes espécies, a mesma origem embrionária são chamados de homólogos. Apesar de terem a mesma origem embrionária, esses órgãos podem ter funções iguais ou diferentes. Por exemplo: a estrutura óssea das asas de um morcego (mamífero) e a das asas de uma ave são estruturas homólogas relacionadas com uma mesma função, ao passo que o esqueleto das asas de uma ave e o dos membros superiores (antebraço, braço e mão) do homem são estruturas homólogas que realizam funções distintas.

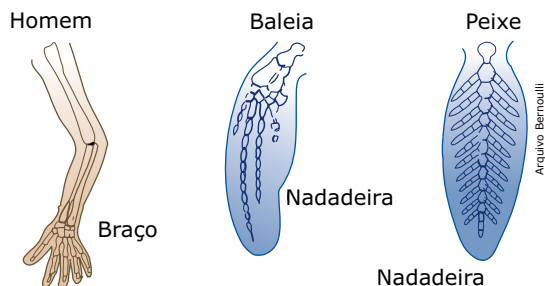
É importante não confundir órgãos homólogos com órgãos análogos.

**Órgãos homólogos** (homologia) são aqueles que, em espécies diferentes, podem ter aspecto, nome e função diferentes, mas, internamente, apresentam a mesma estrutura e têm a mesma origem embrionária. Exemplo: o esqueleto das patas dianteiras de um jacaré (réptil), das nadadeiras de uma baleia (mamífero), das asas de uma ave e dos membros superiores do homem possui os mesmos tipos de ossos e se forma embrionariamente da mesma maneira. Eles são órgãos homólogos entre si e, indiscutivelmente, são mais uma evidência do parentesco existente entre essas diferentes espécies de vertebrados.

**Órgãos análogos** (analogia) são aqueles que, em espécies diferentes, por mero acaso, têm o mesmo nome e a mesma função, mas possuem estruturas totalmente diferentes, uma vez que se formam embrionariamente por processos diversos.

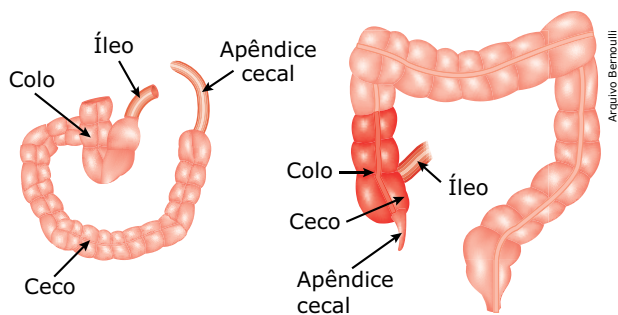
## EVIDÊNCIAS EMBRIOLÓGICAS

Exemplos: as asas dos insetos e as asas das aves. Ambas servem para voar, porém suas origens embrionárias são totalmente distintas.



*O esqueleto do braço do homem e o da nadadeira da baleia são estruturas homólogas, isto é, têm a mesma origem embrionária com o mesmo plano básico de organização estrutural. As nadadeiras das baleias e as dos peixes são órgãos análogos, isto é, apesar de terem a mesma função (servem para nadar), possuem origem embrionária diferente, com uma organização estrutural completamente distinta.*

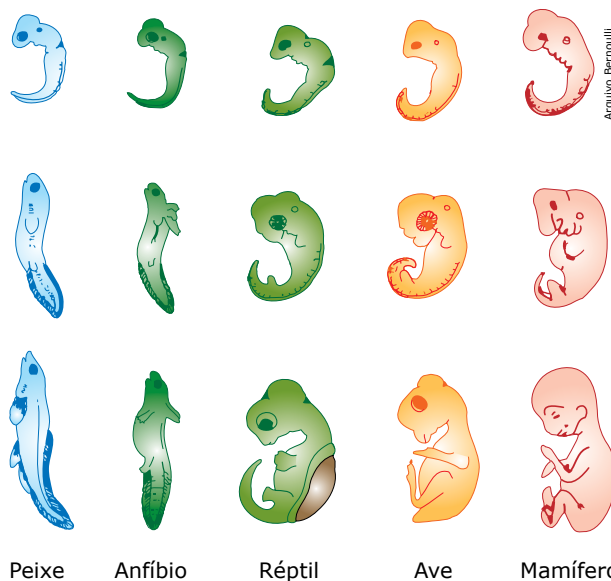
Outra evidência anatômica do processo evolutivo são os chamados órgãos vestigiais. Tais órgãos são pouco desenvolvidos (atrofiados) em determinados grupos, mas muito desenvolvidos e funcionais em outros, revelando a existência de um parentesco evolutivo entre eles ou a presença de uma "linha de montagem" comum na natureza. Na espécie humana, são vários os exemplos de órgãos vestigiais. Entre eles, destaca-se o apêndice vermiforme (apêndice cecal), que é em geral bastante reduzido, mas aparece muito desenvolvido nos herbívoros, abrigando micro-organismos mutualísticos que promovem a digestão da celulose. Tudo indica que os mamíferos atuais, carnívoros e herbívoros, tiveram ancestrais comuns, cuja dieta devia ser baseada em alimentos vegetais, ricos em celulose. Entretanto, no decorrer da evolução, cecos e apêndices deixaram de ser vantajosos para alguns grupos de organismos, nos quais ainda se encontram reduzidos, como vestígios de sua origem.



*Comparação entre o ceco do coelho (esquerda) e o do homem (direita) – Note a diferença de tamanho entre eles; no homem, o apêndice é um órgão vestigial.*

Outros órgãos e estruturas vestigiais encontradas na espécie humana são: o cóccix, um vestígio da cauda observada em outros vertebrados; a prega semilunar do ângulo interno dos olhos, que constitui um vestígio da membrana nictitante dos anfíbios, répteis e outros animais; os músculos auriculares que movimentam as orelhas (desenvolvidos nos cachorros, por exemplo); e os pelos peitorais.

O estudo da embriologia comparada mostra que existem certas semelhanças nos estágios mais prematuros do desenvolvimento embrionário de diferentes espécies. Porém, à medida que esse desenvolvimento continua, as diferenças se acentuam cada vez mais. Isso é observado, por exemplo, no desenvolvimento embrionário dos vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Para os evolucionistas, isso sugere que essas espécies tiveram no passado um ancestral comum do qual herdaram um mesmo padrão de desenvolvimento nos estágios iniciais. A embriologia comparada também mostra que essas diferentes espécies de vertebrados, em determinados estágios do desenvolvimento embrionário, possuem certas características em comum que normalmente se tornam ausentes nos indivíduos adultos. É o caso, por exemplo, das fendas branquiais e da notocorda. Isso também evidencia certo grau de parentesco entre elas.



*Desenvolvimento embrionário dos vertebrados – Embriões de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos possuem fendas branquiais, cauda e notocorda, pelo menos em determinadas fases do desenvolvimento embrionário. Essas semelhanças, notadamente nos primeiros estágios do desenvolvimento, sugerem uma ancestralidade comum.*

### OBSERVAÇÃO

Espécies muito diferentes, quando adultas, possuem estágios larvais (larvas) muito semelhantes. É o caso, por exemplo, da craca (crustáceo aquático que, quando adulto, vive preso a rochas, casco de barcos e outras superfícies) e dos camarões. Embora, quando adultos, sejam bem diferentes, suas larvas móveis são muito semelhantes, o que também sugere um grau de parentesco entre esses animais.

## EVIDÊNCIAS BIOQUÍMICAS

Certas substâncias são fabricadas igualmente por células de diferentes espécies. Assim, várias enzimas digestivas produzidas pelo organismo humano também são encontradas em outras espécies de animais. A tripsina, por exemplo, ocorre em numerosos animais. Outro exemplo é a amilase, enzima produzida por células de quase todos os invertebrados e vertebrados.

As semelhanças bioquímicas também testemunham a favor de um laço de parentesco entre espécies distintas, uma vez que, quanto mais próximas estiverem as espécies na sequência evolutiva, menores serão as diferenças bioquímicas entre suas substâncias. Veja no exemplo a seguir a comparação do número de diferenças nos aminoácidos das cadeias polipeptídicas da hemoglobina entre o homem e outros mamíferos.

Entre o homem e o chimpanzé .....	0
Entre o homem e o gorila .....	2
Entre o homem e o macaco <i>Rhesus</i> .....	12
Entre o homem e o cavalo .....	43

*Diferenças nos aminoácidos da hemoglobina – Considerando as semelhanças bioquímicas entre os animais relacionados anteriormente, o chimpanzé é o parente mais próximo do homem, e o cavalo, o mais distante.*

O desenvolvimento da biologia molecular e da genética tem permitido comparar diretamente a estrutura genética de diferentes espécies por meio da comparação de nucleotídeos presentes nas moléculas de DNA.

Pares de espécie	Porcentagem de diferença
Homem – Chimpanzé	2,5%
Homem – Gibão	5,1%
Homem – Macaco do Velho Mundo	9,0%
Homem – Macaco do Novo Mundo	15,8%
Homem – Lêmur	42,0%

*Diferenças na sequência de nucleotídeos entre DNA humano e de outros primatas – Determinação da semelhança genética entre primatas por meio da técnica de hibridização do DNA. A proporção de DNA híbrido reflete o grau de semelhança entre as espécies.*

Os resultados da análise bioquímica têm confirmado as estimativas de parentescos entre espécies obtidas por meio do estudo de fósseis e da anatomia comparada. Isso reforça ainda mais a teoria de que as espécies atuais resultam da evolução de espécies que viveram no passado, estando todos os seres vivos relacionados por graus de parentescos mais ou menos distantes.

## EVIDÊNCIAS PALEONTOLÓGICAS



Essas evidências estão representadas pelos fósseis. Um fóssil (do latim *fossile*, extraído da terra) é qualquer resto ou vestígio de um ser vivo que habitou o nosso planeta em tempos remotos. Pode ser um pedaço de tronco de árvore, uma concha de molusco, um osso, um dente e mesmo uma simples pegada. Os fósseis constituem uma prova evidente de que nosso planeta já foi habitado por seres diferentes dos atuais.

O estudo dos fósseis se denomina paleontologia (*paleo*, antigo; *onto*, ser; *logo*, estudo) e fornece dados importantes sobre a filogenia das espécies, isto é, a história evolutiva das espécies.

Os tipos de fósseis encontrados em determinada camada de solo refletem a flora e a fauna existentes no local, por ocasião da formação das rochas. Assim, a análise dos fósseis encontrados em camadas sucessivas de rochas sedimentares permite deduzir a sequência das formas de vida que estiveram em determinado local.

Um fóssil se forma quando os restos mortais de um organismo não sofrem a ação tanto dos agentes decompositores, como das intempéries naturais (vento, Sol contínuo, chuva, etc.). Dependendo da acidez e dos minerais presentes no sedimento, podem ocorrer diferentes processos de fossilização. A permineralização, por exemplo, é o preenchimento dos poros microscópicos do corpo de um ser por minerais. Já a substituição consiste na lenta troca das substâncias orgânicas do cadáver por minerais duros, como a sílica, transformando-o em pedra. As condições mais favoráveis à fossilização ocorrem quando o corpo ou parte de um animal ou de uma planta são sepultados no fundo de um lago e, rapidamente, coberto por sedimentos.

Embora as partes duras e mineralizadas (ossos, conchas, etc.) tenham mais facilidade de formar fósseis, existem alguns casos raros em que ocorre a fossilização de um organismo inteiro, com a carne, a pele, órgãos internos e esqueleto. Isso ocorreu, por exemplo, com mamutes (ancestrais dos elefantes), que permaneceram soterrados nas geleiras da Sibéria, e com insetos, que fossilizaram presos na resina de pinheiros.

A idade de um fóssil pode ser estimada por meio da medição de elementos radioativos presentes nele ou na rocha em que ele se encontra. Essa idade é calculada levando-se em consideração a transformação dos elementos radioativos, que funcionam como verdadeiros “relógios” naturais. Os isótopos radioativos decaem de forma regular em sucessivos períodos de tempo. Durante cada um desses intervalos de tempo, conhecidos como meia-vida, uma parte do material permanece radioativa, enquanto outra parte igual decai, transformando-se em outro elemento ou em um isótopo estável do mesmo elemento. Um exemplo é a datação de carbono-14, que tem uma meia-vida de 5 730 anos. Enquanto vivo, um organismo absorve carbono, seja por meio da alimentação, seja pela fotossíntese. No entanto, os organismos absorvem de maneira indiscriminada tanto  $^{12}\text{C}$  quanto  $^{14}\text{C}$ . Após a sua morte, o organismo cessa a absorção de carbono, e, enquanto os átomos de  $^{12}\text{C}$  são estáveis, os de  $^{14}\text{C}$  decaem, formando  $^{14}\text{N}$ . Desse modo, a razão  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  diminui com o passar do tempo. Ao comparar a relação  $^{14}\text{C}$  e  $^{12}\text{C}$  e, sabendo que a meia-vida do carbono é 5 730 anos, é possível determinar há quanto tempo um organismo viveu.

Tendo-se a quantidade de isótopo radioativo da amostra no momento da análise, é possível calcular o número de intervalos iguais, ou períodos de meias-vidas, entre a morte do ser e o momento da análise de seu fóssil, possibilitando a determinação de sua idade.

O estudo dos fósseis permite deduzir o tamanho e a forma dos organismos que os originaram, possibilitando a reconstrução de uma imagem, possivelmente parecida, dos animais e vegetais, quando estes eram vivos.

O estudo comparado de numerosos fósseis diferentes, porém todos eles de uma mesma linha evolutiva, constitui o que se chama ortogênese.

## EVIDÊNCIAS ZOOGEográficas

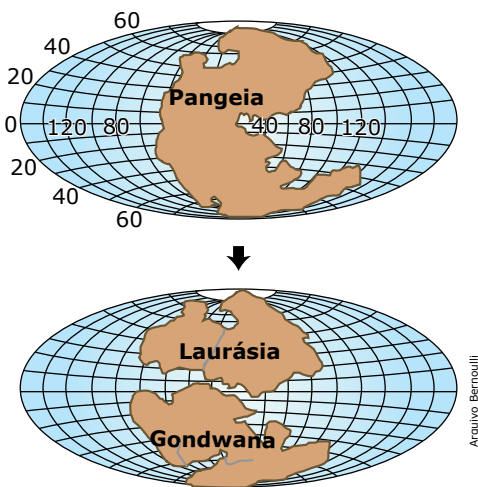


A observação científica comprovou que as faunas dos continentes do Hemisfério Norte (América do Norte, Europa e Ásia) são profundamente semelhantes entre si, já as faunas das terras do Hemisfério Sul (América do Sul, África e Oceania) são flagrantemente diferentes umas das outras. No primeiro caso, estão os ursos, os cervídeos, as raposas, os castores, os lobos, etc., distribuídos pelos três continentes do Hemisfério Norte.



Já no segundo caso, a fauna da América do Sul (onças, pequenos macacos, tatu, preguiça, tamanduá e uma grande variedade de pássaros), a fauna da África (leões, rinocerontes, zebras, girafas, elefantes, gorilas, etc.) e a fauna da Oceania (canguru, quiuí, ornitorrinco, etc.) revelam profundas diferenças. Por que essa diferenciação?

Segundo pesquisas geológicas, todos os continentes da Terra estiveram, há milhões de anos, fundidos em um só, que Alfred Wegener chamou de Pangeia. Há, talvez, 200 milhões de anos, a Pangeia se fragmentou em blocos, que passaram a deslizar sobre a imensa massa de material pastoso e incandescente que fica abaixo da crosta terrestre. O fragmento superior constituiu a Laurásia, que veio a se tornar a América do Norte, a Europa e a Ásia. O fragmento inferior, a Gondwana, voltou a se fragmentar, dando origem à América do Sul, à África, à Oceania e à Antártida. Essa teoria é conhecida como a Teoria da Deriva Continental ou do Deslizamento Continental.



A fragmentação da Pangeia (segundo Wegener).

Desde que começou a Deriva Continental, as terras do Hemisfério Sul passaram a ficar separadas por largos oceanos. Assim, a fauna de cada um dos continentes sulinos, em função do isolamento geográfico, foi sofrendo diversificação e se tornando acentuadamente distinta das demais. No decorrer de 200 milhões de anos, os animais se tornaram profundamente diferentes. Já no Norte, sucedeu que a América do Norte acabou se encontrando com a Ásia e, entre ambas, permaneceu por longo tempo um istmo, que serviu de ponte pela qual passavam os animais de um continente a outro. Como a Europa sempre fez continuidade continental com a Ásia, resultou, então, que as mesmas espécies podiam migrar da Europa para a Ásia e desta para a América do Norte, e vice-versa. O isolamento entre os animais desses três continentes só ocorreu muito recentemente, quando, há cerca de 20 mil anos, submergiu o istmo que ligava o Alasca à Sibéria, surgindo o Estreito de Behring. Assim, a fauna da América do Norte ficou isolada da fauna asiática.

Comparando-se o tempo de isolamento geográfico entre as terras do Sul (há 200 milhões de anos) e o isolamento entre as terras do Norte (cerca de 20 mil anos), encontramos uma provável explicação para a grande diversidade entre os animais do Sul e para a pouca diversidade entre os animais do Norte.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFPI) Dentre as evidências da evolução biológica estão aquelas fornecidas pelo estudo da anatomia comparada, que trouxe os conceitos de órgãos ou estruturas homólogas e órgãos ou estruturas análogas. Indique a alternativa que mostra um exemplo de estruturas análogas, ou seja, estruturas que evoluíram independentemente e resultaram de adaptações funcionais às mesmas condições ambientais.
- A) Os braços humanos e as asas das aves.
  - B) O apêndice cecal do intestino humano e o do intestino dos coelhos.
  - C) As asas das aves e as asas dos insetos.
  - D) As nadadeiras das baleias e as asas dos morcegos.
  - E) As patas dos vertebrados quadrúpedes e os braços humanos.

- 02.** (Unifor-CE) Em relação ao estudo da evolução, considere as afirmativas a seguir:
- I. A evolução só pode ser estudada através dos fósseis.
  - II. A comparação de estruturas homólogas contribui para o entendimento da evolução.
  - III. É importante conhecer a distribuição geográfica dos organismos atuais e dos extintos.
  - IV. A genética não é importante para estudos evolutivos.
- Estão corretas somente
- A) I, II e III.
  - B) II, III e IV.
  - C) I e IV.
  - D) II e III.
  - E) III e IV.

- 03.** (CMMG) YA41



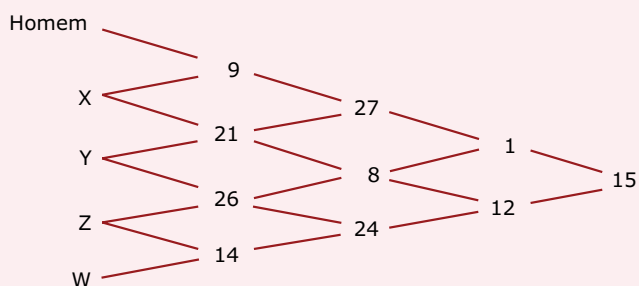
O gráfico apresentado nos mostra as diferenças observadas entre a hemoglobina humana e a hemoglobina de outros animais, no que se refere à sua composição em aminoácidos.

- Essas diferenças refletem a
- A) eficiência dos diferentes tipos de hemoglobina.
  - B) distância evolutiva entre os grupos considerados.
  - C) forma de respiração desenvolvida por cada grupo em questão.
  - D) inexistência de correlação entre o tipo de hemoglobina e o tipo de animal.
  - E) proporcionalidade entre o tamanho da molécula e o tamanho do organismo considerado.



- 04.** (UFMG) Verificou-se que, quando uma proteína é encontrada em muitos tipos diferentes de seres vivos, as diferenças na composição de aminoácidos dessa proteína são tanto menores quanto mais próximos evolutivamente são os seres comparados e vice-versa.

No esquema a seguir, além do homem, estão representados pelas letras X, Y, Z e W outra espécie do grupo dos primatas, um mamífero não primata, um réptil e um artrópode (não há correspondência entre a ordem das letras e a de citação desses animais). Os valores colocados nos cruzamentos das linhas são os números de aminoácidos diferentes no citocromo C dos indivíduos dos quais elas se originam.



As letras X, Y, Z e W correspondem, respectivamente, aos indivíduos

- A) macaco, mosca, coelho, tartaruga.  
 B) tartaruga, mosca, macaco, coelho.  
 C) mosca, tartaruga, coelho, macaco.  
 D) coelho, mosca, macaco, tartaruga.  
 E) mosca, macaco, tartaruga, coelho.

- 05.** (PUC RS) Responda à questão com base nos itens numerados de 1 a 4, correspondentes a estudos que são úteis na investigação da evolução biológica de um táxon.

1. Anatomia e embriologia comparadas.
2. Similaridade com o DNA de outros táxons.
3. Registros paleontológicos (fósseis).
4. Existência de órgãos vestigiais.

A alternativa que contém o somatório de todos os itens corretos é

- A) 6.                      C) 8.                      E) 10.  
 B) 7.                      D) 9.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (IFG-GO) As nadadeiras de uma baleia e as patas de um macaco prego têm funções diferentes, porém, a mesma origem embrionária. Portanto, essas estruturas são consideradas

- A) análogas.                      D) heterotróficas.  
 B) heterólogas.                      E) homólogas.  
 C) simétricas

- 02.** (UESB-BA) É famosa a história do médico Edward Tyson, que, no século XVII, dissecou um golfinho que subira o Tâmis e estava à venda em uma peixaria de Londres. Ele descobriu que, por dentro, o que julgava ser um peixe se parecia tanto com os outros quadrúpedes que só podia ser um mamífero. Mais tarde, dissecou um chimpanzé, revelando o que sua anatomia tinha em comum com um homem. Tyson muitas vezes é considerado o pai da anatomia comparada, que, após a emergência da teoria da evolução, permitira aos biólogos montar a árvore da vida.

MOSLEY, Michael; LYNCH, John. *Uma história da Ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. p. 114.

As semelhanças anatômicas citadas no texto são consideradas como evidências de um processo evolutivo que ocorre entre espécies interligadas por uma ancestralidade comum. Esse tipo de característica evolutiva é denominado de

- A) convergência evolutiva.  
 B) especiação simpátrica.  
 C) homologia.  
 D) analogia.  
 E) anagênese.

- 03.** (UFAC) As transformações sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo são o foco dos estudos evolucionários.

As alternativas a seguir podem ser consideradas evidências evolutivas, exceto

- A) A presença de órgãos vestigiais, já que pode ser um indicativo de uma origem ancestral comum.  
 B) As analogias, porque sua análise evidencia estruturas com a mesma função.  
 C) A análise bioquímica, visto que pode revelar semelhanças entre espécies.  
 D) As homologias, pois indicam que estruturas têm origens embrionárias diferentes, mas que sempre desempenham a mesma função.  
 E) Os fósseis, posto que são considerados testemunhas dos processos evolutivos que os seres vivos vêm passando ao longo de milhares ou milhões de anos.

- 04.** (UFG-GO) Leia o texto a seguir.

49A0

Os animais não podem digerir a celulose sem a ajuda de bactérias, e muitos vertebrados reservam um beco sem saída no intestino, o ceco, que abriga esses micro-organismos. O apêndice humano é um resquício do ceco mais avantajado dos nossos ancestrais vegetarianos.

DAWKINS, R. *O maior espetáculo da Terra: As evidências da evolução*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009. p. 113.

Este texto exemplifica a

- A) presença de órgãos vestigiais.  
 B) presença de estruturas análogas.  
 C) ocorrência de adaptação ao meio.  
 D) ocorrência de convergência adaptativa.  
 E) transmissão de caracteres adquiridos.

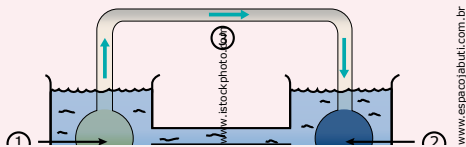
**05.** (FCMSC-SP) No estudo da evolução animal, usam-se muito os termos analogia e homologia. Sobre eles, assinale a alternativa certa.

- A) Homólogos é o nome dado aos caracteres que têm função comum.
- B) Análogos é o nome dado aos caracteres que têm origem comum.
- C) Diz-se que dois órgãos homólogos são também análogos quando, por terem a mesma função, têm, necessariamente, a mesma origem.
- D) Todo órgão homólogo é análogo, mas nem todo órgão análogo é homólogo.
- E) Analogia se refere à característica de função similar, mas de origem diferente.

**06.** (FCMSC-SP) Os fósseis nos mostram evidências de

- A) seleção natural agindo sobre os seres menos aptos.
- B) sucessão de seres vivos no decorrer do tempo e suas modificações.
- C) oscilações nas frequências gênicas das populações.
- D) polimorfismos que facilitaram a evolução.
- E) mutações ocorridas nas populações.

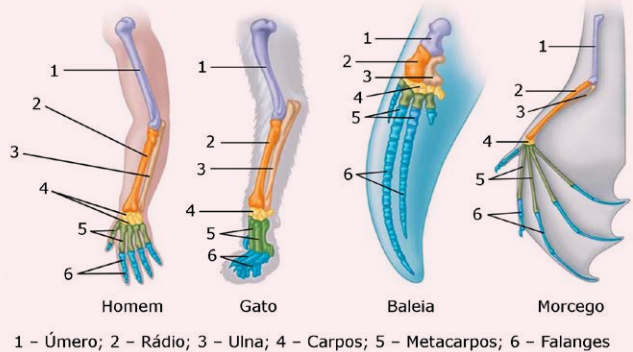
**07.** (UEFS-BA-2018) As figuras mostram uma tartaruga-marinha e um jabuti, répteis que apresentam características semelhantes e vivem em ambientes diferentes.



As características do formato do casco e das patas da tartaruga-marinha e do jabuti confirmam a ocorrência de

- A) mutações que modificaram estruturas e direcionaram esses animais para um ambiente específico.
- B) adaptações às mudanças ambientais por meio do uso frequente dessas estruturas.
- C) evolução divergente entre animais que são filogeneticamente muito próximos.
- D) analogia anatômica entre estruturas de espécies diferentes que pertencem ao mesmo filo.
- E) evolução convergente entre animais de espécies diferentes oriundos de um ancestral comum.

**08.** (UFAM-2015) Mesmo adaptados a diferentes funções, os membros anteriores / superiores de todos os mamíferos são constituídos dos mesmos elementos básicos do esqueleto: um osso grande (úmero), conectado a dois ossos menores (rádio e ulna), ligado a vários ossos pequenos (carpos), então conectados a vários metacarpos, e a aproximadamente cinco falanges. A figura a seguir traz alguns exemplos de membros anteriores / superiores de mamíferos.

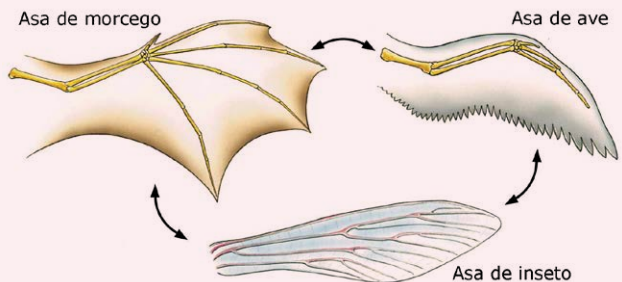


1 - Úmero; 2 - Rádio; 3 - Ulna; 4 - Carpos; 5 - Metacarpos; 6 - Falanges

Sendo assim, os membros dos mamíferos em destaque são exemplos de estruturas

- A) análogas.
- B) homólogas.
- C) convergentes.
- D) divergentes.
- E) filogenéticas.

**09.** (FASM-SP) O estudo da homologia e da analogia de órgãos semelhantes dos seres vivos auxilia no entendimento do processo evolutivo de espécies viventes, ainda que genealogicamente distantes. A figura ilustra órgãos semelhantes de morcego, ave e inseto.



Disponível em: <www.mundoeducacao.com.br> (Adaptação).

Ao comparar os morcegos, as aves e os insetos, pode-se afirmar corretamente que as asas dos

- A) morcegos são homólogas às dos insetos e as duas são análogas às das aves.
- B) insetos são homólogas às das aves e as duas são análogas às dos morcegos.
- C) morcegos são análogas às das aves e as duas são homólogas aos insetos.
- D) morcegos são homólogas às das aves e as duas são análogas aos insetos.
- E) insetos são análogas às das aves e as duas são homólogas aos morcegos.

**10.** (UFPR) Apesar de bastante criticadas na época em que foram postuladas, as ideias propostas por Charles Darwin sobre o processo evolutivo dos seres vivos são hoje amplamente aceitas, uma vez que outras evidências colhidas empiricamente corroboram a Teoria da Evolução. Assinale a alternativa que não expressa uma evidência dessa teoria.

- A) O estudo dos fósseis ao longo dos tempos geológicos mostra um aumento da complexidade das formas de seres vivos.
- B) As características apresentadas por sucessivas gerações, dentro de uma espécie, são herdadas das gerações antecessoras.

- C) Algumas estruturas corporais desenvolvem-se quando muito utilizadas ou atrofiam-se quando não utilizadas, como, por exemplo, a musculatura dos animais.
- D) Quando se estudam os genomas, observa-se uma grande semelhança entre espécies muito próximas, como o homem e o chimpanzé.
- E) O funcionamento bioquímico das células de todos os organismos é semelhante, sugerindo que todos tiveram um ancestral comum.

**11.** (FACISB) O processo evolutivo é inerente a todas as espécies de seres vivos, porém não pode ser percebido em curto espaço de tempo, sendo necessárias centenas de gerações para ser evidenciado.

Uma das evidências evolutivas ocorrida no grupo dos vertebrados é

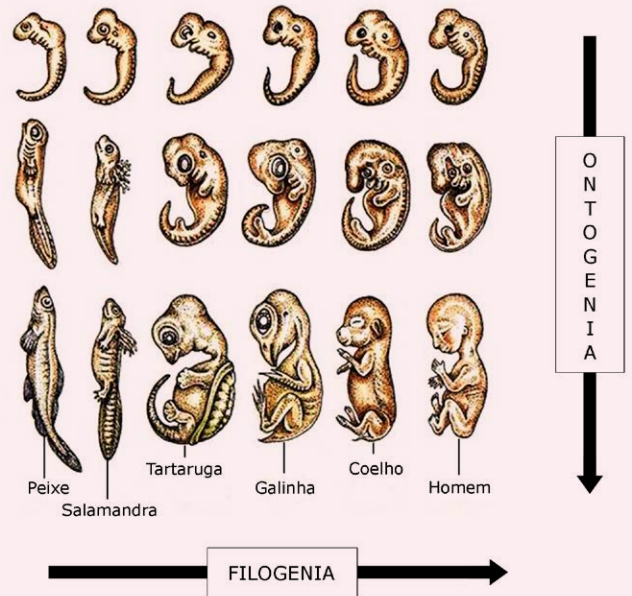
- A) a viviparidade dos répteis e aves.
- B) o desenvolvimento do ovo calcário dos anfíbios, répteis e aves.
- C) a embriogênese dos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.
- D) o surgimento da reprodução sexuada nos peixes.
- E) a endotermia dos répteis e mamíferos.

**12.** (UNITAU-SP) Na natureza podemos reconhecer grande quantidade de estruturas semelhantes, na forma ou na função, que ocorrem em diferentes animais, como, por exemplo, as asas dos insetos, das aves e de alguns mamíferos. Durante a evolução biológica, diferentes processos e mecanismos resultaram na origem dessas estruturas, as quais podem ser homólogas ou análogas. No que se refere a essas estruturas, é correto afirmar que

- A) estruturas análogas têm a mesma origem, desempenham as mesmas funções e não indicam qualquer relação de parentesco.
- B) estruturas homólogas compartilham funções e são da mesma origem, mas não indicam qualquer relação de parentesco.
- C) estruturas homólogas têm a mesma origem, geralmente desempenham as mesmas funções e indicam relações de parentesco.
- D) estruturas análogas têm a mesma origem, geralmente desempenham as mesmas funções e indicam relações de parentesco.
- E) estruturas homólogas não têm a mesma origem, mas desempenham as mesmas funções e indicam relações de parentesco.

**13.** (PUC Minas–2015) A Filogenia é o estudo da relação evolutiva entre grupos de organismos (como espécies e populações), baseada em dados moleculares, morfológicos e fisiológicos. A Ontogenia define a formação e desenvolvimento do indivíduo desde sua concepção até a morte.

A figura compara aspectos filogenéticos embrionários de grupos de vertebrados e mostra estágios do desenvolvimento ontogenético de cada grupo.



Com base nas informações e em seus conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que

- A) os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário revelam maiores semelhanças entre diferentes grupos filogenéticos do que os estágios mais tardios.
- B) semelhanças filogenéticas observadas no desenvolvimento embrionário podem ser usadas como critérios para o estabelecimento de parentesco evolutivo entre espécies.
- C) as fendas branquiais observadas no desenvolvimento embrionário do homem indicam que o embrião passa por uma fase de peixe antes de se diferenciar em mamífero.
- D) a independência do meio aquático, mas não da água, para o desenvolvimento embrionário é um caráter filogenético que agrupa os amniotas a partir dos répteis.

**14.** (FUVEST-SP) Quando se comparam as faunas das terras do Hemisfério Norte (América do Norte, Europa e Ásia) com as terras do Hemisfério Sul (América do Sul, África e Oceania), verifica-se que, nestas últimas, os animais revelam profundas diferenças.

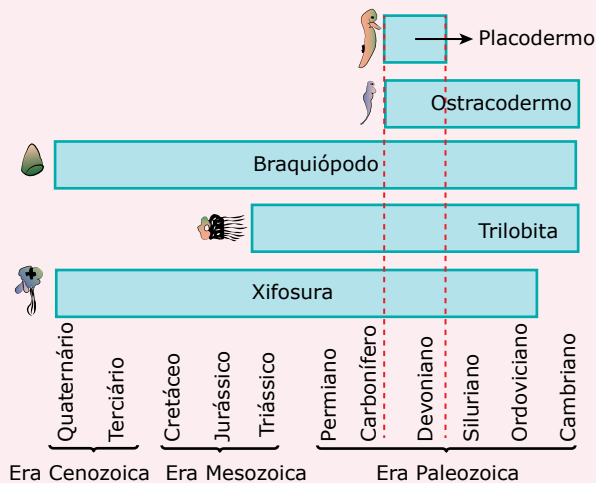
Animais do "continente negro" são bem diversos dos nossos. Lá não existem preguiças, tamanduás, tatus, peixes-boi, pássaros como o sabiá, bem-te-vi, coleiro, etc. Mas também aqui não se observam leões, tigres, girafas e zebras. Na Oceania, existem ornitorrincos e cangurus. A explicação para este fato está ligada à hipótese de que

- A) as terras do norte estão separadas há menos tempo do que as terras do sul.
- B) as terras do sul estão separadas há menos tempo do que as terras do norte.
- C) a vida surgiu em épocas diferentes nos dois hemisférios e evoluiu também diferentemente.
- D) houve apenas coincidência, pois todas as espécies se originaram de um tronco comum que só se diversificou em função exclusivamente do fenômeno "mutação".
- E) o homem se encarregou de provocar a distribuição anormal das espécies.

15. (Unicamp-SP-2015) Os fósseis são uma evidência de que nosso planeta foi habitado por organismos que já não existem atualmente, mas que apresentam semelhanças com organismos que o habitam hoje.
- A) Por que espécies diferentes apresentam semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas?
- B) Cite quatro características que todos os seres vivos têm em comum.

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2016) Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes.
- Um exemplo de tal processo é o(a)
- A) desenvolvimento embrionário.
- B) reprodução sexuada.
- C) respiração aeróbica.
- D) excreção urinária.
- E) síntese proteica.
02. (Enem) Uma expedição de paleontólogos descobre, em um determinado extrato geológico marinho, uma nova espécie de animal fossilizado. No mesmo extrato foram encontrados artrópodes xifosuras e trilobitas, braquiópodos e peixes ostracodermos e placodermos. O esquema a seguir representa os períodos geológicos em que esses grupos viveram.



Observando esse esquema, os paleontólogos concluíram que o período geológico em que haviam encontrado essa nova espécie era o Devoniano, tendo ela uma idade estimada entre 405 milhões e 345 milhões de anos.

Destes cinco grupos de animais que estavam associados à nova espécie, aquele que foi determinante para a definição do período geológico em que ela foi encontrada é

- A) xifosura, grupo muito antigo, associado a outros animais.
- B) trilobita, grupo típico da Era Paleozoica.
- C) braquiópodo, grupo de maior distribuição geológica.
- D) ostracodermo, grupo de peixes que só aparece até o Devoniano.
- E) placodermo, grupo que só existiu no Devoniano.

03. (Enem)



No mapa, é apresentada a distribuição geográfica de aves de grande porte e que não voam. Há evidências mostrando que essas aves, que podem ser originárias de um mesmo ancestral, sejam, portanto, parentes. Considerando que, de fato, tal parentesco ocorra, uma explicação possível para a separação geográfica dessas aves, como mostrada no mapa, poderia ser:

- A) A grande atividade vulcânica, ocorrida há milhões de anos, eliminou essas aves do Hemisfério Norte.
- B) Na origem da vida, essas aves eram capazes de voar, o que permitiu que atravessassem as águas oceânicas, ocupando vários continentes.
- C) O ser humano, em seus deslocamentos, transportou essas aves, assim que elas surgiram na Terra, distribuindo-as pelos diferentes continentes.
- D) O afastamento das massas continentais, formadas pela ruptura de um continente único, dispersou essas aves que habitavam ambientes adjacentes.
- E) A existência de períodos glaciais muito rigorosos, no Hemisfério Norte, provocou um gradativo deslocamento dessas aves para o Sul, mais quente.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. C     03. B     05. E
02. D     04. D

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. E     05. E     09. D     13. C
02. C     06. B     10. C     14. A
03. D     07. C     11. C
04. A     08. B     12. C

15.

- A) As semelhanças entre as espécies justificam a presença de um ancestral comum.
- B) Todos os seres vivos possuem estrutura celular, material genético, metabolismo próprio reprodução e evolução.

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. E     02. E     03. D



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %