



**BIO**  
*biologia*

---

Vanyttton  Leandro  
**Biologia**

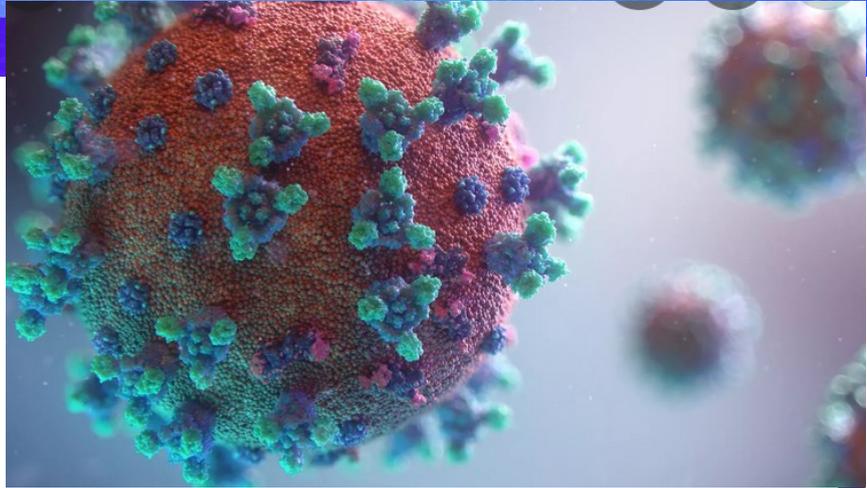
# Índice

- 03 Vírus
- 09 Bactérias
- 13 Reino protocista
- 16 Reino fungi
- 19 Botânica
- 33 Programa de saúde
- 39 Genética
- 67 Evolução das espécies
- 82 Ecologia

## Definição?

**Vírus** (do latim *virus*, "veneno" ou "toxina") são pequenos agentes infecciosos, ou entidades bioquímicas (20-300 nanômetros de diâmetro) que apresentam genoma constituído de uma ou várias moléculas de ácido nucleico (DNA ou RNA), as quais possuem a forma de fita simples ou dupla. Os ácidos nucleicos dos vírus geralmente apresentam-se revestidos por um envoltório proteico formado por uma ou várias proteínas, o qual pode ainda ser revestido por um complexo envelope formado por uma bicamada lipídica.

As partículas virais são estruturas extremamente pequenas, submicroscópicas. A maioria dos vírus apresenta tamanhos diminutos, que estão além dos limites de resolução dos microscópios óticos, sendo mais comum para a visualização o uso de microscópios eletrônicos. Vírus são estruturas simples, se comparados a células, e não são verdadeiramente considerados organismos, pois não possuem organelas ou ribossomos, e não apresentam todo o potencial bioquímico (enzimas) necessário a produção de sua própria energia metabólica. **Eles são considerados parasitas intracelulares obrigatórios**, pois dependem de células para se reproduzirem. Além disso, diferentemente dos organismos vivos, os vírus são incapazes de crescer em tamanho e de se dividir. A partir das células hospedeiras, os vírus obtêm: aminoácidos e nucleotídeos; maquinaria de síntese de proteínas (ribossomos). Fora do ambiente intracelular, os vírus são inertes. Porém, uma vez dentro da célula, a capacidade de replicação dos vírus é surpreendente: um único vírus é capaz de produzir, em poucas horas, milhares de novos vírus. São capazes de infectar seres vivos de todos os domínios (Eukaria, Archaea e Bacteria). Desta maneira, os vírus, talvez possam representar a maior diversidade "biológica" do planeta, sendo mais diversos que bactérias, plantas, fungos e animais juntos.



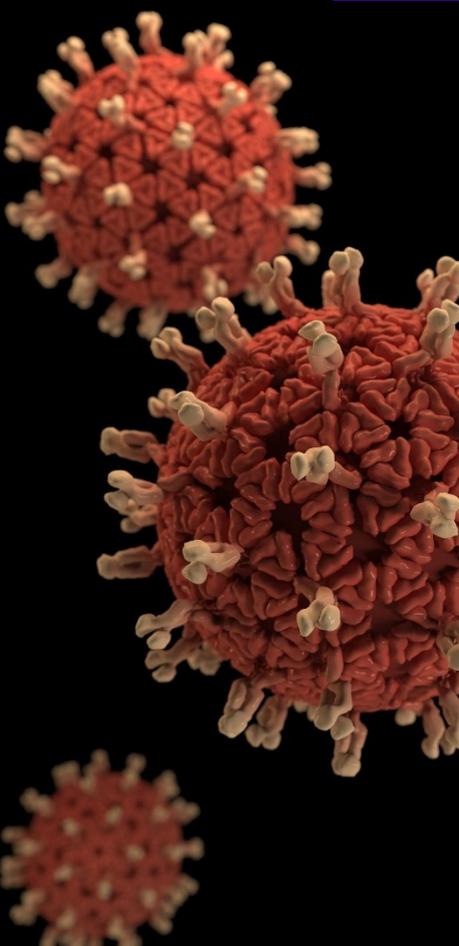
## Vírus: seres vivos ou partículas?

A vida, em sua definição biológica, é considerada um complexo e dinâmico estado de interações bioquímicas e biofísicas. Sob esta perspectiva, são citadas duas propriedades básicas de sistemas vivos: (a) são capazes de produzir e utilizar energia química para a síntese de macromoléculas por meio de uma variedade de proteínas, sendo a maior parte delas enzimas, as quais de maneira coordenada atuam nestes processos biossintéticos; possuem ácido nucleico que carrega em sua estrutura os mecanismos essenciais a codificação e decodificação das informações necessárias para a produção das macromoléculas.

Há grande debate na comunidade científica sobre se os vírus devem ser considerados seres vivos ou não, e esse debate é primariamente um resultado de diferentes percepções sobre o que vem a ser vida, em outras palavras, a definição de vida. Aqueles que defendem a ideia que os vírus não são vivos argumentam que organismos vivos devem possuir características como a habilidade de importar nutrientes e energia do ambiente, devem ter metabolismo (um conjunto de reações químicas altamente inter-relacionadas através das quais os seres vivos constroem e mantêm seus corpos, crescem e pré-formam inúmeras outras tarefas, como locomoção, reprodução); organismos vivos também fazem parte de uma linhagem contínua, sendo necessariamente originados de seres semelhantes e, através da reprodução, gerar outros seres semelhantes (descendência ou prole), etc. Os vírus preenchem alguns desses critérios: são parte de linhagens contínuas, reproduzem-se e evoluem em resposta ao ambiente, através de variabilidade e seleção, como qualquer ser vivo.

**Vírus não são cultiváveis *in vitro*, ou seja, não se desenvolvem em meio de cultura contendo os nutrientes fundamentais a vida.** Estes se multiplicam somente em tecidos ou células vivas, logo, os vírus não têm qualquer atividade metabólica quando fora da célula hospedeira. Portanto, sem as células nas quais se replicam, os vírus não existiriam. Outro aspecto que distingue vírus e organismos vivos baseia-se no fato dos vírus possuírem consideráveis quantidades de apenas um tipo de ácido nucleico, DNA ou RNA, enquanto todos os organismos vivos necessitam de quantidades substanciais de ambos. Por estes motivos, os vírus são considerados "agentes infecciosos", ao invés de seres vivos propriamente ditos.

Muitos, porém, não concordam com esta perspectiva, e argumentam que uma vez que os vírus são capazes de reproduzir-se, são organismos vivos; eles dependem do maquinário metabólico da célula hospedeira, mas até aí todos os seres vivos dependem de interações com outros seres vivos. Assim como plasmídeos e outros elementos



genéticos, os vírus se aproveitam da maquinaria celular para se multiplicar. No entanto, diferentemente destes elementos genéticos, os vírus possuem uma forma extracelular por meio da qual o material genético viral é transmitido de um hospedeiro a outro.

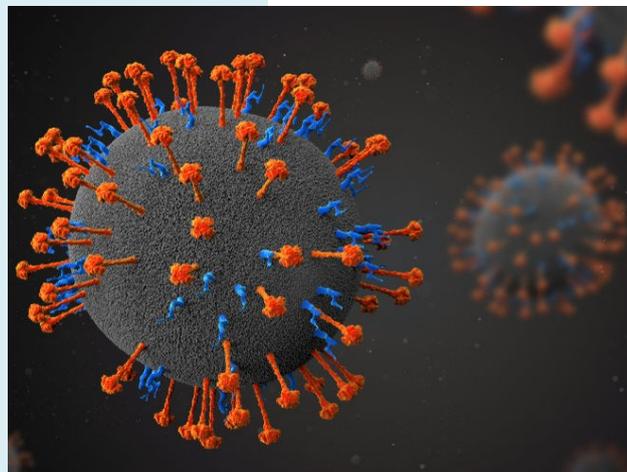
Em função da existência deste estágio independente das células no ciclo biológico viral, algumas pessoas consideram os vírus como "organismos vivos" ou "formas de vida". Outros ainda levam em consideração a presença massiva de vírus em todos os reinos do mundo natural, sua origem — aparentemente tão antiga como a própria vida —, sua importância na história natural de todos os outros organismos, etc. Conforme já mencionado, diferentes conceitos a respeito do que vem a ser vida formam o cerne dessa discussão.

### A origem dos vírus

A origem dos vírus não é inteiramente clara, e provavelmente, esta seja tão complexa quanto a origem da vida.

Porém, foram propostas algumas hipóteses:

- ❖ **Evolução química:** Os vírus podem representar micróbios extremamente reduzidos, formas primordiais de vida que apareceram separadamente na sopa primordial que deu origem as primeiras células. Com base nisso as diferentes variedades de vírus teriam tido origens diversas e independentes. No entanto, esta hipótese tem pouca aceitação.
- ❖ **Evolução retrógrada:** Os vírus teriam se originado a partir de microrganismos parasitas intracelulares que ao longo do tempo perderam partes do genoma responsáveis pela codificação de proteínas envolvidas em processos metabólicos essenciais, mantendo-se apenas os genes que garantiriam aos vírus sua identidade e capacidade de replicação.
- ❖ **DNA auto replicante:** Os vírus originaram-se a partir de sequências de DNA auto replicantes (plasmídeos e transposons) que assumiram uma função parasita para sobreviverem na natureza.
- ❖ **Origem celular:** Os vírus podem ser derivados de componentes de células de seus próprios hospedeiros que se tornaram autônomos, comportando-se como genes que passaram a existir independentemente da célula. Algumas regiões do genoma de certos vírus se assemelham-se a sequências de genes celulares que codificam proteínas funcionais. Esta hipótese é apontada como a mais provável para explicar a origem dos vírus.



## Origem da diversidade genética viral

Diversos são os processos responsáveis por gerar variabilidade genética dentro de uma população viral. Entre tais processos, estão: mutações, recombinações, rearranjos genéticos em coinfeções, entre outros. A fidelidade e a frequência dos processos de replicação, as taxas de ocorrência de coinfeções, o modo de transmissão, o tamanho e a estrutura das populações (virais e de hospedeiros) são fatores que influenciam a geração da variabilidade genética viral.

Quando os vírus se reproduzem no interior de uma célula, o material genético viral pode sofrer mutações, originando uma grande diversidade genética a partir de um único tipo de vírus. **Vírus de RNA, que dependem das enzimas RNA polimerase ou transcriptase reversa para se replicar, apresentam taxas de mutação mais elevadas, se comparados a vírus de DNA.** Isto ocorre porque tais enzimas não são capazes de corrigir os erros provocados no decorrer da replicação. Vírus de DNA, que usam a maquinaria enzimática celular, apresentam taxas reduzidas de mutações genéticas, pois utilizam enzimas celulares que possuem a habilidade de reparar os erros gerados durante a síntese de DNA.

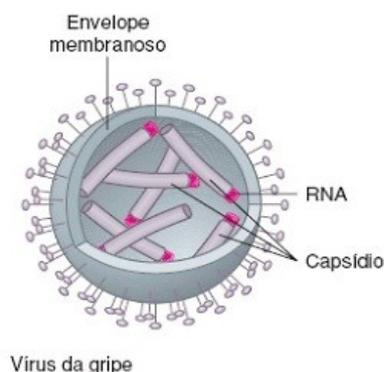
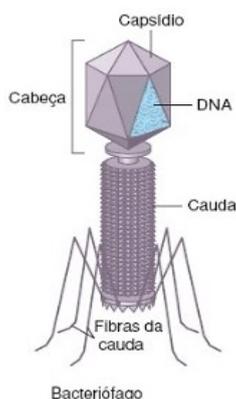
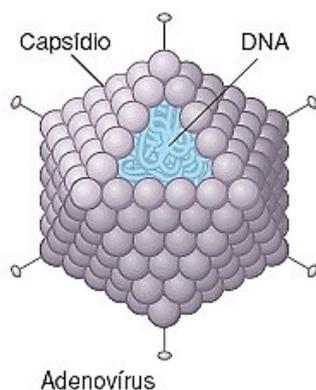
### Classificação taxonômica dos vírus (particulares)

Os vírus também são classificados dentro de grupos taxonômicos, assim como os seres vivos, porém, seguindo uma regra particular de classificação. Vírus não são agrupados em domínio, reino, filos ou classes. Desta maneira, a estrutura geral da taxonomia dos vírus é a seguinte:

- **Ordem (-virales)**
  - **Família (-viridae)**
    - **Subfamília (-virinae)**
      - **Gênero (-vírus)**
        - **Espécie**

### Estrutura viral

Dentre os vários grupos de vírus existentes, não existe um padrão único de estrutura viral. A estrutura mais simples apresentada por um vírus consiste de uma molécula de ácido nucleico coberta por muitas moléculas de proteínas idênticas. Os vírus mais complexos podem conter várias moléculas de ácido nucleico assim como diversas proteínas associadas, envoltório proteico com formato definido, além de complexo envelope externo com espículas. A maioria dos vírus apresentam conformação helicoidal ou isométrica. Dentre os vírus isométricos, o formato mais comum é o de simetria icosaédrica.



Os vírus são formados por um agregado de moléculas mantidas unidas por forças secundárias, formando uma estrutura denominada partícula viral. Uma partícula viral completa é denominada vírion. Este é constituído por diversos componentes estruturais:

1. **Ácido nucleico:** molécula de DNA ou RNA que constitui o genoma viral.
2. **Capsídeo:** envoltório proteico que envolve o material genético dos vírus.
3. **Nucleocapsídeo:** estrutura formada pelo capsídeo associado ao ácido nucleico que ele engloba.
4. **Capsômeros:** subunidades proteicas (monômeros) que agregadas constituem o capsídeo.
5. **Envelope:** membrana rica em lipídios que envolve a partícula viral externamente. Deriva de estruturas celulares, como membrana plasmática e organelas.
6. **Peplômeros (espículas):** estruturas proeminentes, geralmente constituídas de glicoproteínas e lipídios, que são encontradas ancoradas ao envelope, expostas na superfície. **As proteínas das espículas pertencem ao capsídeo!!!**

possuem apenas um ou outro no vírion. No entanto, existem vírus que possuem ambos, porém, em estágios diferentes do ciclo reprodutivo. As moléculas de ácido nucleico dos vírus podem ser fita simples ou dupla, linear ou circular, e segmentada ou não. O genoma dos vírus de RNA tem ainda a característica de possuir *senso positivo* (atua como mRNA funcional no interior das células infectadas) ou *senso negativo* (serve de molde para uma RNA-polimerase transcreve-lo dando origem a um mRNA funcional). A quantidade de material genético viral é menor que a da maioria das células. O peso molecular do genoma dos vírus de DNA varia de  $1,5 \times 10^6$  a  $200 \times 10^6$  Da. Já o dos de RNA varia de  $2 \times 10^6$  a  $15 \times 10^6$  Da. No genoma dos vírus estão contidas todas as informações genéticas necessárias para programar as células hospedeiras, induzindo-as a sintetizar todas as macromoléculas essenciais a replicação do vírus.

### Ciclos reprodutivos virais (características gerais)

Como já mencionado anteriormente, vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, pois necessitam do ambiente intracelular de um organismo vivo para se reproduzir. Ao processo de reprodução de um vírus dá-se o nome de replicação viral. O tempo de duração do ciclo de replicação viral varia entre as diversas famílias de vírus, podendo levar poucas horas ou até dias.

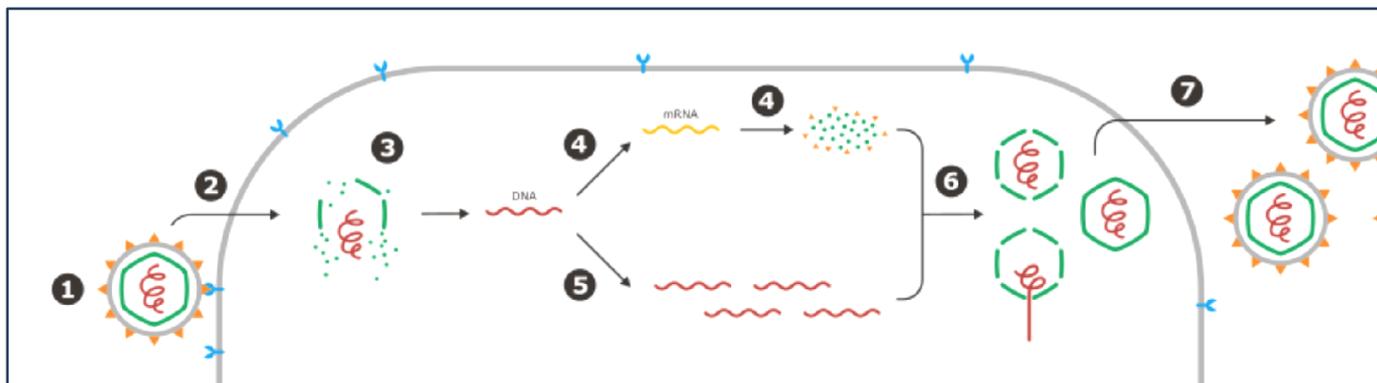
Esta seção apresentara as etapas envolvidas num ciclo de replicação viral, focado principalmente em vírus que infectam animais. De uma maneira geral, a replicação pode ser dividida em 7 etapas:

### Genoma Viral

Propriedades	Parâmetros
Ácido nucleico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNA</li> <li>• RNA</li> <li>• DNA/RNA (ambos)*</li> </ul>
Forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear</li> <li>• Circular</li> <li>• Segmentada</li> </ul>
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fita simples</li> <li>• Fita dupla</li> <li>• Fita dupla com regiões fita simples</li> </ul>
Sentido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senso positivo (+)</li> <li>• Senso negativo (-)</li> <li>• Ambisenso (+/-)</li> </ul>

\*Classificação utilizada em estudos na graduação, como por exemplo o Mimivírus e o Mamavírus

Ao contrário das células, que apresentam genoma constituído apenas por DNA, os vírus possuem DNA ou RNA como material genético, e todos os vírus



Visão geral de um ciclo de replicação viral hipotético: 1. Adsorção; 2. Entrada; 3. Desnudamento; 4. Transcrição e tradução; 5. Replicação do genoma; 6. Montagem; e 7. Liberação.

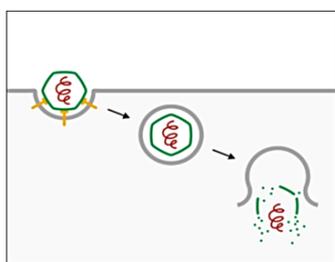
Uma etapa essencial a reprodução viral e a adsorção (ligação) do vírião a uma célula suscetível. A adsorção viral se dá por meio da interação entre proteínas virais, presentes no envelope ou no capsídeo, e receptores celulares que se encontram ancorados a membrana plasmática, expostos ao ambiente extracelular. A ligação entre alguns vírus e células também pode envolver a participação de cor receptores (receptores secundários). A especificidade destas interações é alta, como em um modelo chave-fechadura, e determina a **especificidade viral** para infectar determinadas células e tecidos. Ligações químicas não covalentes, tais como pontes de hidrogênio, atrações iônicas e forças de van der Waals, são responsáveis pela adesão entre as proteínas virais e os receptores celulares.

Nos momentos iniciais da adsorção, a partícula viral interage com um ou poucos receptores, caracterizando uma ligação reversível. Porém, a medida que mais receptores se associam ao vírião, esta ligação passa a ser irreversível, possibilitando a posterior entrada do vírus na célula. Os receptores em geral são proteínas ou carboidratos presentes em glicoproteínas e glicolipídios. Muitas das proteínas receptoras são imunoglobulinas, transportadores transmembrana e canais, ou seja, são estruturas produzidas pelas células para executar funções comuns e essenciais ao bom funcionamento celular. Muitas funcionam como receptores de quimiocinas e fatores de crescimento, ou são responsáveis pelo contato e adesão célula a célula. Os vírus subvertem o papel primordial destas moléculas, utilizando-as como meio para adentrar nas células hospedeiras.

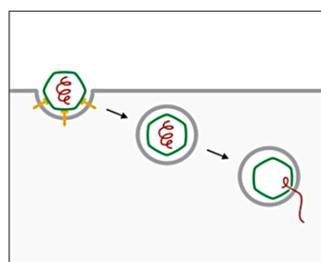
### **Entrada no citosol**

Uma vez aderidos a membrana celular, os vírus devem introduzir seu material genético no interior da célula, a fim de que este seja processado (transcrito, traduzido, replicado). Este processo envolve a entrada (penetração) do vírião no citosol e posterior desmontagem do capsídeo para liberação (desnudamento) do genoma viral. Para alcançar o ambiente intracelular, cada vírus utiliza um mecanismo particular. Entre os principais mecanismos, estão:

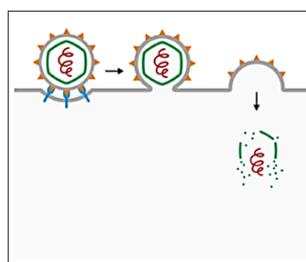
- ❖ **Endocitose:** após a adsorção, a partícula viral pode penetrar no citoplasma por meio de um processo denominado endocitose mediada por receptores, pela formação de endossomos (vesículas). Quando um vírus entra por endocitose, o seu vírião encontra-se envolto pela membrana vesicular. Vírus envelopados liberam os nucleocapsídeos de dentro dos endossomos promovendo a fusão entre o envelope viral e a membrana da vesícula. Já os vírus não envelopados, por não possuírem envelope, utilizam outras estratégias para sair dos endossomos: alguns, como os adenovírus, provocam a lise do endossomo, enquanto outros, como os poliovírus, geram poros na membrana vesicular e injetam o genoma viral diretamente no citosol.
- ❖ **Fusão:** neste mecanismo, executado apenas por vírus envelopados, o nucleocapsídeo é liberado no interior da célula mediante a fusão entre o envelope viral e a membrana celular. A entrada por fusão pode ocorrer de duas formas: direta, pela fusão do envelope viral com a membrana plasmática, a partir do meio extracelular, ou indireta, sofrendo uma endocitose inicial com posterior fusão já no interior da célula, como citado anteriormente.
- ❖ **Translocação:** por meio da ação de uma proteína receptora, o vírião pode atravessar a membrana por meio de translocação, do ambiente extracelular para o citosol. **Este mecanismo é raro e pouco entendido.**



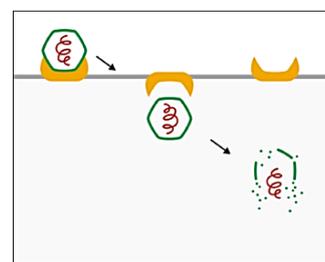
Endocitose e lise da membrana endossomal



Endocitose com injeção do genoma no citosol



Endocitose seguida por fusão de membranas



Entrada por translocação



# ESTUDOS

### Desnudamento do ácido nucléico

Após o processo de penetração, assim que os nucleocapsídeos alcançam o citosol, estes são transportados pelo citoesqueleto (dentro de vesículas ou na forma de nucleocapsídeos livres) em direção ao local específico de processamento do genoma viral, que pode ser no próprio citosol ou no núcleo celular. Para que o genoma possa ser transcrito, traduzido, e replicado, o material genético do vírus deve ser previamente liberado e exposto no ambiente intracelular. A este processo dá-se o nome de desnudamento (ou decapsidação), um procedimento no qual o capsídeo é desmontado completamente ou parcialmente. O desnudamento pode ocorrer simultaneamente a entrada do vírus, ou pode acontecer em instantes posteriores. O sítio celular de desnudamento é bastante variável entre as diversas famílias de vírus, podendo ocorrer no citosol (e.g. Togavirus), no interior do endossomo (e.g. Picornavirus), nos poros nucleares (e.g. Adenovirus, Herpesvirus), no interior do núcleo (e.g. Parvovirus, Polyomavirus), ou simplesmente pode não ocorrer (e.g. Reovirus, Poxvirus).

### Transcrição e tradução da informação genética

#### **Síntese de mRNA**

Os vírus podem ter genoma constituído por dsDNA, ssDNA, dsRNA, ssRNA, além de alguns serem capazes de realizar a transcrição reversa (ssRNA-RT e dsDNA-RT). Outra propriedade notável dos ácidos nucleicos virais é a polaridade (sentido, ou senso) das fitas de DNA e RNA. Fitas senso positivo (+) apresentam sequência idêntica a do mRNA, enquanto as senso negativo (-) apresentam sequência nucleotídica complementar. Diante desta complexidade de características, as estratégias de transcrição do genoma viral são tão variadas quanto os mecanismos de entrada, e podem envolver mais de uma etapa, as quais levam a conversão da informação genética viral em mRNA.

### Ciclos reprodutivos virais (características mais minuciosas)

#### • "Vírus de DNA"

Um bacteriófago T4, que é um vírus de DNA que parasita bactérias, será utilizado como exemplo.

Este vírus, acopla-se à bactéria através da afinidade protéica existente entre seu capsídeo e a membrana plasmática da célula a ser infectada. Após a injeção de seu DNA no interior da bactéria, ele, o DNA, poderá entrar em um dos ciclos a seguir:

#### Ciclo Lítico

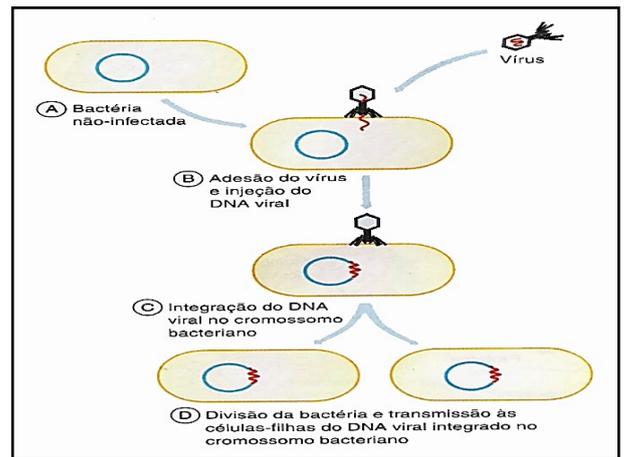
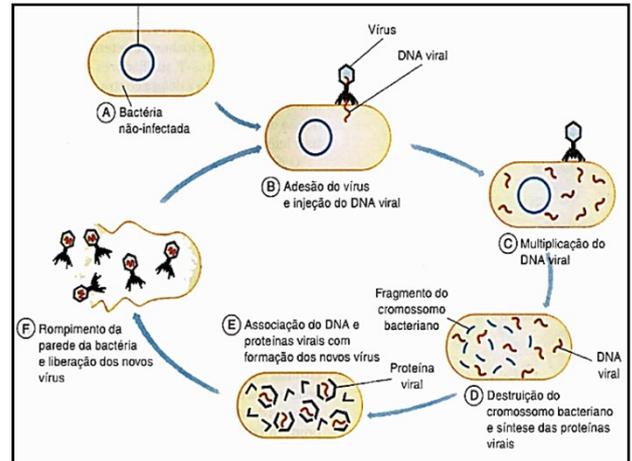
Inicialmente genes do DNA viral (DNA-V) serão ativados, codificando a síntese de enzimas que inativam e desmontam o DNA bacteriano (DNA-B), transformando-o em nucleotídeos. Logo após tal fato, outros genes do DNA-V serão ativados codificando a síntese de proteínas virais: do capsídeo, pescoço e cauda. Seguidamente, o DNA-V começa a sofrer replicação (autoduplicação) utilizando a **enzima DNA polimerase DNA-dependente**, que pertence a célula hospedeira, no caso a bactéria, junto aos seus nucleotídeos livres e do DNA-B que foi desmontado.

Enfim, ocorrerá a montagem do DNA-V ao capsídeo, deste ao pescoço e à cauda, formando, num espaço aproximado de trinta (30) minutos um número de duzentos (200) novos vírus, aproximadamente, que rompem a bactéria, infectando novas células posteriormente.

**Observação:** as enzimas de transcrição e de replicação pertencem à bactéria, visto que, essas enzimas, não conseguem distinguir o DNA viral do DNA bacteriano, uma vez que o código genético é universal.

#### Ciclo Lisogênico

Algumas vezes o DNA viral associa-se ao DNA bacteriano, multiplicando-se junto com ele e não acontece nada à bactéria. Todas as bactérias filhas formadas herdarão os genes virais - **infecção permanente**. Caso essa bactéria ou suas descendentes, sofrerem a ação de agentes mutagênicos como substâncias químicas, ou descargas elétricas ou de raios-X e ultravioleta, aumento brusco de temperatura, o DNA-V ativará seus genes e entra no **ciclo lítico**. Este fenômeno é chamado de **INDUÇÃO VIRAL**.



**Observação:** mesmo sendo caracterizados como ciclos de vírus de DNA, os ciclos lítico e lisogênico podem ser atribuídos também aos vírus que possuem **RNA** como genoma. Tal apresentação refere-se à forma de utilização dos mesmos, nos vestibulares no Brasil, que utilizam os ciclos citados como pertencentes aos vírus de DNA (convenção).

#### • Vírus de RNA

##### RNA fita simples positivo (+)

Nesses vírus, o seu filamento serve de mensageiro para a síntese da enzima **RNA-polimerase dependente de RNA**, indo diretamente para o citoplasma da célula encontrar-se com os ribossomos (RNAr). Após produzir a RNA-polimerase e outras proteínas, o genoma viral é copiado em **filamentos negativos** que servirão de modelo (template) para a formação dos **filamentos positivos** que serão incorporados aos novos vírus, constituindo os novos genomas. Em alguns casos, após a produção da RNA-polimerase, novos RNA positivos são produzidos sem haver a participação de filamentos negativos (templates).

São exemplos, o vírus da dengue e o da rubéola.

### RNA fita simples negativo (-)

Entretanto, em outros casos, o filamento simples do genoma viral **não atua como RNA mensageiro**, não sendo capaz de promover a síntese da enzima RNA-polimerase RNA dependente. Nesses casos, diz-se que o RNA desses vírus é **negativo**. Sua multiplicação só é possível porque os vírus com esse genoma contêm RNA-polimerase RNA dependente, a eles incorporada no ciclo de multiplicação anterior. Portanto, quando esses vírus deixam a célula infectada, levam a enzima necessária para iniciar sua multiplicação ao penetrarem nas células que vão parasitar a seguir. A RNA-polimerase RNA dependente trazida pelos vírus catalisa a formação dos filamentos de **RNA-positivo**, que vão codificar mais RNA-polimerase e outras proteínas, e vão catalisar também a formação de filamentos de **RNA negativo** para o genoma dos novos vírus. São exemplos os vírus da caxumba e o vírus do sarampo.

GENOMA	RNA-polimerase RNA dependente para transcrição	Evento inicial na célula
RNA +	Não	Tradução
RNA-	sim	Transcrição

### Cultivo de vírus

Como os vírus só replicam no interior celular, a pesquisa de vírus depende dos hospedeiros apropriados. Para bacteriófagos, meios líquidos ou sólidos (com ágar) contendo bactérias são empregados para reprodução destes. Empregando meios com agar é possível se obter diluições de fagos suficientemente altas para que a multiplicação de partículas individuais seja identificada com a formação de um halo em um tapete bacteriano. Estes halos são chamados unidades formadoras de placa. Para alguns vírus animais, é possível realizar a sua reprodução em cultura de células animais in vitro. Para plantas, pode-se cultivar os vírus diretamente na planta hospedeira, onde se pode observar o efeito danoso deste.

### Entidades subvirais

Alguns agentes infecciosos apresentam algumas características gerais de vírus, mas por outro lado são estruturalmente mais simples. Duas dessas entidades são as que assumem maior importância atualmente: viróides e prions.

#### ❖ Viróides

São moléculas pequenas (de 246 a 375 nucleotídeos por exemplo) de RNA simples fita, circular, sem nenhuma forma de capsídeo. Isto é, o viróide é constituído apenas de RNA, que aparentemente não codifica nenhuma proteína. Portanto, o viróide é completamente dependente das funções celulares para sua replicação. Os viróides se replicam em algumas espécies de plantas, causando doenças provavelmente por interferência no metabolismo de regulação gênica da célula hospedeira. O processo de infecção não é bem conhecido, mas acredita-se que sua passagem seja a partir de contato entre células e/ou em células que sofram um corte mecânico. Há hipóteses que sugerem similaridades entre os viróides e os RNA pequenos nucleares (snRNA) envolvidos em processamento de íntrons em células eucariontes. Estas similaridades podem estar ligadas a uma origem direta dos viróides a partir de íntrons, que “escaparam” do genoma. Alguns desses RNAs de viróides tem atividade catalítica própria, clivando outros RNAs. Por esse motivo são considerados remanescentes do “mundo de RNA”.

❖ **Prions (proteína infecciosa)** - São constituídos provavelmente apenas de um tipo de proteína, sem ácido nucléico. O prion normal tem a maior parte dos aminoácidos arrumada em forma de espiral. Já o prion anormal, como o que causa a doença da vaca louca, possui a maioria dos aminoácidos organizada em zigzag.

O prion normal é chamado de **prion celular**, enquanto o anormal recebe o nome de **prion scrapie**, denominação da moléstia causada por prion que atinge as ovelhas. Eles causam doenças neurodegenerativas, fatais, de progressão lenta (inicialmente eram conhecidos como “vírus lentos”).

Em carneiros causam uma doença conhecida como **scrapie** (coçar), conhecida há mais de 250 anos. Atualmente, este agente infeccioso tem se tornado muito conhecido por causar uma epidemia no gado inglês, encefalopatia espongiforme de bovinos (BSE) ou a síndrome da vaca louca. Acredita-se que os bovinos foram contaminados por ingestão de ração contendo restos de carneiros contaminados com scrapie.

Cinco doenças humanas causadas por prions anormais são bem conhecidas: **doença de Creutzfeldt-Jakob (CJD)**, **uma nova variante CJD (vCJD)**, **a síndrome de Gerstmann-Straussler-Scheinker (GSS)**, **a insônia familiar fatal (FFI)** e **o kuru**. Todas as cinco apresentam características neuropatológicas mas afetam áreas diferentes do cérebro. Há suspeitas que alguns casos de CJD atípicos em pessoas jovens, de menos que 30 anos, na Inglaterra, possam ser devidos a contaminação por ingestão de carne bovina contaminada com o agente da BSE. O agente infeccioso prion é altamente resistente a radiação UV e radiação gama, sendo aparentemente desprovido de qualquer molécula de ácido nucléico. Acredita-se que a proteína prion seja codificada por um gene da célula do hospedeiro, expresso normalmente nas células nervosas e a reprodução do prion se dê através da modificação conformacional da proteína celular, convertendo-a em infecciosa.

❖ **Virusoides** - São agentes infecciosos que afetam plantas em conjunção com um vírus assistente; o vírus assistente é requerido para que se dê uma infecção com sucesso. Os virusoides são constituídos por RNA de cadeia simples. São partículas de RNA circular, também denominados RNA-satélites, incapazes de se autoduplicar de forma autônoma. Dependem, para isso, da existência de um vírus auxiliar, com a ajuda do qual eles se duplicam. Considera-se que os virusoides são parasitas moleculares dos vírus auxiliares.

**Virófagos e Sputniks** - Surpreso com esses termos? Não fique, pois eles se referem a **vírus que parasitam vírus**. É isso mesmo que você leu. Em 2003, pesquisadores anunciaram a descoberta, em Bradford, na Inglaterra, de vírus gigantes que receberam o nome de **mimivírus**, parasitas de amebas que viviam em torres de resfriamento. Agora, os mesmos pesquisadores isolaram uma nova linhagem de vírus gigantes em amebas encontradas em uma torre de resfriamento em Paris. Esses vírus receberam o nome de **mamavírus**, por serem um pouco maiores do que os mimivírus anteriormente descritos. No interior das amebas, os mamavírus utilizam os seus genes para organizar uma verdadeira “fábrica de replicação viral”. Agora, o fato surpreendente. Ao estudarem amebas infectadas por mamavírus, os pesquisadores perceberam – com a utilização de microscopia eletrônica – a presença de vírus menores que estavam parasitando os mamavírus no interior da ameba! Ou seja, esses vírus menores, que os pesquisadores denominaram de **sputniks** – por constituírem satélites dos vírus maiores –, atuavam como *parasitas de vírus*, ou, se quiserem, como **virófagos** (nome dado em alusão aos vírus bacteriófagos, que parasitam bactérias).

Comparado ao mamavírus, o genoma de um *sputnik* é bem pequeno: possui cerca de 21 genes, mas ele causa estragos consideráveis. Ele apodera-se da maquinaria de replicação dos mamavírus (na fábrica de replicação viral existente no interior da ameba) para se reproduzir. O importante nisso é que os pesquisadores descobriram, ainda, que amebas co-infectadas com vírus sputniks liberam mamavírus deformados, revelando que os sputniks

são realmente parasitas desses vírus gigantes, neles causando uma “doença” deformante.

É realmente o primeiro caso notificado de vírus parasitas de vírus. Para encerrar, os vírus gigantes e os seus correspondentes vírus satélites também parecem coexistir em organismos do plâncton marinho, o que poderia explicar possíveis efeitos na ciclagem de nutrientes com a participação desses seres nos oceanos.

### INTERFERON: as células se protegem contra os vírus, e outros agentes.

O Interferon (português brasileiro) (IFN) é uma proteína produzida pelas leucócitos e fibroblastos para interferir na replicação de vírus, bactérias e células de tumores e estimular a atividade de defesa de outras células.

Existem três tipos de interferon, classificados de acordo com o receptor celular e resposta que ativam. São um tipo de citocina produzida por todos os animais vertebrados e alguns invertebrados.

#### TIPOS

**Interferon tipo I:** A forma alfa é produzidos por leucócitos e a forma beta por fibroblastos quando invadidos por vírus. Induz a própria célula infectada e células próximas a produzirem proteínas que impedem a replicação do vírus. Usado para tratar hepatite B, hepatite C e esclerose múltipla. Sua produção é estimulada por interleucina 1 e 2 e pelo Fator de necrose tumoral.

**Interferon tipo II:** Também conhecido como interferon imune e sempre na forma de Interferon-gama, é produzido por linfócitos T e células NK quando estimulados por interleucina 12 ou 18. O Interferon gama é responsável por ativar macrófagos, estimula a expressão de Complexo maior de histocompatibilidade, crescimento, maturação e diferenciação de muitos tipos de células, aumenta a atividade de células NK, regula a resposta inflamatória, potencializa outros interferons e modula a atividade dos linfócitos B. Pode ser usado no tratamento da doença granulomatosa crônica e da osteopetrose.

**Interferon tipo III:** Também conhecido como interleucina 28/29, é produzida por células dendríticas e monócitos sempre na forma lambda. Quando infectadas por vírus, atua em sinergia e como complementar com a forma alfa para estimular a produção de proteínas que interferem com a replicação viral pelas células vizinhas. Estimula mitose de linfócitos. Dependendo do vírus a maior resposta será de tipo I ou de tipo III.

#### Como os interferons atuam?

Os interferons induzem um estado de resistência antiviral em células teciduais não infectadas. O vírus, ao replicar-se, vai ativar o gene codificante do interferon. Após a síntese proteica, a proteína sai da célula e entra na corrente sanguínea, até chegar às células vizinhas que ainda não foram atacadas. A proteína liga-se à membrana celular dessas células e ativa o gene codificante de proteínas antivirais. Estas proteínas antivirais, por sua vez, vão impedir a replicação do vírus, quando este tentar replicar-se nessas células. Os IFN são produzidos na fase inicial da infecção e constituem a primeira linha de resistência a muitas viroses. Um grupo de interferons (IFNalfa e IFNbeta) é produzido por células infectadas por vírus, e um outro grupo (IFNgama) é sintetizado por células NK ou linfócitos T ativados.



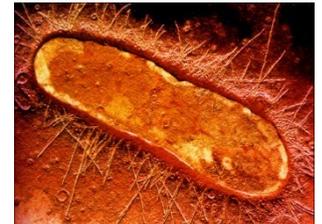
## Bactérias

(do grego *bakteria*, bastão) são organismos unicelulares, procariontes (não possuem envoltório nuclear, nem organelas membranosas, normalmente). Podem ser encontrados na forma isolada ou em colônias e pertencem ao Domínio homônimo **Bacteria**. Podem viver na presença de ar (aeróbias), na ausência de ar (anaeróbias), ou ainda serem anaeróbias facultativas.

As bactérias são um dos organismos mais antigos, com evidência encontrada em rochas de 3,8 bilhões de anos.

Segundo a **Teoria da Endossimbiose**, duas organelas celulares, as **mitocôndrias** e os **cloroplastos** teriam derivado de uma bactéria endossimbionte, provavelmente autotrófica, antepassada das atuais cianobactérias.

As bactérias são geralmente microscópicas ou submicroscópicas (detectáveis apenas com uso de um microscópio eletrônico). Suas dimensões variam de 0,5 a 5 micrômetros. **Exceções** são as bactérias *Epulopiscium fishelsoni* isolada no tubo digestivo de um peixe, com um comprimento compreendido



em 0,2 e 0,7 mm e *Thiomargarita namibiensis*, isolada de sedimentos oceânicos, que atinge até 0,75 mm de comprimento.

Bactérias são os organismos mais bem sucedidos do planeta em relação ao número de indivíduos. A quantidade de bactérias no intestino de uma pessoa pode ser superior ao número total de células humanas no corpo da mesma, por exemplo.

#### Descoberta dos microorganismos

As bactérias foram descobertas por Antonie van Leeuwenhoek em 1683. Leeuwenhoek era um negociante holandês que tinha como passatempo polir lentes e construir microscópios. Com um desses aparelhos ele observou resíduos retirados de seus próprios dentes e, para sua surpresa, viu seres minúsculos em forma de bastonetes. Ele também observou seres microscópicos semelhantes em muitos outros materiais (água parada, gota de água sobre plantas etc.). Em suas descrições, ele refere-se a esses seres microscópicos como "**animálculos**", que significa pequenos animais.

#### Classificação taxonômica e filogenia

A classificação das bactérias mudou radicalmente nos últimos anos, de forma a refletir o conhecimento atual sobre filogenia, como resultado dos recentes avanços na sequenciação dos genes, na bioinformática e na biologia computacional. Atualmente as bactérias compõem **dois dos três domínios do sistema de classificação cladístico**.

A descoberta da estrutura celular procariótica, distinta de todos os outros organismos (os eucariontes), levou os procariontes a serem classificados como um grupo separado ao longo do desenvolvimento dos esquemas de classificação de seres vivos.

As bactérias foram inicialmente classificadas entre as plantas por Lineu e agrupadas com os fungos (na classe Schizomycetes) com exceção das cianobactérias que eram consideradas "**algas azuis**"; em 1866, Ernst Haeckel incluiu-as no reino Protista; em 1969, foram incluídas entre os procariotas no reino Monera por Whittaker. Em 1977, com o advento das técnicas moleculares, Carl Woese dividiu os procariotas em dois grupos, com base nas sequências "16S" do rRNA, que chamou de Eubacteria e Archaeobacteria, mais tarde, renomeados por ele próprio para **Bacteria** e **Archaea**.

Woese argumentou que estes dois grupos, em conjunto com os eucariontes, formam domínios separados com origem e evolução separadas a partir de um organismo primordial. **Desta forma, as bactérias poderiam ser divididas**

em vários reinos, mas normalmente são tratadas como um único reino, dividido em filos ou divisões. São geralmente consideradas um grupo monofilético, mas esta noção tem sido contestada por alguns autores. Alguns cientistas, no entanto, consideram que as diferenças genéticas entre aqueles dois grupos procariontes não justificam a divisão e que tanto as arqueobactérias como os eucariontes provavelmente se originaram a partir de bactérias primitivas.

Vulgarmente, utiliza-se o termo "bactéria" para designar também as archaeas, que atualmente constituem um domínio separado. As cianobactérias (as "algas azuis") são consideradas dentro do domínio Bacteria.

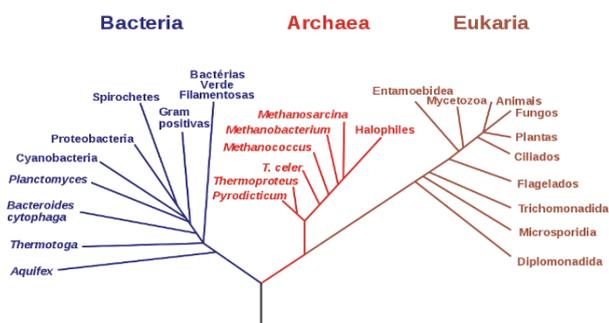
### Estudo dos Domínios

Os organismos vivos apresentam uma grande diversidade morfológica e funcional. Podem ser constituídos por apenas uma célula ou terem milhões de células organizadas em tecidos diferenciados; podem criar o seu próprio alimento ou necessitar de o obter de alguma fonte; podem depender do oxigénio ou nem sequer tolerar a sua presença. De forma a sistematizar os organismos do nosso planeta, é feita a divisão dos mesmos de acordo com estas e outras características comuns. O ramo científico que estuda a classificação dos seres vivos é a **taxonomia**.

Na atualidade, é geralmente aceita a divisão de todos os organismos em **três domínios**, proposta por Carl Woese:

- ❖ o domínio **Eukarya** inclui todos os organismos eucariontes;
- ❖ o domínio **Eubacteria** ou simplesmente **Bacteria** inclui todas as bactérias (procariontes);
- ❖ o domínio **Archaea** (anteriormente designado "Archaeobacteria") inclui procariontes com características filogenéticas (relações evolucionárias obtidas por análise genômica) diferentes da bactérias.

### Árvore filogenética da vida



Nesta classificação não se incluem os vírus. Também os **PRÍONS**, partículas proteicas com características virais, estão fora desta classificação proposta por Woese.

Tanto as bactérias como as arqueas são por vezes englobadas num super-reino **Prokaryota** (procariontes; por vezes designado **Monera**, um termo obsoleto) quando se considera uma divisão em duas categorias (sendo a outra a **Eukaryota**).

No entanto, os estudos filogenéticos de Woese e posteriores demonstram que as arqueas e as bactérias têm ramos de evolução distintos; em adição, existem algumas características morfológicas e metabólicas mais próximas entre arqueas e eucariontes que entre arqueas e bactérias. É também atualmente referido o super-reino **Acytota** (organismos acelulares), englobando os vírus e príons.

Um terceiro sistema de classificação geral dos seres vivos consiste em considerar a existência de seis reinos:

- ❖ **Archaeobacteria** - correspondente ao domínio Archaea.
- ❖ **Eubacteria** - as verdadeiras bactérias.
- ❖ **Fungi** - fungos
- ❖ **Plantae** - plantas.

- ❖ **Animalia** - animais.
- ❖ **Protista** - eucariontes unicelulares e algas sem verdadeiros tecidos. Além da sequência do RNA ribossomal, arqueas e bactérias diferem, entre outras características, na constituição química da parede celular. **As arqueas não apresentam, em sua parede celular, o peptidoglicano, constituinte típico das bactérias.**

### Morfologia dos Procariontes

As bactérias classificam-se morfológicamente de acordo com a forma da célula e com o grau de agregação:

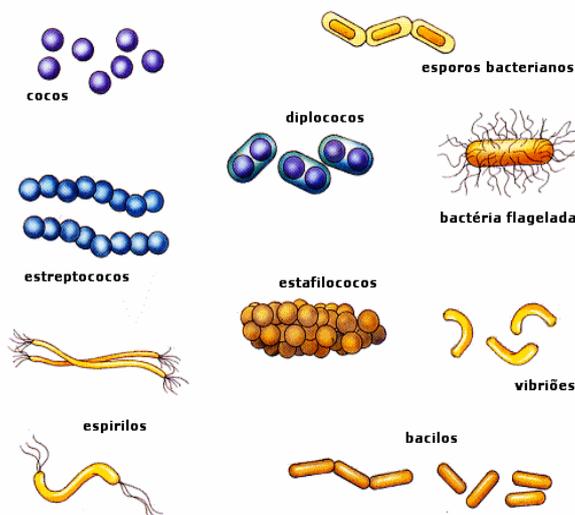
#### Quanto à forma

- ❖ **Coco** : de forma esférica ou subsférica.
- ❖ **Bacilo** : Em forma de bastonete (do género *Bacillus*)
- ❖ **Vibrião** : Em forma de vírgula (do género *Vibrio*)
- ❖ **Espirilo** : de forma espiral/ondulada (do género *Spirillum*)
- ❖ **Espiroqueta** : Em forma acentuada de espiral.

#### Quanto ao grau de agregação

Apenas os Bacilos e os cocos formam colónias.

- ❖ **Diplococo**: de forma esférica ou subsférica e agrupadas aos pares.
- ❖ **Estreptococos**: formam cadeia semelhante a um "colar".
- ❖ **Estafilococos**: uma forma desorganizada de agrupamento, formando cachos.
- ❖ **Sarcina**: de forma cúbica, formado por 4 ou 8 cocos simetricamente postos.
- ❖ **Diplobacilos**: bacilos reunidos dois a dois.
- ❖ **Estreptobacilos**: bacilos alinhados em cadeia.



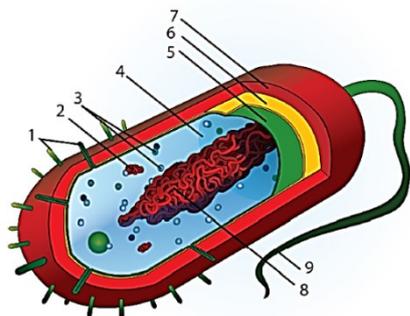
### Estrutura celular

A célula bacteriana, por ser procarionte, não possui organelas membranares nem DNA organizado em verdadeiros cromossomos, como os das células eucariotas.

#### Estruturas da célula procarionte:

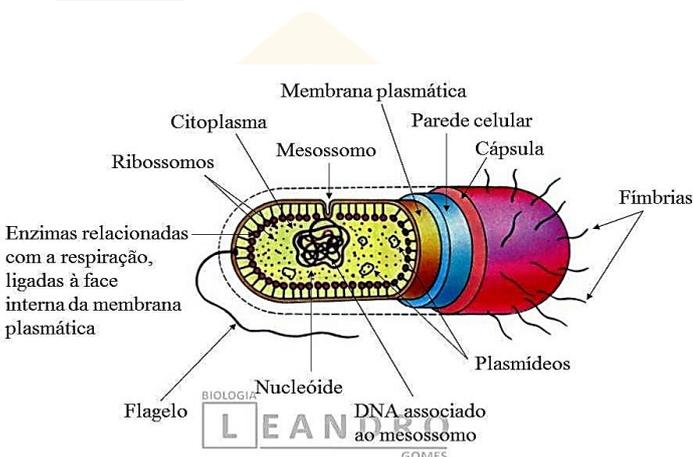
1. Os **pili** são microfibrilas proteicas que se estendem da parede celular em muitas espécies Gram-negativas. Têm funções de ancoramento da bactéria ao seu meio e são importantes na patogenia. Um tipo especial de pilus é o sexual, estrutura oca que serve para ligar duas bactérias, de modo a trocarem plasmídeos (conjugação bacteriana).
2. Os **plasmídeos** são pequenas moléculas de DNA circular que coexistem com o nucleóide. São comumente trocados na conjugação bacteriana. Os plasmídeos têm genes, incluindo frequentemente aqueles que protegem a célula contra os antibióticos (resistência).

- Há cerca de 20 mil **ribossomos** em um citoplasma bacteriano. Os ribossomos de procariontes são diferentes dos eucariontes e essas diferenças foram usadas para desenvolver antibióticos que só afetam os ribossomos bacterianos.
- O **citoplasma** é preenchido pelo **hialoplasma**, um líquido com consistência de gel, semelhante ao dos eucariontes, com sais, glicose e outros açúcares, RNA, proteínas funcionais e várias outras moléculas orgânicas.
- A **membrana celular** é uma dupla camada de fosfolipídeos, com proteínas imersas.
- A **parede celular** bacteriana é uma estrutura rígida que recobre a membrana citoplasmática e confere forma às bactérias. É uma estrutura complexa composta por peptidoglicanos - polímeros de glicídios (glicosaminoglicano) ligados a proteínas. É alvo de muitos antibióticos, incluindo a penicilina e seus derivados, que inibem as enzimas *transpeptidase* e *carboxipeptidase*, responsáveis pela síntese dos peptidoglicanos. **Em espécies mais patogênicas, e portanto, mais virulentas, podemos encontrar endotoxinas e em GRAM (-), além destas, lipopolissacarídeos (LPS).**
- Algumas espécies de bactérias têm uma camada de polissacarídeos que protege contra desidratação, fagocitose e ataque de bacteriófagos, chamada de **cápsula**.
- O **nucleóide** consiste em uma única grande molécula de DNA com proteínas associadas, sem delimitação por membrana - portanto, não é um núcleo. O seu tamanho varia de espécie para espécie.
- O **flagelo** é uma estrutura proteica (flagelina), que roda como uma hélice. Muitas espécies de bactérias movem-se com o auxílio de flagelos. Os flagelos bacterianos são completamente diferentes dos flagelos dos eucariontes. São formados pelos ribossomos através do acúmulo dessa proteína chamada de **flagelina**.



Além dessas estruturas há também:

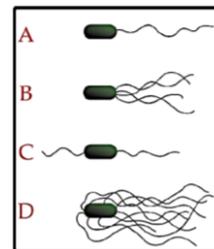
- ❖ **Vacuólos bacterianos:** não são verdadeiros vacúolos, já que não são delimitados por dupla membrana lipídica como os das plantas. São antes grânulos de substâncias de reserva, como glicídios complexos.
- ❖ Algumas bactérias podem enquistar, formando um **esporo**, com um invólucro de polissacarídeos mais espesso e ficando em estado de vida latente enquanto as condições ambientais forem desfavoráveis = **ENDOSPORIA**.



Uma outra estrutura é o **MESOSSOMO**, uma invaginação da membrana plasmática que armazena enzimas respiratórias em procariontes que fazem respiração intracelular. **Não é uma estrutura obrigatória, até mesmo nos procariontes aeróbios!**

### Movimento

As bactérias móveis deslocam-se, quer através da utilização de flagelos, quer deslizando sobre superfícies, ou ainda por alterações da sua flutuabilidade. As espiroquetas constituem um grupo único de bactérias que possuem estruturas semelhantes a flagelos designadas por filamentos axiais ligadas a dois pontos da membrana celular no espaço periplasmático, além de terem uma forma helicoidal que gira no meio para se movimentar.



Os flagelos bacterianos encontram-se organizados de diferentes formas: algumas bactérias possuem um único flagelo polar (numa extremidade da célula), enquanto outras possuem grupos de flagelos, quer numa extremidade, quer em toda a superfície da parede celular (bactérias "peritricosas").

### Taxia

As bactérias podem mover-se por reação a certos estímulos, um comportamento chamado "taxia" (também presentes nas plantas), como por exemplo, quimiotaxia, fototaxia, mecanotaxia e magnetotaxia - bactérias que fabricam cristais de magnetita ( $Fe_3O_4$ ) ou greigita ( $Fe_3S_4$ ), materiais com propriedades magnéticas, e orientam seus movimentos pelo campo magnético terrestre, como a bactéria *Magnetospirillum magnetotacticum*. Num grupo particular, as mixobactérias, as células individuais atraem-se quimicamente e formam pseudo-organismos amebóides que, para além de "rastejarem", podem formar frutificações.

### Metabolismo segundo fontes de energia e carbono

De acordo com a fonte de átomos de carbono para a produção de suas moléculas orgânica, elas são classificadas em dois grandes grupos:

- ❖ **Autotróficas:** As bactérias autotróficas obtêm suas moléculas de carbono apenas de dióxido de carbono.
- ❖ **Heterotróficas:** São bactérias que obtêm seus átomos de carbono de moléculas orgânicas que captam do ambiente. Além do gás carbônico ela precisa de um glicídio.

### Fonte de energia

Bactérias podem utilizar como **fonte de energia** luz, substâncias inorgânicas ou orgânicas:

- **Luz:** Como as bactérias que fazem fotossíntese ou **fototróficas**.
- **Compostos químicos:** Como as bactérias **quimiotróficas**.
  - Composto inorgânico: **litotróficas**
  - Composto orgânico: **organotróficas**

### Classificação segundo o metabolismo

Se forem combinadas as classificações de **fonte de energia** e de **fonte de átomos de carbono**, pode-se classificar as bactérias em quatro grandes grupos, quanto a suas necessidades nutricionais:

#### 1. Fotoautotróficas

Bactérias fotoautotróficas são capazes de produzir elas mesmas as substâncias orgânicas que lhes servem de alimento, tendo como fonte de carbono o gás carbônico e como fonte de energia a luz.

- **Cianobactérias:** são fotolitoautotróficas e aparentemente foram as pioneiras no uso da água como fonte de elétrons. Incluiriam as proclorófitas (gêneros *Prochloron*, *Prochlorothrix* e *Prochlorococcus*), apesar de se distinguirem destas por apresentar apenas clorofila a,

além de ficobilinas azul e vermelha. Esses pigmentos são responsáveis pelas diversas colorações, muitas vezes brilhantes, que essas bactérias apresentam.

- **Sulfobactérias:** realizam um tipo de fotossíntese em que a substância doadora de hidrogênio não é a água, mas compostos de enxofre, principalmente o gás sulfídrico ( $H_2S$ ). Por isso essas bactérias produzem enxofre elementar (S) como subproduto da fotossíntese, e não gás oxigênio, como na fotossíntese que utiliza  $H_2O$ .
2. **Fotoeterotróficas:** as bactérias fotoeterotróficas utilizam luz como fonte de energia, mas não convertem exclusivamente o gás carbônico em moléculas orgânicas. Assim, elas utilizam compostos orgânicos que absorvem do meio externo, como álcoois, ácidos graxos, glicídios etc, como fonte de carbono para a produção dos componentes orgânicos de sua célula. Essas células são bactérias anaeróbias e, como exemplo, pode-se citar as bactérias não-sulfurosas verdes como *Chloroflexus spp.*, e as não-sulfurosas púrpuras, como *Rhodospseudomonas spp.*

### 3. Químioautotróficas

As bactérias químioautotróficas utilizam oxidações de compostos inorgânicos como fonte de energia para a síntese de substâncias orgânicas a partir de gás carbônico ( $CO_2$ ) e de átomos de hidrogênio (H) proveniente de substâncias diversas. As substâncias orgânicas produzidas são utilizadas como matéria-prima para a formação dos componentes celulares ou degradadas para liberar energia para o metabolismo.

### 4. Químioeterotróficas

A maioria das espécies bacterianas apresenta nutrição químioeterotrófica, ou seja, tanto a fonte de energia quanto a de átomos são moléculas orgânicas que a bactéria ingere como alimento. De acordo com a fonte das substâncias que lhe servem de alimento, as bactérias heterotróficas são classificadas em saprofágicas e parasitas. Exemplo: *Clostridium*.

- **Sapofágicas:** alimentam-se a partir de matéria orgânica sem vida, como cadáveres ou porções descartadas por outros seres vivos.
- **Parasitas:** alimentam-se a partir de tecidos corporais de seres vivos e podem ser patogênicas.

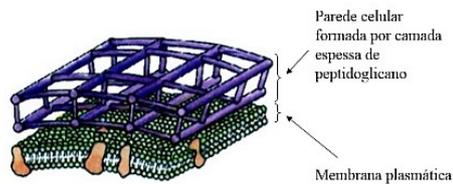
### Classificação Gram

Muito usada para identificar bactérias, é feita com base em uma técnica de coloração desenvolvida pelo microbiologista dinamarquês Hans Christian Gram, a técnica de Gram; dividindo as bactérias em dois grupos:

- **Gram-positivas:** bactérias que possuem parede celular com uma única e espessa camada de peptidoglicanos. Pelo emprego da coloração de Gram, tingem-se na cor púrpura ou azul quando fixadas com cristal violeta, porque retêm esse corante mesmo sendo expostas a álcool.



Esquema de bactéria com parte da célula removida.



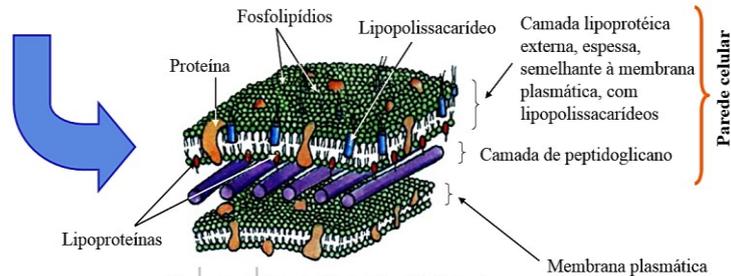
Esquema de parte da parede celular e da membrana plasmática de bactéria gram-positiva.

- **Gram-negativas:** bactérias que possuem uma parede celular mais delgada e uma **segunda membrana lipídica** - quimicamente parecida com sua membrana plasmática - **no exterior desta parede celular**. No processo de coloração o lipídio dessa membrana mais externa é dissolvido pelo álcool e libera o primeiro corante: cristal violeta. Ao término da coloração, essa células são visualizadas com a tonalidade rosa-avermelhada do segundo corante, safranina que lhes confere apenas a coloração vermelha. Percebam a versatilidade bioquímica de

sua parede celular: peptidoglicano, glicídios + proteínas, fosfolipídios + proteínas e lipopolissacarídeos (LPS). **Portanto, é bem mais difícil produzir antibióticos para tais procariontes.**



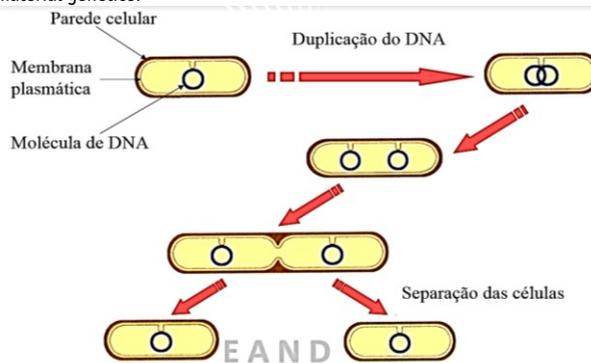
Esquema de bactéria com parte da célula removida.



Esquema de parte da parede celular e da membrana plasmática de bactéria gram-negativa.

### ASSEXUADA

As bactérias podem se reproduzir com grande rapidez, dando origem a um número muito grande de descendentes em apenas algumas horas. A maioria delas reproduz-se **assexuadamente, por cissiparidade**, também chamada de divisão simples ou bipartição. Nesse caso, cada bactéria divide-se em duas outras bactérias geneticamente iguais, supondo-se que não ocorram mutações, isto é, alterações em seu material genético.

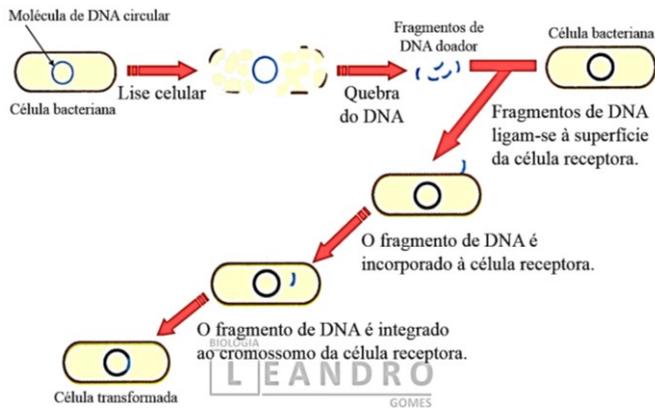


A maioria das bactérias possui uma única cadeia de DNA circular. As bactérias, por serem organismos assexuados, herdam cópias idênticas dos genes de suas progenitoras (ou seja, elas são clonais).

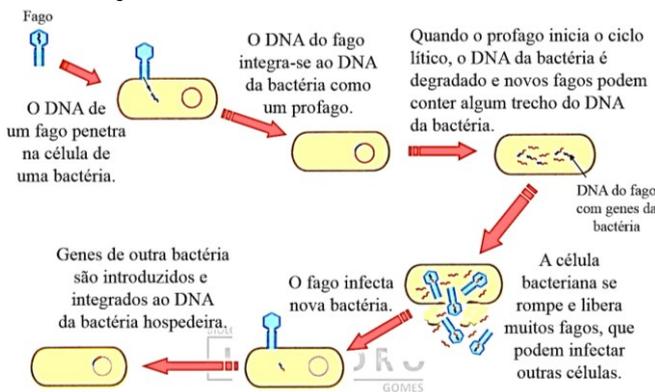
### SEXUADA ou MISTURA GÊNICA

A maioria das bactérias não apresenta reprodução sexuada, mas podem ocorrer misturas de genes entre indivíduos diferentes, o que é chamado de **recombinação genética**. Esse processo leva à formação de novos indivíduos com características genéticas diferentes, resultando na mistura de material genético. Uma bactéria pode adquirir genes de outra bactéria e misturá-los aos seus de **três maneiras** diversas:

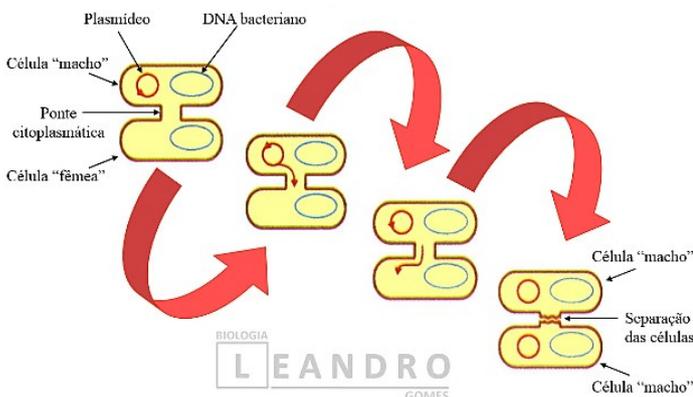
**Transformação bacteriana:** Ocorre pela absorção de moléculas ou fragmentos de moléculas de DNA que estejam dispostas no ambiente, proveniente de bactérias mortas e decompostas; a célula bacteriana transformada passa a apresentar novas características hereditárias, condicionadas pelo DNA incorporado. Este não precisa ser de bactérias da mesma espécie; em princípio, qualquer tipo de DNA pode ser capturado se as condições forem adequadas. Entretanto, um DNA capturado só será introduzido no cromossomo bacteriano se for semelhante ao DNA da bactéria receptora.



**Transdução bacteriana:** Consiste na transferência indireta de segmentos de moléculas de DNA de uma bactéria para outra. Isso ocorre porque, ao formarem-se no interior das células hospedeiras, os bacteriófagos podem eventualmente incorporar pedaços do DNA bacteriano. Depois de serem liberados, ao infectar outra bactéria, os bacteriófagos podem transmitir a ela os genes bacterianos que transportavam. A bactéria infectada eventualmente incorpora em seu cromossomo os genes recebidos do fago. Se este não destruir a bactéria, ela pode multiplicar-se e originar uma linhagem "transduzida" com novas características, adquiridas de outras bactérias via fago.



**Conjugação bacteriana:** Consiste na transferência de DNA diretamente de uma bactéria doadora para uma receptora através de um tubo de proteína denominado *pêlo sexual* ou *pilus*, que conecta o citoplasma de duas bactérias. Os pili estão presentes apenas em bactérias F<sup>+</sup>, ou seja, bactérias portadoras de um plasmídeo denominado F (de fertilidade), e essas são as doadoras de DNA. As que não possuem o plasmídeo F atuam como receptoras, sendo chamadas de F<sup>-</sup>. O DNA transferido neste processo é quase sempre o plasmídeo F e algumas vezes, um pequeno pedaço de DNA cromossômico une-se ao plasmídeo e é transferido junto com ele. Na bactéria receptora pode ocorrer recombinação genética entre o cromossomo e o fragmento de DNA unido ao plasmídeo F recebido. Assim, a conjugação possibilita o aumento da variabilidade genética na população bacteriana.



## REINO PROTOCTISTA

### Características

- Seres distintos entre si com características comuns;
- Constituídos por células verdadeiras, com citoplasma e núcleo diferenciado (**eucariotas**);
- Formados por uma ou várias células, mas sem formar tecidos (grupos de células especializados numa função), ou seja, não há organização histológica;

### Integrantes

#### 1). Protozoários

- **heterótrofos**, vida livre, aquáticos ou parasitas, maioria móveis;

#### 2). Algas

- **autótrofos** com clorofila e outros pigmentos semelhantes, produtoras ecológicas de habitat aquático ou úmido; As unicelulares podem ser **MIXOTRÓFICAS**.

### Estudo das ALGAS

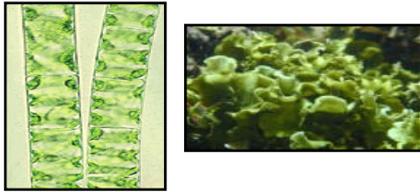
- Organismos eucarióticos normalmente aquáticos fotossintéticos;
- São encontradas no mar, lagos, rios e superfícies úmidas;
- Possuem várias formas, cores e tamanhos;
- São Uni ou multicelulares;
- Sem tecidos e órgãos diferenciados;
- Possuem cloroplastos normais ou com pigmentos;
- Parede celular composta por celulose (maioria);
- Sintetizam aproximadamente 90% do oxigênio atmosférico.

### Classificação das Algas

FILO	Número de espécies	Organização	Tipo de clorofila	Outros pigmentos	Composição da parede
Chlorophyta (algas verdes)	7.000	Uni e Multi.	a,b	Carotenos e xantofilas	Celulose
Phaeophyta (algas pardas) feofícias	2.000	Multi.	a,c	Carotenos e ficoxantina	Celulose e algina
Rhodophyta (alga vermelha) rodofícias	4.000	Multi. (maioria)	a,d	Ficoeritrina	Celulose, ágar e carragenina
Bacillariophyta (diatomáceas)	6.000	Uni.	a,c,e	Carotenos e xantofilas	Silica
Euglenophyta (euglenóides)	500	Uni.	a,b	Carotenos e xantofilas	Não tem parede
Dinophyta (dinoflagelado) Pirrófitas	1.000	Uni.	a,c	Carotenos e xantofilas	Celulose ou sem parede

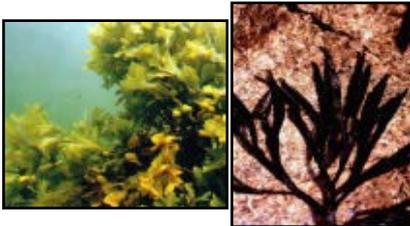
### Filo Chlorophyta

- Algas verdes ou clorofíceas;
- Uni ou multicelular;
- Marinhas ou de água doce, ambientes úmidos. Exemplo: *Ulva lactuca*, a alface-do-mar;



### Filo Phaeophyta

- Algas pardas ou feofíceas;
- Multicelulares;
- Presença de **ficoxantina** nos cloroplastos. Exemplo: algas do gênero *Sargassum*;
- Utilizadas em *sushi*, *molho shoyo*, *laxantes e estabilizantes de cremes dentais*



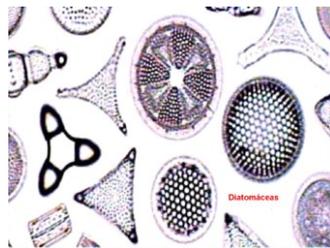
### Filo Rhodophyta

- Algas vermelhas ou rodofíceas;
- Multicelulares com espécies unicelulares;
- Presença de **ficoeritrina** nos cloroplastos. Exemplo: *Peyssonnelia squamaria*;
- Utilizadas na produção de muitas geleias, xaropes e principalmente para meios de cultura microbiológica



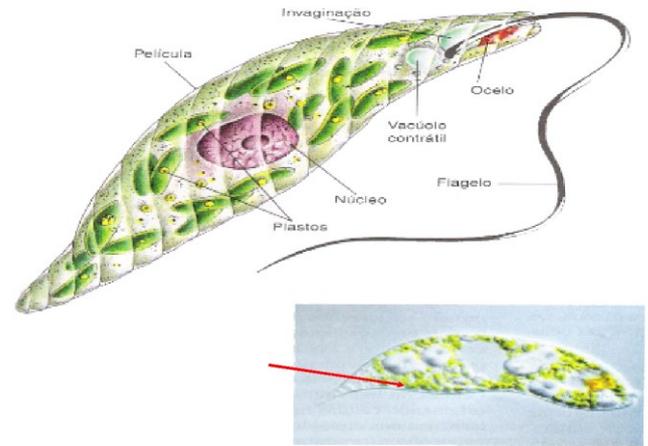
### Filo Bacillariophyta

- Diatomáceas ou Crisofíceas;
- Unicelulares;
- Microscópicas;
- Compõem o fitoplâncton;
- Células recobertas por carapaça de **dióxido de silício**;
- Presença de fucoxantina nos cloroplastos;
- Acúmulo de carapaças no fundo do mar – Diatomito;
- Utilização para creme dentais e tijolos.
- Utilizadas para fabricação de tijolos e telhas, esfoliantes para pele e cremes dentais.



### Filo Euglenophyta

- Euglenóides;
- Unicelulares;
- Maioria de água doce;
- Sem parede celular;
- Em geral possuem dois flagelos, um atrofiado e o outro para locomoção;
- Possuem vacúolo contrátil (excesso de água por osmose);
- Fotossíntese ou fagocitose (MIXOTRÓFICAS);



### Filo Dinophyta

- Dinoflagelados;
- Unicelulares;
- Compõem o fitoplâncton;
- Revestimento por placas de celulose com sílica formando um tipo de armadura – **LÓRICA**;
- Presença de dois flagelos;
- Algumas espécies sem cloroplastos – heterotróficas;
- Fenômeno da bioluminescência do mar conhecido por **ARDENTIA**. Exemplo: gênero *Nocticula*;
- Participam do fenômeno da **MARÉ VERMELHA**.



### Reprodução das Algas

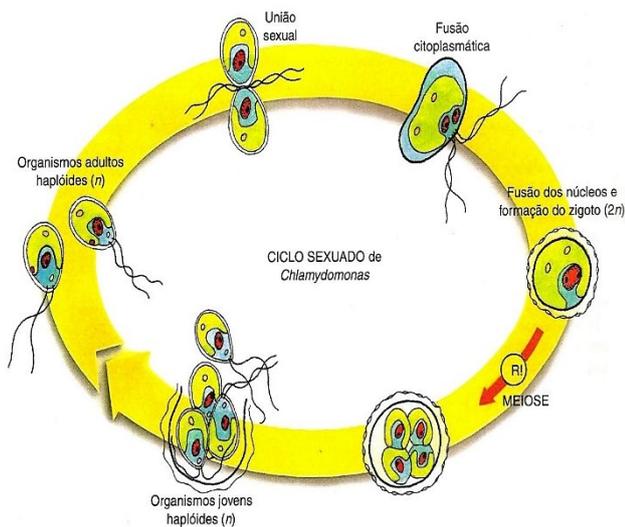
#### Assexuada

- **Divisão Binária** ou **Cissiparidade**: ocorre normalmente nas unicelulares, divisão celular ao meio que gera duas células filhas idênticas;
- **Fragmentação**: algas filamentosas, multiplicação celular e posterior partição originando novos indivíduos;
- **Zoosporia**: algas multicelulares, zoósporos se soltam do indivíduo e nadam para se fixar e desenvolvem-se;



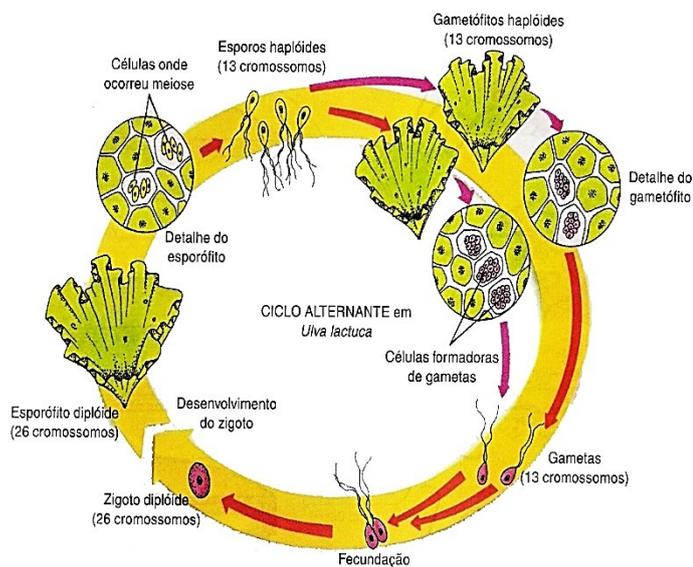
#### Sexuada

- Presente em quase todos os grupos;
- Em algas unicelulares como a *Chlamydomonas*, cada organismo é um "gameta", os indivíduos de sexo diferente se encontram e se fundem originando um zigoto 2N, este, sofre Meiose e produz 4 células N;



### Alternância de Gerações;

- Alternância de gerações com indivíduos haplóides e diplóides;
- Maioria das multicelulares;



### Importância das Algas

- Fazem parte do plâncton e **contribuem com 90% de todos os processos fotossintéticos**;
- Diversas espécies são comestíveis como as algas verdes e pardas;
- **Ágar-ágar**, substância das algas vermelhas que é utilizada para fazer meios de culturas em laboratórios e as geléias comestíveis industrializadas;
- **Carragenina**, retirada também das algas vermelhas, tem utilidade na estabilidade (consistência) de laxantes e cremes dentais;

### Protozoários

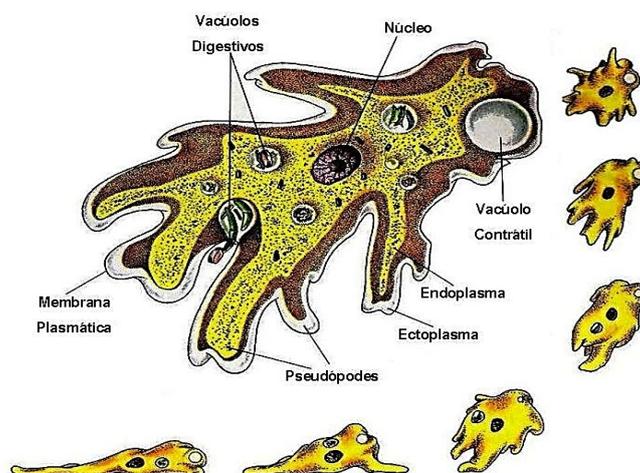
- **Protozoário** (do grego *protos*, primitivo, primeiro, e *zoon*, animal);
- Biólogos os designam como:
- "Organismos unicelulares heterotróficos que variam de 2 a 1000 micrômetros";
- Maioria aquática de água doce e salgada;
- Algumas espécies parasitas.

### Classificação dos Protozoários

FILO	Número de espécies	Estrutura locomotora	Exemplo
Sarcodina (sarcodíneos)	11.500	Pseudópodes	<i>Entamoeba histolytica</i>
Mastigophora (flagelados)	1.500	Flagelos	<i>Trypanosoma cruzi</i>
Ciliophora (ciliados)	6.000	Cílios	<i>Paramecium</i>
Sporozoa (esporozóários)	5.000	Não há	<i>Plasmodium vivax</i>

### Filo Sarcodina

- **Sarcodíneos**;
- Possuem **pseudópodes** (expansões citoplasmáticas), locomoção e captura de alimentos;
- **Ameba** como principal representante;
- **Maioria não possui parede celular (amebas)**;
- Os Foraminíferos possuem carapaças calcárias;



### Filo Mastigophora

- **Flagelados**;
- Quantidade variando de 1 a 10 flagelos;
- Utilização para movimentação e arrasto de partículas alimentares;
- Algumas espécies são parasitas;
- Relação ecológica simbiótica interespecífica positiva (+/+), Mutualismo;
- São encontrados no tubo digestivo de baratas e cupins;
- *Trypanosoma cruzi* - **Mal de Chagas**

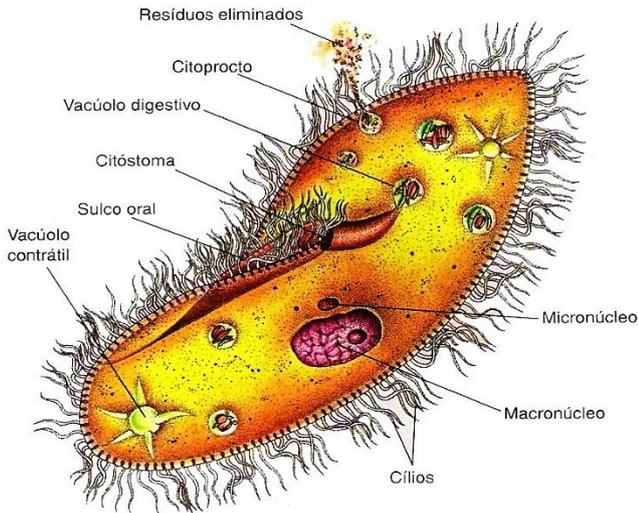
### Filo Sporozoa

- **Esporozóários**;
- Sem estruturas locomotoras;
- Formam esporos no ciclo de vida;

- Todos são endoparasitas vivendo no interior de vertebrados e invertebrados;
- *Plasmodium vivax* - malária;

### Filo Ciliophora

- **Ciliados;**
- Possuem de centenas a milhares de cílios, estruturas filamentosas mais curtas e mais numerosas que os flagelos;



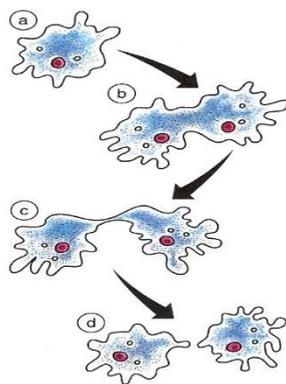
- Presença de mais de um núcleo na maioria dos ciliados. Geralmente há um núcleo grande, chamado **macronúcleo**, e um ou mais núcleos pequenos, chamados **micronúcleos**;
- Possuem vida livre, a maioria;
- Podem auxiliar na digestão de alguns ruminantes, como bois, carneiros e cabras, através da simbiose com o trato digestivo de tais animais;
- Apenas uma espécie é parasita do Homem: *Balantidium coli* - Balantidiose
- Representante mais conhecido é o **paramécio**, protozoário de água doce cuja forma lembra um chinelo;

### Reprodução dos Protozoários

#### Assexuada

##### 1. Divisão Binária

2. **Esquizogonia**: divisão nuclear seguida da divisão do citoplasma constituindo indivíduos isolados. Esses rompem a membrana celular-mãe e continuam a desenvolver-se.

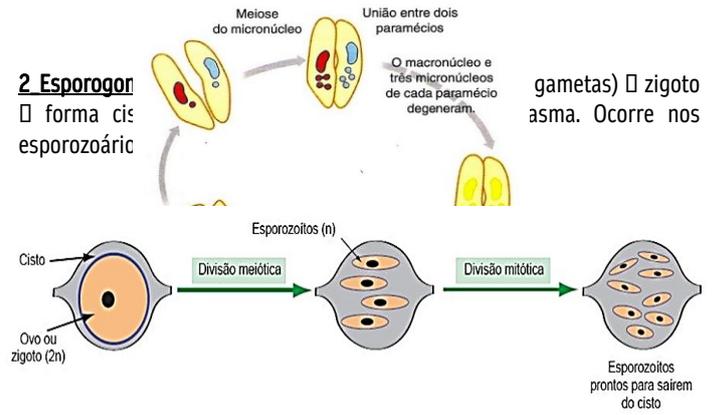


#### Sexuada

1. **Conjugação**: dois indivíduos de sexos diferentes se aproximam e formam entre si uma ponte citoplasmática, através da qual trocam micronúcleos. A fusão do micronúcleo recebido do parceiro com o original da célula, produz um protozoário geneticamente recombinado que passa a se multiplicar por divisão binária.

### 2 Esporogon

□ forma ciclo esporozoário



## REINO FUNGI

### Características dos fungos

O reino Fungi é formado por seres eucariontes que apresentam muitas características peculiares.

- Nenhum fungo possui clorofila ou outro pigmento capaz de lhe conferir a propriedade de realizar a fotossíntese. **Todos são heterótrofos**, isto é, incapazes de sintetizar o seu próprio alimento. Podem ser saprófitos ou parasitas.
- Os saprófitos vivem à custa de matéria orgânica morta, que vão decompondo. **Eliminam enzimas que digerem extracelularmente a matéria orgânica**, e o material digerido é absorvido e incorporado por eles. Os fungos decompositores desempenham, juntamente com as bactérias, a importante função de reciclagem da matéria na natureza.
- Os parasitas provocam doenças nos vegetais e nos animais, inclusive no próprio homem.
- Podem **ser unicelulares ou pluricelulares**. Nesse último caso, têm o corpo conhecido por **micélio**, constituído por filamentos chamados **hifas** (células fúngicas).
- As células dos fungos são revestidas por uma substância chamada **quitina**. Essa substância, um polissacarídeo nitrogenado, é encontrada também no esqueleto externo dos artrópodes
- A reserva nutritiva dos fungos é o polissacarídeo **glicogênio**, e não o amido.
- Os fungos reproduzem-se **sexuada e assexuadamente**. Nesse último caso, formam diversos tipos de **esporos**, transportados pela água, pelo vento ou aderidos ao corpo dos animais.
- Vivem em ambientes terrestres úmidos e sombreados e em ambientes aquáticos.

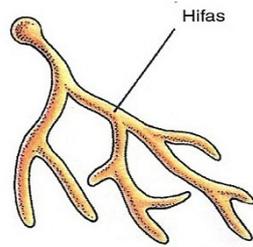
### Estruturas celulares

Como citado anteriormente, os fungos são uni ou pluricelulares. A grande maioria é pluricelular, constituídos por um emaranhado de filamentos, as **hifas** (célula de um fungo), cujo conjunto chama-se **micélio**, que não chega a formar tecidos.

As hifas são classificadas em:

- **Cenocíticas (não-septadas)**: são hifas que apresentam uma massa citoplasmática comum com vários núcleos. São as mais simples.
- **Septadas mononucleadas**: possuem septos transversais que dividem as hifas em compartimentos mononucleados. Esses septos não impedem as trocas de substâncias entre as células.
- **Septadas binucleadas (dicarióticas)**: possuem septos transversais separando compartimentos com dois núcleos. São formadas durante a reprodução sexuada, quando hifas mononucleadas de dois micélios diferentes se fundem.

Em certas espécies de fungos, o micélio se divide em micélio vegetativo (emaranhado de hifas que vive no substrato, dele retirando o alimento necessário a sua sobrevivência) e micélio reprodutivo formado por hifas que se projetam para fora do substrato e que são responsáveis pela produção e dispersão dos esporos. Este micélio chama-se corpo de frutificação.



**Classificação dos fungos**

A classificação dos fungos baseia-se principalmente nos tipos de esporos produzidos durante o seu ciclo evolutivo.

Na fase assexuada os esporos são produzidos por mitoses. São eles:

- **Zoósporos** - esporos flagelados de fungos aquáticos;
- **Aplanósporos** - sem flagelos, produzidos por esporângios e disseminados pelo vento, presentes em fungos terrestres;
- **Conidiósporos** - são esporos produzidos em fila na extremidade de uma hifa, sem mobilidade e disseminados pelo vento.

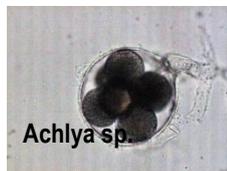
Nos fungos terrestres, na fase sexuada, os esporos são produzidos por meiose. Eles são imóveis e disseminados pelo vento. Seguindo essa classificação, podemos dividir os fungos em dois grandes grupos:

✦ **Mastigomicetos**

Produzem esporos assexuados e flagelados do tipo zoósporos; vivem na água ou terra úmida, suas hifas são cenocíticas; o principal exemplo é a *Achlya*.

Evolutivamente, foram os ancestrais dos mastigomicetos que originaram os fungos verdadeiros (**amastigomicetos**). Para isso perderam os **centríolos**, não produzindo mais os **flagelos** e sua parede celular deixou de ser de **celulose**, passando a ser de **quitina**. Então, nos **mastigomicetos**:

- Parede celular é de celulose;
- Possuem **centríolos** e **flagelos**.



✦ **Amastigomicetos (fungos verdadeiros)**

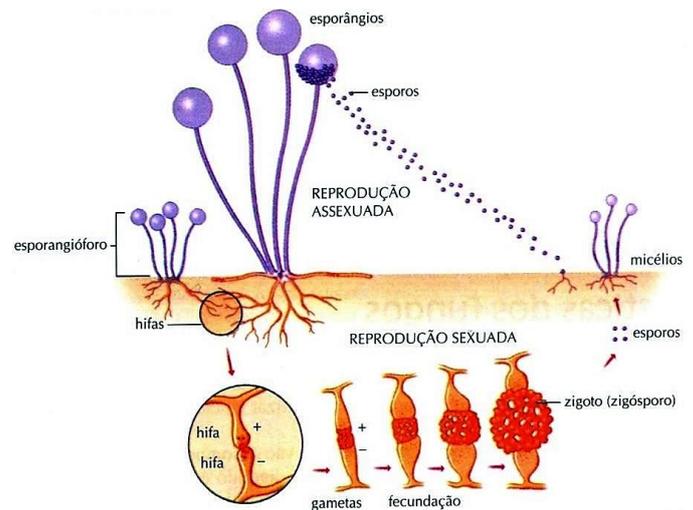
São os fungos verdadeiros, terrestres, os esporos não apresentam flagelos, possuindo reprodução sexuada e assexuada. Existem 4 filos de amastigomicetos:

- 1). Zigomicetos ou ficomicetos.
- 2). Ascomicetos.
- 3). Basidiomicetos.
- 4). Deuteromicetos.

1). **Estudo dos zigomicetos ou ficomicetos.**

São os fungos considerados mais simples, possuem hifas cenocíticas, seus esporos são os zigósporos, vivem, em geral, no solo, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição (saprofágicos ou saprófitas). Como exemplo, temos o *Rhizopus* que é o **bolor preto do pão**. Alguns zigomicetos produzem o molho de soja **shoyu** e outros produzem **hormônios anticoncepcionais**.

A reprodução básica do *Rhizopus stolonifer* é assexuada, mas, eventualmente, pode ocorrer a reprodução sexuada.



**Reprodução assexuada**

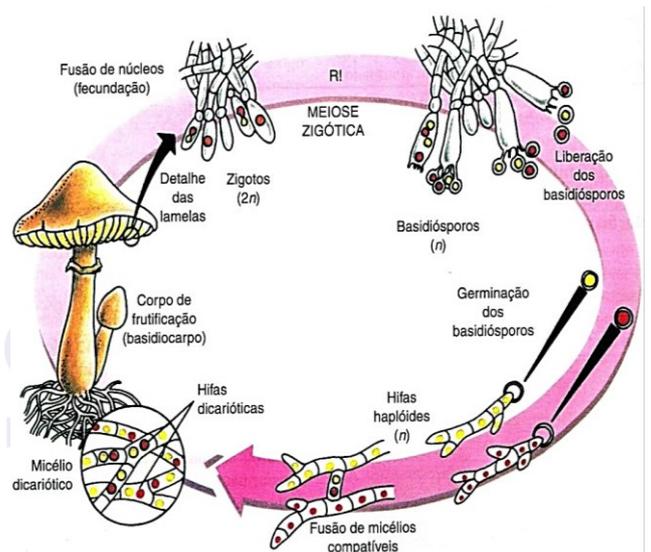
As hifas originam os esporangióforos, que produzem, no ápice, os esporângios. No interior dos esporângios são produzidos os esporos, que, se forem carregados pelo vento e caírem num ambiente favorável, germinarão, produzindo novos micélios.

**Reprodução sexuada**

Ocorre quando hifas de sinais contrários (+ e -) se aproximam, tocam-se e formam os gametas + e -, que se fundem para formar um zigoto (**zigósporo**). Este, passa por um período de dormência e depois germina, dividindo-se por **meiose** e originando quatro esporos. Tais esporos germinam produzindo novos micélios (novos fungos).

2). **Estudo dos ascomicetos.**

Constituem o filo mais numeroso e diversificado dos fungos, sendo representado por cerca de 30 mil espécies. Podem ser uni ou pluricelulares. Quando pluricelulares, as hifas são septadas e unicarióticas (mononucleadas). Entre os ascomicetos encontramos as **leveduras** (*Saccharomyces cerevisiae*) que são fungos unicelulares anaeróbicos facultativos, realizando fermentação alcoólica na produção de álcool e pão. São comercializados na forma de **fermento Fleischmann**. Reproduzem-se formando esporos chamados de **ascósporos**, produzidos no interior dos **ascos**.



### Reprodução sexuada

Um esporo (+) germina formando hifas mononucleadas haplóides (n). Um outro esporo (-) germina formando hifas mononucleadas haplóides (n). As hifas (+) e (-) aproximam-se e as células do ápice se unem formando uma célula binucleada (dicariótica). Essa célula cresce e forma o corpo de frutificação. Nele encontram-se hifas férteis que darão origem ao **asco**. O asco é um esporângio onde ocorre a fecundação. Os dois núcleos (+) e (-) se unem formando um zigoto diplóide (2n) que logo se divide por **meiose**, originando quatro células. Cada célula se divide por mitose, originando duas células. Dessa maneira, formam-se dentro do asco oito esporos, chamados **ascósporos**. O esporângio se abre, eliminando os esporos.

### 3). Estudo dos basidiomicetos.

Nesse filo estão incluídos os fungos conhecidos como cogumelos-de-chapéu e orelhas-de-pau. São pluricelulares e os seus micélios são formados por hifas dicarióticas (binucleadas). Produzem um corpo de frutificação em forma de chapéu denominado **píleo**. Debaixo do chapéu encontram-se muitas lamelas, que se dispõem radialmente, nas quais se formam os esporângios, chamados **basídios**. Cada basídio forma quatro esporos, os **basidiósporos**.

### Reprodução assexuada

Embora possam se reproduzir assexuadamente pela liberação de conidiósporos, a forma de reprodução mais frequente é a sexuada.

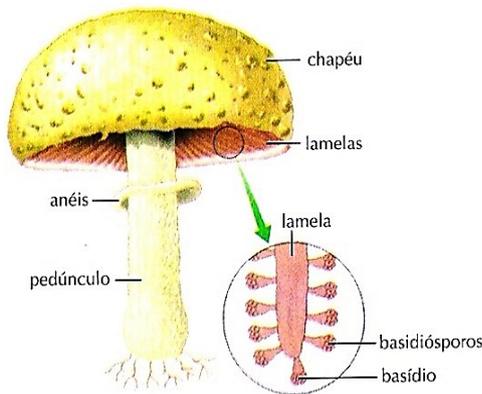


Figura demonstrativa de um basidiocarpo

### Reprodução sexuada

Inicia-se quando duas hifas haplóides, uma (+) e outra (-) fundem seus citoplasmas, ficando dicarióticas. Essas hifas crescem e formam um micélio que origina o **corpo de frutificação** ou **basidiocarpo**. Na parte interior do chapéu do basidiocarpo encontram-se várias lâminas radiais, denominadas **himênio**. Nessas lâminas encontramos as células denominadas **basídios**, que inicialmente apresentam dois núcleos (dicarióticas). Agora, ocorrerá fusão nuclear ficando as células diplóides. Cada núcleo diplóide (2N) sofre meiose para formar 4 basidiósporos, que migram para a extremidade do basídio.

### 4). Estudo dos deuteromicetos

São os chamados **fungos imperfeitos**, pois não se conhece a reprodução sexuada neles.

Os deuteromicetos são parasitas de vegetais e animais, onde produzem infecções chamadas micoses. O fungo da espécie *Tinea pedis* causa o pé-de-atleta ou frieira. O fungo da espécie *Candida albicans*, causa a monilíase ou candidíase que resulta em corrimentos vaginais nas mulheres e o sapinho na boca.

Alguns deuteromicetos têm grande importância econômica, pois são utilizados na fabricação de queijos como os dos tipos *camembert* e *roquefort*, e de antibióticos, como a penicilina.

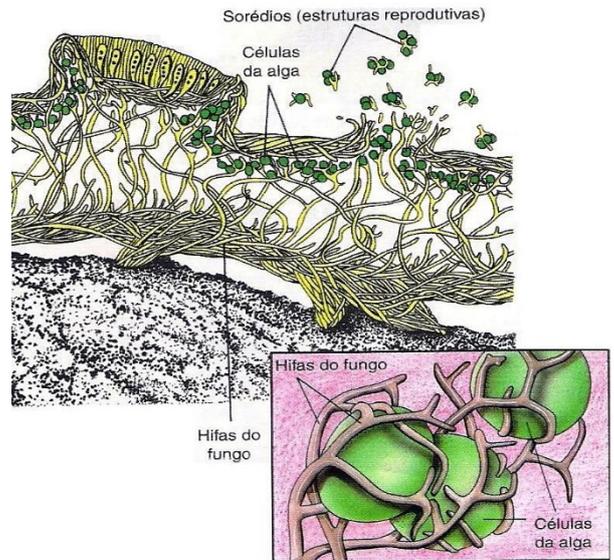
### Líquens e micorrizas

Os fungos podem estabelecer associações mutualísticas íntimas e permanentes com outros organismos. Tais associações são os líquens e as micorrizas. Em ambos os tipos, os dois organismos são beneficiados. A troca de benefícios é tão profunda que a sobrevivência isolada dos associados fica comprometida. Tal associação é denominada **mutualismo**.

Os **líquens** são associações entre fungos (geralmente ascomicetos) e algas (verdes ou azuis). Nessa associação, os fungos protegem com suas hifas as algas e absorvem água e sais minerais do solo fornecendo-os a alga. A alga, por sua vez, realiza fotossíntese e transfere para o fungo a glicose e outras substâncias orgânicas necessárias para sua sobrevivência.

Nota-se que os líquens habitam locais onde nem algas nem fungos poderiam viver isoladamente.

São encontrados em troncos de árvores, muros, locais úmidos etc. São muito sensíveis à poluição, sendo considerados **bioestimadores de poluição**.



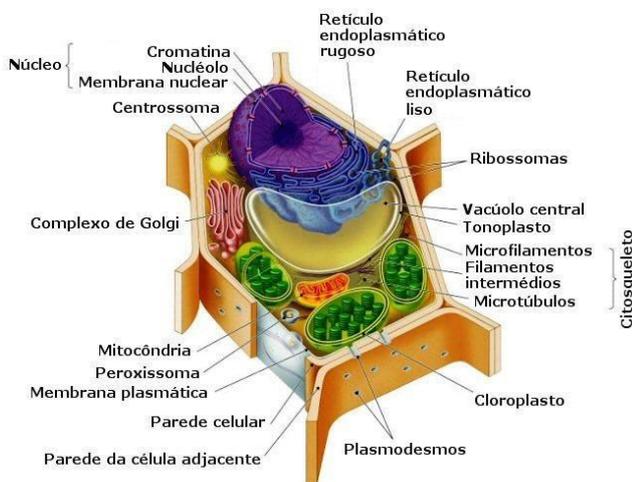
Reproduzem-se assexuadamente através dos **sorédios** ou **propágulos**. Eles são formados por algumas algas envolvidas por hifas dos fungos. A dispersão é realizada pelo vento.

As **micorrizas** são associações mutualísticas entre fungos (geralmente basidiomicetos) com as raízes de certas plantas, como o tomateiro, morangueiro, macieira, gramíneas, etc.

Nas micorrizas, os fungos degradam e absorvem matérias do solo, transferindo-as ao vegetal. A planta, por sua vez, fornece glicídios e aminoácidos ao fungo.

Os vegetais são classificados no Reino Plantae e têm as seguintes características:

- Eucariontes;
- Multicelulares;
- Autótrofos por fotossíntese (maioria);
- Possuem ciclo reprodutivo por **metagênese**, com uma fase **haplóide** chamada **gametófito** e uma **diplóide** chamada **esporófito**.
- Possuem células com cloroplastos contendo clorofila;
- Células revestidas por parede celular constituída, principalmente, por **celulose** (polissacarídeo);
- Possuem células que armazenam **amido** (polissacarídeo) como principal substância de reserva.



## Classificação das plantas

- **Criptógamas:** plantas que não possuem sementes e nem flores.
  - **Criptógamas avasculares:** além de não possuírem sementes e flores, também não possuem tecidos de vascularização. São as **Briófitas**.
  - **Criptógamas vasculares:** não possuem sementes e flores, mas possuem tecidos de vascularização. São as **Pteridófitas**.
- **Fanerógamas:** plantas que possuem sementes e flores. São as **Gimnospermas** (vegetais que não possuem frutos para alojamento das sementes) e **Angiospermas** (vegetais que possuem frutos para alojamento das sementes, contribuindo para sua dispersão).

## Características Estruturais dos vegetais

**Briófitas** possuem:

- Rizóides (raízes primitivas).
- Caulóides (caules primitivos).
- Filóides (folhas primitivas).

Ex.: musgos.

**Pteridófitas** possuem:

- Raiz.
- Caule.
- Folhas.
- Vasos condutores.

Ex.: samambaias

**Gimnospermas** possuem:

- Raiz.
- Caule.
- Folhas.
- Vasos condutores de seivas.
- Estróbilos
- Sementes.

Ex.: araucárias

**Angiospermas** possuem:

- Raiz.
- Caule.
- Folhas.
- Vasos condutores de seivas.
- Flores.
- Sementes.
- Frutos.

Ex.: mangueira.

## Criptógamas ➤ BRÍOFITAS

São as criptógamas cujo o corpo é dividido em **caulóide**, **filóide** e **rizóides**, assim denominados pela ausência de vasos de condução, o que as torna minúsculas e restritas a locais úmidos. O filo compreende as plantas simples comumente denominadas "musgos" e "hepáticas". Não atingem grande altura. Não possuem flores, frutos nem sementes mas são seres pluricelulares, clorofilados, com reserva de amido e parede celular de celulose.

## Ciclo de vida de uma Briófito

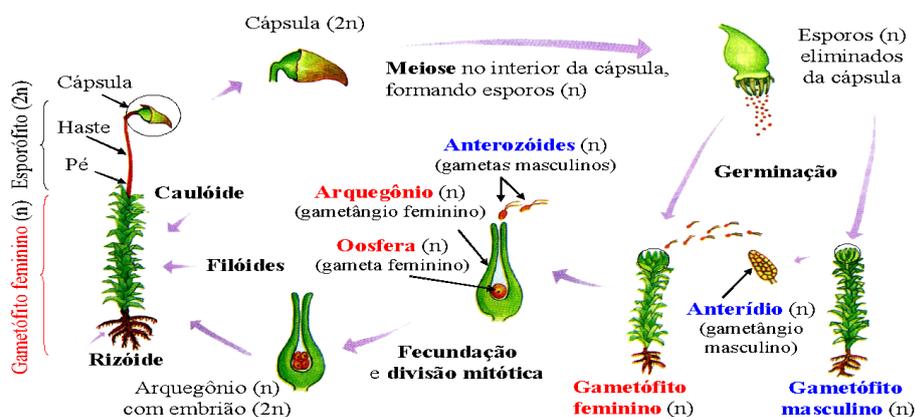
Como as outras plantas, os musgos têm alternância de gerações gametofítica (haplóide) e esporofítica (diplóide). A **fase predominante** ou **fase duradoura** no ciclo de vida dos musgos é a **gametofítica**. Os musgos que crescem sobre barrancos são gametófitos, a geração haplóide formadora de gametas. A maioria das espécies de musgo tem sexos separados, isto é, apresenta plantas femininas e plantas masculinas. Há porém, algumas espécies hermafroditas, em que uma mesma planta forma gametas dos dois sexos.

Ao atingir a maturidade, o musgo masculino forma, em seu ápice, uma taça folhosa que contém estruturas denominadas **anterídios**, no interior dos quais se formam centenas de gametas masculinos dotados de dois flagelos, os **anterozóides**. O musgo feminino forma, também em seu ápice, uma taça folhosa que contém estruturas em forma de garrafa, denominadas **arquegônios**. No interior de cada arquegônio forma-se um único gameta feminino, a **oosfera**.

Por ocasião de uma chuva ou garoa, a água que se acumula nas taças folhosas dos ápices das plantas masculinas estimula os anterídios a liberar anterozóides. Os respingos que atingem as taças masculinas esborrifam água e anterozóides para a taça folhosa do musgo feminino.

Os anterozóides nadam em direção aos arquegônios, neles penetram e aí fecundam as oosferas.

A fecundação de uma oosfera por um anterozóide dá origem a um **zigoto diplóide**. Este se desenvolve no ápice da planta feminina e produz um pequeno **esporófito diplóide**. Quando maduro, o esporófito forma uma cápsula na extremidade, no interior da qual há células que sofrem meiose e originam **esporos haplóides**.



## + PTERIDÓFITA

As plantas vasculares sem sementes são classificadas em quatro filós, dos quais o mais conhecido é o das pteridófitas, ou pterófitas (filo Pterophyta). A esse filo pertencem as avencas e samambaias, muito usadas como plantas ornamentais. A maioria das pteridófitas vive em regiões tropicais, mas há algumas espécies em regiões temperadas e mesmo semidesérticas.

A **fase dominante** no ciclo das pteridófitas é o **esporófito diplóide**, e não o gametófito, como nas briófitas. O esporófito costuma apresentar raiz, caule e folhas embora essa organização nem sempre seja facilmente perceptível. As folhas de muitas samambaias, por exemplo, parecem emergir diretamente do solo, pois o caule cresce bem junto à superfície ou se localiza alguns centímetros sob a terra. Caules desse tipo, chamados de **rizomas**, também estão presentes em algumas plantas angiospermas.

Nas pteridófitas, como nas outras plantas vasculares, há conjuntos de dois tipos de tubos, ou vasos especializados na condução de substâncias pelo corpo da planta.

Um deles é formado por um tecido conhecido como **xilema**, e o outro, por um tecido chamado **floema**. Os vasos do **xilema** conduzem água e sais minerais (**seiva bruta**) absorvidos do solo, das raízes até as folhas. Os vasos do **floema** conduzem a água e as substâncias orgânicas (**seiva elaborada**) fabricadas nas folhas até o caule e as raízes.

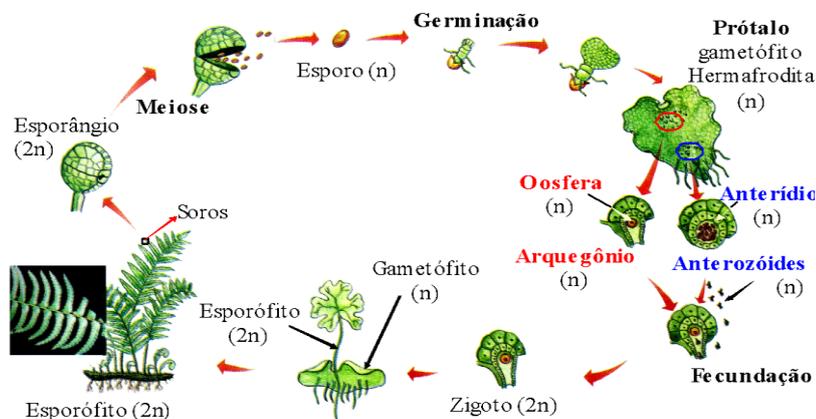
### Ciclo de vida de uma Pteridófitas

Nas pteridófitas, a geração predominante no ciclo de vida é a **esporofítica**. Avencas e samambaias, que vivem em barrancos úmidos ou sobre outras plantas, são esporófitos, a geração diplóide formadora de esporos.

Os esporos libertam-se da cápsula e são carregados pelo vento, espalhando-se. Em condições adequadas de umidade, cada espora germina e produz um novo gametófito. Este, ao atingir a maturidade, forma anterídios ou arquegônios, fechando-se o ciclo.

As plantas esporofíticas da maioria das samambaias, ao atingir a maturidade sexual, formam estruturas chamadas **soros**, localizados geralmente na face inferior de suas folhas. No interior dos soros localizam-se os **esporângios**, dentro dos quais há células que sofrem **meiose** e originam **esporos haplóides**.

Ao cair sobre um local úmido, um espora se desenvolve e origina uma plantinha haplóide, cuja forma



lembra um coração, denominada **prótalo**. Este é um **gametófito hermafrodita**, que na maturidade forma estruturas **reprodutivas masculinas**, os **anterídios**, e **femininas**, os **arquegônios**. Nos anterídios formam-se anterozóides, e em cada arquegônio forma-se uma oosfera.

Quando maduros, os anterídios libertam os anterozóides, que, após uma chuva ou garoa, nadam sobre a superfície umedecida do prótalo até os arquegônios, fecundando suas oosferas. O zigoto desenvolve-se no interior do arquegônio, originando um esporófito diplóide, uma futura samambaia. Esta, quando adulta, forma esporos haplóides, fechando-se o ciclo.

## FANERÓGAMAS

### + GIMNOSPERMAS

Plantas, em geral, com grande porte e de ambientes terrestres (a maioria de regiões temperadas). As primeiras plantas superiores da Terra eram gimnospermas e surgiram há dezenas de milhões de anos, quando as samambaias gigantes ainda constituíam imensos bosques no interior dos continentes e os primeiros vertebrados iniciavam sua lenta evolução em terra firme. Atualmente são plantas predominantemente arbóreas cuja área de distribuição compreende grande parte do hemisfério norte e zonas isoladas do hemisfério sul. Suas folhas são perenes e xerófilas (adaptadas a ambientes secos). As folhas reúnem-se em **inflorescências compactas** denominadas de **estróbilos**, **cone** ou **pinhas**, sempre **unissexuados**.

As gimnospermas são divididas em:

- Coniferophyta (coníferas);
- Cycadophyta (cicadófitas ou cicas)
- Gnetophyta (gnetófitas);
- Ginkgophyta (gincófitas).

### Ciclo de vida de uma Gimnosperma

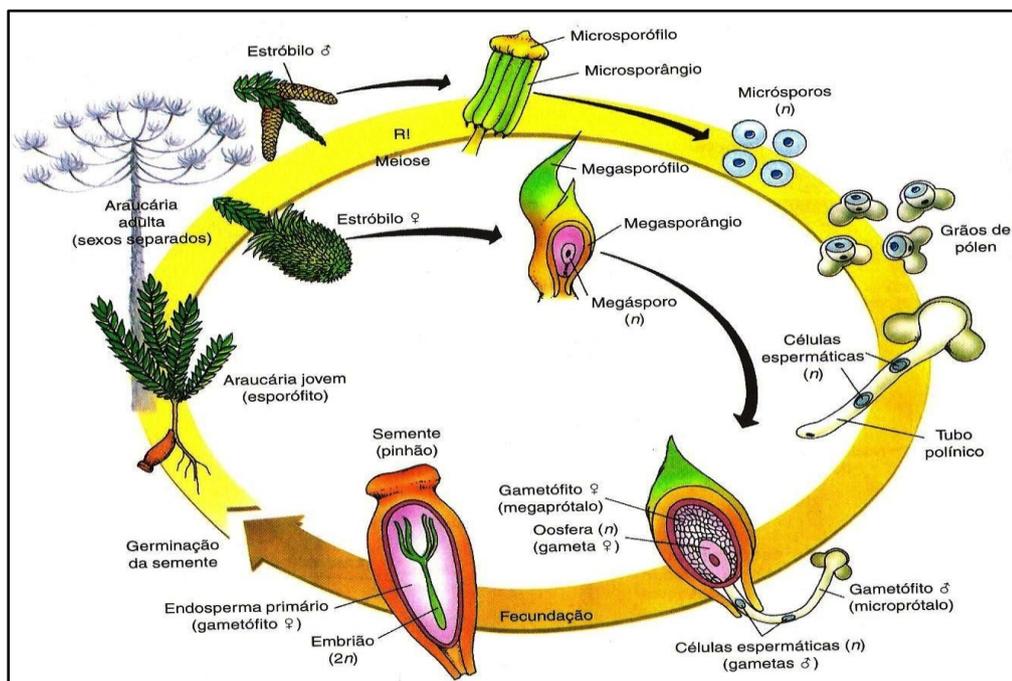
Uma gimnosperma como um pinheiro, por exemplo, é diplóide e representa o esporófito do ciclo de vida alternante que ocorre nessas plantas. Ao atingir a maturidade sexual, a gimnosperma forma estruturas reprodutivas conhecidas por **estróbilos**, que correspondem às flores das plantas angiospermas.

Os estróbilos são ramos modificados, que contêm folhas também modificadas situadas muito próximas umas das outras; daí seu aspecto "compacto". As folhas dos estróbilos são férteis, isto é, formam elementos reprodutivos. As pinhas de alguns pinheiros, muito usadas em decorações natalinas, são exemplos de estróbilos. As gimnospermas formam dois tipos de estróbilo: **femininos** - **megaestróbilos** - e **masculinos** - **microestróbilos**.

Em certas espécies, a mesma planta tem estróbilos masculinos e femininos; em outras, há plantas femininas, com megaestróbilos, e plantas masculinas, com microestróbilos.

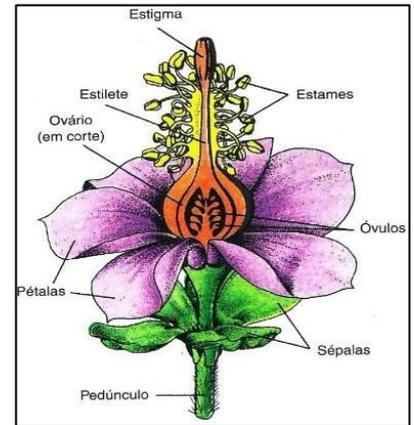
Os estróbilos masculinos liberam no ar os **micrósporos**, estes, sofrem mitose originando os **grãos de pólen**. Tais grãos sofrem modificações, originando o **tubo polínico** com **duas células espermáticas**.

Os estróbilos femininos originam o **gametófito feminino** que é o **megaprótalo**, este, resguarda em seu interior o gameta feminino, a **oosfera**. Quando os grãos de pólen encontram-se com os gametófitos femininos, há então a liberação das duas células espermáticas em seu interior. Uma delas fecunda a oosfera dando origem ao zigoto ( $2n$ ), e a outra, involui não participando do processo. Ao final, as estruturas que formavam o gametófito feminino dão origem a uma outra estrutura que armazena substâncias orgânicas para o futuro embrião - **endosperma primário**, com carga genética haplóide.



## † Angiospermas

São plantas de portes variados encontradas em praticamente todos os ambientes. Os principais representantes são terrestres embora existam espécies dulcícolas e marinhas (emersas ou submersas). São Cormófitas, ou seja, possuem órgãos vegetativos (raiz, caule e folhas) bem definidos. São Vasculares ou Traqueófitas possuindo canais ou vasos condutores de água e nutrientes orgânicos ou inorgânicos (seivas). São Fanerógamos possuindo flores e sementes (espermáfitas). São Embriófitas, ou seja, formam embriões. O ovário, após a fecundação, desenvolve-se num envoltório de proteção e dispersão: **o fruto**



### Ciclo de vida de uma Angiosperma

A reprodução de um vegetal que possui fruto depende da presença das estruturas de reprodução da flor. Tais estruturas são comumente chamadas de **verticilos florais** e estão dispostas em torno de um ramo muito

### VERTICILOS FLORAIS

- **Cálice** : verticilo floral mais externo, constituído por folhas modificadas chamadas **sépalas**.
- **Corola**: localiza-se internamente aocálice, sendo constituído por um conjunto de **pétalas**.
- **Androceu**: parte masculina da flor formado por um conjunto de folhas modificadas férteis - os **estames**. Estes, possuem uma porção terminal dilatada que recebe o nome de **antera**, na qual se formam os grãos de pólen.
- **Gineceu**: parte feminina da flor formada por um conjunto de folhas modificadas férteis - os **carpelos**. Estes, são responsáveis pela formação dos óvulos. Um ou mais carpelos podem se dobrar e se fechar, formando uma estrutura em forma de vaso - o **pistilo**. A base dilatada do pistilo é o ovário, e sua extremidade livre, localizada na ponta do tubo que parte do ovário, é chamada **estigma**. A porção entre o ovário e o estigma é denominada **estilete**.

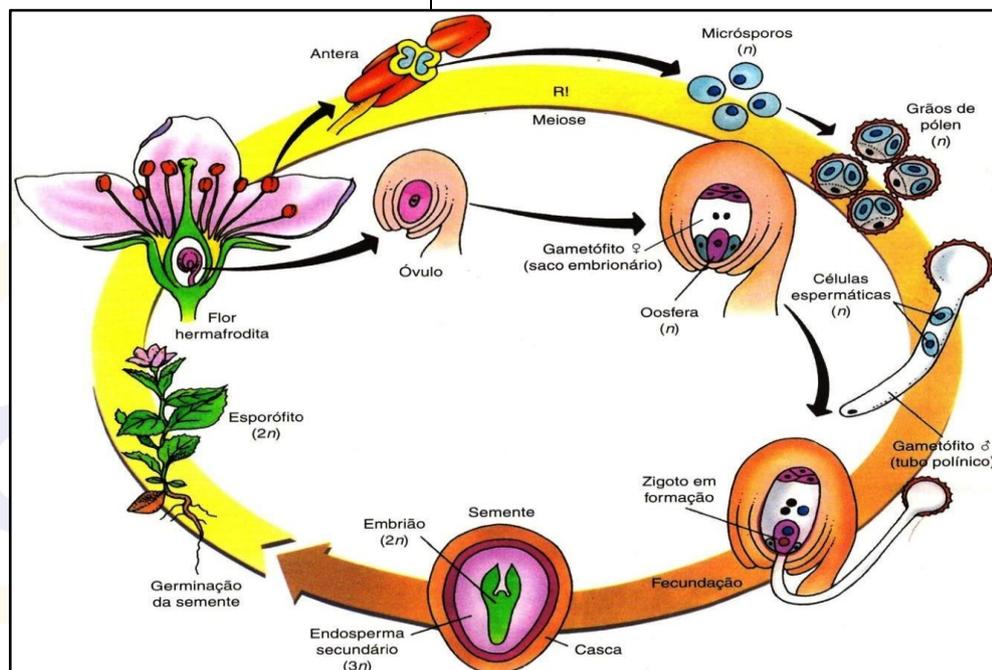
### Reprodução das Angiospermas

O processo de fecundação nas angiospermas é análogo ao observado nas gimnospermas.

Com a liberação dos grãos de pólen, e posterior formação do tubo polínico, haverá a introdução das duas células espermáticas no interior do gametófito feminino. Uma delas fecunda a oosfera originando um **zigoto**, a outra, por sua vez se une a outras duas células que são encontradas na região central do gametófito feminino - os **núcleos polares**. Essa união resulta em um material de armazenamento energético para o futuro embrião - o **endosperma secundário**, com carga genética **triplóide**.

O embrião diplóide, após ter sido germinado da semente, cresce e origina um **esporófito** também **diplóide**. O processo de união das duas células espermáticas, uma unindo-se à oosfera e a outra unindo-se aos núcleos polares, é chamado de **Dupla fecundação**, só ocorrendo nesse filo.

O **saco embrionário**, gametófito feminino, ainda possui na fase de reprodução cinco outras células, **três antípodas** e **duas sinérgides**. Estas, envolvem e morrem, não havendo sua inserção em nenhum dos processos citados anteriormente.

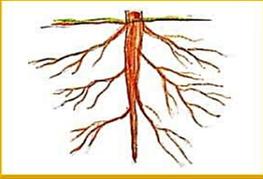
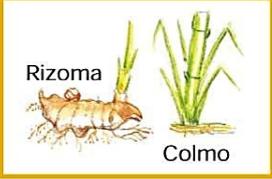
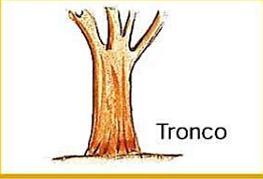
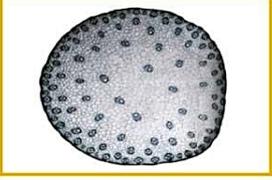
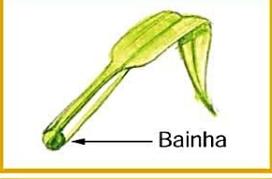
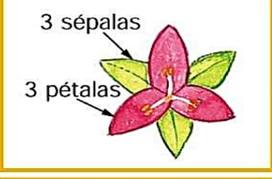
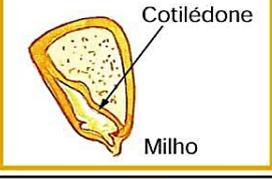
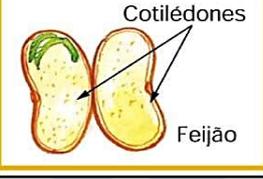


## Divisão das angiospermas

As angiospermas são divididas em grupos, monocotiledôneas, eudicotiledôneas e dicotiledôneas, que podem ser reconhecidos por uma série de características, como:

- Número de cotilédones;
- Organização floral;
- Estrutura da raiz e caule;
- Tipo de nervação da folha.

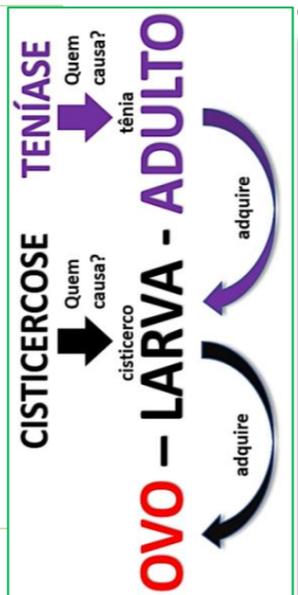
Observação: lembrem das EUDICOTILEDÔNEAS!!!

Monocotiledôneas e dicotiledôneas				
DIFERENÇAS ENTRE MONO- E DICOTILEDÔNEAS, QUANTO À MORFOLOGIA EXTERNA				
Órgão	Monocotiledôneas		Dicotiledôneas	
<b>Raiz</b>		Em feixe (fasciculada).		Pivotante ou axial.
<b>Caule</b>	 Rizoma Colmo	Normalmente sem crescimento em espessura: herbáceos, colmos, bulbos e rizomas.	 Tronco	Normalmente com crescimento em espessura. São comuns caules lenhosos.
		Feixes vasculares dispostos irregularmente.		Feixes vasculares dispostos em círculo.
<b>Folha</b>	 Bainha	Bainha geralmente desenvolvida. Nervuras paralelas.	 Bainha	Bainha quase sempre reduzida. Nervuras reticuladas.
<b>Flor</b>	 3 sépalas 3 pétalas	Sépalas e pétalas em geral organizadas em base 3 (trímeras).	 5 sépalas 5 pétalas	Sépalas e pétalas geralmente organizadas em base 5 (pentâmeras). Mais raramente 2 ou 4.
<b>Semente</b>	 Cotilédone Milho	Um cotilédone reduzido, sem reserva.	 Cotilédones Feijão	Dois cotilédones com ou sem reserva.

## REINO VEGETAL

<b>1. GRUPOS</b>	a) Briófitas	- Pequeno porte; Avascularizadas; Criptógamas (Sem sementes); Geração gametofítica predominante; Dependentes de água para reprodução.	
	b) Pteridófitas	- Vascularizadas (Traqueófitas); Criptógamas (Sem sementes); Geração esporofítica predominante. Dependentes de água para reprodução.	
	c) Gimnospermas	- Grande porte; Vascularizadas (Traqueófitas); Fanerógamas (com sementes); Geração esporofítica predominante; Formam estróbilos, Ausência de frutos.	
	d) Angiospermas	- Vascularizadas (Traqueófitas); Fanerógamas (com sementes); Geração esporofítica predominante; Formam frutos; Fecundação dupla.	
<b>2. Histologia</b>	<b>Tecidos embrionários</b>	- Protoderme; Meristema fundamental; Procâmbio.	
	<b>Tecidos primários e secundários</b>	Epiderme	- Tecido vivo e permanente; Revestimento.
		Parênquimas	- Tec. vivos; Reserva; Preenchimento; Assimilação.
		Colênquima	- Tecido vivo e permanente; Sustentação.
		Esclerênquima	- Tecido morto e permanente; Sustentação.
		Xilema	- Tecido morto e permanente; Condução e sustentação.
		Floema	- Tecido vivo e permanente; Condução de seiva orgânica.
		Câmbio	- Tecido vivo de formação; Preenchimento.
		Felôgênio	- Tecido vivo de formação; Forma o feloderme e o súber.
		Feloderme	- Tecido vivo e permanente; Revestimento.
Súber	- Tecido morto e permanente; Revestimento e proteção.		
<b>3. FISIOLOGIA</b>	Condução da seiva bruta	-Teoria de Dixon; "Teoria da coesão-tensão"; A PERDA DE ÁGUA POR TRANSPIRAÇÃO ATUA COMO FORÇA DE SUÇÃO DE ÁGUA.	
	Condução da seiva elaborada	-Explicação mais aceita: Hipótese do fluxo em massa (de Munch); A SEIVA MOVE-SE (PELO FLOEMA) DO LOCAL ONDE É PRODUZIDA (+ CONC.) PARA O LOCAL ONDE É CONSUMIDA (- CONC.).	
<b>4. Hormônios</b>	a) Auxinas	-Induz o crescimento do lado escuro do caule. Inibe gemas axilares e estimula a formação dos frutos.	
	b) Giberelinas	-Indução da partenocarpia; Quebra da dormência das sementes.	
	c) Citocininas	-Promovem a divisão e a distensão celular; Retarda o envelhecimento das folhas.	
	d) Etileno	-Gás que atua como hormônio; Estimula o amadurecimento de frutos.	
	e) Ác. Abscísico	Dormência de gemas e sementes; Indução da senescência (Envelhecimento).	

CARACTERÍSTICAS	PORÍFEROS	CNIDÁRIOS	PLATELMENTOS	NEMATÓDEOS
<b>Sist. Digestório/Digestão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtradores;</li> <li>Digestão intracelular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cavidade gastrovascular (incompleta)</li> <li>Digestão extra e intracelular</li> <li>Carnívoros predadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Vida livre:</b> digestão extra e intracelular. Tubo digestório incompleto. Carnívoros predadores ou não.</li> <li><b>Parasitas:</b> absorção do alimento digerido pelo hospedeiro ou de nutrientes do sangue do hospedeiro</li> <li><b>Tênia:</b> sem tubo digestório</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Vida livre:</b> digestão extra e intracelular. Tubo digestório completo. Carnívoros e herbívoros;</li> <li><b>Parasitas:</b> alimentam-se dos tecidos ou do conteúdo intestinal do hospedeiro ou de nutrientes da linfa (filárias)</li> </ul>
<b>Sist. Respiratório/Trocas gasosas</b>	Difusão simples	Difusão pela superfície corporal	Difusão pela superfície corporal	Difusão pela superfície corporal
<b>Sist. Circulatório/Circulação</b>	Não possui	Cavidade gastrovascular funciona na distribuição de alimentos e gases	Intestino amplamente ramificado compensa a ausência de sistema circulatório	Fluido que preenche o <b>pseudoceloma</b> atua também no transporte dos alimentos absorvidos pelo intestino
<b>Sist. Excretor/Excreção</b>	Difusão de excretas nitrogenadas (NH <sub>3</sub> )	Difusão de excretas nitrogenadas (NH <sub>3</sub> )	Células flama (protonefrídeos) removem NH <sub>3</sub> , sais e excesso de água	Células glandulares excretoras, canais excretores (NH <sub>3</sub> )
<b>Sistema Nervoso</b>	Não possui	Rede nervosa difusa; Estruturas sensoriais (equilíbrio, luz) na margem da umbrela das medusas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cordões nervosos longitudinais, ventrais;</li> <li>Cefalização;</li> <li>Gânglios cerebroides;</li> <li>Órgãos sensoriais (quimiorreceptores e receptores de luz).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cordões nervosos (dorsal e ventral) longitudinais;</li> <li>Anel nervoso ao redor do esôfago.</li> </ul>
<b>Reprodução</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regeneração;</li> <li>Brotamento;</li> <li>Gemulação;</li> <li>Reprodução sexuada: hermafroditas;</li> <li>Fecundação interna;</li> <li>Larva: anfiblastula e estereoblastula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regeneração;</li> <li>Brotamento;</li> <li>Reprodução sexuada: em muitos, metagênese;</li> <li>Larva plânula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fragmentação, regeneração (planária);</li> <li>Reprodução sexuada: hermafroditas (<b>tênia</b> com autofecundação e <b>planária</b> com fecundação cruzada);</li> <li>Sexos separados: <b>esquistossomos</b>;</li> <li>Várias formas larvais nos parasitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reprodução sexuada: maioria de sexos separados;</li> <li>Fecundação interna;</li> <li>Várias formas larvais nos parasitas.</li> </ul>
<b>Simetria</b>	Assimétricos ou radiais	Radial	Bilateral	Bilateral
<b>Celoma/Diferenciação do blastóporo</b>	Sem classificação	<b>Diblasticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblasticos <b>acelomados</b></li> <li>Protostômios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblasticos <b>pseudocelomados</b>;</li> <li>Protostômios.</li> </ul>
<b>Lembrar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Esponjas</li> <li>Filtradores (microfagos)</li> <li>Célula típica: coanócito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Célula típica: cnidócito;</li> <li>Pólopo e medusa: formas corporais típicas;</li> <li>Metagênese;</li> <li>Hidra, água-viva, anêmonas, corais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Célula-flama</b>;</li> <li>Planária, tênia, esquistossomo, equinococo;</li> <li>Miracídio e cercária (esquistossomo);</li> <li>Oncosfera e cisticerco (tênias).</li> <li><b>Tenias e Cisticercose</b></li> </ul>	<p>Ascáride, ancilóstomo, filariose, oxiurose</p>

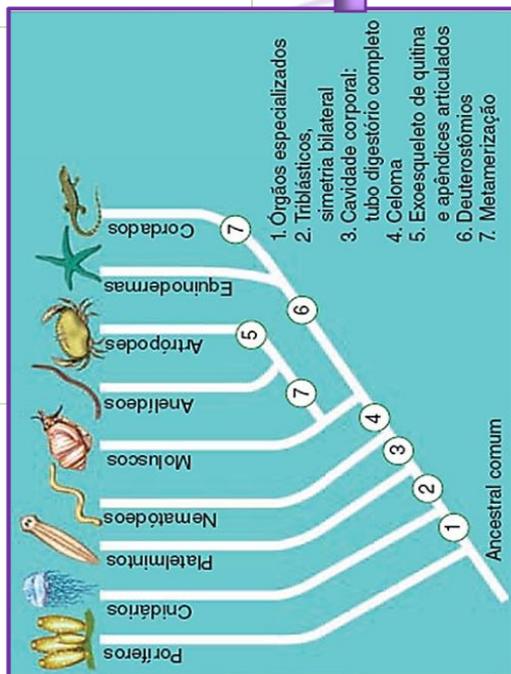


Leonardo Gomes BIOLOGIA

Leonardo Gomes

CARACTERÍSTICAS	MOLUSCOS	ANELÍDEOS	ARTRÓPODES	EQUINODERMOS
<b>Sist. Digestório/Digestão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo digestório completo</li> <li>• Digestão extracelular</li> <li>• <b>Gastrópodes:</b> herbívoros, carnívoros e detritívoros, com rádula</li> <li>• <b>Bivalves:</b> filtradores, sem rádula</li> <li>• <b>Cefalópodes:</b> carnívoros, predadores, com rádula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo digestório completo</li> <li>• Digestão extracelular</li> <li>• Detritívoros (minhocas), predadores (poliquetas) e ectoparasitas (sanguessugas);</li> <li>• Alguns poliquetas são filtradores (micrófagos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo digestório completo</li> <li>• Digestão extracelular</li> <li>• Várias adaptações digestivas: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) <b>Insetos:</b> nutrição diversificada, com peças bucais picadoras, sugadoras, lambedoras;</li> <li>b) <b>Crustáceos:</b> filtradores, predadores e coletores de alimento;</li> <li>c) <b>Aracnídeos:</b> maioria carnívoros predadores;</li> <li>d) <b>Miriápodes:</b> predadores (quilópodes) e herbívoros (diplópodes).</li> </ul> </li> <li>• Aranhas: digestão inicia extracorpórea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo digestório normalmente completo.</li> <li>• Digestão extracelular.</li> </ul> <p>Adaptações digestivas: aparelho raspador (<b>lanterna de aristóteles</b>) nos ouriços; estrelas-do-mar são carnívoras predadoras.</p>
<b>Sist. Respiratório/Trocas gasosas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>"Pulmões" simples</b> (gastrópodes terrestres e de água doce);</li> <li>• Brânquias (gastrópodes marinhos, bivalves e cefalópodes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troca gasosa pela superfície corporal (minhocas);</li> <li>• Brânquias associadas a parapódios nos poliquetas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Traqueal</b> (insetos, quilópodes e diplópodes).</li> <li>• <b>Branquial</b> (crustáceos).</li> <li>• <b>Pulmões foliáceos e traqueias</b> (aracnídeos).</li> <li>• <b>Na respiração traqueal não há participação do sistema circulatório.</b></li> </ul>	<p>Brânquias e pápulas (extensões do celoma cobertas por epiderme na estrela-do-mar) e eventualmente os pés ambulacrários atuam nas trocas gasosas.</p>
<b>Sist. Circulatório/Circulação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema aberto (gastrópodes e bivalves);</li> <li>• <b>Circulação fechada (cefalópodes);</b></li> <li>• Hemocianina no plasma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistema fechado.</b></li> <li>• Sangue com hemoglobina.</li> <li>• Vasos ("corações") pulsáteis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema aberto.</li> <li>• Hemolinfa, de modo geral, não participa do transporte de gases quando há traqueias.</li> <li>• Nos crustáceos, a hemolinfa possui <b>hemocianina</b> (também presente em alguns aracnídeos com pulmões foliáceos).</li> </ul>	<p>Fluido celômico (principal meio para transporte interno de alimentos).</p>
<b>Sist. Excretor/Excreção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "Rins" (reunião de nefrídios). NH<sub>3</sub> (gastrópodes marinhos e de água doce, cefalópodes e bivalves).</li> <li>• Ureia (gastrópodes de água doce), <b>Ácido úrico</b> (gastrópodes terrestres).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metanefrídios segmentares.</li> <li>• NH<sub>3</sub> (minhoca e poliquetas), ureia (minhoca)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Túbulos de Malpighi:</b> em insetos a excreção é uricotelica (<b>ácido úrico</b>).</li> <li>• <b>Glândulas verdes:</b> nos crustáceos, a excreção é amoniotélica.</li> <li>• <b>Glândulas coxais:</b> nos aracnídeos, excretam guanina e <b>ácido úrico</b>.</li> <li>• Nos miriápodes (<b>túbulos de Malpighi</b>), amônia e <b>ácido úrico</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção de excretas através dos finos revestimentos de pés ambulacrários, brânquias e pápulas.</li> <li>• Amoniotélicos (NH<sub>3</sub>).</li> </ul>
<b>Sistema Nervoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pares de gânglios (cabeça, pé e massa visceral).</li> <li>• Altamente desenvolvido nos cefalópodes, com olhos complexos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganglionar ventral.</li> <li>• Gânglios cerebroides dorsalmente à faringe, anel perifaringeo.</li> <li>• Cordão nervoso ventral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganglionar ventral.</li> <li>• Nos insetos e crustáceos, semelhante ao dos anelídeos.</li> <li>• Nos aracnídeos, muitos gânglios fundidos, concentrados no cefalotórax.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco desenvolvido.</li> <li>• Anéis nervosos centrais e nervos radiais.</li> </ul>

CARACTERÍSTICAS	MOLUSCOS	ANELÍDEOS	ARTRÓPODES	EQUINODERMOS
<b>Reprodução</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sexos separados (maioria) ou hermafroditas (gastropodes terrestres e dulcícolas).</li> <li>Fecundação interna ou externa.</li> <li>Estágios larvais em bivalves gastrópodes marinhos e grupos menores.</li> <li>Em cefalópodes o desenvolvimento é direto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hermafroditismo (minhocas e sanguessugas), com desenvolvimento direto.</li> <li>Sexos separados (poliquetas) com larva trocófora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sexos geralmente separados.</li> <li>Dimorfismo sexual.</li> <li>Fecundação interna.</li> <li>Desenvolvimento direto (alguns insetos, <b>ametabólos</b>).</li> <li>Desenvolvimento indireto (alguns insetos, <b>hemimetabólos</b> e <b>holometabólos</b>).</li> <li>Nos crustáceos, muitos tipos larvais com metamorfose.</li> <li>Nos aracnídeos, ácaros e carrapatos, presença de formas jovens (ninfas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De modo geral, sexos separados.</li> <li>Fecundação externa com desenvolvimento indireto (variados tipos de larvas).</li> </ul>
<b>Simetria</b>	Bilateral	Bilateral	Bilateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pentarradial, como regra, na maioria dos adultos.</li> <li>Larvas com simetria bilateral.</li> </ul>
<b>Celoma/Diferenciação do blastóporo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblásticos celomados</li> <li>Protostômios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblásticos celomados</li> <li>Protostômios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblásticos celomados</li> <li>Protostômios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Triblásticos celomados</li> <li><b>Deuterostômios</b></li> </ul>
<b>Lembrar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manto, massa visceral, concha, pé muscular e rádula (exceto bivalves).</li> <li>Ostra, marisco, mexilhão, caramujo, lesma, polvo, lula.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minhoca: clitelo, papo, moela, cercos intestinais, tiflosole, cerdas e húmus.</li> <li>Poliquetas: parapódios, cerdas.</li> <li>Sanguessugas: ventosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apêndices articulados.</li> <li>Exoesqueleto quitina.</li> <li><b>Divisão corporal:</b></li> <li>a) Insetos: cabeça, tórax, abdome;</li> <li>b) Crustáceos e Aracnídeos: cefalotórax e abdome;</li> <li>c) Quilópodes: cabeça e tronco;</li> <li>d) Diplópodes: cabeça, tórax e abdome.</li> </ul> <p><b>Nº de patas:</b>  <b>Insetos:</b> 3 pares; <b>Aracnídeos:</b> 4 pares;  <b>Crustáceos:</b> 5 pares ou mais; <b>Miriápodes:</b> várias.  <b>Antenas:</b> ausentes apenas nos aracnídeos.  <b>Quelíceras e pedipalpos:</b> presentes apenas nos aracnídeos.  <b>Asas:</b> apenas nos insetos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ouriços, bolachas-da-praia, estrelas-do-mar, pepinos, lírios-do-mar e ofiuroídes.</li> <li>Endoesqueleto calcário.</li> <li>Sistema ambulacral (hidrovascular), pés ambulacrários; pápulas.</li> <li>Pedicelárias.</li> </ul>



# P C P N e M A A E

↑ Escala filogenética (evolutiva) dos principais filos de animais invertebrados

CARACTERÍSTICAS	PEIXES CARTLAGINOSOS	PEIXES ÓSSEOS	ANFÍBIOS	RÉPTEIS	AVES	MAMÍFEROS
Sist. Digestório	TUBO DIGESTÓRIO COMPLETO/ DIGESTÃO EXTRACELULAR					
Sist. Respiratório/Trocas gasosas	Brânquias	Brânquias. • Alguns "pulmonados"	Brânquias (fase larval), pulmões, epitélio da boca e da faringe, pele (adultos).	Pulmões	• Pulmões • Sacos aéreos	Pulmões
Sist. Circulatório/Circulação	• Fechado. • Coração com DUAS cavidades (A e V) – sangue venoso no coração. • <u>Circulação SIMPLES e COMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Heterotermos.	• Fechado. • Coração com DUAS cavidades (A e V) – sangue venoso no coração. • <u>Circulação SIMPLES e COMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Heterotermos.	• Fechado. • Coração com TRÊS cavidades (2A e V) – <u>Circulação DUPLA e INCOMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Heterotermos.	• Fechado. • Coração com TRÊS cavidades (2A e V – não-crocilianos – SEPTO DE SABATIER) /Coração com QUATRO cavidades (2A e 2V – nos crocilianos – FORAME DE PANIZZA) • <u>Circulação DUPLA e INCOMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Heterotermos.	• Fechado. • Coração com QUATRO cavidades (2A e 2V) – <u>Circulação DUPLA e COMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Homeotermos.	• Fechado. • Coração com QUATRO cavidades (2A e 2V) – <u>Circulação DUPLA e COMPLETA.</u> • Sangue com hemoglobina. • Homeotermos.
Sist. Excretor/Excreção	• Rins, cloaca. • Principal excreta nitrogenado: <b>URÉIA.</b>	• Rins/Bexiga urinária. • Principal excreta nitrogenado: <b>AMÔNIA.</b>	• Rins/Bexiga urinária/Cloaca. • Principal excreta nitrogenado: <b>URÉIA.</b>	• Rins/Cloaca (alguns com bexiga). • Principal excreta nitrogenado: <b>ÁCIDO ÚRICO</b>	• Rins/Cloaca (avestruz tem bexiga!!). • Principal excreta nitrogenado: <b>ÁCIDO ÚRICO</b>	• Rins/Bexiga urinária. • Principal excreta nitrogenado: <b>URÉIA.</b>
Sistema Nervoso	TUBULAR e DORSAL/ ENCÉFALO e MEDULA ESPINAL					
Reprodução	• Sexos separados. • Fecundação interna (lembrar do CLÁSPER). • Ovíparos (sim, há tubarões que põe ovos!!!) ovovivíparos e vivíparos.	• Sexos geralmente separados. • Fecundação externa ou interna. • Ovíparos ou ovovivíparos. • Alevino (estágio larval).	• Sexos separados. • Fecundação, de modo geral, externa. • Larvas (girinos) em espécies aquáticas.	• Sexos separados. • Fecundação interna. • Ovíparos.	• Sexos separados. • Fecundação interna. • Ovíparos.	• Sexos separados. • Fecundação interna. • Ovíparos (ornitorrinco e equidna) e vivíparos (demais grupos), a maioria com útero e formação de placenta.
Simetria	BILATERAL					
Celoma/ blastoporo	TRIBLÁSTICOS CELOMADOS e DEUTEROSTÔMIOS					
Lembrar (importante)	• Esqueleto cartilaginoso. • <b>Boca ventral.</b> • Cinco pares de fendas branquiais. • Escamas <b>dermoepidérmicas (placóides).</b> • Linha lateral nos cações ou tubarões e arraias.	• Esqueleto ósseo. • Boca terminal. • Quatro pares de fendas branquiais. • Opérculo e câmara branquial. • Escamas <b>dérmicas. Vesícula gasosa ("bexiga natatória").</b> • Linha lateral.	• Pele fina e úmida (trocas gasosas). • Não há anfíbios no mar. • Sapos, rãs, pererecas, salamandras, cobras-cegas (terrestres). • Há vitelo, mas não vesícula vitelínica.	• Pele seca queratinizada. • Anexos embrionários: âmnio, cório, vesícula vitelínica, alantóide.	• Pele ricamente queratinizada, penas, ossos pneumáticos, bico córneo. • Papo e moela. • Anexos embrionários: âmnio, cório, vesícula vitelínica, alantóide. • Papo e moela.	• Glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias. • Pelos, diafragma. • Âmnio, cório, vesícula vitelínica e alantóide reduzidos. • Placenta e cordão umbilical.

# Metas propostas



## QUESTÃO 01

[ 174984 ]. (Enem 2017) O fenômeno da piracema (subida do rio) é um importante mecanismo que influencia a reprodução de algumas espécies de peixes, pois induz o processo que estimula a queima de gordura e ativa mecanismos hormonais complexos, preparando-os para a reprodução. Intervenções antrópicas nos ambientes aquáticos, como a construção de barragens, interferem na reprodução desses animais.

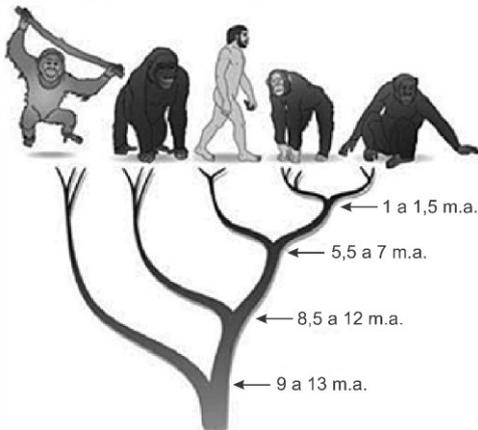
**Essa intervenção antrópica prejudica a piracema porque reduz o(a)**

- a) percurso da migração.
- b) longevidade dos indivíduos.
- c) disponibilidade de alimentos.
- d) período de migração da espécie.
- e) número de espécies de peixes no local.



## QUESTÃO 02

[ 177106 ]. (Enem PPL 2017)



A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla "m.a." significa "milhões de anos atrás". As ilustrações representam, da esquerda para a direita, o orangotango, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

**Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:**

- a) Gorila e bonobo.
- b) Gorila e chimpanzé.
- c) Gorila e orangotango.
- d) Chimpanzé e bonobo.
- e) Bonobo e orangotango.



## QUESTÃO 03

[ 175137 ]. (Enem (Libras) 2017) Surgidos há 370 milhões de anos, os anfíbios apresentam inovações evolutivas que permitiram a eles tornarem-se os primeiros vertebrados a colonizar o ambiente terrestre, passando apenas parte da vida no meio aquático. Apesar disso, alguns aspectos fisiológicos limitam a sua distribuição; por exemplo, no Brasil existe uma diversidade menor de espécies na Região Sul.

**A característica adaptativa que limita a distribuição geográfica desses organismos é a**

- a) presença de embriões protegidos por ovos.
- b) ocorrência de metamorfose na fase de girino.
- c) incapacidade de controle interno da temperatura.

- d) excreção de resíduos nitrogenados na forma de ureia.
- e) realização de trocas gasosas por pulmões e tegumento.



## QUESTÃO 04

[ 165229 ]. (Enem 2016) A formação de coágulos sanguíneos em veias e artérias é um dos fatores responsáveis pela ocorrência de doenças cardiovasculares, como varizes, infarto e acidentes vasculares cerebrais. A prevenção e o tratamento dessas doenças podem ser feitos com drogas anticoagulantes. A indústria farmacêutica estimula a pesquisa de toxinas animais com essa propriedade.

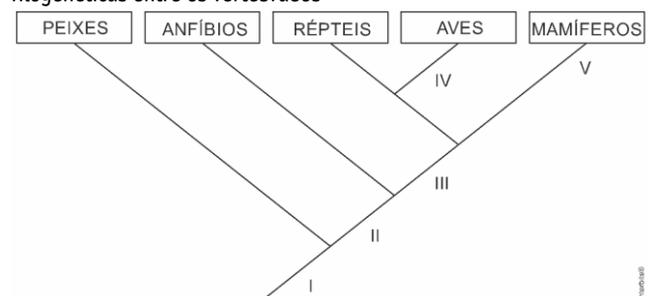
**Considerando as adaptações relacionadas aos hábitos alimentares, os animais adequados ao propósito dessas pesquisas são os(as)**

- a) moluscos fitófagos.
- b) moscas saprófagas.
- c) pássaros carnívoros.
- d) morcegos frugívoros.
- e) mosquitos hematófagos.



## QUESTÃO 05

[ 171818 ]. (Enem PPL 2016) O cladograma representa relações filogenéticas entre os vertebrados



**A correspondência correta entre as indicações numéricas no cladograma e a característica evolutiva é:**

- a) I - endotermia.
- b) II - coluna vertebral.
- c) III - ovo amniótico.
- d) IV - respiração pulmonar.
- e) V - membros locomotores.



## QUESTÃO 06

[ 149352 ]. (Enem 2015) *Euphorbia mili* é uma planta ornamental amplamente disseminada no Brasil e conhecida como coroa-de-cristo. O estudo químico do látex dessa espécie forneceu o mais potente produto natural moluscicida, a miliamina L.

**O uso desse látex em água infestada por hospedeiros intermediários tem potencial para atuar no controle da**

- a) dengue.
- b) malária.
- c) elefantíase.
- d) ascariíase.
- e) esquistossomose.



## QUESTÃO 07

[ 149338 ]. (Enem 2015) Os anfíbios representam o primeiro grupo de vertebrados que, evolutivamente, conquistou o ambiente terrestre.

Apesar disso, a sobrevivência do grupo ainda permanece restrita a ambientes úmidos ou aquáticos, devido à manutenção de algumas características fisiológicas relacionadas à água.

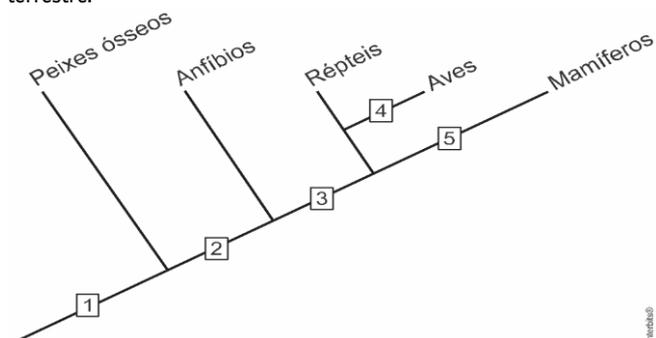
**Uma das características a que o texto se refere é a**

- a) reprodução por viviparidade.
- b) respiração pulmonar nos adultos.
- c) regulação térmica por endotermia.
- d) cobertura corporal delgada e altamente permeável.
- e) locomoção por membros anteriores e posteriores desenvolvidos.



### QUESTÃO 08

[ 154508 ]. (Enem PPL 2015) O cladograma representa, de forma simplificada, o processo evolutivo de diferentes grupos de vertebrados. Nesses organismos, o desenvolvimento de ovos protegidos por casca rígida (pergaminácea ou calcárea) possibilitou a conquista do ambiente terrestre.



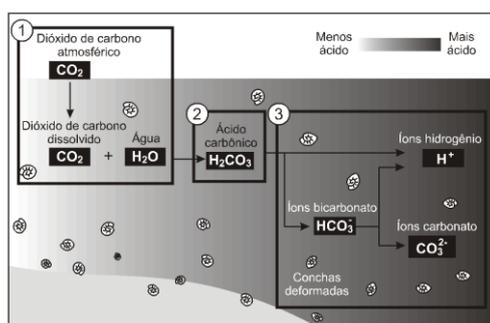
**O surgimento da característica mencionada está representado, no cladograma, pelo número**

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



### QUESTÃO 09

[ 135530 ]. (Enem 2014) Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvida pela água do mar. O esquema representa reações que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono na atmosfera pode afetar os recifes de corais.



Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

**O resultado desse processo nos corais é o(a)**

- a) seu branqueamento, levando à sua morte e extinção.
- b) excesso de fixação de cálcio, provocando calcificação indesejável.
- c) menor incorporação de carbono, afetando seu metabolismo energético.
- d) estímulo da atividade enzimática, evitando a descalcificação dos esqueletos.
- e) dano à estrutura dos esqueletos calcários, diminuindo o tamanho das populações.



### QUESTÃO 10

[ 141384 ]. (Enem PPL 2014) Os corais funcionam como termômetros, capazes de indicar, mudando de coloração, pequenas alterações na temperatura da água dos oceanos. Mas, um alerta, eles estão ficando brancos. O seu clareamento progressivo acontece pela perda de minúsculas algas, chamadas zooxantelas, que vivem dentro de seus tecidos, numa relação de mutualismo.

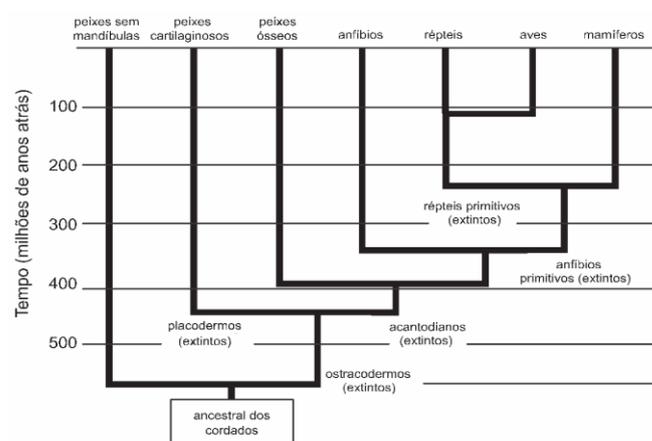
**O desequilíbrio dessa relação faz com que os pólipos que formam os corais tenham dificuldade em**

- a) produzir o próprio alimento.
- b) obter compostos nitrogenados.
- c) realizar a reprodução sexuada.
- d) absorver o oxigênio dissolvido na água.
- e) adquirir nutrientes derivados da fotossíntese.



### QUESTÃO 11

[ 141371 ]. (Enem PPL 2014) A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



Disponível em: [www.sobiologia.com.br](http://www.sobiologia.com.br). Acesso em: 22 jan. 2012 (adaptado).

**Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque**

- a) possuem ancestrais que já foram extintos.
- b) surgiram há mais de 500 milhões de anos.
- c) evoluíram a partir de um ancestral comum.
- d) deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
- e) vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida.



### QUESTÃO 12

[ 131560 ]. (Enem PPL 2013) Dupla humilhação destas lombrigas, humilhação de confessá-las a Dr. Alexandre, sério, perante irmãos que se divertem com tua fauna intestinal em perversas indagações: "Você vai ao circo assim mesmo? Vai levando suas lombrigas? Elas também pagam entrada, se não podem ver o espetáculo? E se, ouvindo lá de dentro, as gabarolas do palhaço, vão querer sair para fora, hem? Como é que você se arranja?" O que é pior: mínimo verme, quinze centímetros modestos, não mais — vermezinho idiota — enquanto Zé, rival na escola, na queda de braço, em tudo, se gabando mostra no vidro o novelo comprovador de seu justo gabo orgulhoso: ele expeliu, entre ohs! e ahs! de agudo pasmo familiar, formidável tênia porcina: a solitária de três metros.

**O texto de Carlos Drummond de Andrade aborda duas parasitoses intestinais que podem afetar a saúde humana. Com relação às tênias, mais especificamente, a *Taenia solium*, considera-se que elas podem parasitar o homem na ocasião em que ele come carne de**

- a) peixe mal-assada.
- b) frango mal-assada.
- c) porco mal-assada.

- d) boi mal-assada.
- e) carneiro mal-assada.



### QUESTÃO 13

[ 131571 ]. (Enem PPL 2013) Em 1861 foi anunciada a existência de um fóssil denominado *Arqueopteryx*, que revolucionou o debate acerca da evolução dos animais. Tratava-se de um dinossauro que possuía penas em seu corpo. A partir dessa descoberta, a árvore filogenética dos animais acabou sofrendo transformações quanto ao ancestral direto das aves.

**Nessa nova árvore filogenética, de qual grupo as aves se originaram?**

- a) Peixes ósseos.
- b) Répteis.
- c) Mamíferos.
- d) Peixes cartilaginosos.
- e) Anfíbios.



### QUESTÃO 14

[ 128042 ]. (Enem 2013) As serpentes que habitam regiões de seca podem ficar em jejum por um longo período de tempo devido à escassez de alimento. Assim, a sobrevivência desses predadores está relacionada ao aproveitamento máximo dos nutrientes obtidos com a presa capturada. De acordo com essa situação, essas serpentes apresentam alterações morfológicas e fisiológicas, como o aumento das vilosidades intestinais e a intensificação da irrigação sanguínea na porção interna dessas estruturas.

**A função do aumento das vilosidades intestinais para essas serpentes é maximizar o(a)**

- a) comprimento do trato gastrointestinal para caber mais alimento.
- b) área de contato com o conteúdo intestinal para absorção dos nutrientes.
- c) liberação de calor via irrigação sanguínea para controle térmico do sistema digestório.
- d) secreção de enzimas digestivas para aumentar a degradação proteica no estômago.
- e) processo de digestão para diminuir o tempo de permanência do alimento no intestino.



### QUESTÃO 15

[ 108620 ]. (Enem 2011) **Os Bichinhos e O Homem**

**Arca de Noé**

(Toquinho & Vinicius de Moraes)

Nossa irmã, a mosca

É feia e tosca

Enquanto que o mosquito

É mais bonito

Nosso irmão besouro

Que é feito de couro

Mal sabe voar

Nossa irmã, a barata

Bichinha mais chata

É prima da borboleta

Que é uma careta

Nosso irmão, o grilo

Que vive dando estrilo

Só pra chatear

**O poema acima sugere a existência de relações de afinidade entre os animais citados e nós, seres humanos. Respeitando a liberdade poética dos autores, a unidade taxonômica que expressa a afinidade entre nós e estes animais é**

- a) o filo.
- b) o reino.

- c) a classe.
- d) a família.
- e) a espécie.



### QUESTÃO 16

[ 101702 ]. (Enem 2ª aplicação 2010) Os corais que formam o banco do Abrolhos, na Bahia, podem estar extintos até 2050 devido a uma epidemia. Por exemplo, os corais-cérebro já tiveram cerca de 10% de sua população afetada pela praga-branca, a mais prevalente das seis doenças identificadas em Abrolhos, causada provavelmente por uma bactéria. Os cientistas atribuem a proliferação das patologias ao aquecimento global e à poluição marinha. O aquecimento global reduziria a imunidade dos corais ou estimularia os patógenos causadores desses males, trazendo novos agentes infecciosos.

**A fim de combater a praga-branca, a medida mais apropriada, segura e de efeitos mais duradouros seria**

- a) aplicar antibióticos nas águas litorâneas de Abrolhos.
- b) substituir os aterros sanitários por centros de reciclagem de lixo.
- c) introduzir nas águas de Abrolhos espécies que se alimentem da bactéria causadora da doença.
- d) aumentar, mundialmente, o uso de transportes coletivos e diminuir a queima de derivados de petróleo.
- e) criar uma lei que proteja os corais, impedindo que mergulhadores e turistas se aproximem deles e os contaminem.



### QUESTÃO 17

[ 101708 ]. (Enem 2ª aplicação 2010) As estrelas do mar comem ostras, o que resulta em efeitos econômicos negativos para criadores e pescadores. Por isso, ao se depararem com esses predadores em suas dragas, costumavam pegar as estrelas-do-mar, parti-las ao meio e atirá-las de novo à água. Mas o resultado disso não era a eliminação das estrelas-do-mar, e sim o aumento do seu número.

**A partir do texto e do seu conhecimento a respeito desses organismos, a explicação para o aumento da população de estrelas-do-mar baseia-se no fato de elas possuírem**

- a) papilas respiratórias que facilitaram sua reprodução e respiração por mais tempo no ambiente.
- b) pés ambulacrários que facilitaram a reprodução e a locomoção do equinodermo pelo ambiente aquático.
- c) espinhos na superfície do corpo que facilitaram sua proteção e reprodução, contribuindo para a sua sobrevivência.
- d) um sistema de canais que contribuíram na distribuição de água pelo seu corpo e ajudaram bastante em sua reprodução.
- e) alta capacidade regenerativa e reprodutiva, sendo cada parte seccionada capaz de dar origem a um novo indivíduo.



### QUESTÃO 18

[ 91895 ]. (Enem cancelado 2009) Recentemente, foi descoberta uma nova espécie de inseto *flebotomídeo*, batizado de *Lutzomyia maruaga*. O novo inseto possui apenas fêmeas que se reproduzem a partir da produção de ovos sem a intervenção de machos, em um processo conhecido como partenogênese. A espécie está restrita a uma caverna na região amazônica, não sendo encontrada em outros lugares. O inseto não se alimenta de sangue nem transmite doenças, como o fazem outros mosquitos de seu mesmo gênero. Os adultos não se alimentam e as larvas parecem se alimentar apenas de fezes de morcego (guano) existente no fundo da caverna. Essa dieta larval acumularia reservas a serem usadas na fase adulta.

**Em relação a essa descoberta, vê-se que a nova espécie de flebotomídeo**

- a) deve apresentar maior variabilidade genética que seus congêneres.
- b) deve ter uma fase adulta longa se comparado com seus congêneres.
- c) é mais vulnerável a desequilíbrios em seu ambiente que seus congêneres.

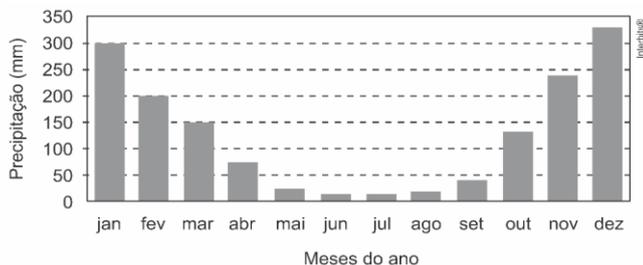
d) está livre de hábitos hematófagos e de transmissão de doenças devido à ausência de machos.

e) tem grandes chances de se dispersar para outros ambientes, tornando-se potencialmente invasora.



## QUESTÃO 19

[ 61744 ]. (Enem 2005) Em uma área observa-se o seguinte regime pluviométrico:



Os anfíbios são seres que podem ocupar tanto ambientes aquáticos quanto terrestres. Entretanto, há espécies de anfíbios que passam todo o tempo na terra ou então na água. Apesar disso, a maioria das espécies terrestres depende de água para se reproduzir e o faz quando essa existe em abundância. Os meses do ano em que, nessa área, esses anfíbios terrestres poderiam se reproduzir mais eficientemente são de

- a) setembro a dezembro.
- b) novembro a fevereiro.
- c) janeiro a abril.
- d) março a julho.
- e) maio a agosto.



## QUESTÃO 20

[ 61741 ]. (Enem 2005) A atividade pesqueira é antes de tudo extrativista, o que causa impactos ambientais. Muitas espécies já apresentam sério comprometimento em seus estoques e, para diminuir esse impacto, várias espécies vêm sendo cultivadas. No Brasil, o cultivo de algas, mexilhões, ostras, peixes e camarões vem sendo realizado há alguns anos, com grande sucesso, graças ao estudo minucioso da biologia dessas espécies.



Algumas das fases larvárias de crustáceos

Os crustáceos decápodes, por exemplo, apresentam durante seu desenvolvimento larvário, várias etapas com mudança radical de sua forma. Não só a sua forma muda, mas também a sua alimentação e habitat. Isso faz com que os criadores estejam atentos a essas mudanças, porque a alimentação ministrada tem de mudar a cada fase.

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

- A) aumenta a predação entre os indivíduos.
- B) aumenta o ritmo de crescimento.
- C) diminui a competição entre os indivíduos da mesma espécie.
- D) diminui a quantidade de nichos ecológicos ocupados pela espécie.
- E) mantém a uniformidade da espécie.

### GABARITO - ZOOLOGIA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	D	C	E	C	E	D	C	E	E
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	C	B	B	B	D	E	C	B	C

### Conceitos iniciais em PROGRAMA DE SAÚDE

- **Agente etiológico** - é o agente causador ou o responsável pela origem da doença. Pode ser um vírus, bactéria, fungo, protozoário ou um verme.
- **Endemia** - quando o número esperado de casos de uma doença é o efetivamente observado em uma população em um determinado espaço de tempo.
- **Doença endêmica** - aquela cuja incidência permanece constante por vários anos, dando uma ideia de equilíbrio entre a população e a doença.
- **Epidemia** - é a ocorrência, numa região, de casos que ultrapassam a incidência normalmente esperada de uma doença.
- **Pandemia** - é uma epidemia de doença infecciosa que se espalha entre a população localizada em uma grande região geográfica como, por exemplo, um continente, ou mesmo o planeta.
- **Infecção** - é a invasão do organismo por agentes patogênicos microscópicos.
- **Infestação** - é a invasão do organismo por agentes patogênicos macroscópicos.
- **Vetor** - organismo capaz de transmitir agentes infecciosos. O parasita pode ou não desenvolver-se enquanto encontra-se no vetor.
- **Fômite** - é qualquer objeto inanimado ou substância capaz de absorver, reter e transportar organismos contagiantes ou infecciosos (de germes a parasitas), de um indivíduo a outro.
- **Hospedeiro** - organismo que serve de habitat para outro que nele se instala encontrando as condições de sobrevivência. O hospedeiro pode ou não servir como fonte de alimento para a parasita.
- **Transmissão vertical** - é a transmissão de uma infecção ou doença a partir da mãe para o seu feto no útero ou recém-nascido durante o parto.
- **Transmissão horizontal** - é a transmissão de um agente infeccioso, como bactéria, vírus, fungo ou protozoário, entre membros de uma mesma espécie que não estejam numa relação parental. Apresenta duas formas, a direta, através do contato direto por ações como lambar, esfregar, morder, e o coito, e a indireta, via vetores e fômites.
- **Profilaxia** - é o conjunto de medidas que visam a prevenção, erradicação ou controle das doenças ou de fatos prejudiciais aos seres vivos.

### CICLO VITAL (ONTOGÊNICO, BIOLÓGICO OU DE VIDA) DOS PARASITAS

É a sequência das fases que possibilitam o desenvolvimento e transmissão de determinado parasita. Quanto ao número de hospedeiros necessários para que o mesmo ocorra, podemos ter dois tipos básicos de ciclos:

1. **Homoxeno (monoxeno)**: Onde é o bastante um hospedeiro para que o mesmo se complete. Exemplo: *Ascaris lumbricoides* e *Trichomonas vaginalis*.
2. **Heteroxeno**: Onde são necessários mais de um hospedeiro para que o ciclo se complete, existindo pelo menos uma forma do parasita exclusivo de um tipo de hospedeiro.

Quando existem dois hospedeiros, é denominado **ciclo díxeno** (exemplo. Gên. *Taenia* e *Trypanosoma cruzi*); entretanto, quando são necessários mais de dois hospedeiros, de **ciclo polixeno** (exemplo Gên. *Diphyllobothrium*).

### TIPOS DE HOSPEDEIRO

- ❖ **Definitivo**: Quando o parasita se reproduz neste, de forma **sexuada** e/ou é encontrado em estágio **adulto**.

- ❖ **Intermediário**: Se o parasita no hospedeiro só se reproduz de forma **assexuada** ou se encontra exclusivamente sob forma larvar (helmintos).

Obs.: Se um protozoário não apresenta em seu ciclo reprodução sexuada em nenhum dos hospedeiros, estes são conhecidos como **hospedeiro vertebrado** e **invertebrado** respectivamente.

1. **Paratênico ou de transporte** - Quando no mesmo, não ocorre evolução parasitária, porém, o hospedeiro não está apto a destruir o parasita rapidamente, podendo assim, ocorrer posterior transmissão em caso de predação por espécie hospedeira natural.

Obs. Não é um verdadeiro caso de parasitismo.

3. **Reservatório**: É representado pelo(s) **hospedeiro(s) vertebrado(s) natural(is)** na região em questão.

Obs.: O termo **vetor** é utilizado como sinônimo de **transmissor**, representado principalmente por um **artrópode** ou **molusco** ou mesmo **determinado veículo** de transmissão, como água ou alimentos, que possibilite a transmissão parasitária. Alguns autores utilizam o termo **vetor biológico** quando ocorre no interior deste animal a **multiplicação e/ou o desenvolvimento de formas do parasita** (se constituindo em hospedeiro) e **vetor mecânico** nas situações onde não existem tais condições, transmitindo assim o parasita com a **mesma forma de desenvolvimento** de ciclo que chegou ao mesmo, **não sendo portanto um hospedeiro**.

### PARASIToses (PROTOZOoses)

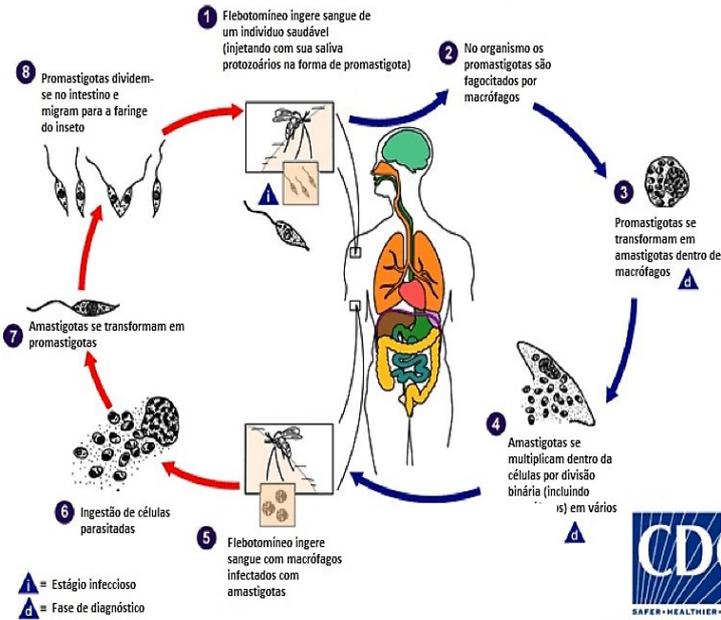
#### AMEBÍASE

- **Agente**: *Entamoeba histolytica* (Rizópode).
- **Transmissão**: cistos presentes na água e alimentos contaminados.
- **Sintomas**: diarreia com sangue, cólicas intensas, náuseas, vômitos, ulcerações nos intestinos, toxina pode atingir outros órgãos.
- **Prevenção**: hábitos de higiene e saneamento básico.
- **Tratamento**: medicação específica.

#### LEISHMANIOSE ou CALAZAR ou ÚLCERA DE BAURU

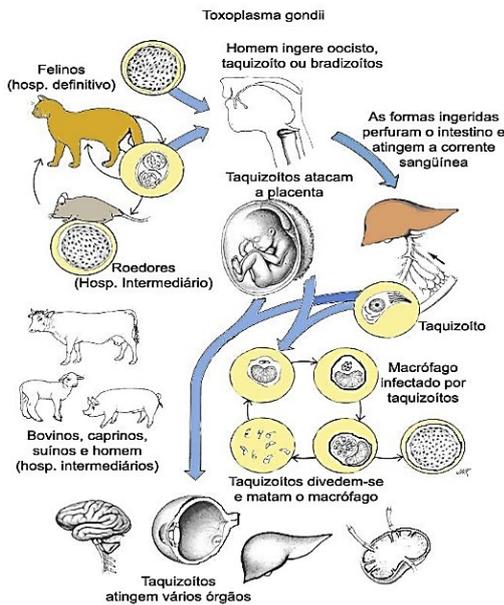
- **Agente**: *Leishmania brasiliensis* (cutânea) e *Leishmania chagasi* (visceral) Ambos flagelados.
- **Transmissão**: saliva das fêmeas do **mosquito-palha** (*Lutzomyia longipalpis*) e do (*Phlebotomus intermedius*).
- **Sintomas**: ulcerações cutâneas e nas mucosas da boca, nariz e faringe. Acometimento dos órgãos internos, vísceras.
- **Prevenção**: combate aos focos do vetor.
- **Tratamento**: quimioterápicos à base de antimônio.

### Estágios de flebotomíneos



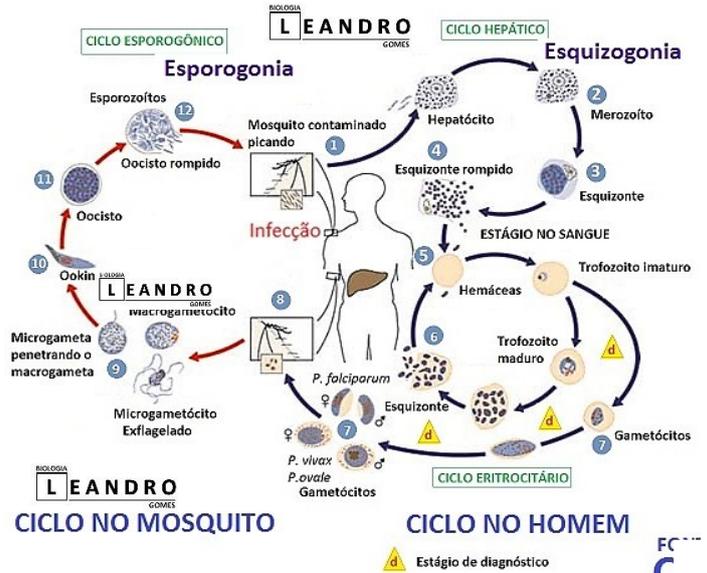
### TOXOPLASMOSE

- **Agente:** *Toxoplasma gondii* (esporozoário).
- **Transmissão:** água, alimentos e objetos contaminados pela fezes de ratos, cães, gatos, contendo o protozoário.
- **Sintomas:** febre constante, inchaço de gânglios, exantema, infecção do fígado e baço, encefalite.
- **Prevenção:** controle dos vetores.
- **Tratamento:** quimioterápicos.



### MALÁRIA

- **Agentes:** *Plasmodium malariae*, *P. vivax*, *P. ovale* e *P. falciparum* (esporozoários).
- **Transmissão:** saliva das fêmeas do mosquito *Anopheles sp.* (mosquito prego)
- **Sintomas:** surtos febris periódicos, hemólise, anemia.
- **Prevenção:** combate aos focos do vetor.
- **Tratamento:** quimioterápicos como a cloroquina.



### GIARDÍASE

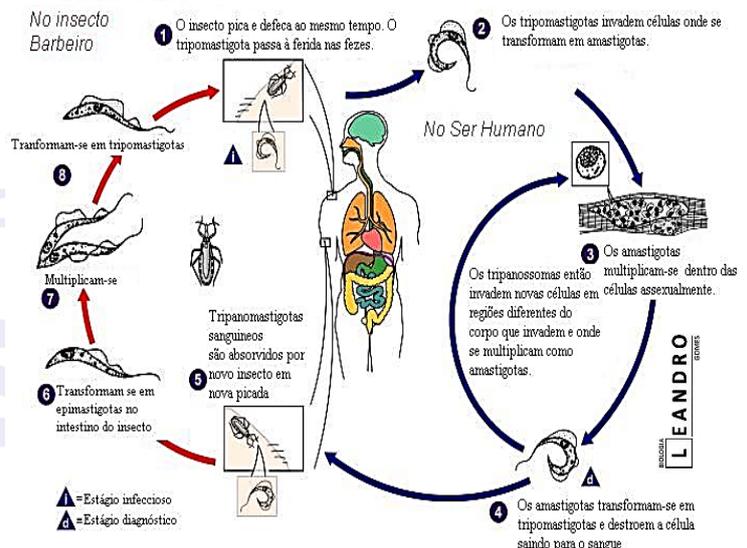
- **Agente:** *Giardia lamblia* ou *Giardia intestinalis* (flagelados).
- **Transmissão:** água e alimentos contaminados.
- **Sintomas:** disenteria, cólicas, infecção do intestino e vesícula biliar.
- **Prevenção:** hábitos higiênicos e saneamento básico.
- **Tratamento:** medicamentos específicos.

### TRICOMONÍASE

- **Agente:** *Trichomonas vaginalis* (flagelado).
- **Transmissão:** contágio sexual (DST), uso de roupas íntimas e toalhas contaminadas.
- **Sintomas:** inflamação vaginal, com prurido e corrimento.
- **Prevenção:** uso de preservativos, não compartilhar roupas e toalhas.
- **Tratamento:** cremes vaginais e medicamentos por via oral.

### TRIPANOSSOMÍASE ou DOENÇA DE CHAGAS

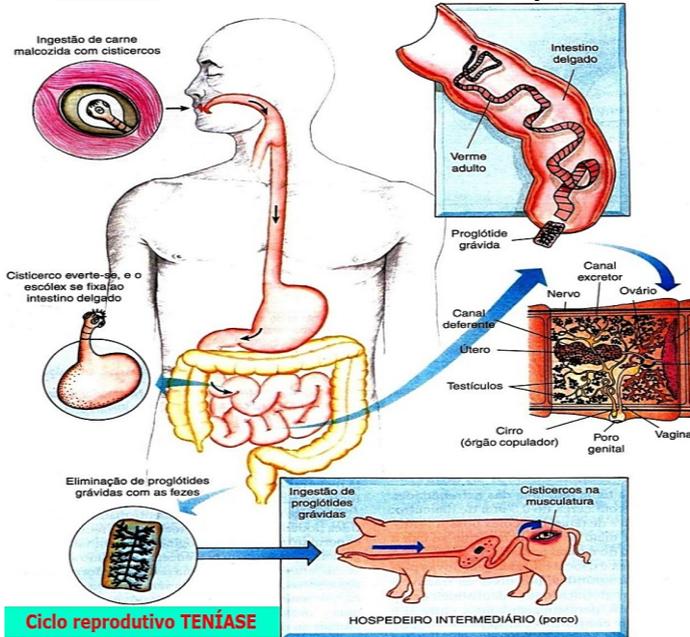
- **Agente:** *Trypanosoma Cruzi* (flagelado).
- **Transmissão:** contaminação pelas fezes do besouro (*Triatoma infestans*), conhecido como BARBEIRO.
- **Sintomas:** parasita infesta gânglios linfáticos, parede dos vasos sanguíneos, fibras musculares, miocárdio, sistema nervoso central.
- **Prevenção:** combate ao vetor e melhoria das condições de habitação rural.
- **Tratamento:** quimioterápicos como nifurtimox, alopurinol e Benzonidazol.



## PARASITOSE (VERMINOSES)

### TENÍASE

- **Agente:** *Taenia solium* e *T. saginata* (platelmintos).
- **Transmissão:** carne de porco e gado contaminadas com larvas do parasita.
- **Sintomas:** desnutrição, emagrecimento e depauperamento físico.
- **Prevenção:** cozinhar ou assar bem a carne de gado ou porco, hábitos de higiene e saneamento básico
- **Tratamento:** vermífugo para eliminar o escólex (cabeça).



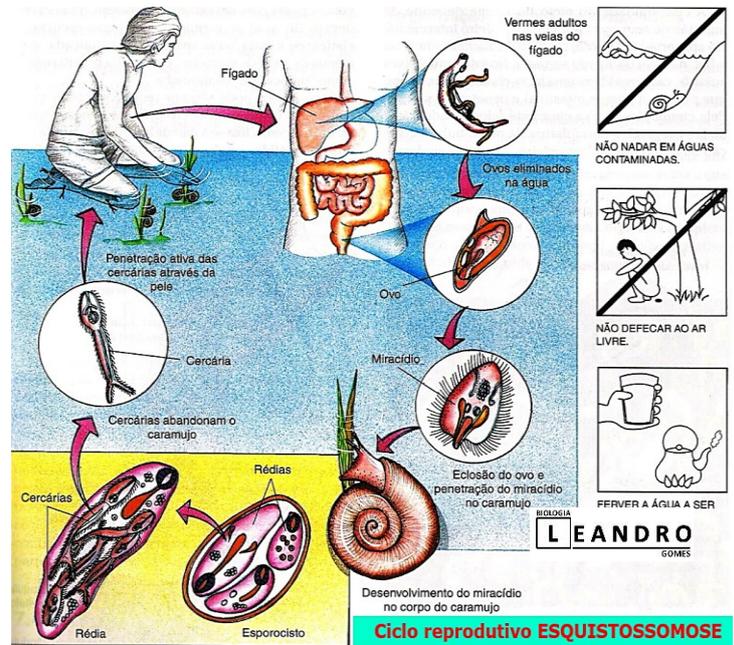
### CISTICERCOSE

- **Agente:** larvas (cisticercos) de *Taenia solium*
- **Transmissão:** ingestão acidental dos ovos de tênia.
- **Sintomas:** larva se aloja na musculatura, pulmão, globo ocular, coração ou cérebro.
- **Prevenção:** hábitos de higiene e saneamento básico.
- **Tratamento:** cirúrgico.



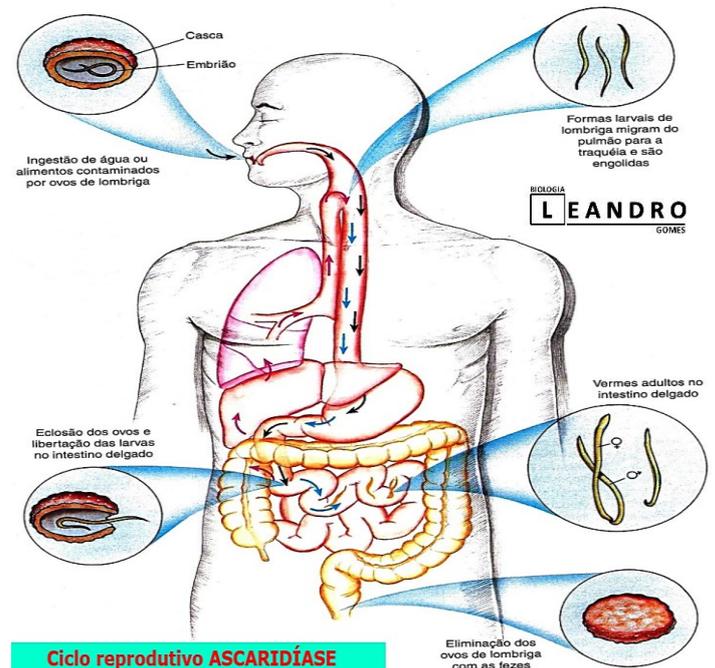
### ESQUISTOSSOMOSE

- **Agente:** *Schistosoma mansoni* (platelminto).
- **Transmissão:** larvas miracídios no molusco *Biomphalaria glabata* - ou *Planorbidaeae* formam as larvas cercárias que penetram no homem através da pele e mucosas.
- **Sintomas:** hemorragia intestinal, barriga-d'água, mal funcionamento do fígado e pâncreas, problemas cardiovasculares.
- **Prevenção:** combate ao molusco vetor, hábitos de higiene e saneamento básico **E VACINAÇÃO!!!!**



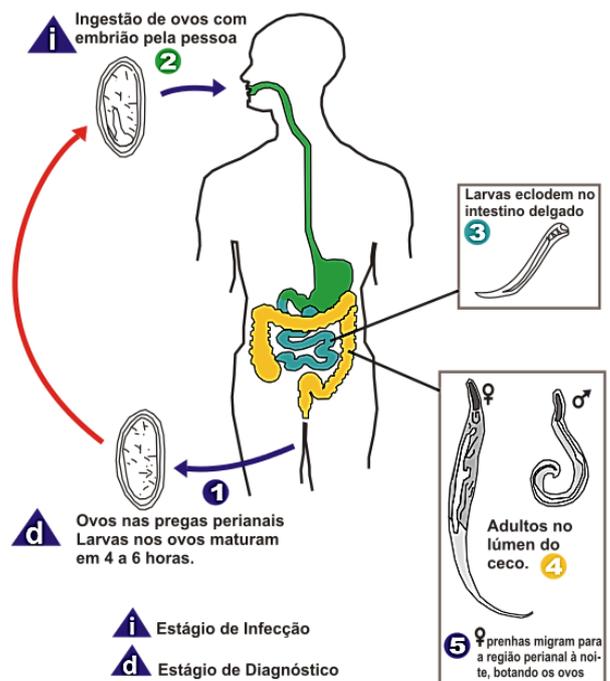
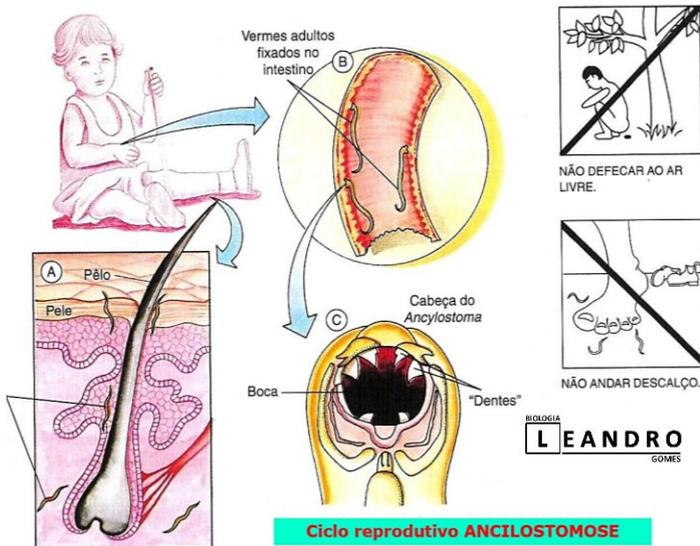
### ASCARIDÍASE

- **Agente:** *Ascaris lumbricoides* (lombriga - nematóide).
- **Transmissão:** ingestão de ovos através de água e alimentos contaminados.
- **Sintomas:** indisposição digestiva ou intestinal, dores abdominais, náuseas, obstrução intestinal.
- **Prevenção:** cuidado com água e alimentos crus, hábitos de higiene e saneamento básico.



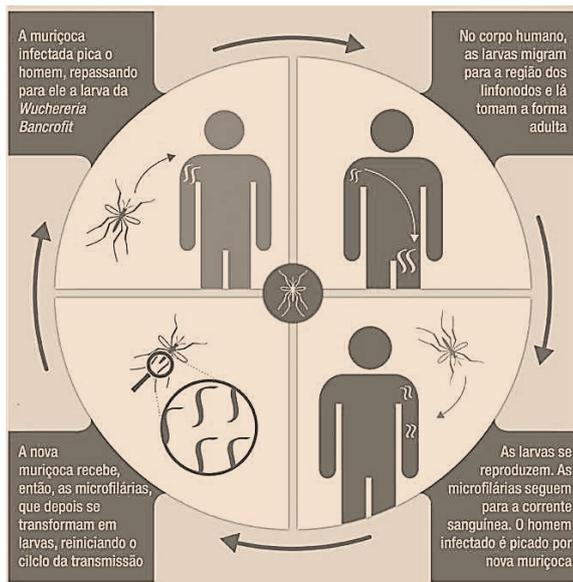
### ANCILOSTOMOSE ou AMARELÃO

- **Agente:** *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* (nematóides).
- **Transmissão:** larvas no solo contaminado penetram através da pele. As larvas são: **RABDITOIDE** e **FILARÍASE INFECTANTE**.
- **Sintomas:** anemia profunda e depauperamento físico.
- **Prevenção:** hábitos de higiene e saneamento básico, uso de calçados em áreas rurais.
- **Tratamento:** vermífugo específico.



**FILARIOSE ou ELEFANTÍASE**

- **Agente:** *Wuchereria bancrofti* (filária - nematóide).
- **Transmissão:** saliva de fêmeas do mosquito *Culex sp.* (é a **muriçoca!!!**)
- **Sintomas:** derrame da linfa nos tecidos adjacentes com edema progressivo de pernas, braços, mamas e escroto.
- **Prevenção:** combate aos focos do vetor.
- **Tratamento:** clínico e cirúrgico.

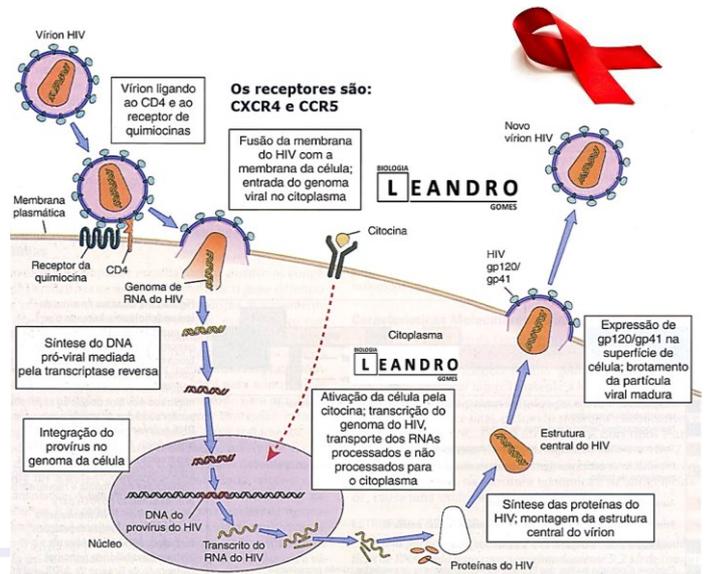


**ENTERIOBOSE ou OXIURIASE**

- **Agente:** *Enterobius vermicularis* (nematóide).
- **Transmissão:** Por água, alimentos, poeira ou objetos levados a boca contaminados com os vermes.
- **Sintomas:** Coceira no ânus, enjoo/náusea, vômitos, dores abdominais e cólicas;
- **Prevenção:** métodos de higiene e saúde, lavar as roupas com água quente, além de todos os utensílios.
- **Tratamento:** utilização de vermífugos orais - albendazol e mebendazol, o principal é o palmoato de pirantel.

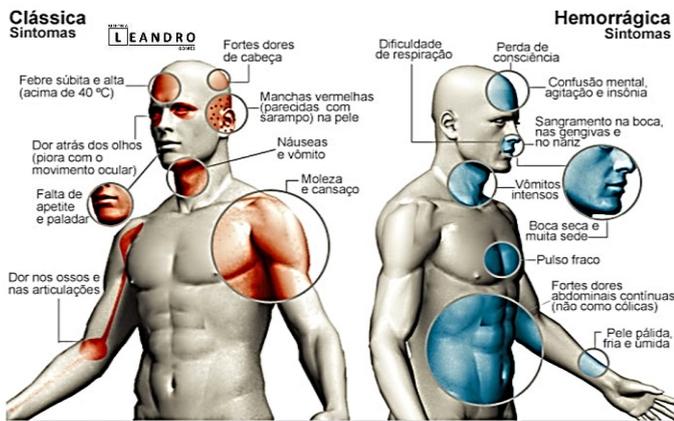
**AIDS**

- **Agente:** Vírus (HIV).
- **Transmissão:** contato sexual (DST), sangue contaminado, uso de drogas injetáveis, transmissão placentária, leite materno.
- **Sintomas:** febre constante, falência do sistema imunológico com aparecimento de infecções oportunistas, diarreias, perda da coordenação motora, da consciência.
- **Prevenção:** uso de preservativos, controle dos bancos de sangue, uso de seringas e instrumentos cirúrgicos descartáveis, uso do medicamento (TRUVADA).
- **Tratamento:** uso de antirretrovirais (coquetéis) e vacina terapêutica.



**DENGUE**

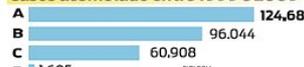
- **Agente:** DENV-1/DENV-2/DENV-3/DENV-4
- **Transmissão:** através da saliva das fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.
- **Sintomas:** febre, dores musculares, dores nas articulações, cefaleia, diarreia, náuseas, vômitos, anorexia, manchas vermelhas na pele.
- **Prevenção:** eliminar focos de reprodução do vetor, como água parada em latas, vasos, pneus, etc.
- **Tratamento:** sintomático, não usar medicamentos com AAS.



## Como o vírus ataca



### Casos acumulados entre 1999 e 2009



### Mortes acumuladas



### Mais afetados

- A Crianças com até 12 anos
- B Entre 20 e 39 anos
- C A partir dos 30 anos
- D É preciso ter tido a B antes

### Como é

- A Na maioria dos casos, o paciente se recupera. Menos de 1% torna-se crônica
- B Entre 5 e 10% dos casos tornam-se crônicos
- C Cerca de 70% dos casos se tornam crônicos
- D Na forma aguda, a mortalidade chega a 20%

## POLIOMIELITE

- Agente:** Vírus (poliovírus).
- Transmissão:** gotículas de saliva eliminadas pelo doente, alimentos e utensílios contaminados.
- Sintomas:** infecção da massa cinzenta medular provocando a paralisia dos nervos e atrofia dos músculos.
- Prevenção:** vacina Sabin esquema de 3 doses (2, 4 e 6 meses) e 2 reforços (15 meses e 4-6 anos), além da vacina Salk.



## RAIVA ou HIDROFOBIA

- Agente:** Lyssavírus
- Transmissão:** saliva de animais domésticos (cães e gatos) e silvestres (morcegos, lobos, raposas).
- Sintomas:** atinge o sistema nervoso (periférico e central), hipersalivação, hipersensibilidade local e geral, espasmos dolorosos da musculatura, alucinações, convulsões, paralisia respiratória.
- Prevenção e Tratamento:** Vacina e soro anti-rábico.

## CONDILOMA ACUMINADO/CÂNCER do COLO

- Agente:** HPV - (16 e 18 são os mais oncogênicos).
- Transmissão:** sexo desprotegido, parto.
- Sintomas:** verrugas de tamanhos variáveis. No homem, é mais comum na glande e na região do ânus. Na mulher, proliferação na vagina, vulva, região do ânus e colo do útero. As lesões do HPV também podem aparecer na boca e na garganta. Tanto o homem quanto a mulher podem estar infectados pelo vírus sem apresentar sintomas..
- Prevenção:** Vacinação e exame Papanicolau
- Tratamento:** Químicos: ácido do tricloroacético a 80% - 90%, podofilina; Quimioterápicos: 5 fluorouracil, interleucina 2; Imunoterápicos: Interferon alfa e beta, imiquimod e retinóides; Cirúrgicos: temos a curetagem, excisão com tesoura, excisão com bisturi, excisão com alça de cirurgia de alta frequência (CAF) e o LASER.

## HEPATITE

- Agente:** Vírus (tipos A, B, C, D, E, F, G).
- Transmissão:** contágio direto, água, alimentos e utensílios contaminados, sangue contaminado e contato sexual (DST).
- Sintomas:** mal-estar, fraqueza, falta de apetite, náuseas, dores abdominais, icterícia, cirrose hepática.
- Prevenção:** vacinas, medidas de higiene, uso de preservativos, controle dos bancos de sangue.

## FEBRE AMARELA

- Agente:** Vírus (arbovírus).
- Transmissão:** através da saliva das fêmeas de mosquitos dos gêneros *Aedes* e *Haemagogus*.
- Sintomas:** febre alta, cefaléias, dores musculares, ósseas e articulares, náuseas, vômitos com sangue, icterícia, lesões renais.
- Prevenção:** vacina e combate aos focos dos mosquitos vetores.

>> Quem for a áreas de risco deve tomar

### ÁREAS DE RISCO

- Endêmica
- Transição
- Risco potencial

CASOS EM 2007 E 2008

- Mortes de macacos devido à doença
- Pessoas infectadas
- Pessoas infectadas e mortes de macacos

10 dias é quanto tempo leva para a vacina fazer efeito

10 anos é quanto tempo dura a imunização

gratuita

### CONTRA-INDICAÇÕES

- >> Crianças com menos de seis meses de idade
- >> Pessoas com alergia a ovo de galinha e seus derivados e outros componentes da vacina

Devem consultar um médico antes de decidir tomar a vacina

- >> Pessoas com Aids ou em tratamentos como radioterapia
- >> Mulheres grávidas

## FEBRE ZIKA

- Agente:** ZIKV.
- Transmissão:** através da saliva das fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti* e *A. albopictus*, ou *DST (comprovado)*
- Sintomas:** dores de cabeça leves, exantema maculopapular, febre, mal estar, conjuntivite, e artralgia.
- Prevenção:** eliminar focos de reprodução do vetor, como água parada em latas, vasos, pneus, etc.
- Tratamento:** sintomático.

## FEBRE CHICUNGUNYA

- Agente:** CHIKV.
- Transmissão:** através da saliva das fêmeas dos mosquitos *Aedes aegypti* e *A. albopictus*.
- Sintomas:** febre, mal-estar, dores pelo corpo, dor de cabeça, apatia e cansaço. O vírus "avança" nas articulações dos pacientes e causa inflamações com fortes dores acompanhadas de inchaço, vermelhidão e calor local..
- Prevenção:** eliminar focos de reprodução do vetor, como água parada em latas, vasos, pneus, etc.
- Tratamento:** sintomático.

## CATAPORA ou VARICELA

- **Agente:** Vírus (varicela-zóster ou HHV3 (human herpes virus 3)).
- **Transmissão:** contágio direto por gotículas e uso de utensílios contaminados.
- **Sintomas:** febre, prostração, falta de apetite, náuseas, vesículas na pele.
- **Prevenção:** vacina ( *muito recente* ) e evitar o contato com doentes.

## BACTERIOSES

### TUBERCULOSE

- **Agente:** *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch).
- **Transmissão:** contágio direto por gotículas, utensílios contaminados, ingestão de leite e carne bovina contaminados.
- **Sintomas:** tosse, expectoração, falta de apetite, dor torácica, febre, fadiga constante, hemorragia pulmonar.
- **Prevenção:** vacina BCG - (Bacilo de Calmette-Guérin), pasteurização do leite e derivados.
- **Tratamento:** antibióticos e quimioterápicos.

### CÓLERA

- **Agente:** *Vibrio cholerae* (vibrião).
- **Transmissão:** água e alimentos contaminados.
- **Sintomas:** diarreia intensa, desidratação grave.
- **Prevenção:** vacina (curta duração), saneamento básico, hábitos de higiene, filtrar e ferver a água.
- **Tratamento:** soro reidratante, isotônicos e antibióticos.

### SÍFILIS ou LUES

- **Agente:** *Treponema pallidum* (espiroqueta).
- **Transmissão:** contato sexual (DST), uso de objetos contaminados, contaminação placentária.
- **Sintomas:** cancro genitais e em outras partes do corpo, inchaço dos gânglios, febre, comprometimento dos sistemas cardiovascular e nervoso.
- **Prevenção:** uso de preservativos.
- **Tratamento:** antibióticos.

1) **sífilis primária** - pequenas feridas nos órgãos genitais (cancro duro) que desaparecem espontaneamente e não deixam cicatrizes; gânglios aumentados e ínguas na região das virilhas;

2) **sífilis secundária** - manchas vermelhas na pele, na mucosa da boca, nas palmas das mãos e plantas dos pés; febre; dor de cabeça; mal-estar; inapetência; linfonodos espalhados pelo corpo, manifestações que também podem regredir sem tratamento, embora a doença continue ativa no organismo;

3) **sífilis terciária** - comprometimento do sistema nervoso central, do sistema cardiovascular com inflamação da aorta, lesões na pele e nos ossos.

### COQUELUICHE

- **Agente:** *Bordetella pertussis* (bacilo).
- **Transmissão:** contágio direto por gotículas.
- **Sintomas:** tosse "sibilante", vômitos, crises espasmódicas, hemorragias nasais.
- **Prevenção:** vacina tríplice bacteriana = Difteria.Coqueluche.Tétano)..
- **Tratamento:** antibióticos e antitoxinas.

### TÉTANO

- **Agente:** *Clostridium tetani* (bacilo).
- **Transmissão:** ferimentos perfurantes, solo contaminado por fezes.
- **Sintomas:** cefaleia intensa, febre, dores musculares, paralisia muscular.

- **Prevenção:** vacina tríplice bacteriana (DCT) = Difteria.Coqueluche.Tétano).
- **Tratamento:** soro (antitoxina).

### FEBRE TIFÓIDE

- **Agente:** *Salmonella typhi* (bacilo).
- **Transmissão:** água e alimentos contaminados e contágio direto.
- **Sintomas:** diarreias intensas com sangue, cólicas, febre, úlceras intestinais. A toxina pode comprometer o sistema nervoso central.
- **Prevenção:** vacina, saneamento básico e hábito de higiene.
- **Tratamento:** antibióticos.

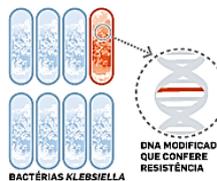
### HANSENÍASE ou LEPRO

- **Agente:** *Mycobacterium leprae* (bacilo de Hansen).
- **Transmissão:** contágio direto.
- **Sintomas:** nódulos ou tubérculos subcutâneos com perda da sensibilidade, lesões ulcerosas e deformantes, lesões neurológicas.
- **Prevenção:** vacina BCG (como ajuda), medidas de higiene e saneamento básico.
- **Tratamento:** antibióticos - rifampicina e dapsona.

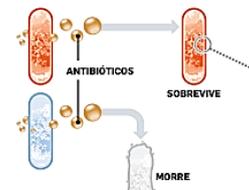
## RESISTÊNCIA BACTERIANA

### COMO SURTEM CEPAS RESISTENTES

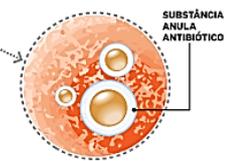
1 Algumas bactérias podem sofrer mutações que conferem resistência a antibióticos



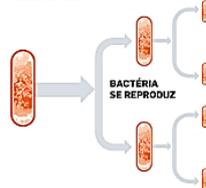
2 Quando um antibiótico é administrado, as bactérias que não possuem a mutação morrem



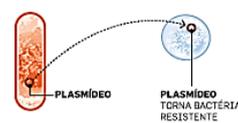
3 Nas bactérias resistentes, a mutação causa a produção de uma substância que anula o efeito do antibiótico



4 Com o tempo, restam apenas as bactérias resistentes



5 Além disso, bactérias resistentes podem doar plasmídeos - anéis de DNA com o gene que confere resistência - a outras bactérias, inclusive de espécies diferentes



### OS CASOS ATUAIS

A bactéria identificada nos últimos dias possui um gene chamado KPC. Ele produz uma enzima - a carbapenemase -, capaz de tornar ineficazes vários antibióticos, entre eles, a penicilina

INFOGRÁFICO/ABE

## GENÉTICA MENDELIANA e PÓS-MENDELIANA

Bem, você já deve ter ouvido falar e até já sabe quem foi **Mendel**, sim, isso mesmo, ele foi o “cara” da Genética, o “cara” que deu “o ponta pé inicial” em tudo aquilo que você conhece na Genética atual, desde do tão consagrado “A” e o “a”, até a base de conhecimento da genética do sangue, e ai por diante. Para encurtar a história, vamos direto ao ponto!!!

A Primeira Lei de Mendel ou Lei da Segregação dos Fatores determina que cada característica é condicionada por dois fatores que se separam na formação dos gametas.

A segregação é consequência da localização dos genes nos cromossomos e do comportamento desses durante a formação dos gametas, através do processo de meiose.

O monge Gregor Mendel realizou seus estudos com objetivo de compreender como as diferentes características eram transmitidas de uma geração para outra.

### Experimentos com Ervilhas

Para conduzir os seus experimentos, Mendel escolheu as ervilhas-de-cheiro (*Pisum sativum*). Essa planta é de fácil cultivo, realiza autofecundação, possui um curto ciclo reprodutivo e apresenta muita produtividade.

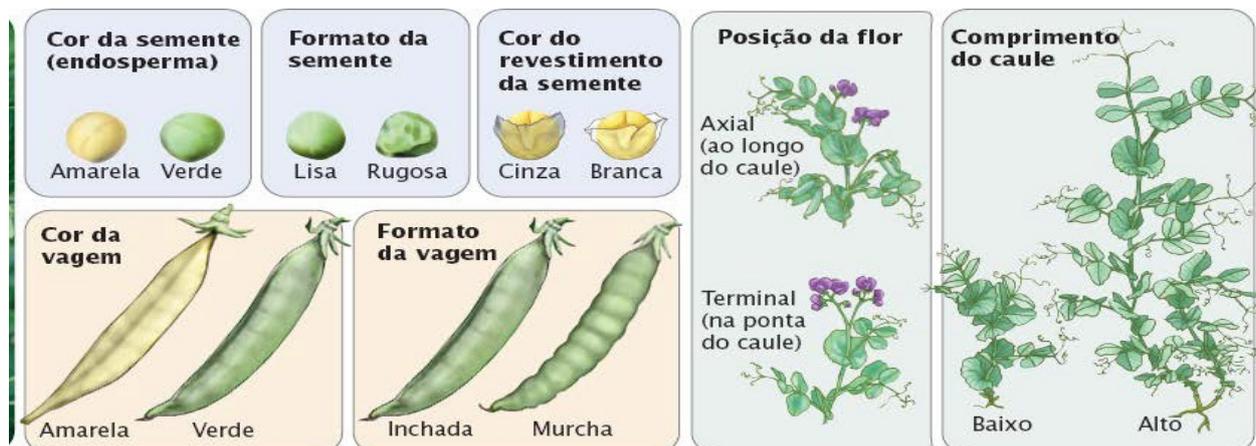
A metodologia de Mendel consistiu em realizar cruzamentos entre diversas linhagens de ervilhas consideradas "puras". A planta era considerada pura por Mendel quando após seis gerações ainda apresentava as mesmas características.

Após encontrar as linhagens puras, Mendel começou a realizar cruzamentos de **polinização cruzada**. O procedimento consistia, por exemplo, de retirar pólen de uma planta com semente amarela e depositá-lo sob o estigma (porção feminina) de uma planta com sementes verdes.

Mendel conduziu seus experimentos utilizando ervilhas pelos seguintes motivos:

- **Planta de fácil cultivo e desenvolvimento em curto período;**
- **Produção de muitas sementes;**
- **Rápido ciclo reprodutivo;**
- **Facilidade de controlar a fecundação das plantas;**
- **Capacidade de realizar autofecundação.**

Os seus experimentos analisaram sete características das ervilhas: cor da flor, posição da flor no caule, cor da semente, textura da semente, forma da vagem, cor da vagem e altura da planta.



Ao observar a cor das sementes, Mendel percebeu que a linhagem de sementes amarelas sempre produzia 100% dos seus descendentes com sementes amarelas. E o mesmo acontecia com as sementes verdes.

As linhagens não apresentavam variações, constituindo linhagens puras. Ou seja, as linhagens puras mantinham suas características ao longo das gerações.

### Cruzamentos

Como estava interessado em saber como as características eram passadas de uma geração para outra, Mendel realizou outro tipo de experimento.

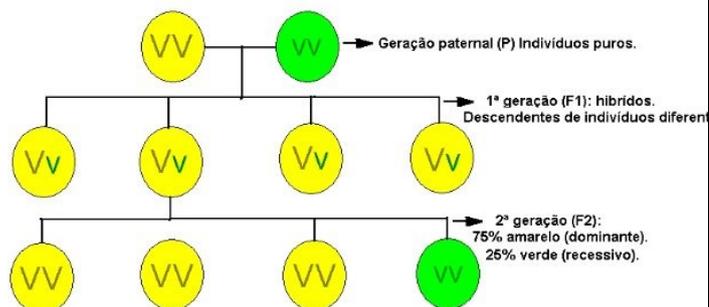
Dessa vez, realizou o cruzamento entre linhagens puras de sementes amarelas e sementes verdes, o que constituiu a **Geração Parental**.

Como resultado desse cruzamento, 100% das sementes eram amarelas - **Geração F1**.

Mendel concluiu que a **semente amarela** apresentou dominância sobre a **semente verde**. Surgiu, assim, o conceito de **genes dominantes e recessivos** na genética.

Como todas as sementes geradas eram **amarelas** (Geração F1), Mendel realizou a autofecundação entre elas.

Os resultados surpreenderam Mendel, na nova linhagem (Geração F2) surgiram novamente as **sementes verdes**, na proporção **3:1** (amarelas:verdes). Ou seja, foi observado que a cada quatro plantas, três apresentavam a **característica dominante** e uma a **característica recessiva**.



Mendel concluiu que a cor das sementes era determinada por dois fatores: um fator para gerar **sementes amarelas, que é dominante**, e outro fator para gerar **sementes verdes, recessivo**.

Assim, a 1ª Lei de Mendel pode ser enunciada como a seguir:

***"Todas as características de um indivíduo são determinadas por genes que se separam, durante a formação dos gametas, sendo que, assim, pai e mãe transmitem apenas um gene para seus descendentes".***

### Primeira Lei de Mendel

A Primeira Lei de Mendel também recebe o nome de **Lei da Segregação dos Fatores ou Monoibridismo**. Ela possui, como você percebeu anteriormente, o seguinte enunciado:

***"Cada caráter é determinado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo um fator do par para cada gameta, que é, portanto, puro".***

Essa Lei determina que cada característica é determinada por dois fatores, que se separam na formação dos gametas.

## O que MENDEL descobriu?

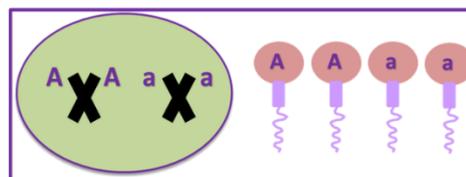
- ✓ **Características dadas por um par de alelos**
- ✓ **Separação dos alelos nos gametas**
- ✓ **Separação dos alelos em iguais proporções**
- ✓ **Dominância e recessividade**

Mendel chegou a essa conclusão, quando percebeu que linhagens diferentes, com os diferentes atributos escolhidos, sempre geram sementes puras e sem alterações ao longo das gerações. Ou seja, plantas de sementes amarelas sempre produzem 100% dos seus

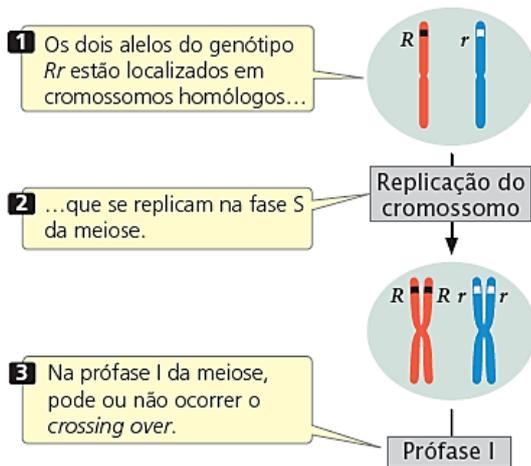
A Primeira Lei de Mendel se aplica para o estudo de uma única característica. Porém, Mendel ainda estava interessado em saber como ocorria a **transmissão de duas ou mais características em simultâneo**.

Levando em consideração os alelos em seus devidos cromossomos, ficaria assim, a relação MEIOSE & 1ª LEI DE MENDEL:

### Relação MEIOSE PRIMEIRA LEI DE MENDEL



A

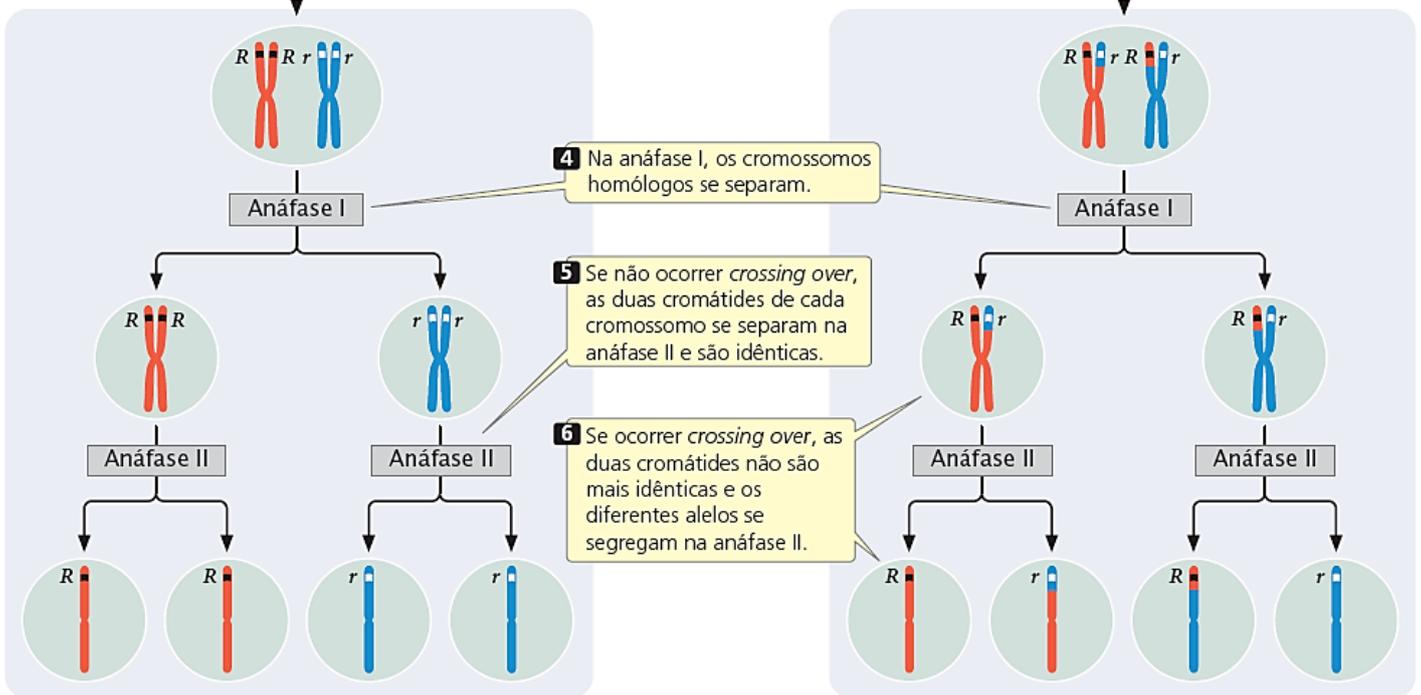


Sem *crossing over*

*Crossing over*

B

C



Oficina de  
**ESTUDOS**

## SEGUNDA LEI DE MENDEL

A Segunda Lei de Mendel também recebe o nome de **Lei da Segregação Independente dos Genes** ou **Diíbridismo**. Ela possui o seguinte enunciado:

*"as diferenças de uma característica são herdadas independentemente das diferenças em outras características".*

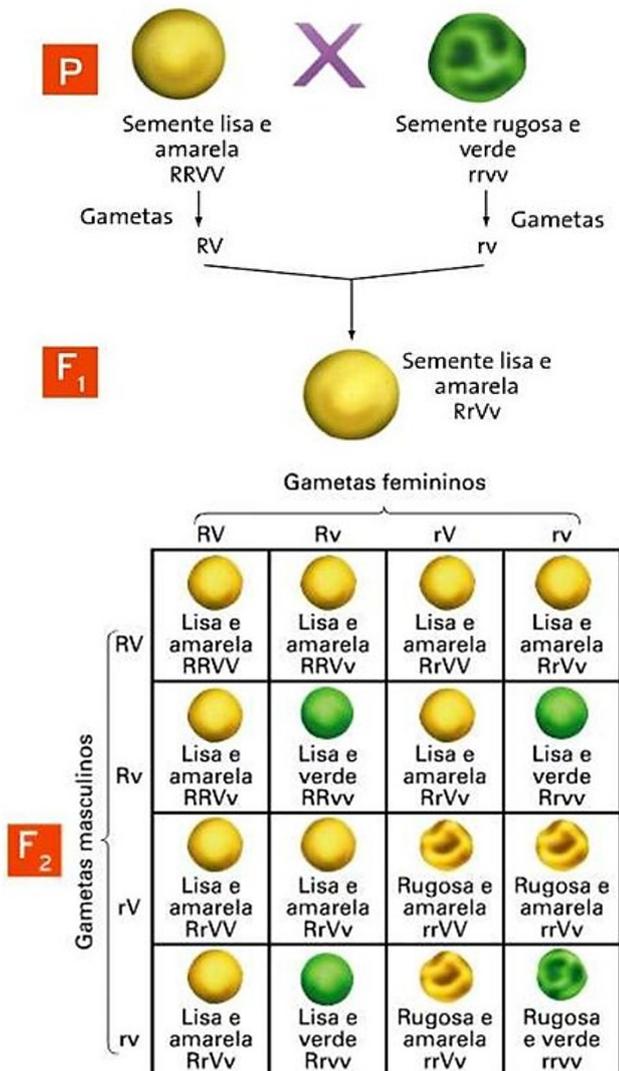
Nesse caso, Mendel também realizou o cruzamento de plantas com diferentes características. Ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas com plantas de sementes verdes e rugosas.

Mendel já esperava que a geração F1 seria composta por 100% de sementes amarelas e lisas, pois essas características apresentam caráter dominante.

Por isso, fez o cruzamento dessa geração, pois imaginava que iriam surgir sementes verdes e rugosas, e ele estava certo.

Os genótipos e fenótipos cruzados eram os seguintes:

- **V\_**: Dominante (cor Amarela)
- **R\_**: Dominante (forma Lisa)
- **vv**: Recessivo (cor Verde)
- **rr**: Recessivo (forma Rugosa)



**P -  $RRVV \times rrvv$**

**F1 -  $RrVv$  (100%)**

**F2 -  $RrVv \times RrVv$**

Leandro Gomes	$RV$	$rV$	$Rv$	$rv$
$RV$	$RRVV$	$RrVV$	$RRVv$	$RrVv$
$rV$	$RrVV$	$rrVV$	$RrVv$	$rrVv$
$Rv$	$RRVv$	$RrVv$	$RRvv$	$Rrvv$
$rv$	$RrVv$	$rrVv$	$Rrvv$	$rrvv$

Mendel descobriu na geração F2 diferentes fenótipos, nas seguintes proporções: **9 amarelas e lisas; 3 amarelas e rugosas; 3 verdes e lisas; 1 verde e rugosa.**

**P. Fenotípica = 9 : 3 : 3 : 1**

$9/16 = \text{DOM DOM}$

$3/16 = \text{DOM REC}$

$3/16 = \text{REC DOM}$

$1/16 = \text{REC REC}$

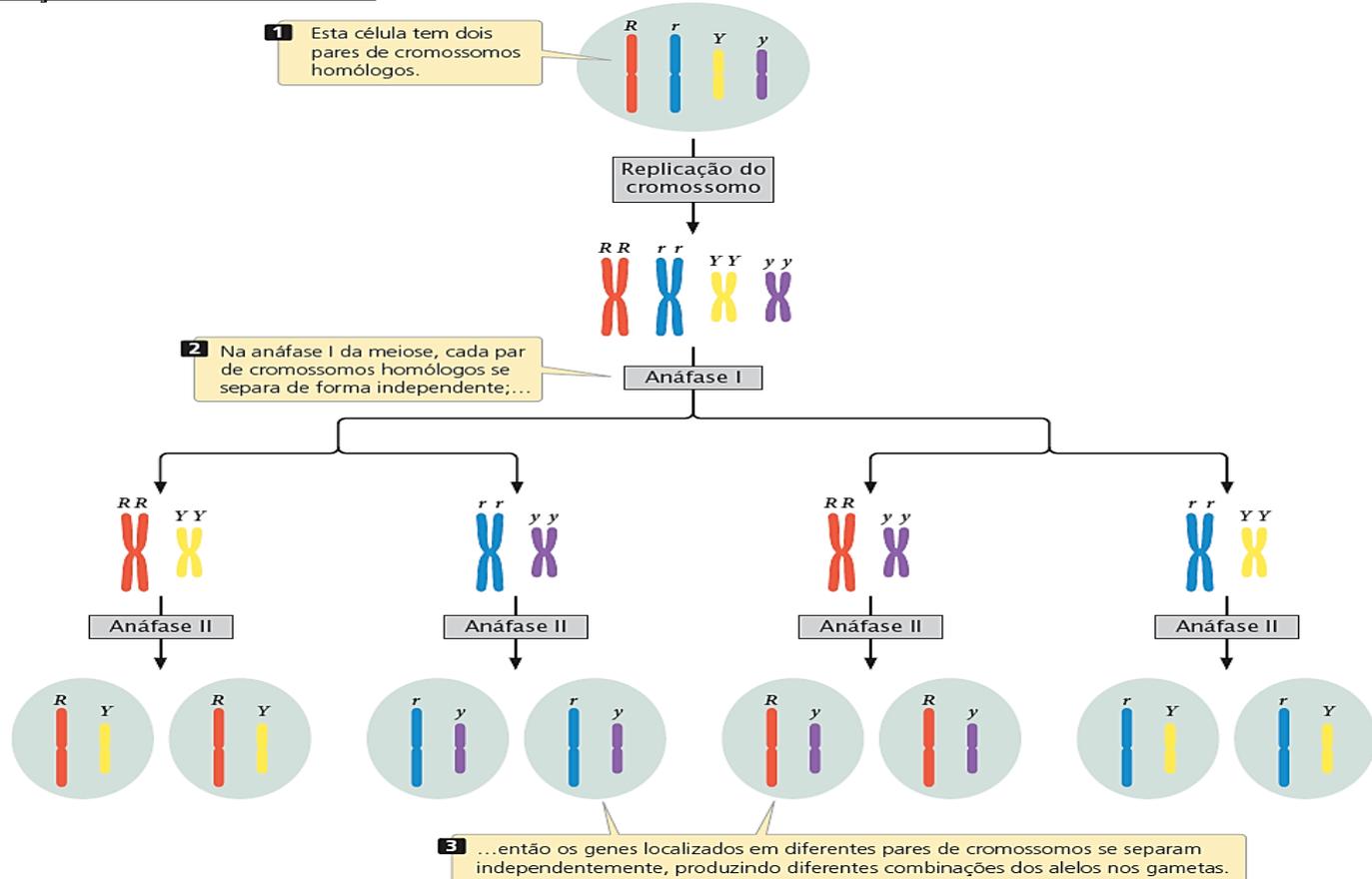
**Genótipos diferentes = 3 n**

**Fenótipos diferentes = 2 n**

**Proporção genotípica**

- 01).  $RRVV = 1$
- 02).  $RRVv = 2$
- 03).  $RrVV = 3$
- 04).  $RrVv = 3$
- 05).  $RRvv = 1$
- 06).  $Rrvv = 2$
- 07).  $rrVV = 1$
- 08).  $rrVv = 2$
- 09).  $rrvv = 1$

## Relação MEIOSE & 2ª LEI DE MENDEL

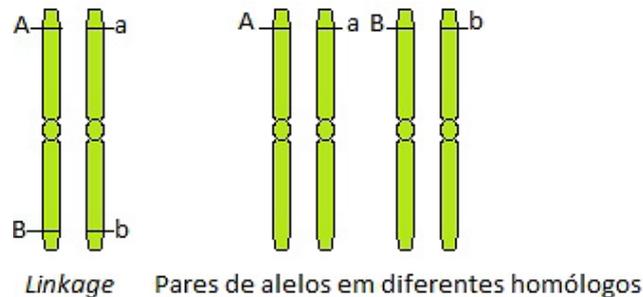


Lembre bem que Mendel, ao estudar sua primeira Lei, evidenciou bem a chamada **DOMINÂNCIA COMPLETA**, porém, há outras relações existentes que veremos agora!!!

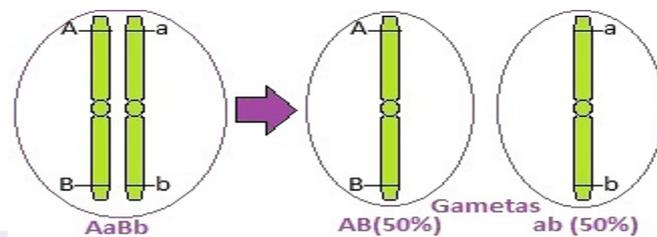
### Linkage

Dizemos que um gene está em **linkage** ou **ligação gênica** quando ele está em um mesmo cromossomo e não se segrega de forma independente no momento da formação de um gameta.

Sabemos que os cromossomos são formados por uma grande sequência de genes que é responsável por determinar as características de uma espécie. Quando ocorre a formação de gametas, os cromossomos são inteiramente transmitidos para essas células juntamente aos genes que os constituem. Segundo a Segunda Lei de Mendel, os genes, durante a formação dos gametas, **segregam-se independentemente**. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que os genes em questão estejam em pares de cromossomos homólogos diferentes. **Quando os genes estão localizados em um mesmo cromossomo, essa segregação não acontece** e todos são transmitidos durante a meiose. Esse fenômeno recebe o nome de **linkage**, **ligamento fatorial** ou **ligação gênica**.



Observe a figura a seguir que ilustra a formação de gametas:



Veja que os genes **A** e **B** estão presentes em um cromossomo, enquanto o **a** e **b** estão no seu homólogo. Os genes **A** e **B** migrarão juntos na formação dos gametas, assim como **a** e **b**. Nesse caso, teremos, portanto, um gameta **AB** e outro **ab**.

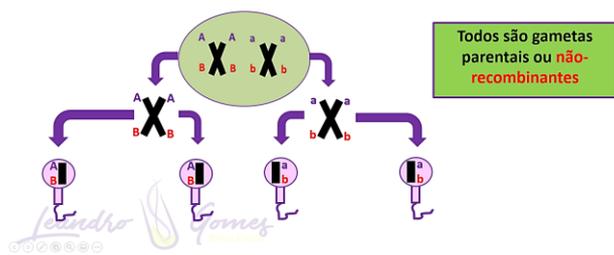
Percebe-se que a migração independente ocorre apenas quando os pares de genes estão em cromossomos diferentes. Quando esses genes estão no mesmo cromossomo de um par de homólogos, eles permanecem juntos quando acontece a meiose. Sendo assim, dizemos que o **linkage** é uma exceção à Segunda Lei de Mendel.

Genes localizados em um mesmo cromossomo podem, no entanto, não ser transmitidos juntos no momento da meiose. Para que isso aconteça, é necessário que durante esse processo de divisão ocorra uma recombinação gênica, também chamada de permuta ou crossing-over.

## TIPOS DE LINKAGE

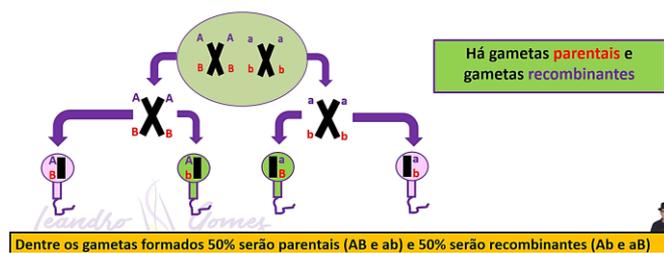
### Linkage **COMPLETA** (sem crossing-over)

- Quando **NÃO** houver **crossing-over** entre os genes em estudo
- Neste caso não haverá **recombinação gênica**.
- Ao final da gametogênese **APENAS gametas parentais** serão formados.

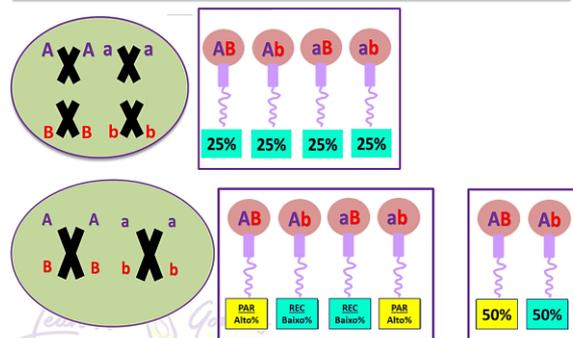


### Linkage **INCOMPLETA** (com crossing-over)

- Quando há **crossing-over** entre os genes em estudo
- Haverá **recombinação gênica**.
- Ao final do processo de formação de gametas teremos **gametas parentais** e **gametas recombinantes**.



### Compare → 2ª Lei de Mendel X Linkage



## GENÉTICA CLÁSSICA X LINKAGE (E N E M)

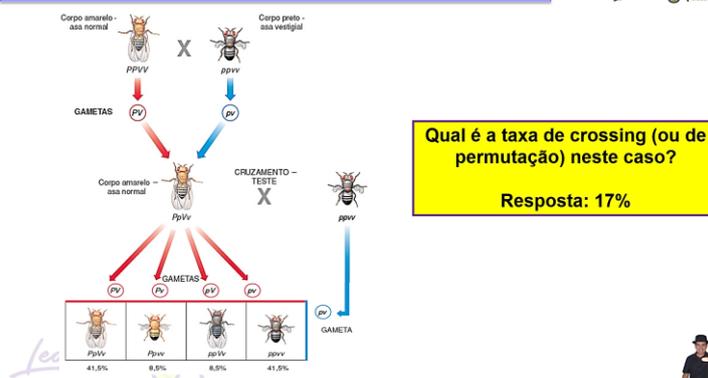
Leandro Genes

(Enem 2019) Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

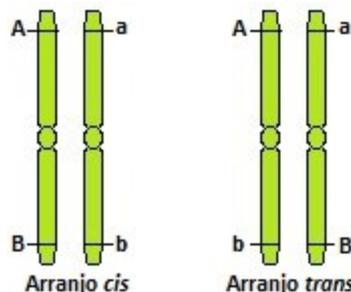
- A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
- Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
- As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
- Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
- O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

### Linkage – genótipos em linkage



## ARRANJO CISE TRANS (HETEROZIGOTOS)

Existem duas formas de os alelos estarem arranjados em um indivíduo duplo-heterocigoto (AaBb) com pares de genes em *linkage*.



Observe a diferença entre o arranjo cis e trans

→ **Arranjo cis:** Em um cromossomo existe apenas alelos dominantes (AB), enquanto no outro encontramos alelos recessivos (ab).

→ **Arranjo trans:** Em cada cromossomo homólogo encontramos um alelo dominante e outro recessivo (Ab/Bb).

## RECONHECENDO UM CASO DE LINKAGE

Para reconhecermos um caso de *linkage*, é importante analisar os tipos de gameta formados por indivíduos heterocigotos e suas proporções. Imagine as seguintes situações:

- **Caso a)** O indivíduo AaBb produz os seguintes gametas: ¼ AB; ¼ Ab; ¼ aB; ¼ ab.
- **Caso b)** O indivíduo BbCc produz os seguintes gametas: ½ BC; ½ bc.
- **Caso c)** O indivíduo CcDd produz os seguintes gametas: 40% CD, 10% Cd; 10% cD; 40% cd.

Veja que, no **caso a**, foram produzidos quatro gametas diferentes, todos na mesma proporção, indicando, assim, um caso claro de

segregação independente. Já no **caso b**, formaram-se apenas dois gametas e ambos também com a mesma proporção. Sendo assim, esse caso representa um exemplo claro de *linkage*. Por fim, temos o **caso c**, que apresentou quatro gametas diferentes, porém em diferentes proporções. Quando isso acontece, dizemos que é um caso de *linkage*, porém com um diferencial de que é a ocorrência de uma permutação ou *crossing-over*.

### Heranças não - mendelianas

Quando falamos em dominância e recessividade, logo nos lembramos de situações em que um alelo domina em relação a outro, expressando-se mesmo quando em heterozigose. Entretanto, nem sempre a dominância ocorre dessa forma. A seguir, vamos diferenciar a dominância completa, a dominância incompleta e a codominância.

- Dominância completa (mendeliana)**

A dominância completa é aquela mais simples, em que um alelo suprime a manifestação de outro quando em heterozigose. Isso faz com que o fenótipo de um indivíduo em heterozigose seja igual ao fenótipo de um indivíduo homocigoto dominante.

O exemplo mais clássico de dominância é o albinismo, uma desordem genética em que se observa um defeito na produção de melanina, pigmento responsável pela cor da pele e dos pelos. O

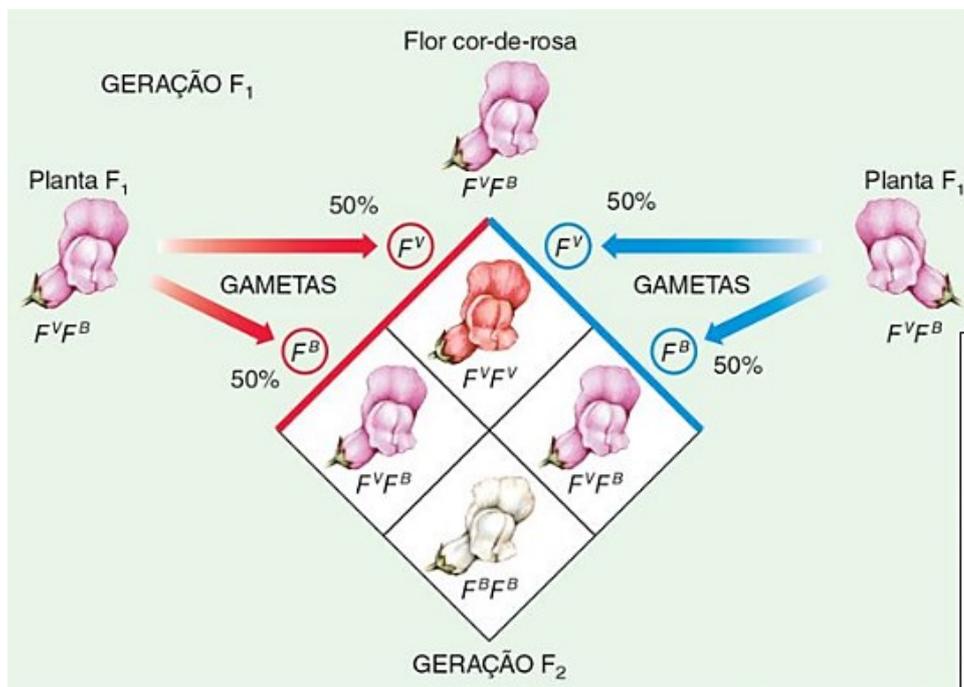
alelo A determina a produção de melanina, e o alelo a define a sua não produção. Indivíduos Aa produzem melanina, assim como indivíduos AA. Somente indivíduos aa não produzem melanina, sendo, portanto, albinos.



- Dominância incompleta**

Na dominância incompleta, os alelos expressam-se em heterozigose, porém o fenótipo produzido é intermediário, uma vez que nenhum é completamente dominante. Enquanto na dominância completa o fenótipo é igual ao do homocigoto dominante, na dominância incompleta, expressa-se um fenótipo completamente distinto dos homocigotos.

Na planta conhecida como boca de leão, por exemplo, o alelo B determina vermelho, e o b determina a cor branca. Os indivíduos BB são vermelhos e os indivíduos bb são brancos. Em organismos Bb, no entanto, não temos indivíduos vermelhos, e sim indivíduos de coloração rosa, com menos pigmento que os homocigotos dominantes.

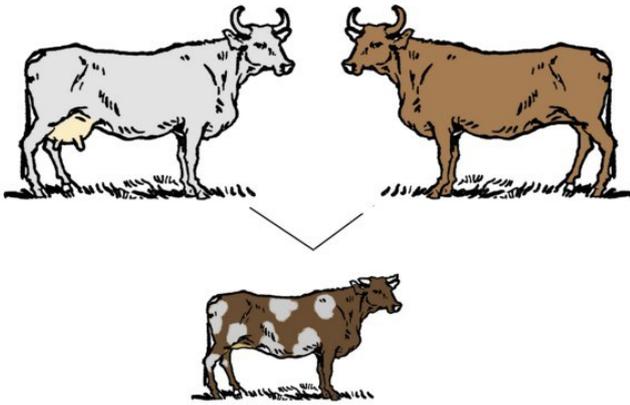


Exemplo de dominância incompleta na herança da cor da flor de boca-de-leão

• **Codominância**

A codominância ocorre quando os dois alelos se expressam em heterozigose e, diferentemente da dominância incompleta, não é formado um fenótipo intermediário. Nesse caso, o fenótipo apresenta características dos dois alelos, que estão ativos e independem um do outro.

Genótipo	Fenótipo
AA	Preto
AB	Branco e Preto
BB	Branco



O exemplo mais conhecido de codominância é o sistema ABO, que apresenta três alelos envolvidos ( $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ ). Existe uma relação de dominância entre os alelos  $I^A$  e  $i$ , e  $I^B$  e  $i$ , entretanto, entre  $I^A$  e  $I^B$  essa relação não é observada. Os genótipos  $I^A i$  e  $I^A I^A$  determinam o sangue A, os genótipos  $I^B i$  e  $I^B I^B$  determinam sangue B, e o  $ii$  determina o sangue O. Quando o indivíduo apresenta sangue  $I^A I^B$ , o sangue é AB, pois os dois alelos expressam-se, não existindo relação de dominância entre eles.

• **Alelos Letais**

Denominamos de alelos letais os genes que causam a morte de seu portador. Esses alelos foram descobertos por Lucien Cuenot (1866-1951), um biólogo que analisou o cruzamento de camundongos em 1904. Nesses cruzamentos, o número de descendentes não obedecia aos resultados esperados de acordo com Mendel, o que gerou dúvidas no pesquisador.

Nos cruzamentos realizados por Cuenot em camundongos de pelagem amarela, os resultados eram 2/3 amarelos e 1/3 de camundongos cinza, mas o esperado era 3:1. O pesquisador concluiu que, em homozigose, o amarelo poderia ser letal e todo indivíduo amarelo era obrigatoriamente heterozigoto. Cuenot testou sua hipótese com outros experimentos e confirmou sua ideia.

→ **Alelos letais completos e semiletais**

Podemos classificar os alelos letais em dois grupos com base na época de manifestação do problema: **letais completos e semiletais**. Os alelos letais completos são aqueles que causam a morte de seu portador antes da idade de reprodução. Já os semiletais são aqueles que permitem a sobrevivência do portador por muitos anos, indo além da idade reprodutiva.

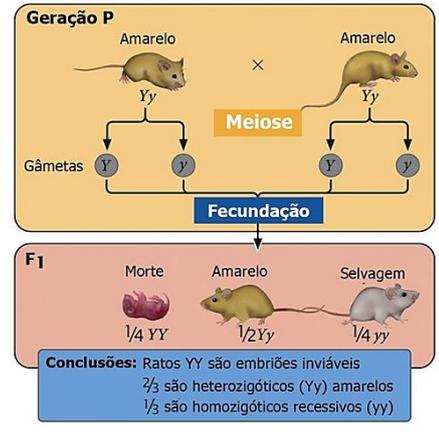
→ **Alelos letais recessivos**

Os alelos letais recessivos provocam a morte quando se apresentam em homozigose. A morte ocorre na fase em que o produto desse gene se faz necessário. Se o gene em questão for responsável pela síntese de uma determinada proteína na primeira infância, por exemplo, o organismo virá a óbito nesse momento. Como exemplo de alelo letal recessivo, podemos citar a **cor do pelo de camundongos**, que pode ser aguti ou amarelo. Para a coloração, o alelo amarelo é dominante, e o aguti é recessivo. Quando o alelo para amarelo se apresenta em homozigose, o camundongo morre antes do nascimento. **Cuidado!!!** → nesse caso, percebe-se que um mesmo alelo atua de duas formas distintas: é dominante quando se refere à cor do pelo, mas recessivo com relação à letalidade.

**Genes letais**

O gene que determina a cor amarela dos ratos está também ligado ao desenvolvimento embrionário.

Quanto em homozigotia determina a inviabilidade dos embriões.



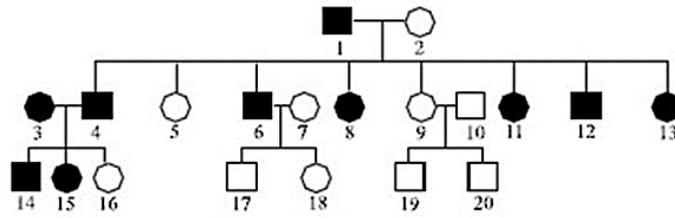
→ **Alelos letais dominantes**

Diferentemente dos alelos letais recessivos, os alelos letais dominantes não precisam aparecer aos pares em um organismo. A presença de apenas uma cópia do alelo já é suficiente para causar a morte do organismo.

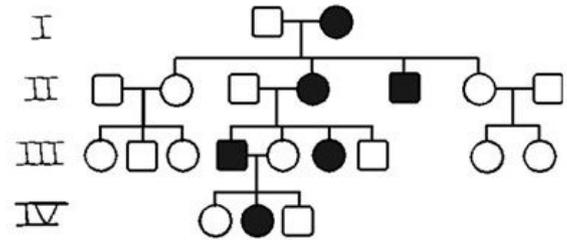
Um importante exemplo de alelo letal dominante pode ser observado na **doença de Huntington**. Nessa doença, observa-se uma progressiva degeneração de nervos e motora que afeta, entre outras partes, a fala e a deglutição. É muito comum a instabilidade emocional do paciente, sendo frequentes relatos de depressão. Geralmente o início dos sintomas começa por volta dos 40 anos de idade e, como um único alelo é suficiente para determinar a doença, um filho de um doente possui 50% de chance de herdar o alelo letal.

Os alelos letais dominantes são, normalmente, removidos de uma população, pois geralmente a morte ocorre antes mesmo de o indivíduo deixar descendentes. No caso da doença de Huntington, como os sintomas só surgem em uma idade que muitos já constituíram família, a doença continua a ser passada de uma geração para outra.

● ■ Portadores da doença de Huntington  
○ □ Normais



Herança autossômica dominante



○ □ normal  
● ■ doença de Huntington (Dh)  
(genótipos DD, Dd)

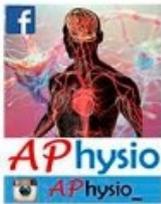
# Doença de Huntington

## A DOENÇA



É um distúrbio neurológico, hereditário e para o qual não há cura. Ela causa degeneração corporal e mental e, entre seus sintomas, estão: falta de coordenação motora; movimentos involuntários dos membros, do tronco e do rosto; redução da capacidade intelectual; e alterações na personalidade e no comportamento do indivíduo.

Mário Vinícius/DIA Press

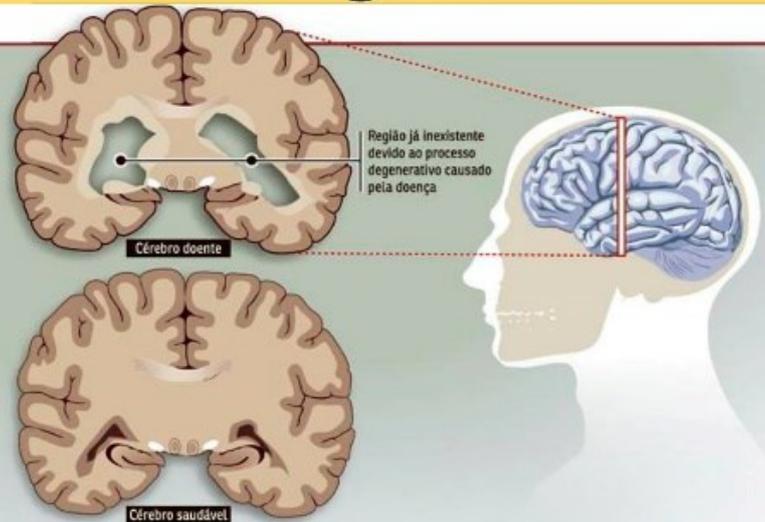


## Bloqueio da mutação

Pesquisadores da Universidade Nacional da Irlanda em Galway descobriram uma enzima que, quando ativada, aumenta as mutações celulares que causam a doença de Huntington. Se ela for bloqueada, o problema de saúde poderá estacionar. Conheça o estudo:



Afeta de três a sete pessoas a cada 100 mil. Os primeiros sintomas da doença aparecem, geralmente, quando o indivíduo tem entre 35 e 55 anos.



## A PESQUISA



Os cientistas investigaram o caminho da sinalização da proteína ATM devido ao papel central que ela exerce na reparação de danos do DNA. Nos casos em que o prejuízo é irreversível, a ATM desencadeia o suicídio celular.



Eles descobriram que a sinalização da ATM era anormalmente elevada no tecido cerebral de camundongos e pacientes com a doença de Huntington.



Para entender esse efeito, testaram a ação de uma redução de ATM em uma célula hospedeira e em animais — incluindo camundongos, moscas — células de camundongos e células estaminais pluripotentes induzidas a partir de um paciente com o distúrbio neurológico.



Perceberam que blindar a sinalização da ATM protegeu as células cerebrais da toxicidade dos fragmentos mutantes de Huntington, reduzindo a morte celular e evitando parcialmente a progressão da doença.



# Oficina de ESTUDOS

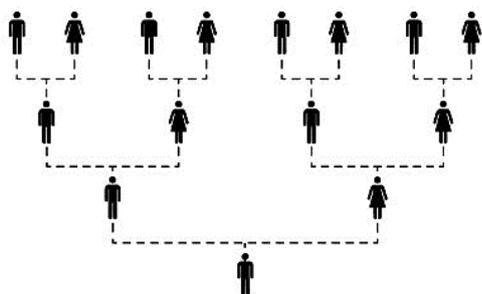
**O defeito genético que causa a doença degenerativa de Huntington pode ser corrigido em pacientes pela primeira vez, segundo soube a BBC**

Quer saber mais sobre essa matéria? É só acessar o qr code, apontando a câmera do seu celular, tablet...



**Heredogramas**

Os heredogramas são importantes representações que ilustram como ocorreu a transmissão de uma determinada característica em uma família.

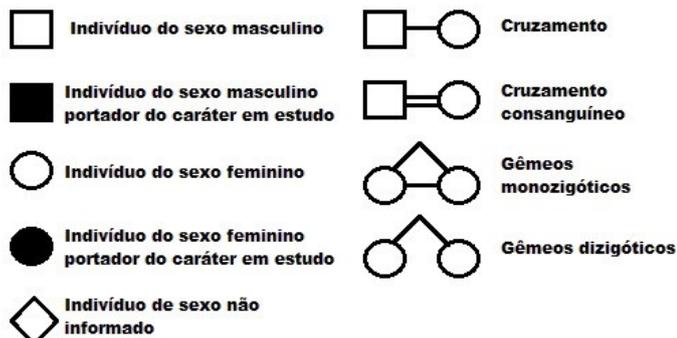


Analisando o histórico familiar de um indivíduo, podemos entender melhor suas características

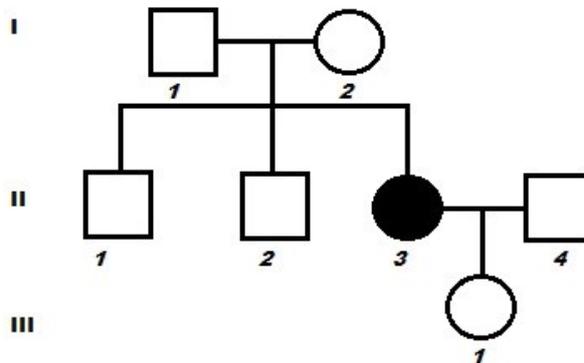
Em Genética, frequentemente analisamos questões relacionadas à hereditariedade e, para compreendê-las melhor, realizamos observações a respeito do histórico familiar do indivíduo. Para ajudar nessas análises, foram criados os **heredogramas**, representações que ilustram o grau de parentesco entre os organismos e em que indivíduos podem ser observada uma dada característica.

→ Simbologia usada nos heredogramas

Na construção de heredogramas, utilizam-se algumas simbologias para ilustrar os indivíduos e as respectivas relações de parentesco. A seguir, veja algumas dessas simbologias usadas em um heredograma:



Utilizando esses símbolos, torna-se fácil construir e entender um heredograma. Entretanto, além dos símbolos, algumas numerações são encontradas nessa representação. Assim sendo, é importante saber que a numeração em algarismos romanos representa as gerações, e cada indivíduo de uma geração é indicado por algarismo arábico. **Veja um exemplo a seguir:**



O heredograma representa uma família em que os afetados apresentam albinismo

Considerando que o heredograma acima representa uma família que tem o gene para o albinismo, podemos resumidamente explicá-lo da seguinte forma:

- O heredograma possui três gerações;
- O casal 1 e 2 da primeira geração teve três filhos: dois do sexo masculino e um do sexo feminino;
- O indivíduo 3 da segunda geração é uma mulher afetada, ou seja, albina;
- O indivíduo 3 casa-se com um indivíduo normal;
- O casal 3 e 4 da geração II teve uma filha.

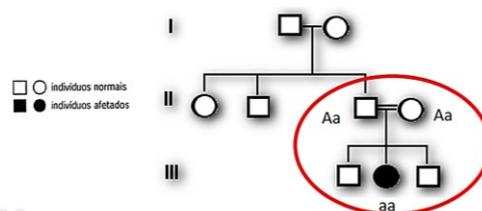
No caso do albinismo, sabemos que se trata de uma herança autossômica recessiva. Entretanto, caso não soubéssemos, deveríamos analisar o heredograma para identificar o tipo de herança mais provável. **Veja a seguir algumas características presentes no heredograma que ajudam a identificar o tipo de herança:**

- **Autossômica recessiva:** Ocorre em frequência similar em homens e mulheres; pais de indivíduos afetados que não possuem a característica são heterozigotos, e geralmente a característica pula gerações.

**Herança Autossômica Recessiva**

Heredograma característico

1. Pais normais com algum filho(a) afetado(a).
2. Os pais normais serão (Aa) e o filho(a) afetado(a) será (aa).
3. Não deve haver discrepância na quantidade de homens e mulheres afetados.
4. Exemplos: **fibrose cística** e **Anemia falciforme**

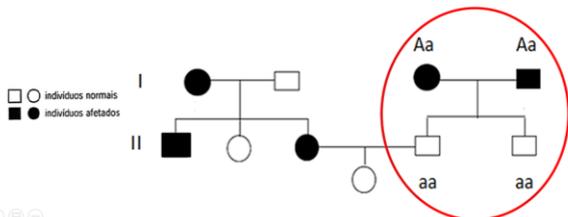


- **Autossômica dominante:** Ocorre em frequência similar em homens e mulheres; normalmente, a característica está presente em todas as gerações.

## Herança Autossômica Dominante

### Hereditograma característico

1. Pais afetados com algum filho(a) normal.
2. Os pais afetados serão (**Aa**) e o filho(a) normal será (**aa**).
3. Não deve haver discrepância na quantidade de homens e mulheres afetados.
4. Exemplo: **polidactilia**



- **Ligada ao X recessiva:** Mais comum em homens, o pai não transmite a característica para o filho do sexo masculino, e todas as filhas de um homem afetado são portadoras do gene em questão.
- **Ligada ao X dominante:** Geralmente, todas as filhas de um homem afetado são afetadas, e o pai não transmite a característica para o filho do sexo masculino.



Essas duas veremos com maior ênfase ao final do capítulo.

### Alelos múltiplos ou Polialelia

Alelos múltiplos ou polialelia é a situação em que um gene (genótipo) apresenta três ou mais alelos, e não apenas dois, para um mesmo locus cromossômico (endereço do gene), determinando uma característica (fenótipo).

A explicação para a coexistência polialélica, deriva dos processos mutagênicos produzindo séries alélicas selecionadas e adaptadas ao ambiente.

No organismo humano, o sistema ABO representa um caso típico de alelos múltiplos, onde de forma dominante e recessiva, os alelos:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ , definem os quatro tipos possíveis sanguíneos: O, A, B, e AB.

Outro exemplo, bem interessante e de fácil compreensão, é a determinação da pelagem em coelhos, onde podemos observar a manifestação genética de uma série com quatro genes alelos: o primeiro **C**, expressando a cor Aguti ou Selvagem; o segundo **C<sup>ch</sup>**, transmitindo a cor Chinchila; o terceiro **Ch**, representando a cor Himalaia; e o quarto alelo **Ca**, responsável pela cor Albina.

Sendo a relação de dominância  $\rightarrow C > C^{ch} > C^h > C^a$

O gene **C** é dominante sobre todos os outros três, o **C<sup>ch</sup>** dominante em relação ao himalaia e ao albino, porém recessivo perante o aguti, e assim sucessivamente.



$C > C^{ch} > C^h > C^a$

Fenótipo	Genótipo
Selvagem	CC, CC <sup>ch</sup> , C <sup>ch</sup> C <sup>h</sup> , CC <sup>a</sup>
Chinchila	C <sup>ch</sup> C <sup>ch</sup> , C <sup>ch</sup> C <sup>h</sup> , C <sup>ch</sup> C <sup>a</sup>
Himalaia	C <sup>h</sup> C <sup>h</sup> , C <sup>h</sup> C <sup>a</sup>
Albino	C <sup>a</sup> C <sup>a</sup>



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

### Sistema ABO

O sistema ABO classifica grupos sanguíneos em tipos **A, B, AB e O**. Esse sistema foi descrito em 1900 por Karl Landsteiner, que, inicialmente, descreveu os grupos A, B e O. O fenótipo AB foi descrito apenas alguns anos depois, por Alfred Von Decastello."

Os grupos sanguíneos ABO são determinados por **três alelos diferentes de um único gene:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$** . Esses três alelos são os responsáveis por garantir na espécie humana a presença de **quatro fenótipos: sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O**.

Esses quatro grupos são caracterizados pela presença ou ausência de aglutinogênios em suas hemácias e de aglutininas no plasma sanguíneo (leia mais a seguir). O alelo  $I^A$  é responsável por garantir que o sangue tenha aglutinogênio A, enquanto o alelo  $I^B$  é responsável pelo aglutinogênio B. O alelo  $i$  não é responsável pela produção de aglutinogênio."

O sistema ABO é um exemplo clássico de alelos múltiplos (ou polialelia) e de codominância. É um caso de alelos múltiplos, pois apresenta três alelos diferentes de um único gene ( $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ ). A codominância, por sua vez, acontece, pois entre os alelos  $I^A$  e  $I^B$  não existe relação de dominância.

$I^A = I^B > i$

Por isso temos indivíduos  $I^A I^B$  com fenótipo AB, ou seja, com a produção dos dois tipos de aglutinogênio, A e B. Vale destacar que, apesar de haver codominância entre  $I^A$  e  $I^B$ , existe dominância em relação ao alelo  $i$ .

Desse modo temos que  $I^A$  e  $I^B$  exercem dominância sobre  $i$ , porém entre os alelos  $I^A$  e  $I^B$  há codominância. Com isso temos que os genótipos dos tipos sanguíneos são:

TIPO SANGUÍNEO	AGLUTINOGÊNIO (HEMÁCIAS)	AGLUTININAS (PLASMA)	GENÓTIPOS
A	Aglutinogênio do tipo A ↑ 	Anti-B 	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	Aglutinogênio do tipo B ↑ 	Anti-A 	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	Aglutinogênios do tipo A e do tipo B ↑↑ 	Ausência de aglutinina	$I^A I^B$
O	Ausência de aglutinogênio	Anti-A e Anti-B 	$ii$

### Exemplo de cruzamento envolvendo o sistema ABO

Júlio e Aline são casados e possuem, respectivamente, sangue O e sangue AB. Qual a probabilidade de o casal ter um filho com sangue tipo AB?

**Resolução:** Júlio possui sangue tipo O, logo, seu genótipo é  $ii$ . Aline possui sangue AB, portanto, seu genótipo é  $I^A I^B$ . Observe a seguir o quadro de Punnett (espécie de tabela em que é possível separar os possíveis gametas e descobrir os genótipos dos descendentes) mostrando esse cruzamento:

	$i$	$i$
$I^A$	$I^A i$	$I^A i$
$I^B$	$I^B i$	$I^B i$

Após a realização do cruzamento, podemos perceber que não existe a possibilidade desse casal ter filhos com tipo sanguíneo AB, sendo possível apenas o sangue dos tipos A ( $I^A i$ ) e B ( $I^B i$ ).

### Aglutinogênios e aglutininas no sistema ABO

No sistema ABO observa-se quatro tipos de sangue distintos: A, B, AB e O. Eles se caracterizam pela presença ou ausência de aglutinogênios e de aglutininas no plasma. Os aglutinogênios são substâncias encontradas na membrana plasmática das hemácias, enquanto as aglutininas são anticorpos presentes no plasma sanguíneo que atuam contra determinados aglutinogênios.

Existem dois tipos de aglutinogênios, o A e o B. O aglutinogênio A está presente no sangue A, enquanto o B está no sangue tipo B. As pessoas com sangue AB possuem ambos aglutinogênios: A e B. Já as pessoas de sangue tipo O não possuem aglutinogênios em suas hemácias."

	Sangue A	Sangue B	Sangue AB	Sangue O
Hemácias				
Anticorpos			—	

Assim como os aglutinogênios, existem **dois tipos de aglutinina: anti-A e anti-B**. A pessoa com sangue tipo A possui aglutinina anti-B, enquanto a pessoa com tipo sanguíneo B possui aglutinina anti-A. A pessoa que apresenta sangue do tipo AB não possui aglutinina em seu plasma, diferentemente das pessoas que possuem sangue tipo O, que se caracteriza pela presença das aglutininas anti-A e anti-B."

### "Quem doa para quem"

Considerando-se apenas o sistema ABO, podemos fazer algumas afirmações importantes em relação à transfusão de sangue:

- Indivíduos de sangue tipo O podem doar para qualquer pessoa, pois não possuem aglutinogênios nas hemácias. Devido a esse motivo, são conhecidos como doadores universais. Esses indivíduos, no entanto, só podem receber sangue tipo O, pois apresentam aglutinina anti-A e anti-B.
- Indivíduos com sangue AB podem receber sangue de qualquer tipo, pois não apresentam aglutininas em seu plasma. Devido

a esse motivo, são chamados de receptores universais. Esses indivíduos, no entanto, podem apenas doar para indivíduos com sangue AB, pois possuem aglutinogênios A e B em suas hemácias.

- Os indivíduos do sangue A não podem doar sangue para indivíduos do sangue B, pois as hemácias seriam atacadas pelas aglutininas anti-A. Eles podem doar para pessoas com sangue A e pessoas com sangue AB. Pessoas com sangue A podem receber doação de pessoas com sangue A ou sangue O.
- Indivíduos do sangue B não podem doar para os de sangue A, pois suas hemácias seriam atacadas pelas aglutininas anti-B. Eles podem doar, portanto, para pessoas com sangue B e pessoas com sangue AB. Pessoas com sangue B podem receber doação de pessoas com o mesmo sangue ou sangue O."



### O que é fator Rh?

O fator Rh recebeu esse nome porque sua descoberta foi feita utilizando-se sangue do macaco do gênero Rhesus.

O **fator Rh** foi descoberto em 1940 por dois pesquisadores: Landsteiner e Wiener. A descoberta veio a partir de observações feitas após colocarem sangue do macaco do gênero *Rhesus* em coelhos.

Após aplicarem o sangue do macaco, notou-se que o sangue dos coelhos aglutinava. A explicação para essa ocorrência era a existência de um antígeno no sangue do macaco, sendo assim, as cobaias produziam anticorpos contra as hemácias recebidas. Esse anticorpo foi chamado de **anti-Rh**.

Depois dessas observações, os pesquisadores misturaram o soro dos coelhos com o sangue humano. Percebeu-se aí que cerca de 85% das amostras de sangue humano aglutinavam e apenas 15% não. Chamaram de **Rh positivos** ( $Rh^+$ ) aqueles que aglutinavam e, conseqüentemente, possuíam antígenos em suas hemácias. Já os que não aglutinaram receberam o nome de **Rh negativos** ( $Rh^-$ ), pois não possuíam fator Rh em suas hemácias.

O fator Rh é determinado por dois alelos que apresentam dominância completa ( $R$  e  $r$ ). Indivíduos que apresentam um alelo dominante possuem o fator Rh em suas hemácias. Já aqueles que possuem dois alelos recessivos não possuem fator Rh. Observe abaixo um quadro que demonstra a genética do sistema Rh:

FENÓTIPO	GENÓTIPO	ANTÍGENO	ANTICORPO
RH +	RR ou Rr	Possui Rh	X
RH -	Rr	X	Anti-R

Em casos de transfusão de sangue, não podemos observar apenas o sistema ABO, o fator Rh também é fundamental para que seja realizado o procedimento de maneira correta. Quando uma pessoa

Rh- recebe sangue Rh+, seu corpo imediatamente inicia a produção de anticorpos anti-Rh. Se ocorrer outra transfusão com Rh+, os anticorpos atacarão as hemácias, fazendo com que elas se rompam. A hemólise pode desencadear a morte.

### Sangue dourado??

O QUE É O "SANGUE DOURADO"?

O QUE ELE TEM DE INCOMUM E PERIGOSO?

O SANGUE DE RH NULO É COMPARADO COM OURO POR SUA RARIDADE E VALOR.

**O BOM**

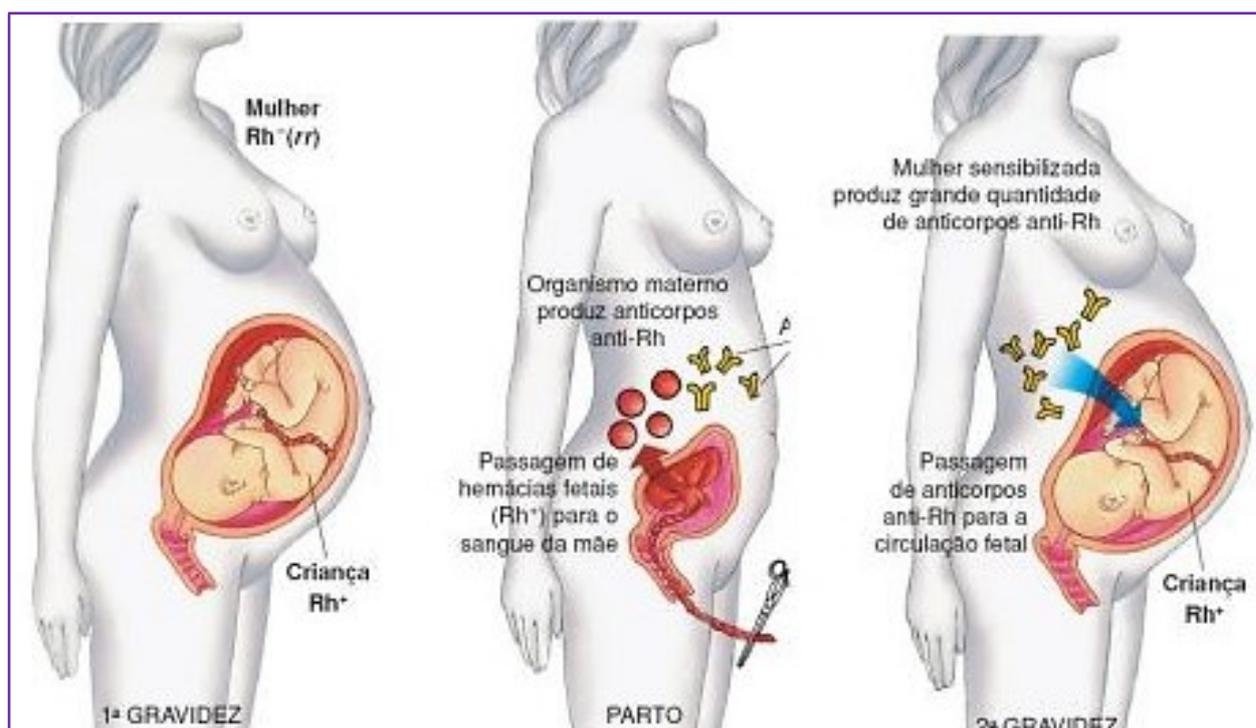
PESSOAS COM ESSE SANGUE SÃO DOADORAS UNIVERSAIS MAIS PODEROSAS QUE AS QUE TÊM SANGUE TIPO O NEGATIVO: PODEM SALVAR MUITAS VIDAS.

**O MAU**

ELAS SÓ PODEM RECEBER SEU MESMO TIPO DE SANGUE, MAS É QUASE IMPOSSÍVEL DE CONSEGUIR: SÓ CERCA DE 40 PESSOAS NO MUNDO SÃO PORTADORAS.

### Eritroblastose fetal ou Doença hemolítica do recém nascido

Existe ainda uma doença denominada eritroblastose fetal, que se caracteriza pelo processo de destruição de hemácias de um feto, mecanismo semelhante ao da transfusão explicada acima. Essa doença ocorre quando uma mãe Rh- gera um filho Rh+. Quando ocorre o contato do sangue da mãe com o do bebê, normalmente no final da gestação, inicia-se o processo de produção de anticorpos. A produção ocorre de maneira lenta e, por isso, a doença ocorre quando uma nova gravidez acontece e o feto possui novamente Rh+, pois nesse momento a quantidade de anticorpos é suficiente para atingir o feto.



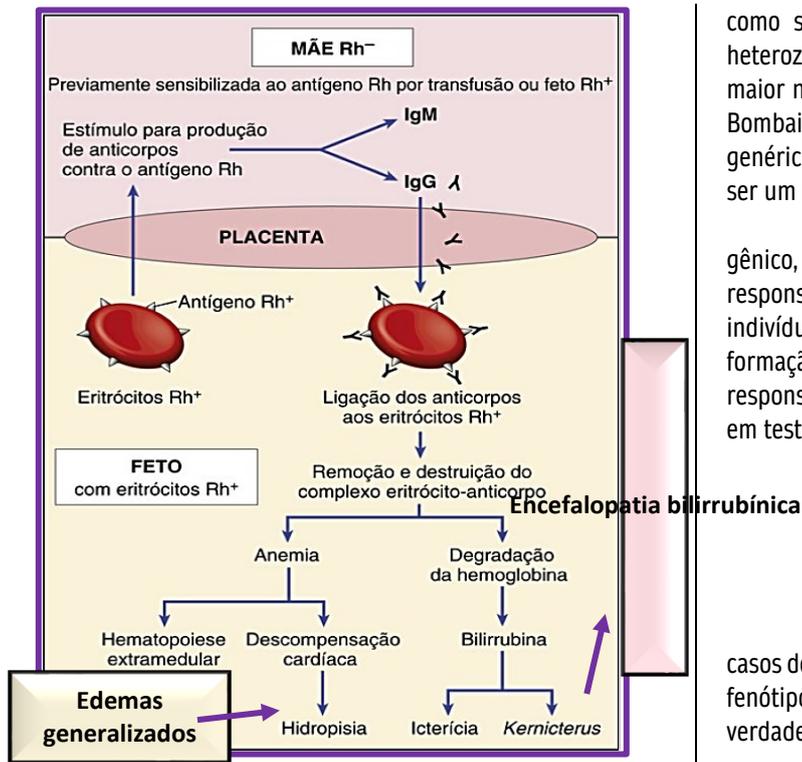
#### Doações

- O único problema é se o doador for positivo e o receptor negativo que já recebeu alguma transfusão positiva e está sensibilizado

#### Eritroblastose fetal

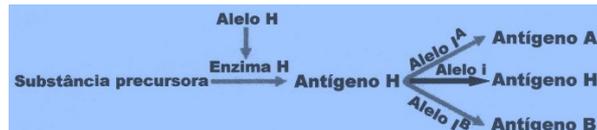
- **PROCESSO:**  
Mulheres Rh- sofrem sensibilização:  $\rightarrow$  Transfusão Rh+  $\rightarrow$  Gerando criança Rh+  
 $\downarrow$   
Passam a produzir Anti-Rh  
 $\downarrow$   
Afeta a "segunda" criança Rh+

- **O QUE ACONTECE:** ruptura dos capilares da placenta; sensibilização da mãe; anticorpos maternos destroem as hemácias do feto.



como se fossem de sangue O, mesmo sendo homocigotos ou heterocigotos do tipo A e B; ou AB. A incidência destes casos é maior na Índia, principalmente em Mumbai, também chamada de Bombaim – justificando o nome dado a este fenômeno. Neste caso genérico, há a possibilidade, mesmo que pequena, de um dos pais ser um falso O.

**Isso pode ser explicado da seguinte forma:** um locus gênico, chamado locus H, determina a produção de um fator responsável pela expressão do fenótipo do sistema ABO. Assim, indivíduos HH ou Hh sintetizam uma enzima que é responsável pela formação do antígeno H; transformado em antígeno A ou B: responsável pela determinação dos grupos sanguíneos A, B e AB, em testes tradicionais.



Quando esse locus gênico não está presente, ou seja, em casos de indivíduos **homocigotos recessivos (hh)**, é manifestado um fenótipo de sangue do tipo O independentemente do seu genótipo verdadeiro, já neste caso que é sintetizada uma enzima inativa.

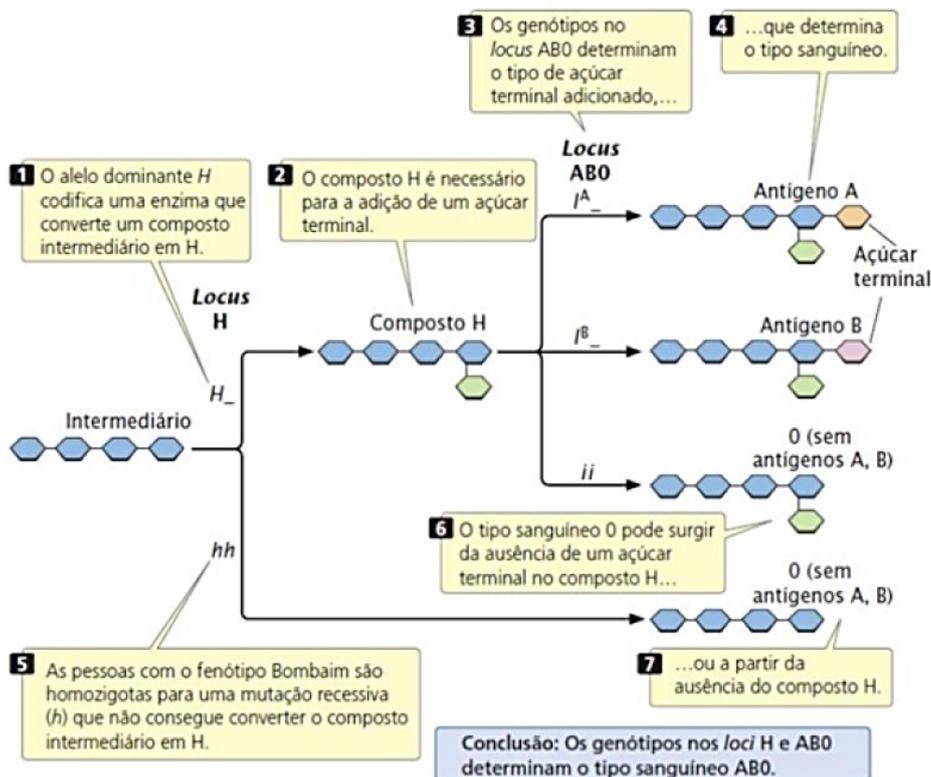
Diante destes fatos, para se detectar se uma pessoa é realmente O ou um falso O, é necessário um teste em que se é aplicado o anticorpo anti-H em uma gota de sangue. Quando há a aglutinação desta amostra, o indivíduo possui genótipo referente ao sangue O; quando não, é um falso O, não sendo possível se fazer a detecção de seu real grupo sanguíneo.

**Efeito Bombaim?? O que é isso??**

Nem sempre a afirmação **“Filhos de pais de sangue O não podem ter sangue A” é verdadeira**. Isso porque existe um grupo, correspondente a menos de 1% da população, em que as técnicas tradicionais de determinação dos grupos sanguíneos os identificam

**Efeito Bombaim (falso O)**

Os antígenos ABO são produzidos em uma via bioquímica de várias etapas, que dependem das enzimas para produzir H e outra enzima que converte H no antígeno A ou B.



● **FALSO O?**

Pessoas com tipo sanguíneo A,B ou AB que não manifestam o gene; não aglutina cm anti-A e/ou anti-B pois não detecta Genótipo "hh" (antígeno H ativa I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, i).

GENÓTIPOS	FENÓTIPOS
H – I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> ou H – I <sup>A</sup> i	A
H – I <sup>B</sup> I <sup>B</sup> ou H – I <sup>B</sup> i	B
H – I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>	AB
H – ii	O
hh – –	falso O

Presença do anti-H

● **Interação Gênica**

É a denominação de um processo que ocorre quando **dois ou mais genes interagem** controlando apenas uma característica. Para que ocorra essa interação, não é necessário que os genes estejam localizados no mesmo cromossomo.

Por ser mais de um gene que determinará uma característica quando ocorrer a interação, a análise das características normalmente foge das proporções de Mendel.

As interações gênicas podem ser classificadas em **interações não epistáticas** e **interações epistáticas**.

**Interações não epistáticas**

Quando genes produzem enzimas que têm ação em diferentes vias metabólicas, as interações são denominadas interações não epistáticas. Nesse tipo de interação, dois ou mais locus interagem entre si e, dessa forma, produzem **fenótipos** sem que os alelos suprimam a expressão dos alelos de outros locus.

Um exemplo desse tipo de interação é a forma da crista das galinhas. Os quatro tipos de crista de galinhas são: ervilha, rosa, simples e noz. O gene dominante R é quem determina a crista rosa, enquanto o gene dominante E determina a crista ervilha. Caso ocorra a presença do gene R e do gene E, então acontecerá uma interação gênica não-epistática e a crista correspondente será a crista tipo noz. Caso nenhum dos genes dominantes apareçam, a galinha possuirá a crista do tipo simples.

Genótipo das Aves	R_E_ (RREe ou RREe ou RRee ou RREe)	R_ee (RRee ou Rree)	rrE_ (rrEE ou rrEe)	rree
Fenótipo das Cristas	Crista Noz	Crista Rosa	Crista Ervilha	Crista Simples

**Proporção fenotípica**

**9 : 3 : 3 : 1**

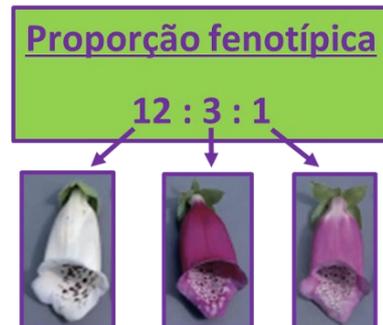
**Interações epistáticas**

Interações epistáticas são interações que acontecem quando mais de um gene determina a produção das enzimas responsáveis por catalisar etapas diferentes de uma via metabólica.

Na **epistasia**, quando um alelo de um gene em um locus se manifesta, ele suprime a manifestação de outro gene locus diferente. Esse alelo que suprime a manifestação do outro recebe o nome de **epistático**, enquanto que o alelo que foi suprimido é denominado **hipostático**.

Se apenas um alelo conseguir, sozinho, suprimir o hipostático, então dizemos que se trata de uma **epistasia dominante**. Em contrapartida, se o alelo aparece em dupla para inibir o hipostático, então o processo é denominado **epistasia recessiva**.

A cor das pétalas da flor da dedaleira *Digitalis purpurea* é um exemplo clássico de **epistasia dominante**.



- Exemplo: cor da pétala em dedaleira (*Digitalis purpurea*)
- 12:3:1



d: vermelho-claro  
D: vermelho-escuro  
w: pigmento nas pétalas  
W: pigmento em pequenos pontos

W é epistático em relação a D

9 D/-; W/- branca com pontos } 12  
3 d/d; W/- branca com pontos }  
3 D/-; w/w vermelho-escuro } 3  
1 d/d; w/w vermelho-claro } 1

Já a **epistasia recessiva** pode ser exemplificada pela cor da pelagem de cães labradores.

## Proporção fenotípica

9 : 3 : 4



Exemplo: cor da pelagem em labradores

9:3:4

	AB	Ab	aB	ab		
AB						A- B-
Ab						A- bb
aB						aa - -
ab						aa - -

9 9/16 A-B-  
 3 3/16 A-bb  
 4 3/16 aaB-  
 1/16 aabb

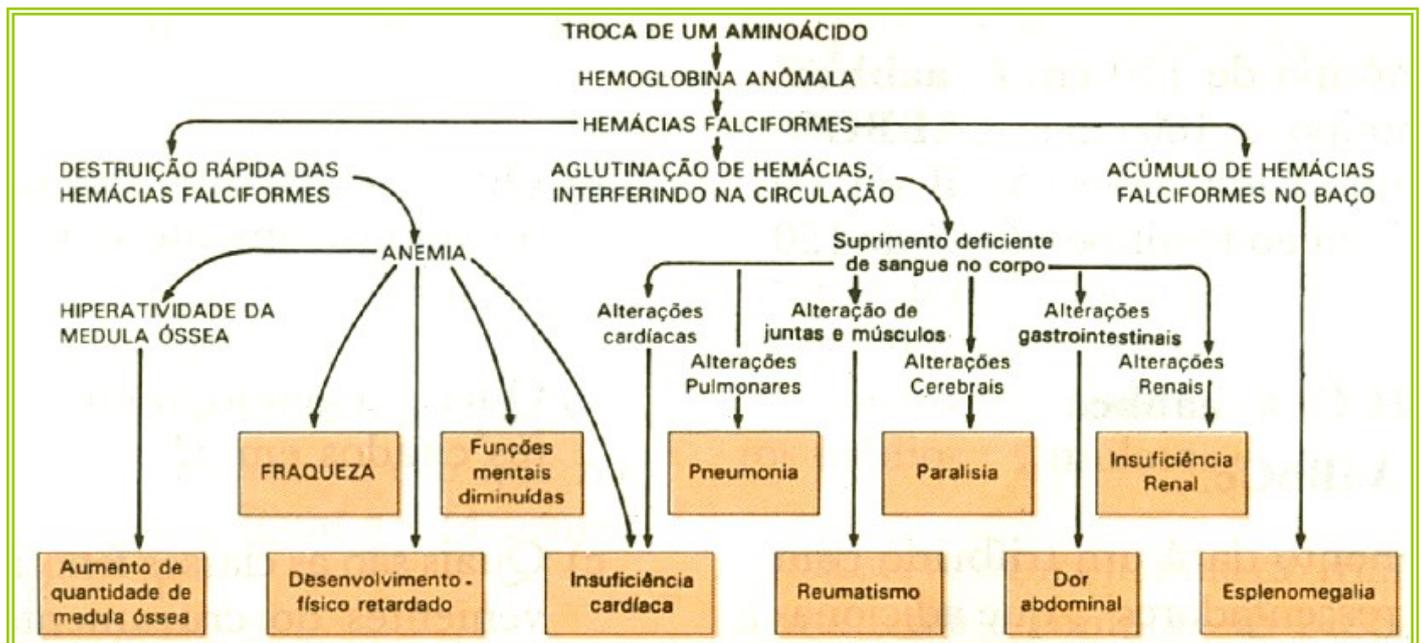
B: preto  
 b: marrom  
 a: amarelo  
**A: possuir pigmento**  
 a é epistático em relação a B

Genótipo aa para loco A determina coloração amarela, independente do genótipo do loco B

## Pleiotropia

A pleiotropia é o processo inverso da interação gênica. Ou seja, ocorre quando um único par de genes, o par pleiotrópico, é responsável pela **manifestação de diversas características**.

Um exemplo bastante comum de condição pleiotrópica é a **fenilcetonúria**, causada por um gene recessivo que produz enzimas que não conseguem transformar fenilalanina em tirosina. Em razão da fenilcetonúria, é possível que surjam os seguintes fenótipos: redução de pilosidade, pigmentação da pele, incapacitação mental.



# ESTUDOS

### Herança qualitativa e herança quantitativa

Herança qualitativa é o nome dado quando vários genes não alelos atuam **complementarmente**, de modo a expressar uma característica qualitativa. Esse tipo de característica se refere a atributos que geralmente afetam a aparência do indivíduo

Um dos exemplos de herança qualitativa é a surdez hereditária. Durante o desenvolvimento do feto, o gene D determina o desenvolvimento de uma região importante da audição, já o gene E atua na formação do nervo acústico. Caso o indivíduo seja **homozigoto recessivo** para qualquer um desses genes, ele será incapaz de ouvir, uma vez que não acontecerá a formação de uma parte do aparelho auditivo.

Já a **herança quantitativa**, também denominada **herança poligênica**, acontece quando dois ou mais pares alelos acumulam efeitos e, com isso, produzem diversos fenótipos, diferentes uns dos outros. Para variar ainda mais os fenótipos, ainda é possível que **fatores do ambiente** atuem sobre essas características.

**Exemplo disso é a cor da pele humana:** Simplificadamente, ela é definida por um par de genes, A e B. Quanto mais dominantes A e B estiverem presentes, maior será a concentração de melanina na pele. Assim, um indivíduo aabb possuirá pele com pouca coloração (branca), enquanto que um indivíduo AABB possuirá pele negra (maior pigmentação melanínica). Os **fenótipos intermediários** apresentarão uma gama muito diversa de tons de pele, que serão determinadas pela quantidade de **aditivos**.

### HERANÇA QUANTITATIVA

- **Herança Quantitativa** onde ocorre efeito cumulativo na ação de vários pares de genes.
- Há uma **variação fenotípica gradual e contínua** entre um **valor mínimo** e um **valor máximo**, devida a adição de genes **ADITIVOS** no genótipo, seguindo uma curva normal de distribuição.
- Ex.: **altura, peso, cor da pele, cor dos olhos, grau de inteligência, altura de plantas, produção de leite em bovinos, comprimento de pelos, etc.**
- Para saber o **número de fenótipos** ou **quantos pares de genes estão envolvidos** são utilizados modelos matemáticos.

$$\text{número de poligenes} = \text{número de fenótipos} - 1$$

$$\text{número de fenótipos} = \text{número de poligenes} + 1$$



### Herança quantitativa ou poligênica

- É um tipo de interação gênica
- Os genes não apresentam dominância nem recessividade
- Gene com letra maiúscula: **GENE ADITIVO**
- Gene com letra minúscula: **GENE NÃO ADITIVO**



Leandro Gomes

Leandro Gomes



## HERANÇA COR DA PELE – HUMANOS - POLIGENIA

Fenótipos	Genótipos
Negro	AABB
Melanina Escuro	AaBB AABb
Melanina Médio	AaBb AAbb aaBB
Melanina Claro	Aabb aaBb
Branco	aabb

DETERMINADA POR DOIS PARES DE GENES



## HERANÇA QUANTITATIVA → COR DA PELE

P → NEGRO X BRANCO  
AABB aabb

G → AB X ab

F1 → AaBb  
melanina MÉDIO

F2 → AaBb X AaBb

G → AB Ab aB ab



## HERANÇA COR DA PELE

	AB	Ab	aB	ab
AB	● AABB	● AABb	● AaBB	● AaBb
Ab	● AABb	● AAbb	● AaBb	● Aabb
aB	● AaBB	● AaBb	● aaBB	● aaBb
ab	● AaBb	● Aabb	● aaBb	● aabb

AABB: Negro → 1/16  
 AaBB ou AABb: Melanina escuro → 4/16  
 AaBb ou Aabb ou aaBB: Melanina médio → 6/16  
 Aabb ou aaBb: Melanina claro → 4/16  
 aabb: Branco → 1/16

Proporção fenotípica  
1 : 4 : 6 : 4 : 1

Coeficientes do Binômio de NEWTON

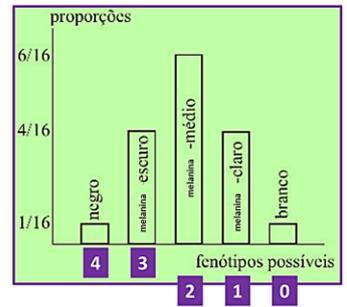
Fenótipos	Genótipos
Negro	AABB
Melanina Escuro	AaBB AABb
Melanina Médio	AaBb AAbb aaBB
Melanina Claro	Aabb aaBb
Branco	aabb



Fenótipos	Genótipos
Negro	<b>AABB</b>
melanina Escuro	<b>AaBB</b>
	<b>AABb</b>
melanina Médio	<b>AaBb</b>
	<b>AABb</b> <b>aaBB</b>
melanina Claro	<b>Aabb</b>
	<b>aaBb</b>
Branco	<b>aabb</b>

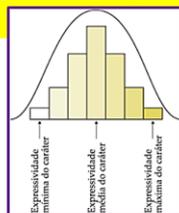
4  
3  
2  
1  
0

Proporção fenotípica  
1 : 4 : 6 : 4 : 1



HERANÇA COR DA PELE

• A proporção fenotípica dos descendentes de um casal heterozigoto para todos os pares de genes **corresponde aos coeficientes do BINÔMIO DE NEWTON**



	AB	Ab	aB	ab
AB	● AABB	● AABb	● AaBB	● AaBb
Ab	● AABb	● AAbb	● AaBb	● Aabb
aB	● AaBB	● AaBb	● aaBB	● aaBb
ab	● AaBb	● Aabb	● aaBb	● aabb

1
1 1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1
1 5 10 10 5 1
1 6 15 20 15 6 1
...

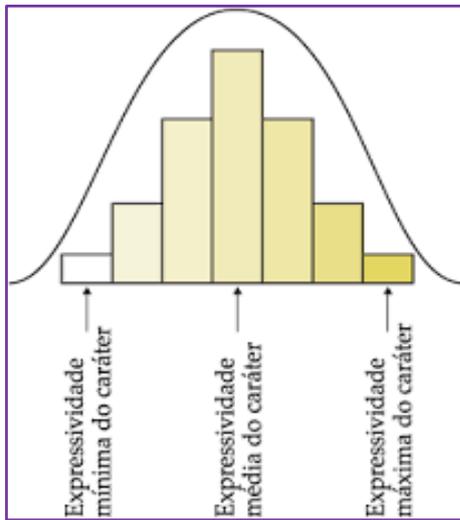
$(p+q)^n$

p = número de genes aditivos  
q = número de genes não aditivos  
n = número de alelos envolvidos

$(p+q)^4 = 1(p+q)^4 + 4(p+q)^3 + 6(p+q)^2 + 4(p+q) + 1(p+q)$



Oficina de ESTUDOS



### GENÉTICA DE POPULAÇÕES

O princípio de Hardy-Weinberg, também chamado de equilíbrio de Hardy-Weinberg é um modelo matemático criado em 1908 por Godfrey Hardy e Wilhelm Weinberg muito utilizado para inferir ou determinar se uma determinada população está sob efeitos evolutivos.

Segundo o princípio, se uma população não está sob atuação das forças evolutivas, como seleção natural, mutação, deriva genética e fluxo gênico, as frequências alélicas e as proporções genéticas permanecem constantes ao longo do tempo, ou seja, qualquer alteração observada na frequência de dois ou mais alelos de uma população indica que a população está sob efeitos dos mecanismos evolutivos.

Para utilizar o princípio de Hardy-Weinberg, a população analisada precisa estar sob certas condições.

#### Uma população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg quando:

- O número de indivíduos em uma população é muito grande e o número de indivíduos machos e fêmeas são iguais;
- A população é Panmítica, isto é, a reprodução e o acasalamento ocorrem de forma aleatória;
- Todos os indivíduos são férteis e capazes de produzir o mesmo número de filhotes;
- A população não está sob os efeitos das forças evolutivas tais como seleção natural e mutação;
- A população se encontra isolada, impossibilitando eventos de migração.

Portanto, pode-se concluir que o princípio de Hardy-Weinberg pode ser utilizado apenas como um modelo teórico, para indicar se determinada população sofreu eventos evolutivos em condições pré-estabelecidas e sem a presença de forças evolutivas, como ocorrem na natureza.

Os cálculos necessários derivados do Princípio de Hardy-Weinberg iniciam-se com a determinação da frequência (p) de um determinado alelo em uma população. Por exemplo, a frequência do alelo A (pA) em uma população é a relação entre o número total de alelos A encontrados na população pelo número total de alelos relacionados (A e a) encontrados na mesma população.

- $p_A$  = número de alelos A/número de alelos totais
- Da mesma forma, a frequência do alelo recessivo a (pa), às vezes abreviado apenas para q, é determinada pela relação do número de alelos a pelo número total de alelos na população:
- $p_a$  = número de alelos a/número de alelos totais

Segundo o princípio de Hardy-Weinberg, a população está em equilíbrio se a soma entre a frequência do alelo A e a frequência do alelo a for igual a 1:

$$p_A + p_a = 1$$

Sabendo as frequências relativas de cada alelo, é possível, ainda segundo o princípio de Hardy-Weinberg, estabelecer a frequência genotípica de cada par de alelos presentes em uma população, considerando que os indivíduos sejam seres diplóides (2n) e com reprodução sexuada: Para indivíduos homocigóticos, a frequência do par de alelos se dá multiplicando a frequência relativa (p) de cada alelo.

#### Para homocigotos dominantes (AA):

$$\text{Frequência do genótipo AA (pAA ou apenas p)} = p_A \times p_A = p_A^2$$

#### Para homocigóticos recessivos (aa):

$$\text{Frequência do genótipo aa (paa ou apenas q)} = p_a \times p_a = p_a^2$$

Para indivíduos heterocigóticos (Aa) com as características citadas acima (diplóides e com reprodução sexuada), há duas possibilidades de formação genotípica: o gameta masculino portando o alelo A e o gameta feminino portando o alelo a, ou vice-versa.

Dessa forma, a frequência do par de alelos é dada pela equação:

$$\text{Frequência do genótipo Aa (pAa)} = 2 \times p_A \times p_a$$

Da mesma forma que as frequências relativas, o somatório da frequência genotípica deve ser igual a 1:

- $p_{AA} + p_{Aa} + p_{aa} = 1$
- $p_A^2 + 2p_A p_a + p_a^2 = 1$

Frequência de heterocigotos

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Frequência de homocigotos dominantes

Frequência de homocigotos recessivos

# Exercícios



## QUESTÃO 01

(UNIVAG/2014) Uma população em equilíbrio gênico apresenta 980 indivíduos com genótipo AA, 840 indivíduos com genótipo Aa e 180 indivíduos com genótipo aa.

É correto afirmar que, nessa população, a frequência dos alelos A e a será, respectivamente, de

- A) 49% e 9%.
- B) 75% e 25%.
- C) 60% e 30%.
- D) 70% e 30%.
- E) 0,7% e 0,3%.

**RESOLUÇÃO:** tamanho da população:  $980 AA + 840 Aa + 180 aa = 2000$  indivíduos.

A questão pede a frequência de alelos A e a frequência de alelos a.

- Se na população há 2000 indivíduos, há um total de 4000 alelos (o gene em questão apresenta somente 2 alelos: A e a). Determinando o número de alelos A: **980 indivíduos AA** → como cada indivíduo possui 2 alelos A, o total será:  $2 \times 980 = 1960$  alelos A.
- **840 indivíduos Aa** → como cada indivíduo possui 1 alelo A e 1 alelo a, temos 840 alelos A e 840 alelos a.
- **180 indivíduos aa** → como cada indivíduo possui 2 alelos a, o total será:  $2 \times 180 = 360$  alelos a.
- ✓ **Total de alelos A:**  $1960 + 840 = 2800$
- ✓ **Total de alelos a:**  $840 + 360 = 1200$
- ✓ **Frequência do alelo A** =  $2800 : 4000 = 0,7$  (70%)
- ✓ **Frequência do alelo a** =  $1200 : 4000 = 0,3$  (30%)

**Resp.: D**



## QUESTÃO 02

(Enem/2020) Uma população encontra-se em equilíbrio genético quanto ao sistema ABO, em que 25% dos indivíduos pertencem ao grupo O e 16%, ao grupo A homocigotos. Considerando que: p = frequência de  $I^A$ ; q = frequência de  $I^B$ ; e r = frequência de i, espera-se encontrar

Grupo	Genótipos	Frequências
A	$I^A I^A$ e $I^A i$	$p^2 + 2pr$
B	$I^B I^B$ e $I^B i$	$q^2 + 2qr$
AB	$I^A I^B$	$2pq$
O	ii	$r^2$

A porcentagem de doadores compatíveis para alguém do grupo B nessa população deve ser de

- A) 11%.
- B) 19%.
- C) 26%.
- D) 36%.
- E) 60%.

**RESOLUÇÃO:** os possíveis doadores para o grupo B são os indivíduos do grupo B ( $I^B I^B$  e  $I^B i$ ) e do grupo O (ii). Inicialmente, é preciso calcular a frequência de cada um desses tipos sanguíneos na população.

- Sabe-se que 25% dos indivíduos população pertencem ao grupo O (ii).
- Como  $f(ii) = r^2$ , tem-se:  $r^2 = 0,25 \Rightarrow r = 0,5$
- Como  $f(I^A I^A) = 0,16$  (16% dos indivíduos pertencem ao grupo A e são homocigotos) e  $f(A) = p$ , tem-se que  $f(I^A I^A) = p^2 = 0,16 \Rightarrow p = 0,4$

A soma de  $p + q + r = 1$

Então:  $0,4 + q + 0,5 = 1$

$q = 0,1 = f(I^B)$



## QUESTÃO 03

De posse das frequências alélicas, é possível calcular as frequências dos genótipos. Interessa-nos a frequência de  $I^B I^B$ ;  $I^B i$  e ii (que são os possíveis doadores para indivíduos do grupo B).

- $f(I^B I^B) = q^2 \Rightarrow f(I^B I^B) = (0,1)^2 = 0,01$
- $f(I^B i) = 2qr \Rightarrow f(I^B i) = 2(0,1)(0,5) = 0,10$
- $f(ii) = r^2 = 0,25$

**Total:**  $0,25 + 0,10 + 0,01 = 0,36 = 36\%$

**Resp.: D**

## QUESTÕES SOBRE GENÉTICA

### DOMINÂNCIA COMPLETA, INCOMPLETA, CODOMINÂNCIA, ALELOS LETAIS e 1ª LEI DE MENDEL



## QUESTÃO 01

(Unesp 2022) A figura apresenta a radiografia da mão de uma menina portadora de polidactilia, uma anomalia genética que consiste na alteração quantitativa anormal dos dedos das mãos (quirodactilos) ou dos pés (pododactilos).



(<https://brasilescola.uol.com.br>)

Na família dessa menina, seu pai e seus avós paternos são portadores da mesma característica, mas não sua tia e seu tio, únicos irmãos de seu pai. A mãe e o único irmão dessa menina não apresentam essa característica.

O tipo de herança dessa característica e a probabilidade de que os pais da menina tenham um terceiro filho do sexo biológico masculino e com polidactilia são:

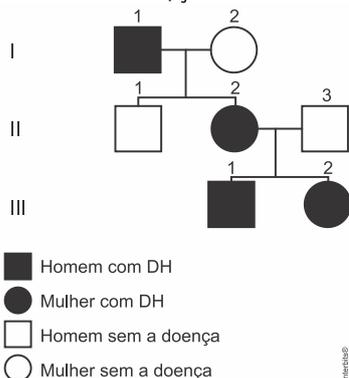
- a) autossômica dominante e 50%.
- b) autossômica dominante e 25%.
- c) ligada ao sexo dominante e 50%.
- d) ligada ao sexo recessiva e 25%.
- e) autossômica recessiva e 25%.



## QUESTÃO 02

A Doença de Huntington (DH) é uma doença neurodegenerativa do cérebro, herdada geneticamente (de caráter autossômico dominante), que se caracteriza pela perda da coordenação motora, alterações psiquiátricas, déficit cognitivo e demência progressiva. A DH é causada pela mutação no gene de uma proteína que todos possuímos, a huntingtina. A DH atinge homens e mulheres e, de modo geral, os primeiros sintomas aparecem lenta e gradualmente entre os 30 e 50 anos, mas pode atingir também crianças e idosos. Apesar de não haver cura para a DH no momento, alguns tratamentos ajudam a controlar os sintomas e a melhorar a qualidade de vida daqueles que possuem a doença.

Considere o heredograma abaixo para uma família que possui indivíduos que apresentam a DH e assinale a opção correta.



- Filhos que tenham um dos pais afetados pela DH têm 25% de chances de herdar o gene alterado e poderão desenvolver a doença em algum momento da vida.
- Se o indivíduo III.1 tiver filhos eles irão desenvolver a doença, pois trata-se de um indivíduo com genótipo homocigoto.
- O indivíduo II.1 poderá transmitir o alelo alterado para seus filhos.
- O casal da segunda geração (II.2 e II.3) não poderá gerar filhos sem a doença.
- O homem da primeira geração (I.1) apresenta a doença e possui genótipo heterocigoto.



## QUESTÃO 03

(Enem 2021) A deficiência de lipase ácida lisossômica é uma doença hereditária associada a um gene do cromossomo 10. Os pais dos pacientes podem não saber que são portadores dos genes da doença até o nascimento do primeiro filho afetado. Quando ambos os progenitores são portadores, existe uma chance, em quatro, de que seu bebê possa nascer com essa doença.

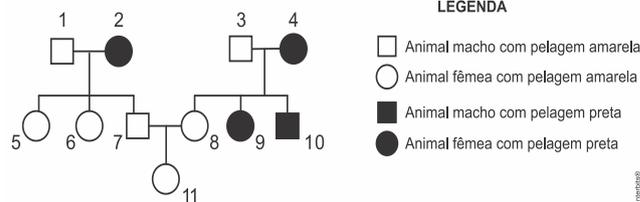
Essa é uma doença hereditária de caráter

- recessivo.
- dominante.
- codominante.
- poligênico.
- polialélico.



## QUESTÃO 04

(Enem PPL 2020) Em um grupo de roedores, a presença de um gene dominante (A) determina indivíduos com pelagem na cor amarela. Entretanto, em homocigose é letal, ou seja, provoca a morte dos indivíduos no útero. Já o alelo recessivo (a) não é letal e determina a presença de pelos pretos. Com base nessas informações, considere o heredograma:



Qual é a probabilidade de, na próxima ninhada do casal de roedores que está representado na figura pelos números 7 e 8, nascer uma fêmea de pelagem amarela (representada pelo número 11)?

- $\frac{1}{4}$  (25%)
- $\frac{1}{3}$  (33%)
- $\frac{1}{2}$  (50%)
- $\frac{2}{3}$  (66%)
- $\frac{3}{4}$  (75%)



## QUESTÃO 05

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

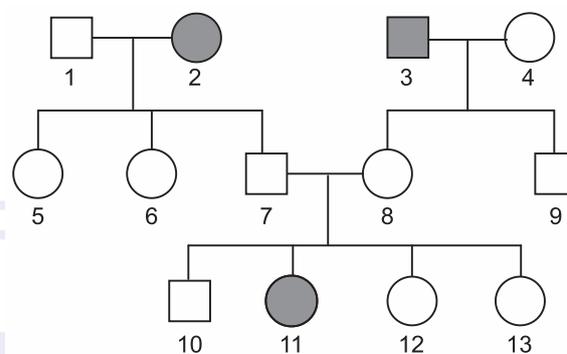
A autofecundação que fornece dados para corroborar a ideia de transmissão dos fatores idealizada por Mendel ocorre entre plantas

- híbridas, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- híbridas, de fenótipo dominante, que produzem sementes lisas e rugosas.
- de linhagem pura, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem sementes lisas e rugosas.
- de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem apenas sementes rugosas.



## QUESTÃO 06

(Enem PPL 2017) O heredograma mostra a incidência de uma anomalia genética em um grupo familiar.



- Mulher com anomalia
- Mulher sem anomalia
- Homem com anomalia
- Homem sem anomalia

O indivíduo representado pelo número 10, preocupado em transmitir o alelo para a anomalia genética a seus filhos, calcula que a probabilidade de ele ser portador desse alelo é de

- a) 0%.
- b) 25%.
- c) 50%.
- d) 67%.
- e) 75%.



### QUESTÃO 07

(Enem (Libras) 2017) A acondroplasia é uma forma de nanismo que ocorre em 1 a cada 25.000 pessoas no mundo. Curiosamente, as pessoas não anãs são homozigotas recessivas para o gene determinante dessa característica. José é um anão, filho de mãe anã e pai sem nanismo. Ele é casado com Laura, que não é anã.

Qual é a probabilidade de José e Laura terem uma filha anã?

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



### QUESTÃO 08

**154526** J. (Enem PPL 2015) A fenilcetonúria é uma doença hereditária autossômica recessiva, associada à mutação do gene PAH, que limita a metabolização do aminoácido fenilalanina. Por isso, é obrigatório, por lei, que as embalagens de alimentos, como refrigerantes dietéticos, informem a presença de fenilalanina em sua composição. Uma mulher portadora de mutação para o gene PAH tem três filhos normais, com um homem normal, cujo pai sofria de fenilcetonúria, devido à mesma mutação no gene PAH encontrada em um dos alelos da mulher.

Qual a probabilidade de a quarta criança gerada por esses pais apresentar fenilcetonúria?

- a) 0%
- b) 12,5%
- c) 25%
- d) 50%
- e) 75%



### QUESTÃO 09

(Enem PPL 2009) Considere que exista um gene com dois alelos: um dominante, que permite a expressão da cor, e um recessivo, que não permite a expressão da cor. Considere, ainda, que, em um oceano, existam duas ilhas próximas e que, na ilha 1, todos os ratos apresentem pelagem branca e, na ilha 2, todos apresentem pelagem selvagem. Nesse contexto, considere que a consequência de uma atividade vulcânica tenha sido o surgimento de uma ponte entre as duas ilhas, o que permitiu o trânsito dos ratos nas duas ilhas. Suponha que, em decorrência disso, todos os acasalamentos tenham ocorrido entre ratos de ilhas diferentes e a geração seguinte (F1) tenha sido composta exclusivamente de ratos com pelagem selvagem.

Considerando-se que os acasalamentos para a formação da próxima geração F2 sejam ao acaso, é correto afirmar que essa geração será constituída de ratos com pelagem

- a) branca.
- b) selvagem.
- c) 50% branca e 50% selvagem.
- d) 75% branca e 25% selvagem.
- e) 75% selvagem e 25% branca.



### QUESTÃO 10

(Enem cancelado 2009) Mendel cruzou plantas puras de ervilha com flores vermelhas e plantas puras com flores brancas, e observou que todos os descendentes tinham flores vermelhas. Nesse caso, Mendel chamou a cor vermelha de dominante e a cor branca de recessiva. A explicação oferecida por ele para esses resultados era a de que as plantas de flores vermelhas da geração inicial (P) possuíam dois fatores dominantes iguais para essa característica (VV), e as plantas de flores brancas possuíam dois fatores recessivos iguais (vv). Todos os descendentes desse cruzamento, a primeira geração de filhos (F1), tinham um fator de cada progenitor e eram Vv, combinação que assegura a cor vermelha nas flores.

Tomando-se um grupo de plantas cujas flores são vermelhas, como distinguir aquelas que são VV das que são Vv?

- a) Cruzando-as entre si, é possível identificar as plantas que têm o fator v na sua composição pela análise de características exteriores dos gametas masculinos, os grãos de pólen.
- b) Cruzando-as com plantas recessivas, de flores brancas. As plantas VV produzirão apenas descendentes de flores vermelhas, enquanto as plantas Vv podem produzir descendentes de flores brancas.
- c) Cruzando-as com plantas de flores vermelhas da geração P. Os cruzamentos com plantas Vv produzirão descendentes de flores brancas.
- d) Cruzando-as entre si, é possível que surjam plantas de flores brancas. As plantas Vv cruzadas com outras Vv produzirão apenas descendentes vermelhas, portanto as demais serão VV.
- e) Cruzando-as com plantas recessivas e analisando as características do ambiente onde se dão os cruzamentos, é possível identificar aquelas que possuem apenas fatores V.

### 2ª LEI DE MENDEL, POLIALELIA, SISTEMA ABO, SISTEMA RH e LINKAGE



### QUESTÃO 11

(Enem PPL 2013) A mosca *Drosophila*, conhecida como mosca-das-frutas, é bastante estudada no meio acadêmico pelos geneticistas. Dois caracteres estão entre os mais estudados: tamanho da asa e cor do corpo, cada um condicionado por gene autossômico. Em se tratando do tamanho da asa, a característica asa vestigial é recessiva e a característica asa longa, dominante. Em relação à cor do indivíduo, a coloração cinza é recessiva e a cor preta, dominante.

Em um experimento, foi realizado um cruzamento entre indivíduos heterozigotos para os dois caracteres, do qual foram geradas 288 moscas. Dessas, qual é a quantidade esperada de moscas que apresentam o mesmo fenótipo dos indivíduos parentais?

- a) 288
- b) 162
- c) 108
- d) 72
- e) 54



### QUESTÃO 12

(Ufrgs 2020) Na espécie de abóbora *Cucurbita pepo*, a forma do fruto pode ser esférica ou discoide e pode também ocorrer uma variação na cor, apresentando cor de abóbora ou branco-amarelada. O cruzamento de plantas que têm frutos de forma esférica e cor de abóbora, com plantas de

frutos de forma discoide e cor branco-amarelada, resultou em uma F1 com o fenótipo discoide e cor de abóbora.

O cruzamento das plantas da geração F1 produziu uma F2 com 224 indivíduos, com os seguintes fenótipos: 126 discoides e cor-de-abóbora; 42 discoides e cor branco-amarelada; 40 esféricas e cor-de-abóbora; 16 esféricas e branco-amarelada.

Considerando a proporção fenotípica em F2, é correto afirmar que

- as proporções de cor e de forma dos frutos obtidos indicam que existem alelos múltiplos para cada uma das características no genoma da planta.
- os resultados demonstram um tipo de herança condicionada por alelos codominantes.
- os alelos que condicionam a forma do fruto segregam de forma independente daqueles que condicionam a cor do fruto.
- os indivíduos da F1 eram homocigotos dominantes.
- cada um dos alelos apresenta expressividade gênica variável.

### QUESTÃO 13

O quadro ilustra um experimento que utilizou ervilhas de cheiro, em que as plantas parentais (P) eram de linhagens puras.

P	ervilha lisa e amarela (P1) × ervilha rugosa e verde (P2)
F1	100% ervilha lisa e amarela
F1 × P2	ervilha lisa e amarela × ervilha rugosa e verde
F2	25% ervilha lisa e amarela 25% ervilha lisa e verde 25% ervilha rugosa e amarela 25% ervilha rugosa e verde

Os resultados obtidos em F2 permitiram concluir que os genes que determinam a forma e os genes que determinam a cor das ervilhas

- estão no mesmo par de cromossomos homólogos.
- se combinaram de tal modo que revelaram um desacordo com a 2ª Lei de Mendel.
- se combinaram de diferentes formas por causa da permutação.
- distam 25 centimorgans por estarem no mesmo par de cromossomos homólogos.
- estão em diferentes pares de cromossomos homólogos.

### QUESTÃO 14

(Enem 2ª aplicação 2016) Um jovem suspeita que não é filho biológico de seus pais, pois descobriu que o seu tipo sanguíneo é O Rh negativo, o de sua mãe é B Rh positivo e de seu pai é A Rh positivo.

A condição genotípica que possibilita que ele seja realmente filho biológico de seus pais é que

- o pai e a mãe sejam heterocigotos para o sistema sanguíneo ABO e para o fator Rh.
- o pai e a mãe sejam heterocigotos para o sistema sanguíneo ABO e homocigotos para o fator Rh.

c) o pai seja homocigoto para as duas características e a mãe heterocigota para as duas características.

d) o pai seja homocigoto para as duas características e a mãe heterocigota para o sistema ABO e homocigota para o fator Rh.

e) o pai seja homocigoto para o sistema ABO e heterocigoto para o fator Rh e a mãe homocigota para as duas características.

### QUESTÃO 15

(Enem 2014) Em um hospital havia cinco lotes de bolsas de sangue, rotulados com os códigos I, II, III, IV e V. Cada lote continha apenas um tipo sanguíneo não identificado. Uma funcionária do hospital resolveu fazer a identificação utilizando dois tipos de soro, anti-A e anti-B. Os resultados obtidos estão descritos no quadro.

Código dos lotes	Volume de sangue (L)	Soro anti-A	Soro anti-B
I	22	Não aglutinou	Aglutinou
II	25	Aglutinou	Não aglutinou
III	30	Aglutinou	Aglutinou
IV	15	Não aglutinou	Não aglutinou
V	33	Não aglutinou	Aglutinou

Quantos litros de sangue eram do grupo sanguíneo do tipo A?

- 15
- 25
- 30
- 33
- 55

### QUESTÃO 16

(Enem PPL 2014) Antes de técnicas modernas de determinação de paternidade por exame de DNA, o sistema de determinação sanguínea ABO foi amplamente utilizado como ferramenta para excluir possíveis pais. Embora restrito à análise fenotípica, era possível concluir a exclusão de genótipos também. Considere que uma mulher teve um filho cuja paternidade estava sendo contestada. A análise do sangue revelou que ela era tipo sanguíneo AB e o filho, tipo sanguíneo B.

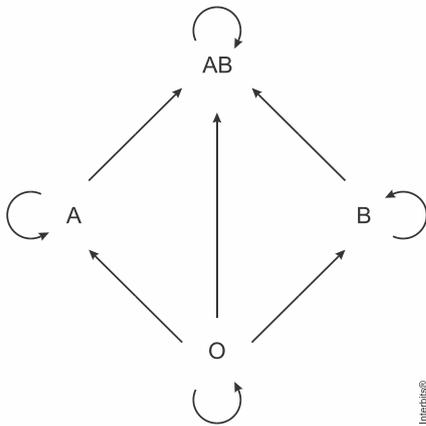
O genótipo do homem, pelo sistema ABO, que exclui a possibilidade de paternidade desse filho é

- $I^A I^A$ .
- $I^A i$ .
- $I^B I^B$ .
- $I^B i$ .
- ii.

### QUESTÃO 17

(Enem 2ª aplicação 2014) O quadro a seguir refere-se aos grupos sanguíneos humanos e seus respectivos genótipos, e o esquema seguinte representa as possibilidades de doação entre esses diferentes grupos.

Grupos sanguíneos	Genótipos
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$
AB	$I^A I^B$
O	$ii$



Um casal tem três filhos, sendo um do grupo A, outro do grupo B e o terceiro do grupo O. Considerando-se somente o sistema ABO para fins de transfusão sanguínea, a probabilidade de o casal dar à luz uma menina que no futuro possa doar sangue para todos os seus irmãos é de

- 75,0%.
- 50,0%.
- 37,5%.
- 25,0%.
- 12,5%.

### QUESTÃO 18

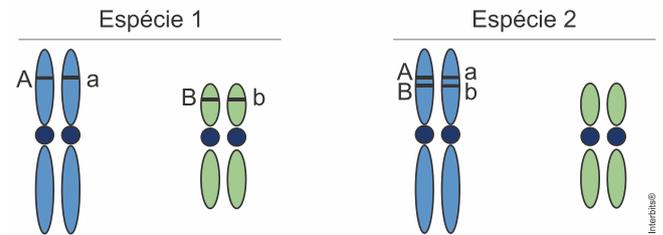
(Enem PPL 2017) Uma mulher deu à luz o seu primeiro filho e, após o parto, os médicos testaram o sangue da criança para a determinação de seu grupo sanguíneo. O sangue da criança era do tipo O+. Imediatamente, a equipe médica aplicou na mãe uma solução contendo anticorpos anti-Rh, uma vez que ela tinha o tipo sanguíneo O-.

Qual é a função dessa solução de anticorpos?

- Modificar o fator Rh do próximo filho.
- Destruir as células sanguíneas do bebê.
- Formar uma memória imunológica na mãe.
- Neutralizar os anticorpos produzidos pela mãe.
- Promover a alteração do tipo sanguíneo materno.

### QUESTÃO 19

(Fuvest-Ete 2022) Duas espécies de mamíferos têm os genes A e B que apresentam, respectivamente, os alelos 'A' ou 'a' e 'B' ou 'b'. Na espécie 1, os genes A e B estão em autossomos diferentes e, na espécie 2, eles estão próximos no mesmo braço de um cromossomo, como ilustrado em células somáticas de indivíduos heterozigóticos, na figura a seguir:



É correto afirmar que, nos gametas da espécie 1 em relação aos da espécie 2, os alelos dos genes A e B

- produzirão maior diversidade gamética.
- serão ambos recessivos ou dominantes.
- segregarão de forma dependente.
- serão produto de recombinação entre os dois genes.
- serão mais suscetíveis à mutagênese.

### QUESTÃO 20

Em determinada espécie vegetal diploide, os genes B e C estão localizados num mesmo cromossomo. Sabendo que entre esses dois genes a frequência de recombinação é de 18%, se uma planta heterozigota para ambos os genes (BC/bc) for cruzada com outra homocigota recessiva (bc/bc), com que frequência se espera encontrar indivíduos com a combinação alélica Bc/bc entre os descendentes desse cruzamento?

- 4,5%
- 18%
- 41%
- 36%
- 9%

### QUESTÃO 21

(Enem 2019) Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

TURNPENNY, P. D. *Genética médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

- A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
- Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
- As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
- Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
- O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

### QUESTÃO 22

Uma espécie de tomateiro apresenta os genes A, D, E e F, ligados a um determinado cromossomo, que determinam a cor e textura das folhas, a morfologia do fruto e as cores do caule.

As frequências de *crossing-over* encontradas nos cruzamentos testes para dois pares de genes foram:

Entre F - E = 14%	Entre D - A = 11%
Entre F - D = 9%	Entre F - A = 20%
Entre D - E = 5%	Entre E - A = 6%

Qual é a sequência desses genes localizados no mesmo cromossomo?

- a) EFAD.
- b) DEFA.
- c) AFED.
- d) FDEA.

### INTERAÇÃO GÊNICA, HERANÇA QUANTITATIVA, GENÉTICA DOS CROMOSSOMOS SEXUAIS e GENÉTICA DE POPULAÇÕES



#### QUESTÃO 23

(Unesp 2016) Na cobra do milhoal, os alelos  $Aa$  e  $Bb$  regulam a coloração da pele. O pigmento preto é determinado pelo alelo dominante  $A$ , enquanto o alelo recessivo  $a$  não produz esse pigmento. O pigmento laranja é determinado pelo alelo dominante  $B$ , enquanto o alelo  $b$  não produz esse pigmento. A cobra selvagem produz os pigmentos preto e laranja. Cobras pretas produzem apenas pigmento preto. Cobras laranja produzem apenas pigmento laranja. Existem ainda cobras albinas, que não produzem os dois pigmentos. As figuras apresentam os quatro fenótipos possíveis de coloração da pele.



Quais seriam os genótipos que representam uma cobra selvagem e uma cobra albina?

- a)  $AaBb$  e  $aabb$ .
- b)  $aaBb$  e  $aabb$ .
- c)  $AaBb$  e  $AAbb$ .
- d)  $aaBB$  e  $Aabb$ .
- e)  $Aabb$  e  $aaBb$ .



#### QUESTÃO 24

Em uma espécie de mamíferos, a cor da pelagem é influenciada por dois genes não ligados. Animais  $AA$  ou  $Aa$  são marrons ou pretos, dependendo do genótipo do segundo gene. Animais com genótipo  $aa$  são albinos, pois toda a produção de pigmentos está bloqueada, independentemente do genótipo do segundo gene. No segundo gene, o alelo  $B$  (preto) é dominante com relação ao alelo  $b$  (marrom).

Um cruzamento entre animais  $AaBb$  irá gerar a seguinte proporção de prole quanto à cor da pelagem

- a) 9 pretos – 3 marrons – 4 albinos.
- b) 9 pretos – 4 marrons – 3 albinos.
- c) 3 pretos – 1 albino.
- d) 1 preto – 2 marrons – 1 albino.
- e) 3 pretos – 1 marrom.



#### QUESTÃO 25

Em cães labradores, a cor da pelagem é determinada por dois pares de alelos de segregação independente. O gene dominante  $B$  condiciona pelagem preta, enquanto seu alelo recessivo,  $b$ , condiciona pelagem marrom. Localizados em outro par de cromossomos, o gene  $E$  permite a

produção de pigmentos, enquanto seu alelo  $e$  (quando em homozigose) tem efeito epistático sobre  $B$  e  $b$ , não permitindo a produção correta de pigmentos, o que determina a cor “dourada” da pelagem.

Um macho de cor marrom e uma fêmea de cor dourada, ao serem cruzados por um tratador, produziram ao longo de suas vidas um total de 32 filhotes, sendo alguns pretos, outros marrons e outros, ainda, dourados.

Dentre os 32 filhotes gerados a partir do casal de labradores, o número esperado de machos de coloração preta é

- a) 4.
- b) 5.
- c) 8.
- d) 16.
- e) 20.



#### QUESTÃO 26

O processo de formação do povo brasileiro é histórico, cultural e biológico. A determinação da cor da pele representa um caso de herança poligênica e sua expressão sofre interferência das condições do ambiente.

Sobre o mecanismo de herança poligênica

- a) A expressão da característica para pigmentação da pele representa um caso de epistasia, em que um gene neutraliza a ação daquele que não é o seu alelo.
- b) As variações da pigmentação da pele podem ser explicadas pela quantidade de genes que apresentam efeitos cumulativos.
- c) Alterações ambientais provocam modificações nos genes responsáveis pela expressão da característica, sendo responsáveis pelas variações de pigmento no conjunto populacional.
- d) Todas as variações da pigmentação da pele podem ser explicadas por um par de alelos que podem se expressar em homozigose ou heterozigose.
- e) Por se tratar de uma expressão de dominância e recessividade, na herança poligênica, os genótipos homozigotos recessivos comportam-se como genes letais, portanto, não se expressam no conjunto da população.



#### QUESTÃO 27

Suponha que a diferença entre uma planta de 100 cm de estatura e uma de 160 cm é devida a dois pares de genes de fatores e efeitos iguais e aditivos. A planta de 160 cm é duplo homozigota dominante e a de 100 cm é duplo homozigota recessiva.

Cruzando-se uma planta duplo heterozigota com uma duplo homozigota recessiva, pode-se prever que, entre os descendentes:

- a) 25% terão em média 130 cm, 50% terão em média 115 cm e 25% terão em média 100 cm de estatura.
- b) 100% das plantas terão em média 115 cm de estatura.
- c) 50% terão em média 140 cm e 50% terão em média 100 cm de estatura.
- d) 75% terão em média 130 cm e 25% terão em média 145 cm de estatura.
- e) 25% terão em média 115 cm, 25% terão em média 130 cm, 25% terão em média 145 cm e 25% terão em média 160 cm de estatura.



#### QUESTÃO 28

(Enem PPL 2012) Após a redescoberta do trabalho de Gregor Mendel, vários experimentos buscaram testar a universalidade de suas leis. Suponha um desses experimentos, realizado em um mesmo ambiente, em que uma planta de linhagem pura com baixa estatura (0,6 m) foi cruzada com uma planta de linhagem pura de alta estatura (1,0 m). Na prole ( $F_1$ ) todas as plantas apresentaram estatura de 0,8 m. Porém, na  $F_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) os pesquisadores encontraram os dados a seguir.

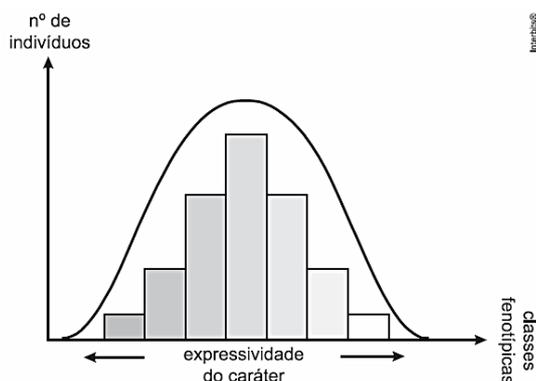
Os pesquisadores chegaram à conclusão, a partir da observação da prole, que a altura nessa planta é uma característica que

- a) não segue as leis de Mendel.
- b) não é herdada e, sim, ambiental.
- c) apresenta herança mitocondrial.
- d) é definida por mais de um gene.
- e) é definida por um gene com vários alelos.



### QUESTÃO 29

Para responder à questão, analise o gráfico, que representa diferentes classes fenotípicas de uma característica genética em população com equilíbrio de Hardy-Weinberg, e as afirmativas.



- I. O gráfico exemplifica um caso de herança quantitativa.
- II. As sete classes fenotípicas podem resultar da interação de seis alelos.
- III. A distribuição normal apresenta indivíduos heterozigotos em suas extremidades.

Está/Estão correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- a) I.
- b) III.
- c) I e II.
- d) II e III.
- e) Todas estão corretas.



### QUESTÃO 30

(UFMG) A hipofosfatemia com raquitismo resistente à vitamina D é uma anomalia hereditária. Na prole de homens afetados com mulheres normais, todas as meninas são afetadas e todos os meninos, normais.

É correto concluir que a anomalia em questão é:

- a) determinada por um gene dominante autossômico.
- b) determinada por um gene dominante ligado ao sexo.
- c) determinada por um gene recessivo autossômico.
- d) determinada por um gene recessivo ligado ao sexo.
- e) determinada por um gene do cromossomo Y.



### QUESTÃO 31

Os cromossomos sexuais não são completamente homólogos, portanto, deve-se esperar que os padrões de herança relacionados ao sexo sejam diferentes daqueles dos cromossomos autossômicos.

Em relação à herança de genes localizados nos cromossomos sexuais

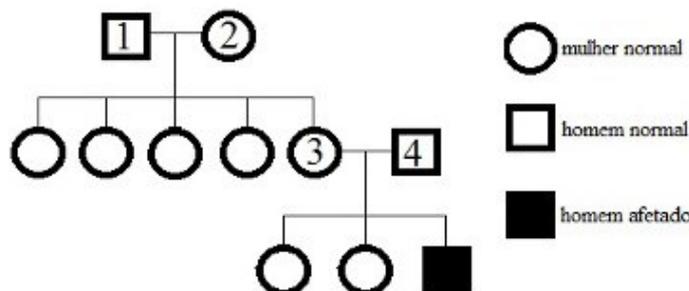
- a) na herança ligada ao cromossomo X, os genes estão localizados em uma região homóloga ao cromossomo Y.
- b) na herança limitada ao sexo, os genes expressam-se em ambos os sexos, porém de forma diferente, de acordo com o sexo do portador.

- c) a herança holândrica é determinada por genes que ocorrem no cromossomo Y, fora da região homóloga ao cromossomo X.
- d) a expressão dos genes autossômicos, na herança influenciada pelo sexo, é determinada pela presença ou ausência de hormônios sexuais.
- e) na herança parcialmente ligada ao sexo, somente mulheres são afetadas.



### QUESTÃO 32

(Vunesp-SP) Considere o heredograma que representa uma família portadora de caráter recessivo condicionado por gene situado em um dos cromossomos sexuais.



A respeito dessa genealogia, é coerente que

- a) a mulher 2 é homozigota
- b) as filhas do casal 3 e 4 são certamente portadoras do gene.
- c) as mulheres 2 e 3 são certamente portadoras do gene.
- d) todas as filhas do casal 1 e 2 são portadoras do gene.
- e) os homens 1 e 4 são certamente portadores do gene



### QUESTÃO 33

O daltonismo é um distúrbio moderado ligado ao cromossomo X que se caracteriza pela cegueira para as cores verde e vermelha.

Considerando-se o cruzamento de uma mulher carreadora do alelo para o daltonismo ao se casar com um homem de visão normal, as chances de as filhas desse casal serem carreadoras é de

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



### QUESTÃO 34

Nas galinhas, existe um tipo de herança ligada ao cromossomo sexual que confere presença ou ausência de listras (ou barras) nas penas. Galos homozigotos barrados ( $Z^B Z^B$ ) foram cruzados com galinhas não barradas ( $Z^b W$ ), resultando em uma  $F_1$  de galos e galinhas barradas.

Considerando uma  $F_2$  de 640 aves, a proporção fenotípica esperada será de

- a) 480 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 80 galinhas barradas.
- b) 80 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 480 galinhas barradas.
- c) 40 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 520 galinhas barradas.
- d) 320 galos barrados, 160 galinhas não barradas e 160 galinhas barradas.
- e) 160 galos barrados, 160 galinhas não barradas e 320 galinhas barradas.



### QUESTÃO 35

Em 1908, dois matemáticos – G.H. Hardy e W. Weinberg – comprovaram, teoricamente, o que aconteceria com a frequência de dois alelos ("A" e "a") na ausência de fatores evolutivos.

A partir desta afirmativa, seria coerente pensar que

- a) Esta comprovação foi calculada em uma população pequena para que não houvesse erros de amostragem, os cruzamentos eram ao acaso, e não havia mutações nem migrações.
- b) Na comprovação matemática dos dois pesquisadores, eles atribuíram ao alelo "A" a frequência inicial  $p^2$  e ao seu alelo "a", a frequência inicial  $q^2$ .
- c) Assumindo-se também a 1ª Lei de Mendel e os princípios da probabilidade, a proporção de indivíduos homocigotos dominantes na geração seguinte seria de  $2p$ , assim como dos homocigotos recessivos seria  $2q$ .
- d) A população hipotética panmítica não existe na realidade, pois sempre há fatores evolutivos ocorrendo em uma população, tais como mutação e seleção natural, mantendo-se assim a frequência dos alelos.
- e) A partir da população hipotética, foi possível caracterizar matematicamente que a evolução ocorre quando a frequência dos alelos de uma população se altera ao longo das gerações.

### QUESTÃO 36

(Unec - Caratinga/2019) A expressão de um gene que determina uma anomalia em humanos é representada pelo alelo recessivo (d) e possui frequência na população de habitantes de uma ilha em 25%.

Se analisarmos essa população estando ausente de interações evolutivas, panmítica, estando em equilíbrio de Hardy-Weinberg, é possível encontrar a frequência de indivíduos nesta ilha que apresentam essa anomalia recessiva (dd), sendo de

- A) 6,25%.
- B) 12,5%.
- C) 37,5%.
- D) 56,25%.
- E) 42,5%

### QUESTÃO 37

(Unesp) No estudo da genética de populações, utiliza-se a fórmula  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ , na qual p indica a frequência do alelo dominante e q indica a frequência do alelo recessivo.

Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg espera-se que

- A) o genótipo homocigoto dominante tenha frequência  $p^2 = 0,25$ , o genótipo heterocigoto tenha frequência  $2pq = 0,5$  e o genótipo homocigoto recessivo tenha frequência  $q^2 = 0,25$ .
- B) haja manutenção do tamanho da população ao longo das gerações.
- C) os alelos que expressam fenótipos mais adaptativos sejam favorecidos por seleção natural.

D) a somatória da frequência dos diferentes alelos, ou dos diferentes genótipos, seja igual a 1.

E) ocorra manutenção das mesmas frequências genotípicas ao longo das gerações.

### QUESTÃO 38

Uma população encontra-se em equilíbrio genético quanto ao sistema ABO, em que 25% dos indivíduos pertencem ao grupo O e 16%, ao grupo A homocigotos. Considerando que: p = frequência de  $I^A$ ; q = frequência de  $I^B$ ; e r = frequência de i, espera-se encontrar:

Grupo	Genótipos	Frequências
A	$I^A I^A$ e $I^A i$	$p^2 + 2pr$
B	$I^B I^B$ e $I^B i$	$q^2 + 2qr$
AB	$I^A I^B$	$2pq$
O	ii	$r^2$

A porcentagem de doadores compatíveis para alguém do grupo B nessa população deve ser de

- A) 11%
- B) 19%
- C) 26%
- D) 36%
- E) 60%

### QUESTÃO 39

Segundo o princípio de Hardy-Weinberg, também conhecido como lei do equilíbrio de Hardy-Weinberg, caso uma população não sofra com mecanismos evolutivos, as frequências gênicas

- a) permanecerão constantes.
- b) sofrerão modificações constantes.
- c) sofrerão mutações.
- d) sofrerão grandes modificações.
- e) aumentarão gradativamente.

### QUESTÃO 40

Numa população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, formada por 10.000 indivíduos, existem 900 do tipo Rh negativo. Espera-se que o número de indivíduos Rh positivo homocigoto nessa população seja de

- a) 9.100
- b) 4.900
- c) 4.550
- d) 2.100
- e) 900



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	E	A	B	B	D	B	C	E	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B	C	E	A	B	A	E	B	A	E
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D	D	A	A	C	B	A	D	C	B
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
C	C	A	D	E	A	E	D	A	B

**GABARITO - GENÉTICA**

# Evolução das espécies

## "TEORIAS" DE EVOLUÇÃO

As teorias que se referem à ocupação do planeta Terra pelos seres vivos, estão relacionadas com a evolução, por isso podemos considerar a existência de quatro teorias da evolução.

- 1) FIXISMO
- 2) LAMARCKISMO
- 3) DARWINISMO
- 4) NEODARWINISMO

### 1). FIXISMO

É a teoria **Criacionista** ou **Divina** que aceita a existência de um criador que tudo criou num ato de bondade...

Esta "teoria" é uma negação da evolução, pois não aceita que os répteis tiveram anfíbios como ancestrais e nem que aves e mamíferos foram originados de répteis primitivos e menos ainda que o homem teve **Remapitecus** e **Australopitecus** como ancestrais. Os homínídeos ancestrais do homem atual não podem, segundo essa "teoria", ter tido características simiescas, pois... "Deus criou o homem à sua imagem e semelhança"...

### 2). LAMARCKISMO



Em 1809, ano do nascimento de Charles Darwin, o biólogo francês, Jean Baptiste Lamarck, publicava um livro que apresentava suas idéias sobre a evolução. Lamarck argumentava que uma grande mudança no meio ambiente provocaria em uma espécie animal uma necessidade de se modificar, o que levaria à formação de novos hábitos. Essas idéias levaram Lamarck a propor duas leis que regeriam a evolução: **LEI DE USO E DO DESUSO** e **LEI DA**

#### HERANÇA DOS CARACTERES ADQUIRIDOS.

Segundo a **lei do uso e do desuso**, um órgão se desenvolve pelo uso e atrofia pelo desuso. Segundo a lei da herança adquirida, qualquer animal poderia transmitir aos descendentes as características adquiridas pelo uso ou que se atrofiaram pelo desuso.

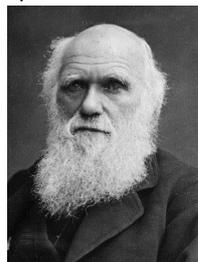
Segundo Lamarck as novas espécies aparecem por evolução, como resultado da aquisição ou perda de caracteres. Para Lamarck as cobras teriam tido pernas curtas, mas quando foi necessário esses animais passaram a rastejar pelo solo, assim usavam muito pouco suas pernas. Depois de um longo período de desuso, as pernas desapareceram. Cornos e chifres teriam surgido como resultados das batidas de cabeças nas lutas que os animais travaram. As girafas tinham pescoços curtos, mas de tanto esticarem os pescoços para comerem brotos de árvores ficaram com pescoços enormes.

A hipótese de Lamarck era também aplicada às plantas: se uma região diminuísse a intensidade de chuva, as plantas passariam a ter necessidade de armazenar água e depois de muitos anos, passariam essas características a seus descendentes.

Embora Lamarck estivesse "errado" ele foi um grande cientista observador da natureza e foi o primeiro a usar a palavra **transformismo** como sinônimo de evolução e foi o primeiro a chamar a atenção para **ADAPTAÇÃO**, mostrando que os seres estão bem adaptados aos ambientes em que vivem.

 <p><b>Lamarck</b></p> <p><i>O meio cria necessidades que induzem mudanças nos hábitos e nas formas dos indivíduos</i></p> <p><i>As novas características são adquiridas pelo uso ou desuso repetido de um órgão ou parte dele.</i></p> <p><i>As características adquiridas são transmitidas aos descendentes</i></p>	 <p><b>Darwin</b></p> <p><i>O meio exerce uma seleção natural que favorece ao indivíduo com características mais apropriadas para um determinado ambiente e num determinado tempo.</i></p> <p><i>Num grupo certos indivíduos apresentam características que lhes conferem uma melhor adaptação em relação aos outros indivíduos.</i></p>
---	---

### 3). DARWINISMO



Em 1838 um ano após ter chegado em um porto inglês a bordo do navio Beagle que mapeou a costa da América do Sul e de ilhas do Pacífico, Charles Darwin, teve a oportunidade de ler os ensaios de Malthus sobre os crescimentos de população de alimento. Nesse trabalho, a conclusão era de que o aumento de alimento em progressão aritmética e da população em progressão geométrica poderia levar a população à luta pela vida, pois a fome era eminente.

Corretas ou não, as conclusões de Malthus deram a Darwin uma série de idéias sobre um possível mecanismo para a evolução.

Segundo Charles Darwin a evolução ocorre devido a três fatores:

- **VARIABILIDADE**
- **SELEÇÃO NATURAL**
- **ADAPTAÇÃO**

Para Darwin **variabilidades** são diferenças existentes entre indivíduos de uma mesma espécie e que a natureza seleciona as variações favoráveis e elimina as outras; sobrevivem aqueles que tiverem **ADAPTAÇÃO AO MEIO**.

As idéias de Darwin podem ser resumidas em cinco princípios:

1. **Todos os organismos têm potencialidade para aumentar de número em progressão geométrica;**
2. **Em cada geração, entretanto, o número de indivíduos de uma mesma espécie, permanece constante.**
3. **Conclui-se, então, que deve haver competição pela sobrevivência;**
4. **Variações (podem ser herdadas) são encontradas entre os indivíduos de todas as espécies.**
5. **Algumas variações são favoráveis a um organismo em um determinado ambiente e auxiliam sua sobrevivência e reprodução. Variações favoráveis são transmitidas para os descendentes e, acumulando-se com o tempo, dão origem a grandes diferenças. Assim, eventualmente, novas espécies se reproduzem a partir de espécies ancestrais.**

Baseado nestas idéias Darwin elaborou sua teoria - **TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL**: **“As variações favoráveis dão aos indivíduos maiores probabilidades de serem preservados na luta pela vida e sendo hereditárias, seus descendentes estarão igualmente aptos para sobreviver**

**e se reproduzir**". A esse princípio de sobrevivência diferencial chamou-se **seleção natural**.

**Adaptação** é um conjunto de características herdadas e que permitem a sobrevivência e a reprodução de uma espécie em um determinado ambiente.

**Segundo Darwin o meio ambiente é fator orientador da seleção natural que é o fator primordial da evolução**

**Segundo Lamarck, o meio ambiente é um fator ativo de evolução.**

#### 4). NEO-DARWINISMO

A falha de Charles Darwin foi não explicar a origem da variabilidade, pois os trabalhos de Mendel sobre genética eram desconhecidos pela maioria dos cientistas da época.

As idéias de Darwin acrescidas dos conhecimentos de Mendel, de Bufon e de De Vries constituem o **NEODARWINISMO**, que explicou as origens de variabilidades.

#### RESUMO DO NEODARWINISMO



Segundo a teoria moderna da evolução (Neo-Darwinismo) a variabilidade é resultado de mudanças gênicas que surgem de mutações e de permutações gênicas (segregação de cromossomos homólogos na divisão I da meiose, do crossing-over e da reprodução sexuada).

#### EXEMPLOS DE SELEÇÃO NATURAL

##### RESISTÊNCIA DOS INSETOS AOS INSETICIDAS

O uso indiscriminado de inseticidas ao longo dos anos tem levado à eliminação de indivíduos sensíveis e selecionando os indivíduos resistentes. Hoje os insetos resistentes reproduzem e ultrapassam em números tipos não resistentes ou menos resistentes. Os inseticidas provocaram mudanças nos ambientes e só os resistentes puderam sobreviver e foram sendo selecionados. Não foi o inseticida que conferiu a resistência que já existia.

**O inseticida foi fator de seleção natural.**

##### RESISTÊNCIA DE BACTÉRIAS

A resistência de bactérias aos antibióticos é um fenômeno resultante da seleção de indivíduos resistentes em ambientes mudados por antibióticos. Bactérias de linhagem que resistem aos antibióticos têm vantagem sobre as outras não resistentes que são eliminadas. Estes fenômenos em ambientes de ampla utilização de antibióticos, como nos hospitais vem comprometendo a saúde dos doentes com o fenômeno **INFECÇÃO HOSPITALAR**.

#### ADAPTAÇÕES

Adaptação é um conjunto de características herdadas e que permitem a sobrevivência e a reprodução de uma espécie em um determinado ambiente.

#### PRINCIPAIS TIPOS DE ADAPTAÇÕES

- CAMUFLAGEM
- MIMETISMO
- ADAPTAÇÃO CONVERGENTE (convergência adaptativa)
- ADAPTAÇÃO DIVERGENTE (divergência adaptativa)

#### CAMUFLAGEM E MIMETISMO

A **camuflagem** é a adaptação que permite aos organismos se confundirem com o ambiente. A camuflagem pode variar quanto à forma e a cor.

A camuflagem pode ter efeito de proteção contra predadores ou pode servir para "esconder" um predador de sua presa.

**Mimetismo** é a adaptação onde uma espécie parece "copiar" a outra. No mimetismo uma espécie apresenta semelhanças com outra espécie diferente. Existe um tipo de mimetismo chamado **mimetismo batesiano** onde o predador é iludido pela semelhança de uma determinada espécie com outra de mau gosto ou de cheiro desagradável. Uma borboleta chamada monarca tem um gosto desagradável e é "imitada" nas cores e formas por outra comestível pelos pássaros.



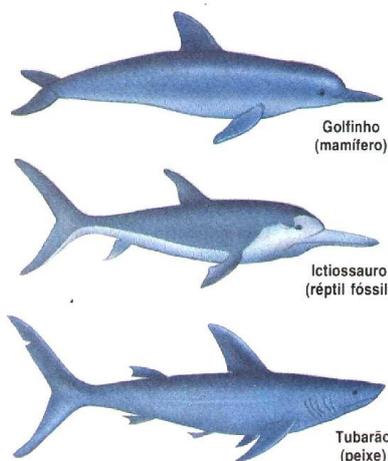
*Um exemplo de mimetismo – A borboleta "vice-rei" (b) é comestível, porém é evitada pelos predadores por se assemelhar à borboleta "monarca" (a), de gosto desagradável.*

#### ADAPTAÇÃO CONVERGENTE E DIVERGENTE

A **adaptação convergente** ou **convergência adaptativa** é a adaptação que

ocorre em organismos diferentes que vivem em um mesmo ambiente. Estes indivíduos ficam semelhantes, pois estão sofrendo há muito tempo as mesmas pressões de seleções semelhantes.

Neste caso semelhança não é sinal de parentesco e é resultado da seleção natural sobre espécies de origens diferentes.

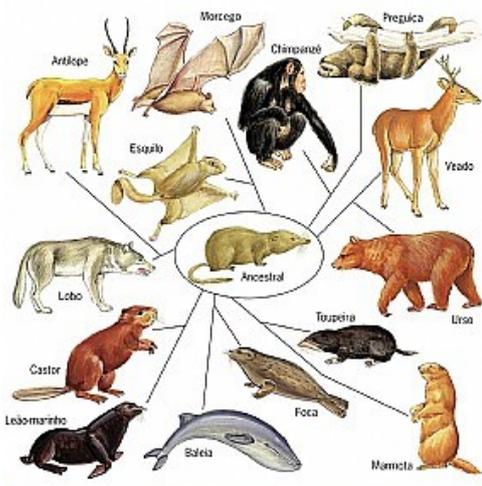


#### EVOLUÇÃO CONVERGENTE

*Convergência adaptativa: a forma dos corpos do golfinho (a), do Ictiossauro, um réptil fóssil (b) e do golfinho (c).*

A **adaptação divergente** ou **divergência adaptativa** ou irradiação adaptativa é resultado da seleção natural diferenciada em grupos de seres com um mesmo ancestral (indicando parentesco) que migraram para

ambientes diferentes. Nesse caso, apesar de parentes, a seleção natural diferenciada (pressões diferenciadas em ambientes diferentes) resulta em grandes diferenças nas formas de indivíduos com mesmo ancestral.



## ESPECIAÇÃO

Entende-se por especiação o processo de formação de novas espécies a partir de uma espécie ancestral.

As espécies podem ser formadas por 3 mecanismos diferentes:

- Por poliploidia; aumento do número de cromossomos de  $2n$  para  $3n$ ,  $4n$  ou  $5n$ , o que deve ter acontecido muito frequentemente nos vegetais.
- Por seleção diferenciada, após migração; isolamento geográfico, isolamento reprodutivo.
- Por seleção gradual ao longo dos tempos em uma espécie em um mesmo ambiente que se altera lentamente. Neste processo o pool gênico varia lentamente pela ação da seleção natural. Nesse caso a população evolui como um todo e é substituída por outra.

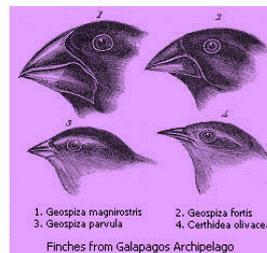
Eventos de especiação foram observados diversas vezes, tanto em condições controladas de laboratório como na natureza. Em organismos de reprodução sexuada, a especiação resulta do isolamento reprodutivo seguido por divergência entre as linhagens. Há **quatro tipos de mecanismos de especiação: ALOPÁTRICA, PERIPÁTRICA, PARAPÁTRICA e SIMPÁTRICA**

A **especiação alopátrica** é considerada a mais comum em animais. Esse tipo de especiação ocorre quando populações são isoladas geograficamente, por fragmentação de habitat ou migração, por exemplo. Como as forças evolutivas passam a atuar independentemente nas populações isoladas, a separação vai, eventualmente, produzir organismos incapazes de se intercrossarem.

O **segundo** mecanismo de especiação a ser considerado é a **especiação peripátrica**, que ocorre quando pequenas populações de organismos são isoladas num novo ambiente. Ela difere da especiação alopátrica pelo fato de as populações isoladas serem muito menores do que a população parental. Nesse caso, o **efeito fundador** causa uma especiação rápida tanto pela deriva genética oriunda do efeito fundador como pela rápida ação da seleção natural **sobre um conjunto de genes pequeno**.

O **terceiro** mecanismo de especiação é a **especiação parapátrica**. Ela é similar à especiação peripátrica na medida em que uma população pequena ocupa um novo habitat, mas difere porque não há separação física entre essas populações. O que ocorre é que a especiação resulta da evolução de mecanismos que reduzem o fluxo gênico entre as duas populações. Geralmente isso

ocorre quando há alguma mudança drástica no ambiente da espécie parental. Um exemplo é a gramínea *Anthoxanthum odoratum*, que pode passar por especiação parapátrica em resposta a poluição localizada de metais de minas. Neste caso, plantas com resistência a altos níveis de metais no solo evoluem. A seleção contra cruzamentos com a população parental sensível a metais produz uma mudança no tempo de floração das plantas resistentes, causando isolamento reprodutivo



**O Isolamento geográfico dos Tentilhões de Darwin das Ilhas Galápagos produziram mais de uma dúzia de espécies.**

Finalmente, quando há **especiação simpátrica**, espécies divergem sem uma barreira geográfica entre elas ou mudanças drásticas no ambiente. Esse tipo de especiação é **considerado raro**, já que uma pequena quantidade de fluxo gênico pode remover as diferenças genéticas entre partes de uma população. Em geral, a especiação simpátrica em animais exige a evolução tanto de diferenças genéticas como de acasalamento preferencial, para permitir que o isolamento reprodutivo evolua.

### Barreiras que previnem a fertilização

Barreiras pré-zigóticas são aquelas que impedem a cópula entre as espécies, ou então impedem a fertilização do óvulo caso a espécie tente cruzar.

Alguns exemplos são:

- **Isolamento temporal** – Ocorre quando espécies copulam em tempos diferentes. Populações de duas espécies americanas de gambá (*Spilogale gracilis* e *Spilogale putorius*) têm distribuições sobrepostas, mas se mantêm como espécies separadas porque a primeira acasala no verão e a segunda no inverno.
- **Isolamento comportamental** – Sinais que estimulam uma resposta sexual podem ser suficientemente diferentes para impedir o acasalamento. O brilho rítmico dos vaga-lumes é específico de cada espécie e portanto funciona como barreira pré-zigótica.
- **Isolamento mecânico** – Diferenças anatômicas em estruturas reprodutivas podem impedir o cruzamento. Isso é

verdade especialmente em plantas que desenvolveram estruturas específicas adaptadas a alguns polinizadores. Morcegos que se alimentam de néctar procuram por flores guiados por seu sistema de ecolocalização. Assim, plantas que dependem desses morcegos como polinizadores evoluíram flores acusticamente conspícuas, que auxiliam na sua detecção.

- **Isolamento gamético** – Os gametas das duas espécies são quimicamente incompatíveis, impedindo a fertilização. O reconhecimento de gametas pode ser baseado em moléculas específicas na superfície do óvulo, que se ligam apenas a moléculas complementares no espermatozoide.
- **Isolamento geográfico/de habitat** – **Geográfico**: As duas espécies estão separadas por barreiras físicas de larga escala, como uma montanha, um corpo de água ou barreiras físicas construídas por humanos. Essas barreiras impedem o fluxo gênico entre os grupos isolados. Isso é ilustrado pela divergência entre espécies de plantas em lados opostos da muralha da China.

## Barreiras atuando após a fertilização

Exemplos incluem:

- **Viabilidade do híbrido reduzida** – Ocorre desenvolvimento incompleto e morte da prole. **Fertilidade do híbrido reduzida** – Mesmo que duas espécies diferentes acasalem, a prole produzida pode ser infértil. Cruzamentos entre espécies no gênero do cavalo (*Equus*), tendem a produzir proles viáveis mas inférteis. Por exemplo, cruzamentos de zebra x cavalo e zebra x burro produzem organismos estéreis. O cruzamento de cavalo x burro produz mulas estéreis. Muito raramente, uma mula fêmea pode ser fértil.
- **Degeneração do Híbrido** – Alguns híbridos são férteis por uma única geração, se tornando então estéreis ou inviáveis..

## FATORES DE EVOLUÇÃO

Os principais fatores de evolução são:

- mutação
- segregação dos homólogos na meiose
- crossing-over
- reprodução sexuada
- migração com isolamento geográfico
- seleção natural
- isolamento produtivo
- oscilação genética

Os fatores citados, exceto oscilação gênica, são os mesmos já descritos para o Neodarwinismo e para o processo de especiação.

## OSCILAÇÃO ou EFEITO FUNDADOR

Geneticamente, evolução é o resultado de mudanças nas frequências gênicas. Todos os fatores de evolução contribuem nas variações de frequências gênicas das populações.

Oscilação é a mudança da frequência gênica de uma pequena população devido a um simples acaso. É a mudança brusca e acidental da frequência gênica de uma pequena população.

Imagine uma pequena população de um mamífero qualquer, que viva em bando e que a maior parte dessa população seja destruída por um incêndio causado por uma descarga elétrica. A frequência dos genes nessa população sofreu mudança brusca e acidental, ocorreu oscilação.

## Seleção Natural

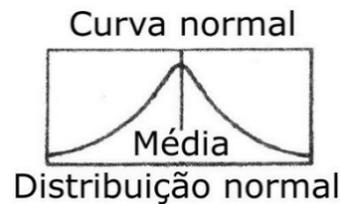
É o fenômeno biológico que favorece a sobrevivência de parte da população, ou seja, aqueles seres que, graças à variabilidade genética, herdaram combinações gênicas mais adaptativas a uma determinada condição ecológica. Lembramos que a expressão “mais adaptada” se refere à maior probabilidade que um determinado organismo apresenta de sobreviver e deixar descendentes em certo ambiente. Ao contrário da mutação, a seleção natural atua reduzindo a variabilidade gênica. Assim sendo, em face de haver seleção de apenas alguns genótipos, quanto mais intensa for a seleção natural, menor será a variabilidade gênica na população.

Em face de o ambiente não representar um sistema constante e estável, ocorrem diferentes interações entre os organismos e o meio. A heterogeneidade temporal e espacial propicia diferentes pressões seletivas sobre o conjunto gênico da população, evitando, por vezes, a eliminação de determinados genes que, em condições ideais, não seriam mantidos. É o que acontece com a manutenção na população humana de certos genes que normalmente seriam eliminados por serem pouco adaptativos. Um exemplo é o gene que causa a anemia falciforme (anemia drepanocítica ou siclemia), que estudaremos mais adiante em “seleção estabilizadora” e cuja frequência é alta em extensas regiões da África, onde se verifica uma grande incidência de malária.

## TIPOS DE SELEÇÃO NATURAL

Tendo por base os efeitos que a seleção natural exerce nas populações, ela pode ser classificada em **três tipos básicos: direcional, estabilizadora (ou normalizadora) e disruptiva (ou diversificadora)**. O gráfico abaixo mostra como se distribui, geralmente, as várias classes fenotípicas de uma população

padrão. Nesse caso, os fenótipos “medianos” são os de maior frequência. Procure relacioná-lo com os gráficos associados aos três tipos de seleção (direcional, estabilizadora e disruptiva), que estudaremos a seguir.



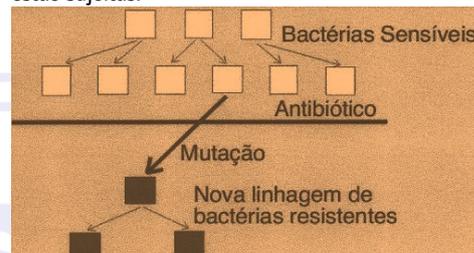
### 1. Seleção direcional

Nesta seleção, as condições ambientais **favorecem um fenótipo extremo**, diferente do que representa a média da população (gráfico a seguir), sendo por isso que a frequência alélica muda continuamente na mesma direção. Ela ocorre, portanto, quando a população está sujeita à alterações ambientais em um dado sentido, produzindo, como consequência, mudança regular da população em uma mesma direção. A resistência de insetos a inseticidas, a resistência de bactérias a antibióticos e o melanismo industrial são exemplos de seleção direcional.



### Resistência de bactérias a antibióticos

A exemplo dos inseticidas, os antibióticos podem perder sua eficácia no combate a determinados tipos de bactérias. **Habitualmente se diz que as bactérias adquirem resistência ao antibiótico, o que não é correto.** Aqui cabe o mesmo raciocínio usado para explicar a resistência dos insetos ao DDT. O que realmente ocorre **é a seleção de linhagens bacterianas geneticamente resistentes ao antibiótico que, sobrevivendo, se multiplicam e passam a predominar no grupo.** Os antibióticos, da mesma forma que o DDT, funcionam, portanto, como agentes seletivos e não como agentes mutagênicos. Sua ação consiste, em última análise, em eliminar os organismos portadores de genótipos sensíveis, favorecendo os dotados de genótipos resistentes, que surgem por mutações ao acaso (figura a seguir). Neste contexto, já foram selecionados muitas linhagens bacterianas dotadas de resistência a vários antibióticos. Reiteramos que essa resistência se deve a mutações que as populações bacterianas sempre estão sujeitas.

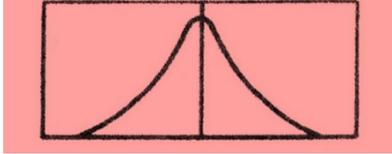


***Lembramos que a seleção artificial, feita pelo homem com o objetivo de promover o melhoramento genético de espécies animais e vegetais em seu próprio benefício, é também um exemplo de seleção direcional. O mesmo raciocínio se aplica à clonagem, que vem sendo feita pelo homem com o intuito de preservar algumas características desejáveis.***

## 2. Seleção estabilizadora ou normalizadora

Esta seleção atua em populações que vivem em ambientes relativamente estáveis, nas quais a média dos indivíduos está bem adaptada às condições ambientais. Ela favorece indivíduos portadores de formas intermediárias e elimina os que apresentam formas extremas da curva de distribuição normal (gráfico a seguir). A seleção estabilizadora mantém, portanto, a população geneticamente constante.

### Seleção estabilizadora



O favorecimento dos heterozigotos para o gene da anemia falciforme (anemia drepanocítica ou siclemia), em regiões onde há grande incidência de malária, é um bom exemplo de seleção estabilizadora. Esse gene mutante leva à formação de moléculas anormais de hemoglobina e consequente malformação das hemácias, que assumem forma semelhante à foice, com reduzida capacidade de transportar oxigênio. Dessa forma, em condições ambientais normais, o gene para a siclemia sofre uma forte seleção negativa, levando a que sua frequência seja baixa nas populações em geral. Lembramos que a siclemia é uma anomalia genética de herança autossômica, determinada por um gene letal em dose dupla, comum entre os africanos e pertencente a um grupo de doenças chamadas hemoglobinopatias.

Os indivíduos homozigóticos para a siclemia (ss), apresentam elevada anemia e, via de regra, morrem antes da fase reprodutiva. A tendência, portanto, é que o gene s desapareça, praticamente, da população. Em locais onde a malária é endêmica, entretanto, a frequência desse alelo (gene s) é grande, bem acima do esperado. Essa elevada frequência se deve ao fato das pessoas heterozigóticas (Ss), conquanto sejam ligeiramente anêmicos,

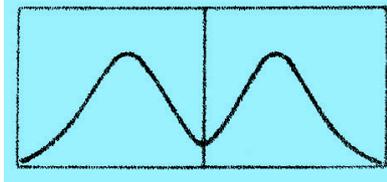
pois produzem tanto hemoglobinas normais quanto falciformes, apresentarem maior resistência à malária que os indivíduos homozigóticos normais (SS). Sabe-se que, quando o Plasmodium (protozoário que provoca a malária) penetra nas hemácias consome oxigênio. Com a diminuição de oxigênio, as hemácias siclêmicas se deformam e são fagocitadas pelos leucócitos, antes que o protozoário presente no seu interior se reproduza e se espalhe pelo organismo.

Em função, portanto, dos homozigóticos para siclemia (ss) tenderem a morrer de anemia e os homozigóticos normais (SS) terem elevada tendência a morrer de malária, como vimos acima, os heterozigóticos (Ss) apresentam maior chance de sobreviver e de se reproduzir, transmitindo o alelo mutante s para a geração seguinte.

## 3. Seleção disruptiva ou diversificadora

Esta seleção ocorre quando uma população, já adaptada a um ambiente homogêneo, é submetida a diferentes pressões seletivas, de modo que são selecionadas formas adaptativas em direções opostas. Ela favorece, portanto, os indivíduos portadores de formas extremas de certas características, em detrimento das formas intermediárias, gerando dois grupos dominantes na população (gráfico abaixo). Quando esse processo opera, os indivíduos dos extremos da distribuição tendem a produzir maior descendência do que aqueles do centro da distribuição. Admite-se que em face da capacidade que essa seleção apresenta de promover a diversificação de uma população, ela represente a primeira etapa para a formação de novas espécies, processo denominado especiação.

## Seleção disruptiva



Como exemplo de seleção disruptiva, citamos os besouros que se alimentam de sementes e desprezam as de tamanho pequeno e grande, preferindo as de tamanho médio. Em função disso, serão favorecidos organismos dotados dos fenótipos extremos e, portanto, de plantas produtoras de sementes pequenas e de sementes grandes.

Outro exemplo diz respeito ao crescimento de plantas em regiões próximas de minas de zinco e chumbo. Nas áreas onde os rejeitos são lançados há um elevado nível de contaminação, em contraste com outras áreas não contaminadas. Uma população de plantas mutantes que conseguem sobreviver no solo contaminado leva nítida desvantagem ao crescerem em solo não

contaminado, em face da grande competição com a população original de plantas não mutantes lá estabelecidas. Por outro lado, as plantas originais estão restritas às áreas não contaminadas e somente nelas sobrevivem. A diversificação possibilitou ampliar as áreas de crescimento com uma seleção disruptiva que levou o desenvolvimento de dois tipos distintos de plantas em diferentes aspectos. Um deles adaptado a solos contaminados e outro adaptado a áreas não contaminadas.

## GENÉTICA DE POPULAÇÕES

### EQUILÍBRIO DE HARDY-WEIMBERG

No início do século passado, Hardy e Weimberg formularam um modelo matemático provando que as grandes populações em condições ideais, as proporções dos genes são constantes. Quando utiliza-se os termos “condições ideais” refere-se ao equilíbrio evolutivo que significa ausência de evolução. Segundo Hardy e Weimberg:  $p + q = 1$ , onde  $P =$  frequência do gene dominante e  $q =$  frequência do gene recessivo.

Considerando  $A = P$  e  $a = q$  podemos representar:  $AA = p^2$ ,  $aa = q^2$  e  $Aa = 2Pq$ .

Se a frequência genética for constante, a frequência genotípica também será.

Para que ocorra o equilíbrio de Hardy e Weimberg é necessário que haja as condições:

- A) a população deve ser bastante grande (milhares de indivíduos);
- B) a população precisa ser de reprodução sexuada e panmítica, ou seja, os cruzamentos devem ocorrer de maneira casual, não havendo preferência sexual.
- C) Não devem ocorrer mutações;
- D) Não pode haver seleção natural;
- E) Não pode ocorrer migração.

*Na natureza não existe população que preencha as condições citadas. Não ocorrendo qualquer uma das condições citadas ocorre variação na frequência gênica. Essa mudança na frequência gênica caracteriza a evolução.*

### EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO E ERAS GEOLÓGICAS

As principais evidências a favor da evolução são:

- a) Anatomia Comparada
- b) Fósseis
- c) Embriologia Comparada
- d) Bioquímica Comparada

## ANATOMIA COMPARADA

As primeiras idéias de evolução foram reforçadas pelas comparações de

órgãos, hoje utiliza-se a Homologia e a Analogia.

**Homologia:** Estudo dos órgãos homólogos. Órgãos homólogos são aqueles com mesma origem embrionária e com funções iguais semelhantes ou diferentes.

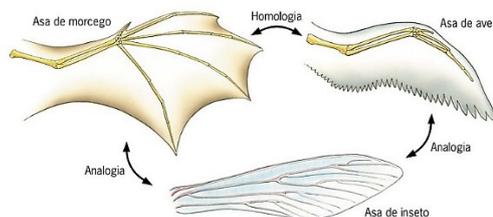
A presença de órgãos homólogos indica parentesco.

Ex.: pata anterior de cavalo e nadadeira anterior da baleia.

**Analogia:** Estudo dos órgãos análogos, órgãos análogos são aqueles com origens embrionárias diferentes e com funções iguais ou semelhantes.

A presença de órgãos análogos não indica parentesco.

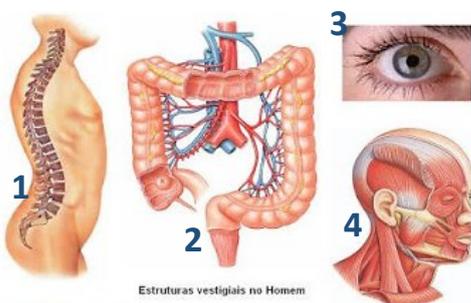
Ex.: Asa de borboleta e asa de beija-flor.



Nesse caso, como morcego e ave são vertebrados possuirão **HOMOLOGIA**. Comparando-os com a asa de um inseto (**INVERTEBRADO**) existirá uma **ANALOGIA**

Os órgãos vestigiais (véstígios de ancestrais), são estruturas que não apresentam funções mas que permanecem como evidências da evolução.

### Algumas estruturas vestigiais na espécie humana



1. Vértebra coccígea
2. Apêndice cecal
3. Membrana nictante
4. Músculos do nariz e orelhas

## Evolução das espécies

### QUESTÃO 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.

### QUESTÃO 02

(Enem 2016) O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e microrganismos envolvidos em uma imensa complexidade e distribuídos em uma grande variedade de ecossistemas. 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 da espécie.

### QUESTÃO 03

[ 149344 ]. (Enem 2015) Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos

corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

**Essa especiação não ocorre devido ao(a)**

- a) oscilação genética das raças.
- b) convergência adaptativa entre raças.
- c) isolamento geográfico entre as raças.
- d) seleção natural que ocorre entre as raças.
- e) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

### QUESTÃO 04

[ 135531 ]. (Enem 2014) Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

**Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a**

- a) capacidade de produzir moléculas de ATP.
- b) presença de parede celular semelhante à de procariontes.
- c) presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
- d) capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
- e) presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

### QUESTÃO 05

[ 135538 ]. (Enem 2014) 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 no tamanho corporal.
- c) complexificação de seus sistemas.
- d) melhoria de processos e estruturas.
- e) especialização para uma determinada finalidade.



### QUESTÃO 06

[ 128044 ]. (Enem 2013) As fêmeas de algumas espécies de aranhas, escorpiões e de outros invertebrados predam os machos após a cópula e inseminação. Como exemplo, fêmeas canibais do inseto conhecido como louva-a-deus, *Tenodera aridifolia*, possuem até 63% da sua dieta composta por machos parceiros. Para as fêmeas, o canibalismo sexual pode assegurar a obtenção de nutrientes importantes na reprodução. Com esse incremento na dieta, elas geralmente produzem maior quantidade de ovos. **Apesar de ser um comportamento aparentemente desvantajoso para os machos, o canibalismo sexual evoluiu nesses táxons animais porque**

- a) promove a maior ocupação de diferentes nichos ecológicos pela espécie.
- b) favorece o sucesso reprodutivo individual de ambos os parentais.
- c) impossibilita a transmissão de genes do macho para a prole.
- d) impede a sobrevivência e reprodução futura do macho.
- e) reduz a variabilidade genética da população.



### QUESTÃO 07

[ 121575 ]. (Enem 2012) Paleontólogos estudam fósseis e esqueletos de dinossauros para tentar explicar o desaparecimento desses animais. Esses estudos permitem afirmar que esses animais foram extintos há cerca de 65 milhões de anos.

Uma teoria aceita atualmente é a de que um asteroide colidiu com a Terra, formando uma densa nuvem de poeira na atmosfera.

**De acordo com essa teoria, a extinção ocorreu em função de modificações no planeta que**

- a) desestabilizaram o relógio biológico dos animais, causando alterações no código genético.
- b) reduziram a penetração da luz solar até a superfície da Terra, interferindo no fluxo energético das teias tróficas.
- c) causaram uma série de intoxicações nos animais, provocando a bioacumulação de partículas de poeira nos organismos.
- d) resultaram na sedimentação das partículas de poeira levantada com o impacto do meteoro, provocando o desaparecimento de rios e lagos.
- e) evitaram a precipitação de água até a superfície da Terra, causando uma grande seca que impediu a retroalimentação do ciclo hidrológico.



### QUESTÃO 08

[ 100366 ]. (Enem 2010) 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 casos, ausência de olhos.

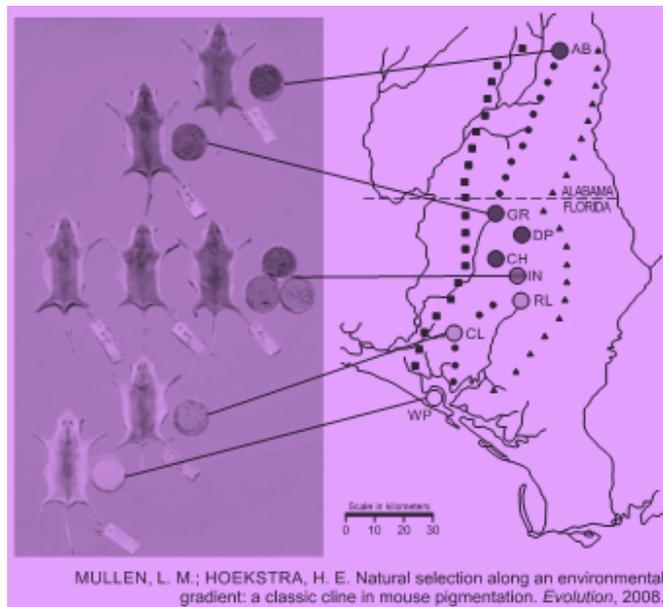
**Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que**

- a) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- b) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- c) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- d) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então 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.



### QUESTÃO 09

[ 90009 ]. (Enem 2009) Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



**O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é**

- a) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- b) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.
- c) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- d) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.
- e) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.



### QUESTÃO 10

[ 75445 ]. (Enem 2007) Fenômenos biológicos podem ocorrer em diferentes escalas de tempo.

**Assinale a opção que ordena exemplos de fenômenos biológicos, do mais lento para o mais rápido.**

- a) germinação de uma semente, crescimento de uma árvore, fossilização de uma samambaia
- b) fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore, germinação de uma semente
- c) crescimento de uma árvore, germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia
- d) fossilização de uma samambaia, germinação de uma semente, crescimento de uma árvore
- e) germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore



## QUESTÃO 11

[ 75446 ]. (Enem 2007) As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos.

**É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:**

- a) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- b) sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.

c) aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.

d) aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.

e) recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

### TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

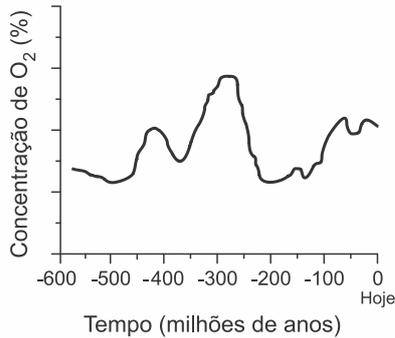
ERA	PERÍODO	MILHÕES DE ANOS	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	PALEOGEOGRAFIA	
CENOZOICA	QUATERNÁRIO	0,01	Faunas e floras atuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas Extinção dos mastodontes e dinotérios	Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo  Elevação dos Pirineus Conclusão da abertura do Atlântico Norte Constituição do continente Norte-Atlântico  Abertura do Atlântico Sul  Início da fragmentação da Pangeia Constituição da Pangeia	
		1,8 5,3	Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra		
	NEOGÊNICO	23,8	Aparecimento dos homínideos		
		PALEOGÊNICO	34,6		Primeiros roedores
			56		Primeiros primatas
			65		Últimos dinossauros
MESOZOICA	CRETÁCEO	145	Primeiras angiospermas		
		208	Primeiras aves Primeiros dinossauros		
	TRIÁSSICO	245			
PALEOZOICA	PERMIANO	290			
	CARBONÍFERO	363	Aparecimento dos répteis		
		409	Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospermas		
	SILURIANO	439	Primeiras plantas e primeiros animais terrestres Primeiros peixes		
	ORDOVICIANO	510			
	CAMBRIANO	544			
PRÉ-CAMBRIANO	1.000	Reprodução sexuada			
	1.400	Primeiros depósitos de carvão (algas)			
	1.800	Oxigênio livre na atmosfera			
	2.000	Aparecimento de organismos eucariontes			
	3.100	Primeiros microrganismos procariontes			
	3.500	Primeiros vestígios de vida			
4.600	Formação da Terra				



# Oficina de ESTUDOS

**QUESTÃO 13**

[ 61748 ]. (Enem 2005) Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:



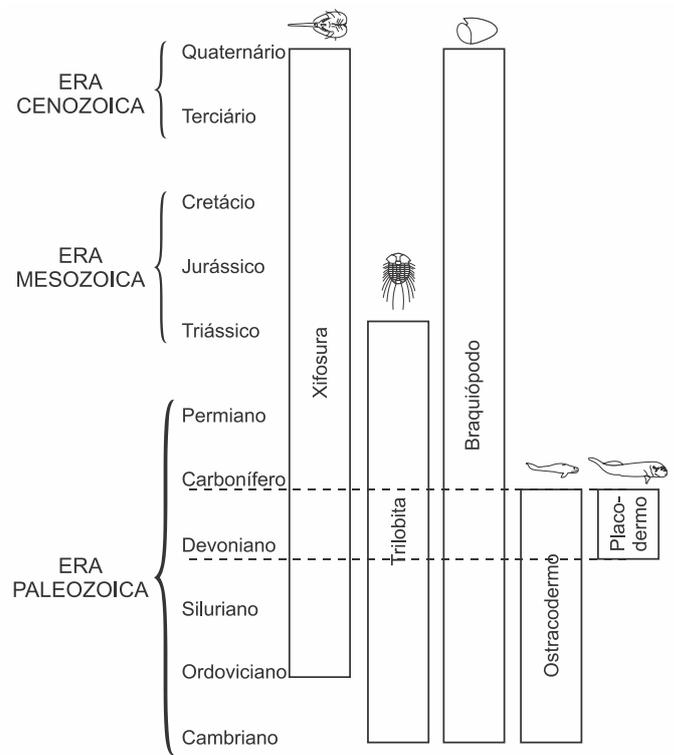
No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano. **Sabendo-se que o O<sub>2</sub> é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que**

- a) a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
- b) a produção de energia dos organismos fotossintéticos causou a extinção em massa no período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
- c) o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento de concentração de oxigênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.
- d) o aumento da concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) atmosférico no período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
- e) a redução da concentração de oxigênio atmosférico no período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.

**QUESTÃO 14**

[ 61737 ]. (Enem 2005) 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.

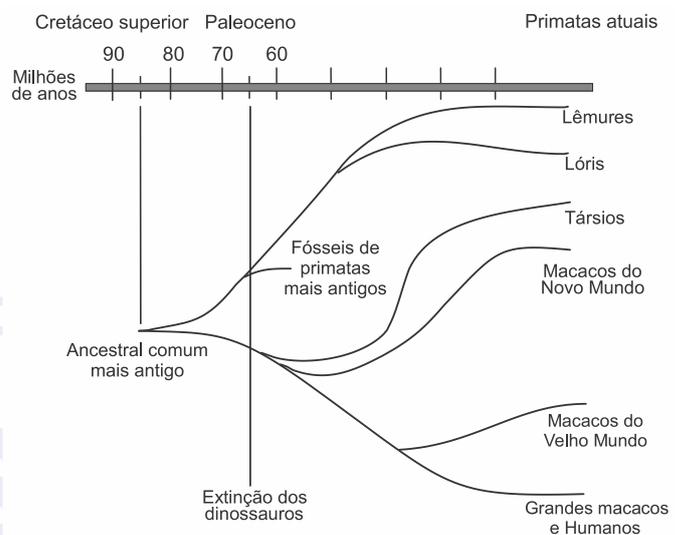


Observando esse esquema os paleontólogos concluíram que o período geológico em que haviam encontrado essa nova espécie era o Devoniano, tendo ela uma idade estimada entre 405 milhões e 345 milhões de anos. **Destes cinco grupos de animais que estavam associados à nova espécie, aquele que foi determinante 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.

**QUESTÃO 15**

[ 61746 ]. (Enem 2005) Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito.



(Fonte: Raquel Aguiar Ciência Hoje on-line 13/05/02.)

**Examinando esta árvore evolutiva podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente**

- a) 10 milhões de anos.
- b) 40 milhões de anos.
- c) 55 milhões de anos.
- d) 65 milhões de anos.
- e) 85 milhões de anos.



### QUESTÃO 16

[ 61734 ]. (Enem 2005) As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu "chocalho", que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas. Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

**A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que**

- a) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.
- b) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.
- c) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.
- d) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.
- e) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.



### QUESTÃO 17

[ 54397 ]. (Enem 2004) O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin?

Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la.

**Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a**

- a) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.
- b) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.
- c) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- d) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- e) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.



### QUESTÃO 18

[ 50109 ]. (Enem 2003) A biodiversidade é garantida por interações das várias formas de vida e pela estrutura heterogênea dos habitats.

Diante da perda acelerada de biodiversidade, tem sido discutida a possibilidade de se preservarem espécies por meio da construção de "bancos genéticos" de sementes, óvulos e espermatozoides.

Apesar de os "bancos" preservarem espécimes (indivíduos), sua construção é considerada questionável do ponto de vista ecológico-evolutivo, pois se argumenta que esse tipo de estratégia

- I. não preservaria a variabilidade genética das populações;

II. dependeria de técnicas de preservação de embriões, ainda desconhecidas;

III. não reproduziria a heterogeneidade dos ecossistemas.

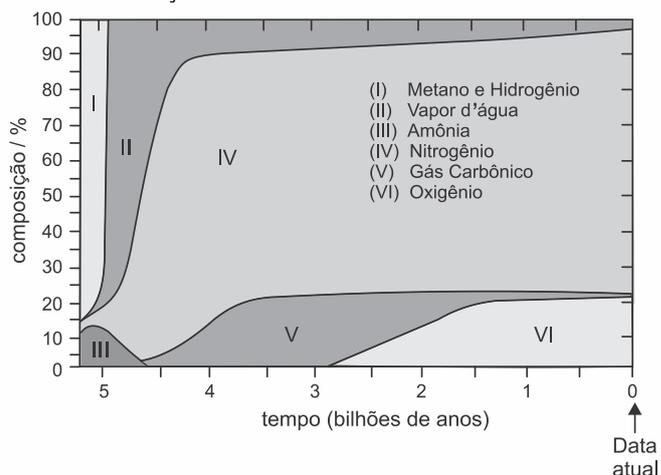
**Está correto o que se afirma em**

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



### QUESTÃO 19

[ 42332 ]. (Enem 2002) As áreas numeradas no gráfico mostram a composição em volume, aproximada, dos gases na atmosfera terrestre, desde a sua formação até os dias atuais.



Adaptado de *The Random House Encyclopedias*, 3<sup>rd</sup> ed., 1990.

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.



### QUESTÃO 20

[ 37587 ]. (Enem 2001) "Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea". Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana.

**Pode-se afirmar que, nos termos do texto,**

- a) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- b) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.

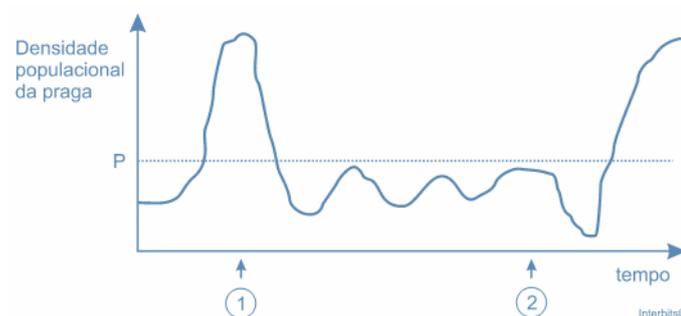
- c) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.
- d) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.
- e) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

### QUESTÃO 21

[29023]. (Enem 1999) O crescimento da população de uma praga agrícola está representado em função do tempo, no gráfico a seguir, onde 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.

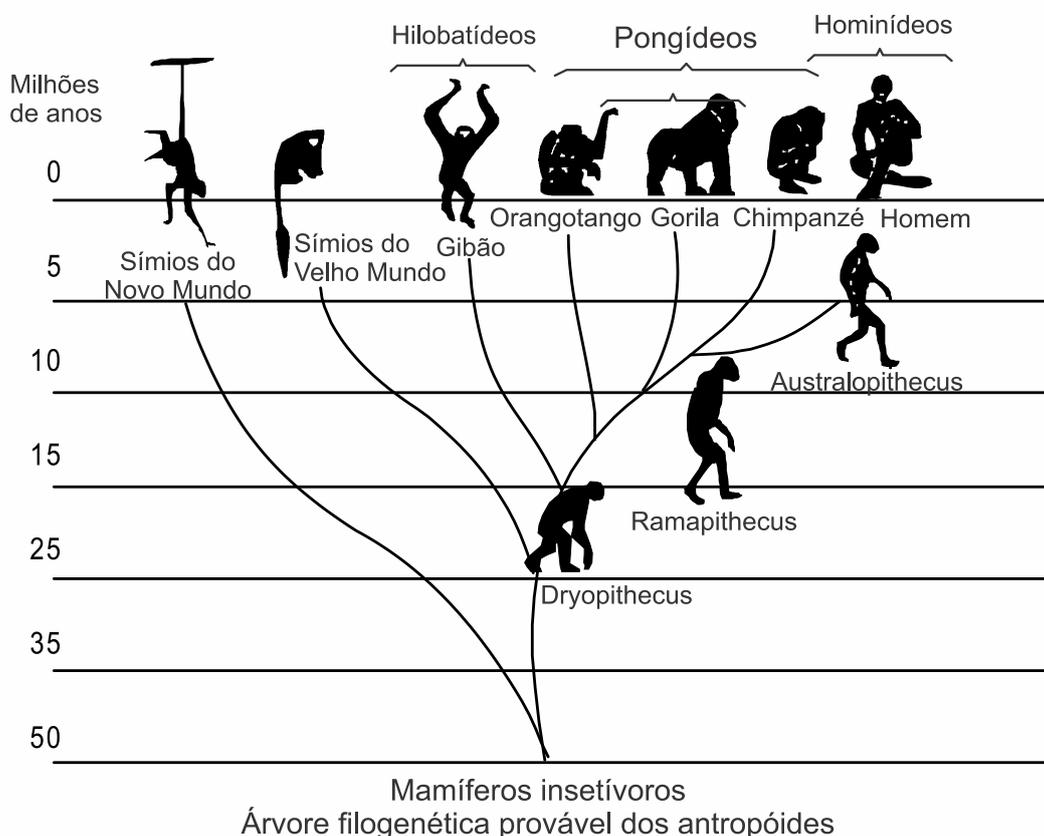


#### A análise do gráfico permite concluir que

- a) se o inseticida tivesse sido usado no momento marcado pela seta (1), a praga teria sido controlada definitivamente, sem necessidade de um tratamento posterior.
- b) 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.
- c) 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.
- d) o inseticida atacou tanto a praga quanto os seus predadores; entretanto, a população de pragas recuperou-se mais rápido voltando a causar dano à lavoura.
- e) 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.

#### TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 3 QUESTÕES:

O assunto na aula de Biologia era a evolução do Homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais.





## QUESTÃO 22

[ 28977 ]. (Enem 1998) Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas.

**Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o:**

- a) Australopithecus.
- b) Chimpanzé.
- c) Ramapithecus.
- d) Gorila.
- e) Orangotango.



## QUESTÃO 23

[ 28976 ]. (Enem 1998) Após observar o material fornecido pelo professor, os alunos emitiram várias opiniões, a saber:

- I. os macacos antropoides (orangotango, gorila, chimpanzé e gibão) surgiram na Terra mais ou menos contemporaneamente ao Homem.
- II. alguns homens primitivos, hoje extintos, descendem dos macacos antropoides.
- III. na história evolutiva, os homens e os macacos antropoides tiveram um ancestral comum.
- IV. não existe relação de parentesco genético entre macacos antropoides e homens.

**Analisando a árvore filogenética, você pode concluir que:**

- a) todas as afirmativas estão corretas.
- b) apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmativas II e IV estão corretas.
- d) apenas a afirmativa II está correta.
- e) apenas a afirmativa IV está correta.



## QUESTÃO 24

[ 28980 ]. (Enem 1998) Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada, para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropoides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?

- a) 5
- b) 10
- c) 15
- d) 30
- e) 60



## QUESTÃO 25

[ 77412 ]. (Ufc 2008) Analise as assertivas a seguir:

- I - A mutação em células germinativas e somáticas é um dos elementos da variabilidade genética. Entretanto, em organismos de reprodução exclusivamente sexuada, a nova condição será compartilhada com a população somente quando ocorrer nas células somáticas.
- II - O evolucionismo está fundamentado em evidências, como o registro fóssil, as semelhanças anatômicas e a adaptação ao ambiente.
- III - A condição derivada e compartilhada das fanerógamas é a presença de semente, assim como para equinodermata e cordata a condição é a deuterostomia.

Com respeito às três assertivas, é correto afirmar que:

- a) apenas II é verdadeira.
- b) apenas I e II são verdadeiras.
- c) apenas I e III são verdadeiras.
- d) apenas II e III são verdadeiras.
- e) I, II e III são verdadeiras.



## QUESTÃO 26

[ 79066 ]. (Uece 2008) A adaptação que ocorre com determinados tipos de borboletas, cujas espécies palatáveis apresentam um padrão de coloração que a disfarça como impalatável, enquanto em outros casos diversas espécies impalatáveis convergem na aparência, cada uma ganhando proteção derivada de sua similaridade com as outras espécies é denominada de

- a) camuflagem.
- b) mimetismo.
- c) seleção estabilizadora.
- d) seleção artificial.



## QUESTÃO 27

[ 79081 ]. (G1 - cftce 2008) A teoria sintética da evolução ou neodarwinismo foi formulada, tomando como base as noções de Darwin acerca da seleção natural e incorporando noções de Genética. São fatores considerados nessa teoria:

- a) mutação gênica e recombinação genética
- b) seleção natural e uso ou desuso
- c) recombinação gênica e transmissão de caracteres adquiridos
- d) uso ou desuso e transmissão de caracteres adquiridos
- e) sobrevivência dos mais aptos e transmissão de caracteres adquiridos



## QUESTÃO 28

[ 79078 ]. (Uece 2008) "Quando os ancestrais humanos foram para as savanas africanas, passaram a correr longas distâncias em pleno sol tropical. Os músculos em grande atividade esquentam o corpo. Indivíduos com cérebro grande e maior número de glândulas sudoríparas - e, conseqüentemente, menos pelos - estavam melhor adaptados a esse ambiente."

Esse texto apresenta, em sua ideia central, informações que concordam com

- a) a ideia da transmissão dos caracteres adquiridos e da recombinação gênica.
- b) os conceitos de seleção natural e especiação.
- c) os princípios da seleção natural e da recombinação gênica.
- d) os conceitos de convergência adaptativa e caracteres adquiridos.



## QUESTÃO 29

[ 70008 ]. (Ufc 2007) Um problema para a teoria da evolução proposta por Charles Darwin no século XIX dizia respeito ao surgimento da variabilidade sobre a qual a seleção poderia atuar. Segundo a Teoria Sintética da Evolução, proposta no século XX, dois fatores que contribuem para o surgimento da variabilidade genética das populações naturais são:

- a) mutação e recombinação genética.
- b) deriva genética e mutação.
- c) seleção natural e especiação.
- d) migração e frequência gênica.
- e) adaptação e seleção natural.



## QUESTÃO 30

[ 82210 ]. (Ufal 2007) Ao longo do desenvolvimento da agricultura algumas espécies foram geneticamente melhoradas num processo seletivo conduzido pelo homem. Em populações naturais, a seleção promove a adaptação às condições ambientais. Nos dois casos, o processo seletivo atua desde que haja

- a) endogamia.
- b) nichos ecológicos amplos.
- c) variabilidade genética.
- d) partenogênese.
- e) isolamento reprodutivo.



### QUESTÃO 31

[ 70903 ]. (Ufpe 2007) "Um grande grupo de indivíduos, de uma única espécie, sofre dispersão por vários ambientes, nos quais atuam diferentes fatores de seleção natural, e, conseqüentemente, diferentes variações adaptativas são selecionadas em cada um desses ambientes. Diversas espécies são formadas, embora todas apresentem algumas características semelhantes, pelo fato de terem descendido de um ancestral comum."

Esse texto refere-se à ocorrência de:

- a) Convergência adaptativa.
- b) Oscilação genética.
- c) Analogia genética.
- d) Irradiação adaptativa.
- e) Diversidade intra-específica.



### QUESTÃO 32

(Uece 2007) Reportagem recente deu conta do nascimento de gatos com cara de cães resultante do suposto cruzamento entre uma gata e um cão. Analise as seguintes afirmativas, a partir do conhecimento científico atual:

I - Do cruzamento entre cães e gatos é possível nascer quimeras por não haver isolamento reprodutivo entre eles, caracterizado por ambas as espécies pertencerem à mesma Ordem.

II - Híbridos de cães e gatos não acontecem porque há isolamento reprodutivo entre tais espécies animais, as quais pertencem a categorias taxonômicas diferentes como é observado, já no nível Família ('Canidae' e 'Felidae').

III - O burro é um híbrido viável entre o jumento e a égua; entretanto não produz descendência, haja vista não acontecer a sinapse cromossômica no processo meiótico de formação dos seus gametas.

São corretas:

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



### QUESTÃO 33

(Ufc 2006) A competição por um recurso de disponibilidade limitada é um dos pressupostos do conceito de seleção natural na teoria evolutiva de Darwin. Sobre esta declaração, é correto afirmar que é:

- a) verdadeira, pois o conceito de seleção natural do organismo melhor adaptado pressupõe que os predadores mais eficazes levem suas presas à extinção.
- b) falsa, pois apenas a competição interespecífica por um recurso de disponibilidade limitada contribui efetivamente para o conceito de seleção natural.
- c) verdadeira, pois apenas em decorrência da competição por um recurso de disponibilidade limitada é que há a seleção do organismo melhor adaptado.
- d) verdadeira, pois tanto a competição intra-específica quanto a interespecífica são comportamentos que apresentam um alto grau de expressividade gênica.
- e) falsa, pois apenas a competição intra-específica por um recurso de disponibilidade limitada contribui efetivamente para o conceito de seleção natural.



### QUESTÃO 34

[ 79999 ]. (Ufal 2006) Desde o surgimento dos primeiros organismos vivos no planeta Terra estes têm sofrido alterações que, paulatinamente, deram origem à grande diversidade de seres vivos dos dias atuais. O estudo dessas alterações levou ao estabelecimento de diversas teorias que procuram explicar o fenômeno da evolução por meio de vários mecanismos, alguns aceitos e outros não.

( ) O planeta Terra deve ter se originado há 4,5 bilhões de anos, tendo os primeiros organismos vivos sido procarióticos. Os seres eucarióticos só devem ter surgido há 1,5 bilhão de anos. Durante a evolução dos organismos surgiram diversos fenômenos biológicos segundo a seqüência:

fermentação → fotossíntese → respiração aeróbica

( ) Um pesquisador cortou a cauda de ratos durante várias gerações e os ratos continuaram a nascer com a cauda. Esse experimento demonstra que uma das leis criadas por Lamarck para explicar a evolução dos seres vivos estava correta.

( ) Na teoria sintética da evolução considera-se que os fatores evolutivos promovem alterações nas frequências gênicas. Os fatores evolutivos aceitos por essa teoria são as mutações gênicas e cromossômicas, além da oscilação genética. Os fatores não aceitos são a seleção natural e a migração.

( ) Numa população em equilíbrio, em que os casamentos ocorrem ao acaso e a frequência dos alelos "A" e "a" é de 0,5 para cada um, a probabilidade de se encontrar indivíduos "AA", "Aa" e "aa" é, respectivamente: 0,4; 0,3 e 0,3.

( ) O desenvolvimento de mecanismos que determinam o isolamento reprodutivo é fundamental para a especiação. Tais mecanismos impedem o cruzamento entre indivíduos simpátricos.



### QUESTÃO 35

(Ufpe 2005) De conformidade com a Teoria Sintética da Evolução, aqueles que herdam combinações gênicas favoráveis à sobrevivência e à reprodução, em um dado ambiente, são os mais aptos. Sabendo-se que os fatores evolutivos X e Y geram variabilidade genética e que o fator evolutivo Z atua sobre esta variabilidade, conduzindo à adaptação, assinale a alternativa que indica X, Y e Z, nesta ordem.

- a) Fluxo gênico, mutação e recombinação
- b) Migração, deriva genética e seleção natural
- c) Seleção natural, deriva genética e recombinação
- d) Migração, recombinação e deriva genética
- e) Mutação, recombinação e seleção natural



### QUESTÃO 36

[ 52250 ]. (Ufc 2004) "O ambiente afeta a forma e a organização dos animais, isto é, quando o ambiente se torna muito diferente, produz ao longo do tempo modificações correspondentes na forma e organização dos animais... As cobras adotaram o hábito de se arrastar no solo e se esconder na grama: de tal maneira que seus corpos, como resultados de esforços repetidos de se alongar, adquiriram comprimento considerável...".

O trecho citado foi transcrito da obra Filosofia Zoológica de um famoso cientista evolucionista.

Assinale a alternativa que contém, respectivamente, a ideia transmitida pelo texto e o nome do seu autor.

- a) Seleção natural - Charles Darwin.
- b) Herança dos caracteres adquiridos - Jean Lamarck.
- c) Lei do transformismo - Jean Lamarck.
- d) Seleção artificial - Charles Darwin.
- e) Herança das características dominantes - Alfred Wallace.



### QUESTÃO 37

[ 42210 ]. (Ufc 2002) A seleção natural pode agir sobre a diversidade das populações de maneiras diferentes. Numa delas, as condições do ambiente favorecem um fenótipo extremo, diferente do que representa a média da população. Esta forma de seleção é denominada:

- a) estabilizadora.
- b) disruptiva.
- c) direcional.
- d) sexual.
- e) diversificadora.



### QUESTÃO 38

(Ufc 2001) A evolução biológica é o processo através do qual ocorrem as transformações nos seres vivos e é entendida como o conjunto de mudanças cumulativas que ocorrem ao longo do tempo em uma população, relacionando-se com a forma de adaptação ao ambiente.

Observe, abaixo, alguns conceitos utilizados no estudo do processo evolutivo e preencha os parênteses com o número correspondente.

- 1 - Seleção natural
- 2 - Convergência adaptativa
- 3 - Irradiação adaptativa
- 4 - Especiação
- 5 - Homologia

( ) Formação de novas espécies, que normalmente se inicia com a separação da espécie em duas ou mais populações por uma barreira física de difícil transposição.

( ) O ambiente atua sobre a diversidade intra-específica e elimina os indivíduos menos adaptados, selecionando os mais adaptados que sobrevivem e se reproduzem.

( ) Semelhança, quanto à estrutura, entre órgãos de espécies diferentes que têm um ancestral comum apresentando esses órgãos ainda a mesma origem embrionária.

( ) Um grupo ancestral pode dispersar-se por vários ambientes, como florestas, campos, originando novas espécies, que ocupam diferentes habitats ou nichos ecológicos.

( ) Descendentes de ancestrais diferentes que ocupam o mesmo habitat, submetendo-se aos mesmos fatores de seleção natural e que, com o tempo, tiveram selecionados aspectos adaptativos semelhantes.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

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



### QUESTÃO 39

(Ufpi 2001) A figura a seguir mostra o desenvolvimento embrionário de diferentes vertebrados. Observando-a com atenção, pode-se concluir corretamente que:

- a) existe uma grande semelhança no desenvolvimento embrionário dos diferentes animais, sobretudo nos primeiros estádios.
- b) a presença de cauda é uma característica comum nos estádios finais do desenvolvimento dos diferentes animais.
- c) os estádios jovens do desenvolvimento embrionário de um animal são bastante diferentes dos estádios jovens do desenvolvimento embrionário de seus ancestrais.
- d) uma ancestralidade comum não pode ser evidenciada através da observação do desenvolvimento embrionário.
- e) quanto mais diferentes são os organismos, maior a semelhança embrionária entre eles.



### QUESTÃO 40

(Ufc 2001) Descobertas recentes na medicina e na saúde pública, se aplicadas consistentemente, terão algum impacto no curso da evolução humana. Qualquer resistência às doenças infecciosas (de caráter hereditário), como o sarampo e a difteria, conferiria vantagem seletiva a uma família.

Assinale a alternativa que mostra, corretamente, os efeitos da imunização em massa sobre a frequência da resistência ou susceptibilidade inata às doenças.

- a) A frequência dos alelos que conferem resistência inata às doenças seria aumentada.
- b) Os genótipos que produzem pouca ou nenhuma resistência se tornariam comuns.
- c) A longo prazo, mais pessoas se tornariam independentes de procedimentos médicos.
- d) A longo prazo, haveria adaptação genética a resistência a muitas doenças.
- e) Não haveria alteração alguma na frequência desses alelos.



### QUESTÃO 41

(Ufpi 2001) A formação de novas espécies de seres vivos é genericamente denominada especiação e pode ocorrer através de processos como a cladogênese (especiação por diversificação).

Analise as seguintes afirmativas com relação à cladogênese.

I. Nesse processo, as novas espécies formam-se por irradiação adaptativa.

II. É o processo responsável pelo surgimento da maioria das espécies na história evolutiva.

III. O processo pressupõe o isolamento reprodutivo como o único mecanismo de especiação.

Da análise das afirmativas acima podemos assegurar que:

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



### QUESTÃO 42

(Ufpi 2000) 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. Assinale 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.



### QUESTÃO 43

(Ufc 2000) "Nenhum dos fatos definidos da seleção orgânica, nenhum órgão especial, nenhuma forma característica ou distintiva, nenhuma peculiaridade do instinto ou do hábito, nenhuma relação entre espécies - nada disso pode existir, a menos que seja, ou tenha sido alguma vez, útil aos indivíduos ou às raças que os possuem".

O texto anterior é uma defesa intransigente do princípio:

- a) darwinista da seleção natural.
- b) lamarkista da herança dos caracteres adquiridos.
- c) mendeliano da segregação dos caracteres.
- d) darwinista da seleção sexual.
- e) lamarkista do uso e do desuso.



## QUESTÃO 44

(Ufal 1999) A teoria sintética da evolução é inovadora porque

- a) considerada a possibilidade de transmissão das características adquiridas.
- b) baseia-se na lei do uso e do desuso de determinados órgãos.
- c) explica como surge a diversidade de características nos indivíduos de uma população.
- d) considera a seleção natural como principal fonte de variabilidade gênica.
- e) relaciona seleção natural e capacidade de adaptação.



Oficina de  
**ESTUDOS**

## 1. Ecologia

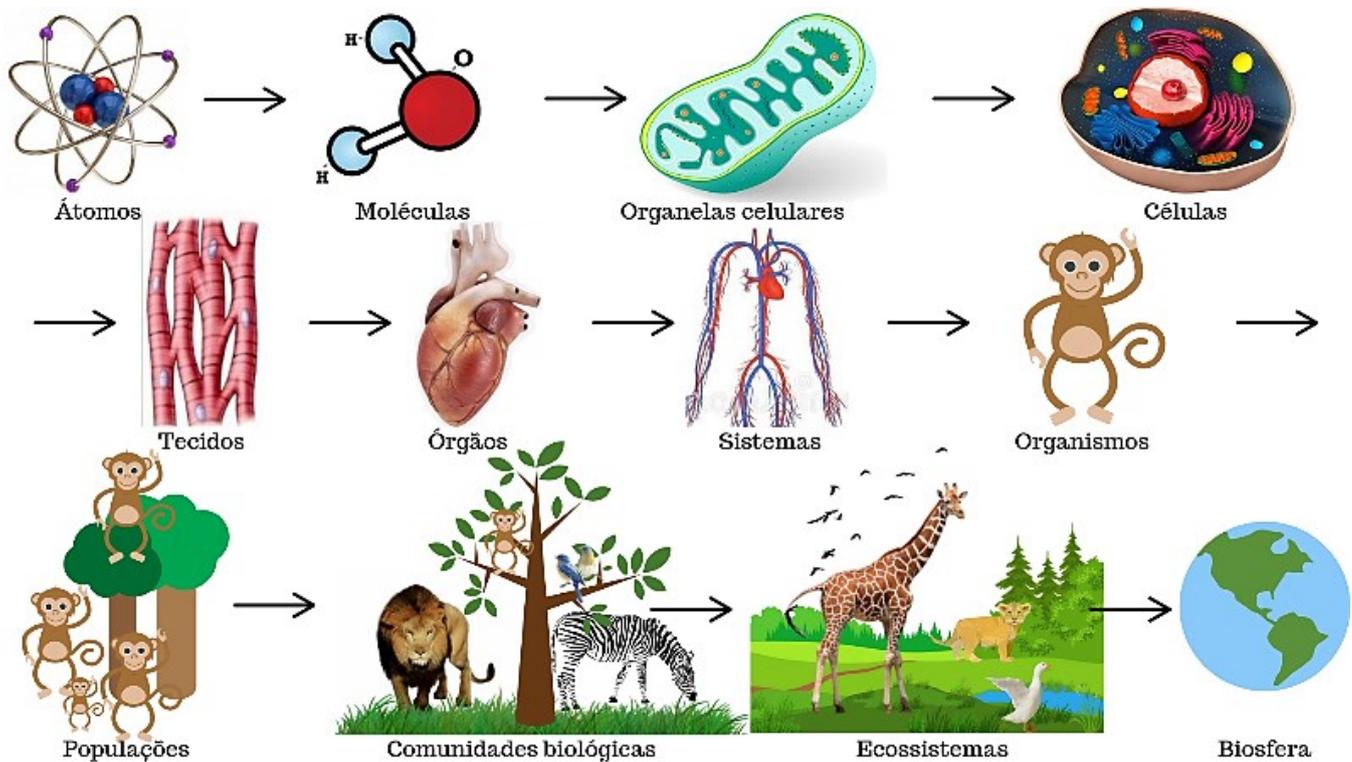
A palavra ecologia vem do grego oikos, que significa “casa”, e logos, que significa “estudo”; então, ecologia significa “estudo da casa”. Considerando que a casa natural dos seres vivos é o meio ambiente, a palavra ecologia deve ser entendida como o “estudo do ambiente” ou “ciência do habitat”.

Em 1957, o biólogo americano Eugene P. Odum definiu Ecologia como o estudo da estrutura e da função da natureza.

## 2. Níveis de organização

Os diferentes níveis de organização dos sistemas vivos compreendem um arranjo numa série graduada de complexidade. Essa série foi montada com a finalidade de facilitar os estudos dos seres vivos e envolve todos os componentes vivos da natureza.

Os níveis de organização criados pelo homem compreendem: o átomo, a molécula, a organela, a célula, o tecido, o órgão, o sistema, o organismo, a população, a comunidade, o ecossistema e a biosfera. A complexidade da série aumenta do átomo até a biosfera.



### A. População

É o conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem numa mesma área, num certo tempo. Os indivíduos que pertencem a uma mesma espécie são intercrizáveis, com capacidade de deixarem descendentes férteis.

Nesse sentido, podemos lembrar a população de seres humanos numa cidade, de roseiras num jardim ou de caprinos em um campo de pastagem. No conceito de população, é importante relacionar a espécie, o espaço e o tempo.

### B. Comunidade

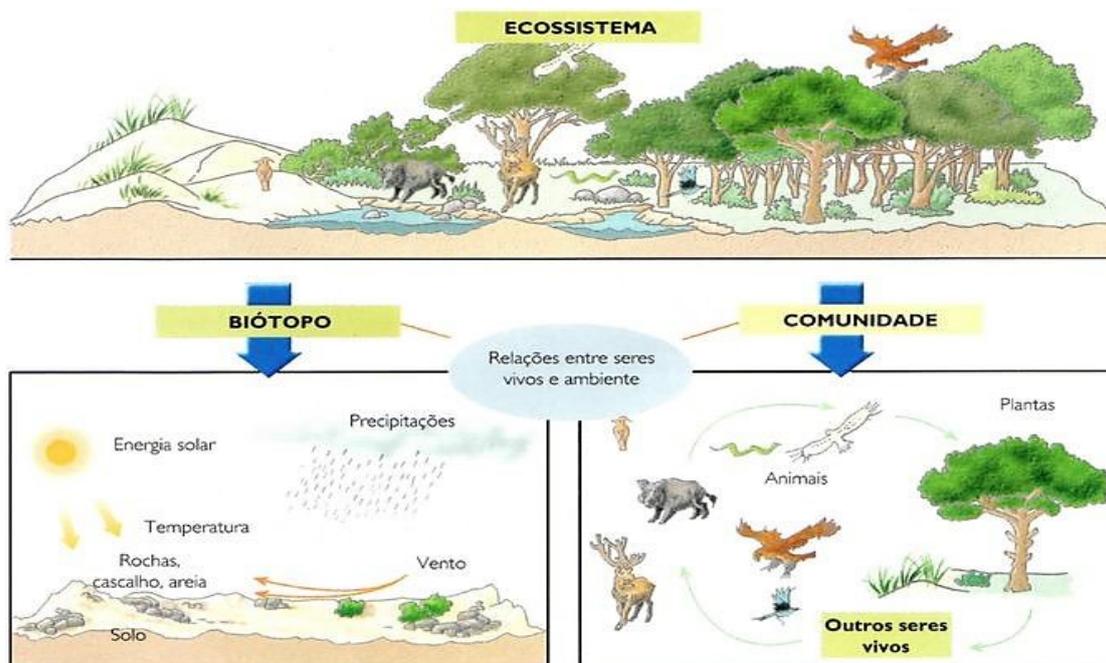
Comunidade biológica, ou biocenose, é o conjunto de populações que vivem em uma certa área, num certo tempo. Corresponde ao conjunto de todos os seres vivos presentes numa certa área.

Nas comunidades aquáticas, de água doce ou marinha, os organismos podem ser divididos em três grupos: os planctônicos, os nectônicos e os bentônicos.

- **Planctônicos** são os organismos que vivem em suspensão na água, carregados passivamente pelas correntes, e são em sua maioria microscópicos. As algas microscópicas, principalmente, formam o fitoplâncton, e os organismos heterotróficos, como microcrustáceos, larvas e cnidários, formam o zooplâncton.
- **Os nectônicos** são os organismos que conseguem nadar ativamente, superando a força da correnteza. Fazem parte desse grupo os peixes, os mamíferos aquáticos (baleia, golfinhos, focas), os répteis (tartarugas) e as aves (pinguins).
- **Os bentônicos** compreendem o conjunto de organismos que vivem fixos em algum substrato (sésseis) ou movem-se no fundo (tubícolas ou sedentários), como poliquetas, ouriço-do-mar e estrela-do-mar.

### C. Ecossistemas

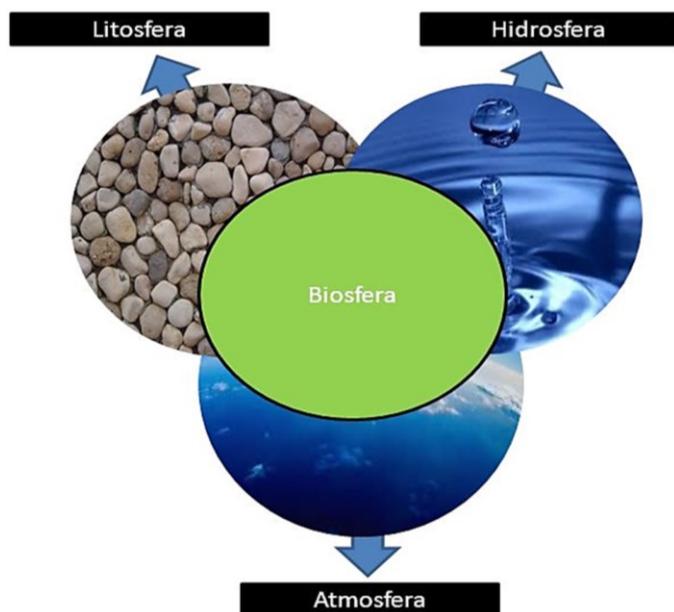
São formados pela interação da comunidade biológica (seres vivos) com os fatores ambientais (abióticos), como água, luz, calor, umidade, salinidade, pH e assim por diante. Esses fatores ambientais determinam as formas de vida que podem sobreviver num determinado ambiente. São chamados fatores de seleção natural nos ecossistemas.



### D. Biosfera

A biosfera ou ecosfera é a “esfera da vida” da Terra. Compreende todos os lugares do nosso planeta onde há ser vivo.

Outra maneira de conceituar a biosfera é por meio da relação que há entre ela e os outros componentes da Terra, como atmosfera, hidrosfera e litosfera, de acordo com o esquema a seguir:



Assim conceituada, a biosfera é muito ampla, sendo formada pela reunião dos ecossistemas.

### E. Bioma

É um termo utilizado por alguns ecólogos para designar um conjunto de ecossistemas com características fisionômicas e climáticas semelhantes. São exemplos de biomas terrestres a tundra, a taiga, as florestas temperadas e tropicais, os campos e os desertos.

### 3. Hábitat

Hábitat é o local em que determinada espécie vive no ecossistema. O hábitat dos pulgões é o caule das roseiras, o hábitat de uma minhoca pode ser a terra fofa de um jardim, o hábitat do tatu é a toca construída no solo e assim por diante.

Podemos generalizar dizendo que o hábitat de uma espécie é o seu “endereço”.

### 4. Nicho ecológico

Define-se nicho ecológico como sendo o papel biológico da espécie no ecossistema. O nicho reúne várias informações sobre a espécie, como, por exemplo, o nível trófico a que ela pertence, se é predador ou presa, se tem hábito diurno ou noturno, a época de acasalamento, de floração e de frutificação, o comportamento sexual e social etc.

Podemos fazer uma comparação e dizer que o nicho ecológico de uma espécie é a sua “profissão”.

## 5. Níveis tróficos

O principal fator que mantém uma comunidade é o nutricional. Assim, das relações estabelecidas entre as populações de uma comunidade, predomina a de causa alimentar, conhecida por relação trófica (*thrones* = nutrição).

Estruturalmente, os organismos que compõem os fatores bióticos de um determinado ecossistema, em função das relações tróficas, podem ser divididos em três tipos de níveis tróficos ou alimentares: 1º) produtores de alimento, 2º) consumidores de alimento e 3º) decompositores de matéria orgânica.

De modo geral, os organismos classificados como **produtores** são fotossintetizantes, sendo, assim, autótrofos. Incluem-se nesse grupo os organismos clorofilados, como as plantas, as algas, as cianobactérias e algumas bactérias. Também podem ser considerados produtores os organismos quimiossintetizantes, como algumas bactérias. Os organismos autótrofos fotossintetizantes são conhecidos por fotoautótrofos e os quimiossintetizantes, por quimioautótrofos.

**Consumidores** são os organismos que se alimentam de outros organismos, sendo, portanto, heterótrofos. Todos os animais são consumidores. Os consumidores que se alimentam dos produtores são chamados de consumidores primários ou de primeira ordem ou, então, herbívoros. Esses consumidores sempre estarão no segundo nível trófico de uma dada cadeia alimentar.

Já os consumidores que se alimentam dos herbívoros são chamados de consumidores secundários ou de segunda ordem. Os consumidores que se alimentam dos consumidores secundários são conhecidos como consumidores terciários ou de terceira ordem, e assim sucessivamente.

Os **decompositores** compreendem algumas bactérias e os fungos e são também chamados de sapróvoros. São esses organismos que, ao se nutrirem de matéria orgânica de organismos mortos e de resíduos eliminados pelos mais diversos níveis tróficos (produtores ou consumidores), devolvem os gases para a atmosfera e os sais minerais para o solo, tornando possível a reutilização desses materiais pelos organismos produtores.

Na comunidade do ecossistema existem, em geral, várias espécies de produtores, de consumidores e de decompositores. Por definição, os produtores fazem parte do primeiro nível trófico; os herbívoros, do segundo nível trófico; os consumidores secundários, do terceiro nível trófico, e assim sucessivamente. Os decompositores compreendem o último nível trófico de cada comunidade.

Existem organismos que ocupam mais de um nível trófico, como, por exemplo, o homem, que se alimenta de herbívoros (boi, carneiro e coelho), de carnívoros (caça, dourado) e de vegetais (arroz, feijão, alface, tomate e cebola). Nesse caso, onde não há especialização nos hábitos alimentares, o organismo é classificado como onívoro (*omni* = todos).

## 6. Cadeia alimentar

Tornando-se como exemplo vários organismos de uma comunidade terrestre, constituída por milho, rato, gafanhoto, cobra, ave e gavião, podemos estabelecer várias transferências de alimento.

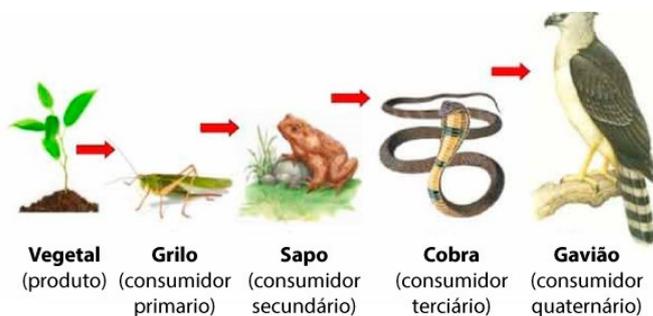
A sequência linear de organismos em que um serve de alimento ao seguinte é denominada cadeia alimentar. No exemplo citado, constatamos as seguintes cadeias alimentares:

1) milho → rato → gavião

2) milho → rato → cobra → gavião

3) milho → gafanhoto → ave → gavião

4) milho → gafanhoto → ave → cobra → gavião



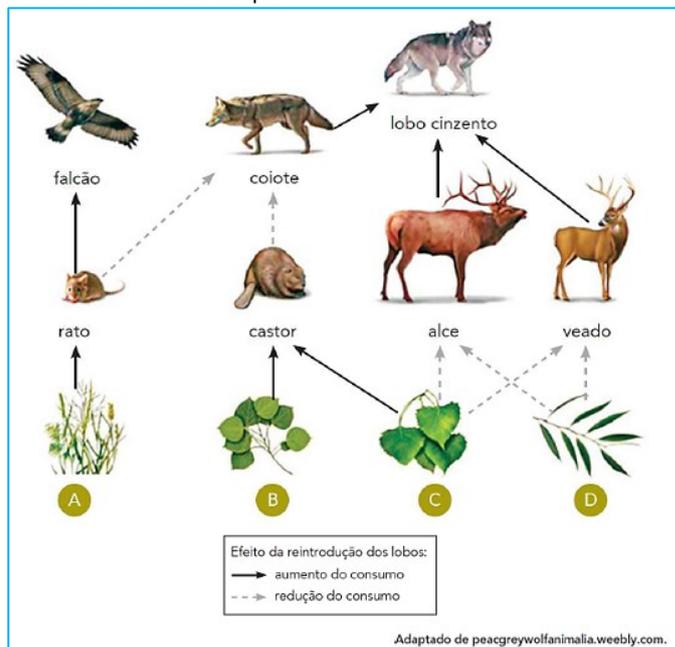
## 7. Teias ou redes alimentares

Na verdade, as relações alimentares nos ecossistemas são muito mais complexas do que as simples relações lineares de alimentação entre os seres vivos, como mostram as cadeias alimentares.

Se estudarmos todas as relações alimentares entre os seres de uma comunidade biológica num ecossistema, isto é, todas as cadeias alimentares existentes na comunidade biológica, estaremos analisando uma teia ou rede alimentar.

Como ocorre nas representações das cadeias alimentares, as setas indicam o fluxo de matéria e energia de um nível trófico para outro.

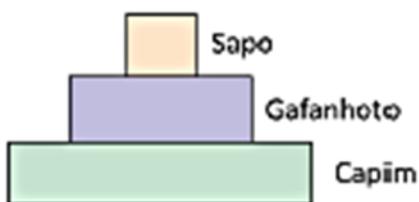
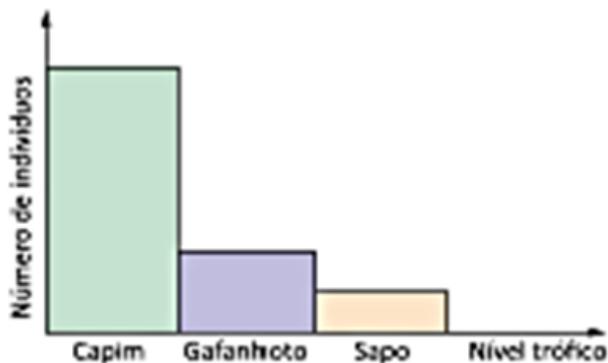
É possível perceber, então, que um mesmo organismo pode ocupar vários níveis tróficos ao mesmo tempo, pois pode participar de várias cadeias alimentares ao mesmo tempo.



## 8. Pirâmides ecológicas

As cadeias alimentares podem ser analisadas quantitativamente, colocando-se os dados obtidos num gráfico de barras.

Considerando uma cadeia alimentar formada por capim, gafanhotos e sapos, e ainda se levando em conta o número de indivíduos de cada nível trófico, é possível, a título de exemplo, ter os seguintes números: 5.000 pés de capim, 500 gafanhotos e 10 sapos. Colocando-se esses dados num gráfico, teremos:

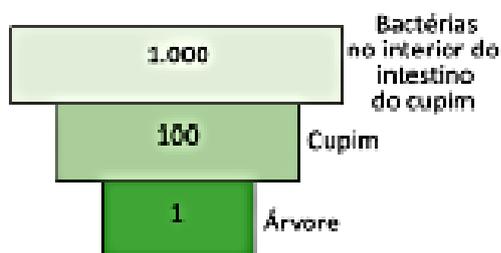
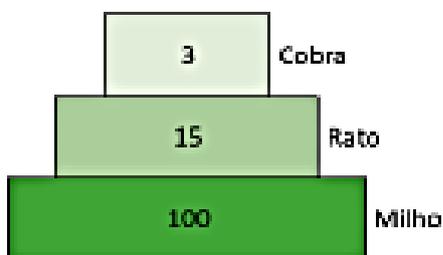


Em ecologia, representamos as barras de cada nível trófico na posição horizontal e centralizada, formando uma pirâmide.

#### A. Pirâmides de número

Quando a pirâmide é montada, levando-se em consideração o número de indivíduos da cadeia alimentar, é chamada de pirâmide de números ou de frequência.

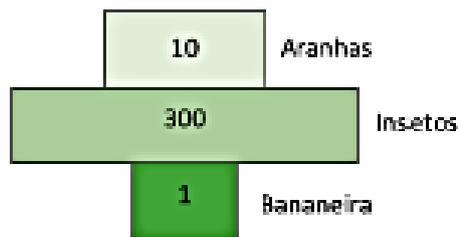
Se considerarmos a cadeia alimentar: milho > rato > cobra com 100 pés de milho, 15 ratos e 3 cobras, teremos a seguinte pirâmide de números:



Não é raro uma pirâmide de números apresentar-se invertida, como mostrado acima.

Na cadeia alimentar: árvore > cupim > bactérias, existe a seguinte relação numérica: 1 árvore, 100 cupins, e 1.000 bactérias no interior dos cupins. Essa situação é possível porque a árvore é um produtor grande e pode fornecer alimento para todos os cupins do cupinzeiro. E, por sua vez, cada cupim pode conter milhares de bactérias parasitas no intestino. Se considerarmos outra cadeia alimentar: 1 bananeira > 300 insetos > 10 aranhas, teremos um padrão de pirâmide diferente das anteriores. Dessa

forma, podemos notar que não existe um padrão único para a pirâmide de números.



#### B. Pirâmides de biomassa

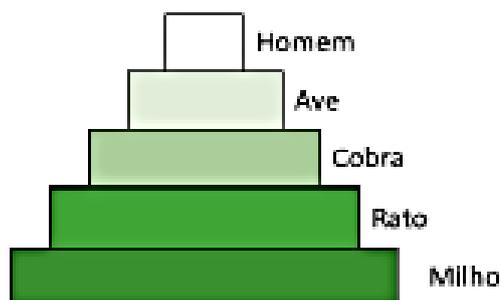
Se a pirâmide for montada levando-se em consideração a massa correspondente à matéria orgânica dos indivíduos (biomassa) de cada nível trófico, estaremos caracterizando a **pirâmide de biomassa**.

Normalmente, a pirâmide de biomassa apresenta a base maior e o ápice menos, porque é comum considerarmos que uma biomassa maior sustenta uma biomassa menos ao longo das cadeias alimentares.

A matéria orgânica presente em cada nível trófico não é totalmente transferida para o nível trófico seguinte; no caso dos produtores, muitas vezes, a parte comestível, isto é, a matéria passada aos herbívoros, corresponde às folhas ou aos frutos.

No caso dos animais, os cascos, os chifres, a pele e as vísceras nem sempre serão aproveitadas como fonte de alimento.

Considerando-se então a cadeia alimentar: milho > rato > cobra > ave > homem, teremos a seguinte pirâmide de biomassa:



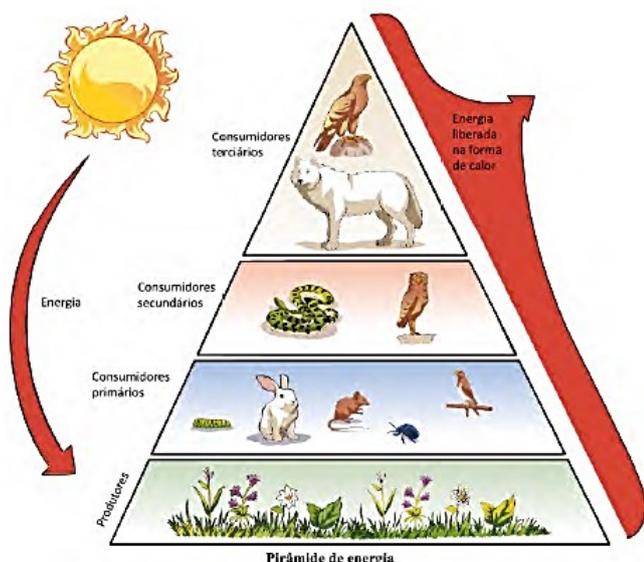
No ambiente aquático, a pirâmide de biomassa pode ser representada invertida, como, por exemplo, para a cadeia alimentar: fitoplâncton > zooplâncton > sardinha.

Nesse ecossistema, a pequena biomassa dos produtores é compensada pela elevada taxa de reprodução desses organismos. Assim, toda cadeia alimentar é sustentada, e a biomassa tende a se acumular nos níveis mais elevados.

#### C. Pirâmides de energia

Tal pirâmide é conseguida quando se faz a quantificação da energia em cada nível trófico. Essa pirâmide é conhecida por **pirâmide de energia** e nunca se apresenta invertida, pois mostra uma consequência natural das

leis da termodinâmica; além disso, ela indica os níveis de aproveitamento ou a produtividade biológica da cadeia alimentar.



### 9. Produtividade

Na pirâmide de energia, o nível do produtor corresponde à quantidade de energia armazenada nos alimentos produzidos pelos autótrofos para a comunidade, em uma determinada área e num certo intervalo de tempo. Essa energia armazenada no alimento corresponde à produtividade primária bruta (PPB). Parte da PPB é utilizada na respiração dos vegetais. Os produtos orgânicos não utilizados na respiração dos autótrofos são armazenados em suas células, ficando, desse modo, disponíveis para o nível trófico seguinte (consumidor primário). A energia retida nos produtos orgânicos armazenados, disponível para os herbívoros, corresponde à produtividade primária líquida (PPL). Portanto, a produtividade primária líquida é igual à produtividade primária bruta menos a energia gasta no processo de respiração dos produtores, dissipada como calor. Os herbívoros representam os organismos do segundo nível trófico, e toda energia que esses organismos conseguem absorver dos alimentos e foi armazenada na sua própria biomassa corresponde à produtividade secundária bruta (PSB). Dessa energia, uma parte é gasta no processo de respiração, e o que sobra é a produtividade secundária líquida (PSL), que corresponde à energia disponível ao próximo nível trófico. Considerando os demais níveis tróficos de uma cadeia alimentar, a absorção e a perda de energia acontecem da mesma forma e, assim, a energia vai diminuindo ao longo da cadeia alimentar.

## PRODUÇÃO PRIMÁRIA

Corresponde ao rendimento da conversão da energia luminosa em substâncias orgânicas.

**Produção primária bruta (PPB):** designa a razão a que a energia solar é convertida em energia potencial de biomassa.

**Produção primária líquida (PPL):** designa a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos.

$$PPL = PPB - \text{RESPIRAÇÃO}$$

## CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

### 1. Definição

Ciclos biogeoquímicos referem-se aos ciclos da matéria nos ecossistemas, em que os decompositores apresentam papel fundamental na reciclagem da matéria morta animal e vegetal.

### 2. Ciclo da água

#### A. A água na natureza

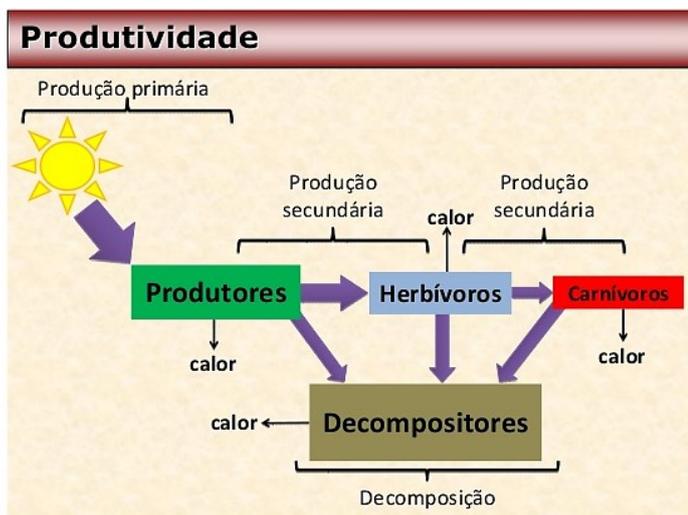
A água na natureza pode ser encontrada nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

Os oceanos e os mares (água salgada) constituem cerca de 97% de toda a água. Dos 3% restantes, constituídos de água doce, 2,3% estão no estado sólido (geleiras e polos) e 0,7% está na forma líquida em rios, lagos e lençóis freáticos (subterrânea). Percebe-se que a porcentagem de água potável e líquida (0,7%) disponível para o consumo humano é reduzida e, lamentavelmente, é a que mais poluímos.

A quantidade de água na forma de vapor da atmosfera é reduzidíssima, quando comparada às quantidades encontradas em outros estados físicos. Apesar da pequena quantidade de água na atmosfera, ela é fundamental na determinação das condições climáticas e de vital importância para os seres vivos. Lembre-se de que um dos principais determinantes dos ecossistemas é o clima.

#### B. Etapas do ciclo da água

A água encontrada na atmosfera é proveniente da **evapotranspiração**, que compreende a transpiração dos seres vivos e a evaporação da água líquida (doce ou salgada).



A evapotranspiração exige energia para ser realizada. Em última análise, podemos afirmar que essa energia provém do Sol, atuando diretamente na evaporação e indiretamente na transpiração. Afinal, a transpiração dissipa o calor do organismo para o ambiente.

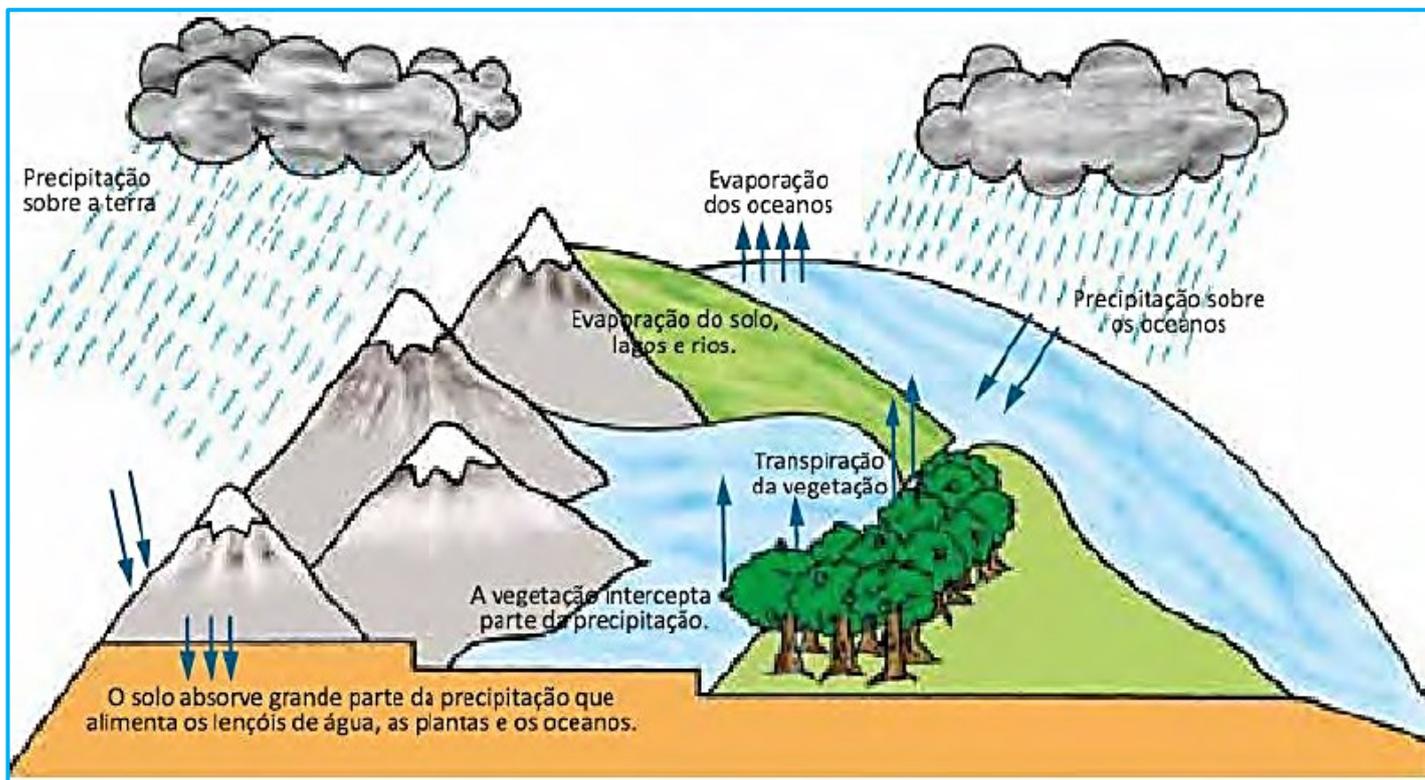
A água gasosa da atmosfera se condensa e pode precipitar na forma de chuva (líquida) ou, se o resfriamento for excessivo, na forma sólida, como neve ou granizo.

Se levarmos em consideração os fenômenos de evaporação, condensação e precipitação, o ciclo da água pode ocorrer na natureza sem a interferência dos seres vivos.

Os seres vivos, por dependerem da água em suas atividades metabólicas, interferem em seu ciclo na natureza.

Os vegetais absorvem água e sais minerais pelos sistemas radiculares, utilizam essa água no fenômeno da fotossíntese e a devolvem à natureza por meio da transpiração.

Os animais ganham água por meio da ingestão direta ou pela alimentação. A água é fundamental como veículo de transporte de substâncias através do sangue, da urina e do suor, sendo devolvida ao ambiente pelas fezes, pela urina e pelo suor (transpiração).



### 3. Ciclos do carbono e do oxigênio

O carbono não tem existência livre na biosfera e é encontrado combinado principalmente com o oxigênio, formando o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por essa razão é que analisamos o ciclo do gás carbônico, quando nos referimos ao ciclo do carbono.

O gás carbônico encontra-se na atmosfera, em concentração aproximada de 0,04%, e, em proporções semelhantes, dissolve-se na parte superficial de mares, oceanos, rios e lagos.

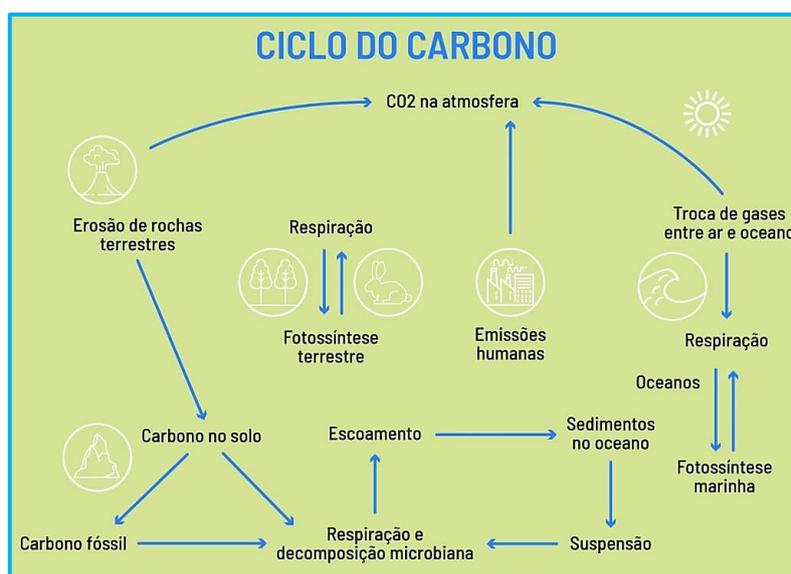
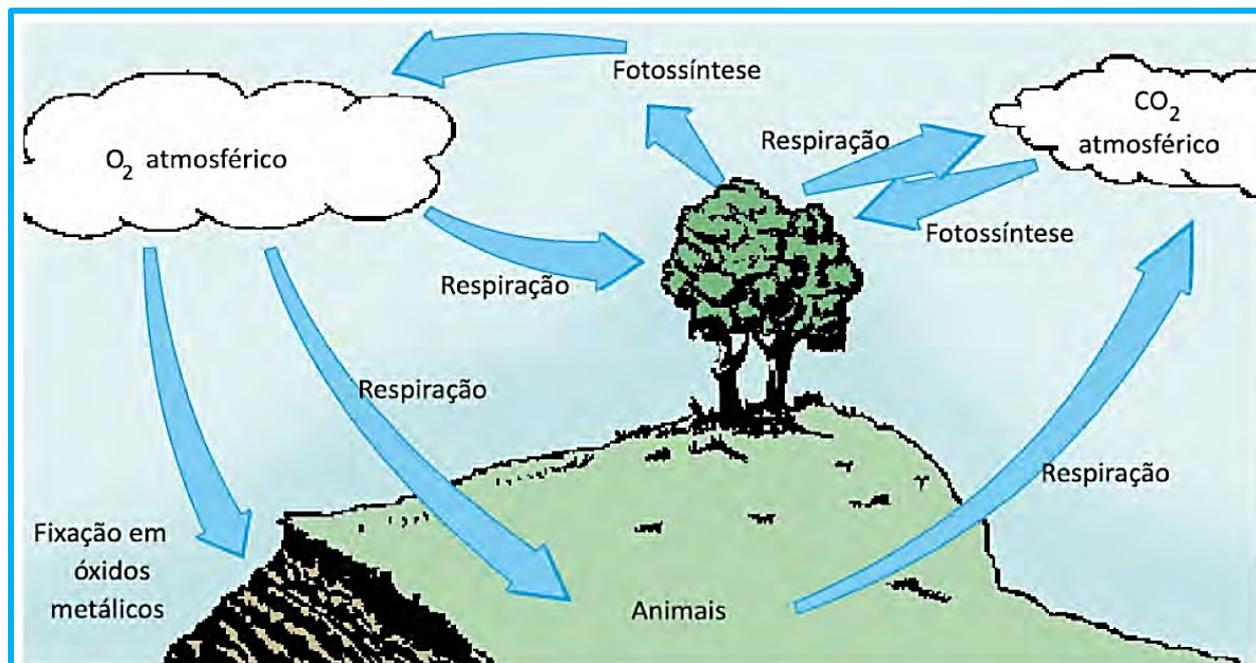
O CO<sub>2</sub> é removido da atmosfera pela fotossíntese, incorporando-se aos seres vivos, em compostos orgânicos, com energia armazenada nos carboidratos.

A respiração ou a fermentação liberam a energia desses compostos orgânicos e devolvem o dióxido de carbono para a atmosfera.

A decomposição da matéria orgânica, realizada por fungos e bactérias, dá origem a gases, entre eles o carbônico, que se despreendem para a atmosfera.



# Oficina de ESTUDOS



Outra forma de colocar gás carbônico na atmosfera é por intermédio da queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo (gasolina, diesel, gás natural), e por meio das queimadas.

Se, por um lado, o fenômeno da fotossíntese retira o  $CO_2$  da atmosfera, por outro ele é o responsável pela origem do gás oxigênio ( $O_2$ ), a partir da molécula de água.

O  $O_2$  é fundamental na respiração celular como receptor final dos hidrogênios nas reações da cadeia respiratória para a formação do ATP. Acredita-se que a origem do  $O_2$  na atmosfera só foi possível com o aparecimento dos organismos fotossintetizantes no planeta Terra, sendo o evento seguinte na evolução biológica o surgimento dos organismos aeróbios, que utilizam o  $O_2$  na respiração celular, que ocorre nas mitocôndrias.

Os fenômenos da fotossíntese e da respiração mantêm o oxigênio em torno de 21% na constituição dos gases da atmosfera.

#### 4. Ciclo do nitrogênio

##### **CICLO DO NITROGÊNIO**

O nitrogênio é um elemento químico fundamental para os seres vivos porque é necessário para a produção dos aminoácidos, das proteínas, das

bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina, timina e uracila) dos nucleotídeos que formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA) e o ATP.

O nitrogênio é um gás que ocorre livre na atmosfera, na forma molecular ( $N_2$ ), em proporção aproximada de 78%. Portanto, os seres vivos terrestres encontram-se

mergulhados num "mar gasoso de nitrogênio". No entanto, apesar dessa fartura, poucos são os organismos que conseguem aproveitá-lo.

O nitrogênio utilizável pelos seres vivos é o combinado com o hidrogênio na forma de amônia ( $NH_3$ ). A transformação de  $N_2$  em  $NH_3$  é chamada de **fixação de nitrogênio**.

Fenômenos físicos como relâmpago e faísca elétrica favorecem a fixação de nitrogênio. A produção de amônia por esses fenômenos atmosféricos é pequeníssima, sendo praticamente desprezível perante as necessidades dos seres vivos. A fixação do nitrogênio por esses meios é denominada **fixação física**.

Outra forma de fixação do nitrogênio é a **fixação industrial**, realizada pelas indústrias de fertilizantes. A quantidade de nitrogênio fixada por esse meio é elevada.

A fixação do nitrogênio realizada pelas bactérias e pelas cianobactérias é denominada **fixação biológica** ou **biofixação**.

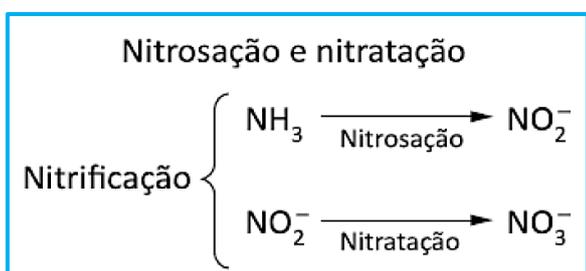
Bactérias do gênero *Rhizobium* vivem associadas a plantas, principalmente leguminosas. As cianobactérias, como *Nostoc* e *Anabaena*, são de vida livre.

As plantas que produzem frutos com forma de vagem são consideradas leguminosas, como, por exemplo, feijão, ervilha, grão-de-bico, soja, amendoim, jacarandá, unha-de-vaca, alfafa e lentilha.

Esses micro-organismos vivem em nódulos nas raízes das plantas e são conhecidos por radicícolas. Eles recebem da planta proteção e nutrientes e, em troca, fornecem a ela farto suprimento de nitrogênio aproveitável ( $\text{NH}_3$ ).

No mutualismo, as espécies participantes são beneficiadas. As plantas ganham o nitrogênio na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e as bactérias ganham nutrientes das raízes das plantas.

A amônia produzida pelos biofixadores de vida livre, no solo ou na água, é transformada em nitrito e, posteriormente, em nitrato, pela ação das bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* e *Nitrobacter*). A transformação de amônia ( $\text{NH}_3$ ) em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é chamada **nitrificação**. A nitrificação compreende duas etapas: na primeira, a amônia é transformada em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e, na segunda, o nitrito é transformado em nitrato. A primeira é denominada **nitrosação** e a segunda, **nitratção**.



As bactérias que realizam a nitrificação são quimioautótrofas, isto é, autótrofas e quimiosintetizantes. Elas utilizam a energia liberada na nitrificação para produzir as suas substâncias orgânicas.

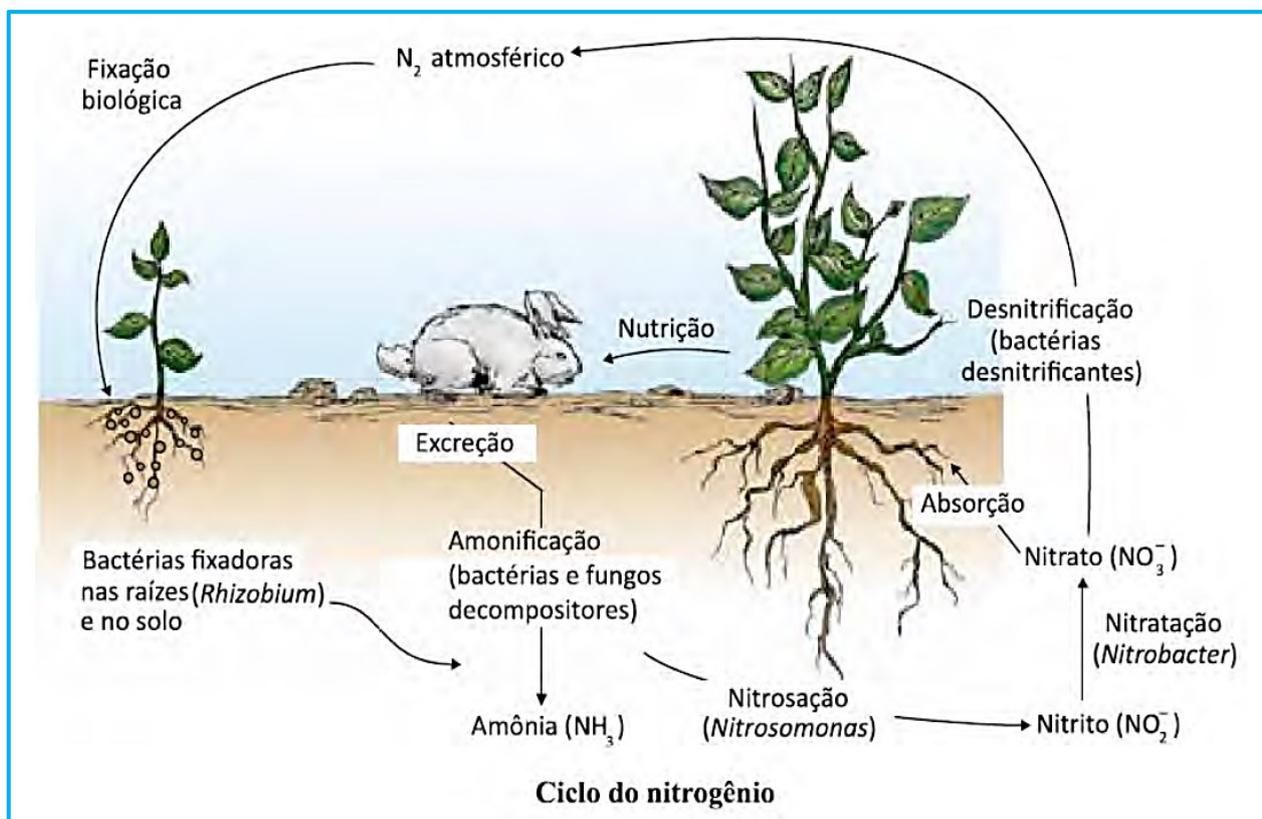
Por meio da excreção ou da morte, os produtos nitrogenados dos organismos são devolvidos ao meio ambiente.

As excretas nitrogenadas, como ureia e ácido úrico, são transformadas em amônia, pela ação de bactérias e fungos decompositores. Outros compostos nitrogenados, como proteínas, por exemplo, são degradados no ambiente por bactérias e fungos, transformando-se em amônia. A decomposição que apresenta como produto final a amônia denomina-se **amonificação**.

A amônia produzida pelos biofixadores ou pela amonificação pode ser aproveitada pelas bactérias nitrificantes ou ser transformada em  $\text{N}_2$  (nitrogênio livre), despreendendo-se para a atmosfera. Essa devolução no  $\text{N}_2$  para a atmosfera é conhecida por desnitrificação e é realizada pelas bactérias **desnitrificantes** (*Pseudomonasdenitrificans*). Aparentemente indesejável, a desnitrificação é necessária porque, se não ocorresse, a concentração de nitratos no solo aumentaria em proporções imprevisíveis. Uma prática comum dos agricultores é a **rotação de cultura**.

A rotação de cultura consiste na alternância de uma cultura de não leguminosas (arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar) com leguminosas (feijão, lentilha, amendoim, soja) periodicamente. Assim, numa safra planta-se uma não leguminosa e, na entressafra, a leguminosa, deixando-se os restos das leguminosas na área.

A decomposição das leguminosa adiciona compostos nitrogenados ao solo, que serão utilizados posteriormente pela cultura de não leguminosas. Essa forma de adubação é conhecida como adubação verde. Assim procedendo, o agricultor economiza com adubo, ganha uma nova colheita (a da leguminosa) e preserva o ambiente, pois está praticando uma forma de adubação natural.



## COMUNIDADES

### 1. Sucessão ecológica

Os organismos que constituem uma comunidade podem alterar a umidade, a temperatura, a luminosidade e a composição química do solo. As alterações físicas acabam influenciando a vida na comunidade, criando condições favoráveis para que uma nova espécie se estabeleça, ou desfavoráveis à sobrevivência de outras espécies. Essas mudanças tendem a levar a uma situação de estabilidade e equilíbrio, denominada **comunidade clímax**. A sequência das etapas para se chegar à comunidade clímax é denominada sucessão ecológica.

A sucessão ecológica pode ser classificada como primária ou secundária. É primária quando ocorre num local nunca habitado, como, por exemplo, rochas nuas, dunas e lavas vulcânicas petrificadas. É secundária quando os primeiros seres vivos se instalam num ambiente que, anteriormente, havia sido habitado. É o que ocorre, por exemplo, num terreno qualquer da cidade que tenha sido "limpo", num ambiente destruído por queimadas ou num campo de cultivo abandonado.

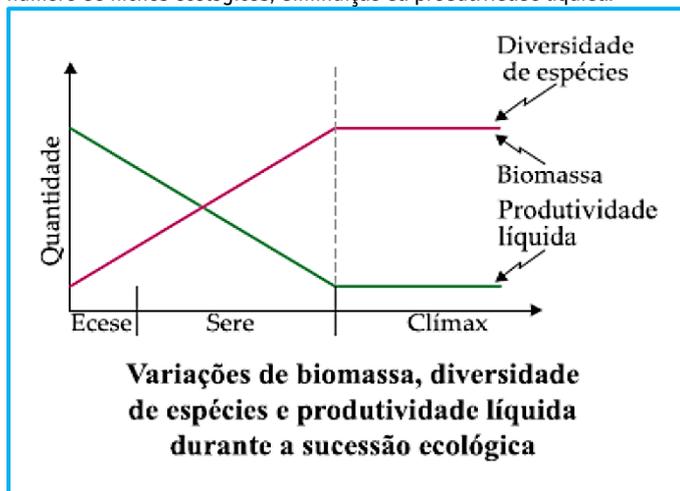
Além da rotação de cultura, outra prática pode ser usada para adicionar nitrogênio ao solo: as culturas consorciadas, em que se planta, por exemplo, feijão nas ruas do milho.

O processo de sucessão pode ser dividido em três etapas: **ecese**, **sere** e **comunidade clímax**. A ecese caracteriza-se pela instalação das primeiras formas de vida, chamadas espécies pioneiras, cuja principal função é criar condições para que novas espécies se instalem. Numa rocha nua, os líquens são os organismos pioneiros; eles eliminam ácidos orgânicos que degradam a superfície das rochas formando uma pequena camada de solo e favorecendo o aparecimento de plantas no local.

A sere corresponde a uma fase de transição, na qual ocorre substituição gradual das espécies componentes da comunidade.

No caso da rocha, a presença do solo permite o estabelecimento de musgos e gramíneas que, posteriormente, podem ser substituídos por arbustos e árvores. Essas mudanças na comunidade vegetal são acompanhadas pelo estabelecimento de diversas espécies animais.

A comunidade clímax é aquela que atinge um estado de relativa estabilidade, compatível com as condições da região. As principais tendências ao longo da sucessão são: aumento da diversidade de espécies; aumento da biomassa; maior complexidade das teias alimentares; maior número de nichos ecológicos; diminuição da produtividade líquida.



Veja a seguir o exemplo de uma sucessão ecológica onde um lago se transforma gradualmente em uma floresta.

- 1) Na fase inicial, o fundo do lago é nu e a cadeia alimentar é sustentada pelo plâncton.
- 2) Desenvolvimento da vegetação submersa e deposição de material no fundo e nas margens do lago.
- 3) A vegetação emergente aflora na superfície, impedindo, muitas vezes, a penetração de luz para a vegetação submersa, que começa a desaparecer.
- 4) A continuação do processo de aterro transforma o lago em região pantanosa (área de transição).
- 5) Na fase final, a vegetação, composta de plantas herbáceas e gramíneas, vai sendo progressivamente sucedida por vegetação de florestas (comunidade clímax).

### 2. Relações ecológicas

Os seres vivos mantêm entre si vários tipos de relações ecológicas que podem ser consideradas como harmônicas ou positivas e desarmônicas ou negativas. As relações harmônicas ou positivas são aquelas em que não há prejuízo para as espécies participantes, mas, sim, vantagem para ambas, ou pelo menos, para uma delas. As relações desarmônicas ou negativas, são aquelas em que, pelo menos, uma das espécies participantes é prejudicada, podendo existir benefício para uma delas. Dentro de cada um

dos tipos de relações mencionados acima, ainda podemos classificá-las em intraespecíficas ou interespecíficas, conforme ocorram entre indivíduos da mesma espécie ou entre espécies diferentes, respectivamente. A tabela mostra os principais tipos de relações ecológicas entre os seres vivos.

	Relações harmônicas	Relações desarmônicas
Intraespecíficas	Colônia Sociedade	Competição Canibalismo

	Relações harmônicas	Relações desarmônicas
Interespecíficas	Mutualismo (+ +) Protocooperação (+ +) Comensalismo (+ 0) Inquilinismo (+ 0) Epifitismo (+ 0) Foresia (+ 0)	Competição (– –) Predatismo (+ –) Eslavagismo (+ –) Parasitismo (+ –) Amensalismo (+ –)

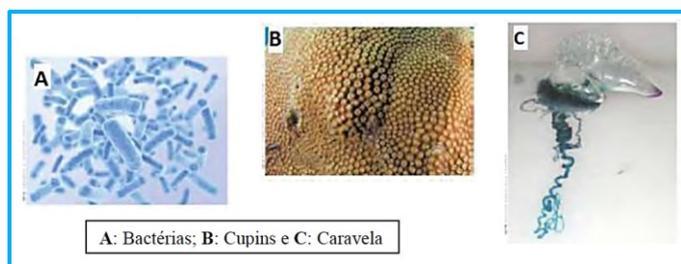
**O + indica benefício, o – indica prejuízo e o 0 indica neutralidade.**

### 3. Relações harmônicas intraespecíficas

#### A. Colônia

A colônia é uma relação intraespecífica na qual os indivíduos apresentam ligação anatômica, podendo ou não apresentar divisão de trabalho entre eles. De modo geral, as colônias se formam pela reprodução assexuada (brotamento), e os descendentes não se desligam do ancestral. São exemplos de colônias: algas filamentosas e bactérias, recifes de corais e caravelas.

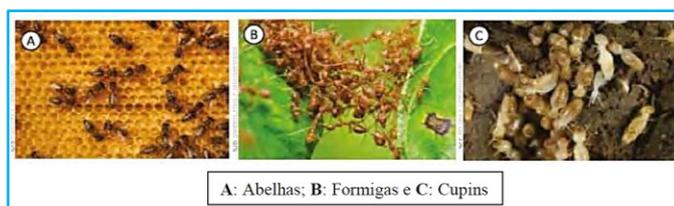
A colônia formada por indivíduos iguais, não havendo divisão de trabalho, é denominada homeomórfica. Em colônias de cnidários, como a caravela, por exemplo, os indivíduos são diferentes entre si e desempenham funções diferentes, havendo uma nítida divisão de trabalho. Essa colônia de indivíduos diferentes é denominada heteromórfica.



#### B. Sociedade

A sociedade também é uma relação intraespecífica e compreende uma interdependência comportamental entre os indivíduos de uma população, em ligação anatômica entre eles. Nela ocorre uma nítida divisão de

trabalho entre os seus componentes. São exemplos de sociedades: as abelhas, as formigas e os cupins, considerados insetos sociais. Encontramos, na sociedade das abelhas, três castas ou grupos de indivíduos com função específica: operárias, fêmeas estéreis com a função de realizar todos os trabalhos da colmeia; rainha, fêmea fértil, encarregada da reprodução; e zangões, machos férteis com a função de fecundar a rainha.



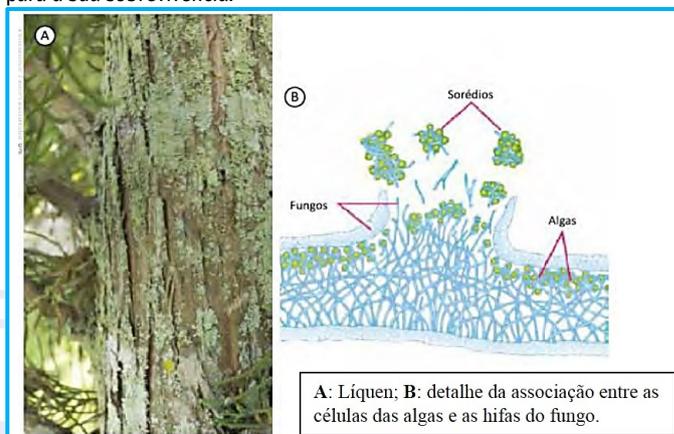
### 4. Relações harmônicas interespecíficas

#### A. Mutualismo

É a associação entre duas espécies diferentes em que ambas se beneficiam. A união entre elas é obrigatória, e a interdependência é tão intensa que a separação causa prejuízos e, em alguns casos pode comprometer a sobrevivência de uma ou de ambas as espécies. O líquen, associação íntima entre algas ou cianobactérias e certos fungos, é um exemplo de mutualismo. A associação entre mamíferos herbívoros, principalmente ruminantes, com bactérias que produzem celulase (enzima que digere a celulose) em seu tubo digestório também é um caso de mutualismo. Um terceiro exemplo é a associação entre insetos que se alimentam de madeira, como o cupim, com protozoários produtores de celulase, que vivem no seu tubo digestório. Assim, os mamíferos herbívoros e os cupins são beneficiados com a digestão da celulose, enquanto as bactérias e os protozoários recebem abrigo, proteção e suprimento constante de alimento.

Outro exemplo de mutualismo ocorre na associação entre certos fungos e raízes de plantas, como as samambaias, orquídeas e pinheiros. Nessa associação, denominada micorriza (*mico* = fungo e *riza* = raiz), os fungos aumentam a superfície de absorção de determinados sais minerais pela planta e recebem em troca o alimento necessário à sua sobrevivência. As bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em nódulos de raízes (bacteriorrizas) de leguminosas, representam, também, uma relação de mutualismo.

Em certas plantas com flores, ocorre relação de mutualismo com os animais polinizadores, especialmente as abelhas e os morcegos. Nesse caso, as plantas conseguem reproduzir e os animais adquirem alimento para a sua sobrevivência.



#### B. Protocooperação

É a associação entre duas espécies diferentes em que ambas se beneficiam. A protocooperação diferencia-se do mutualismo porque as espécies associadas conseguem viver, se necessário, separadas, isto é, a associação, nesse caso, não é obrigatória. Um exemplo de protocooperação

é a associação entre o crustáceo bernardo-eremita (também conhecido por ermitão ou paguro) com a anêmona-do-mar. O paguro, semelhante ao caranguejo, apresenta corpo mole e desprotegido e costuma ocupar o interior de conchas de gastrópodes abandonadas. Sobre a concha instalam-se anêmonas-do-mar. As células possibilita melhor exploração do ambiente pela anêmona.

A protocooperação também ocorre entre pássaros, principalmente com o anu, que ficam no dorso de animais, como o boi, o búfalo, o rinoceronte e o elefante, e se alimentam de carrapatos.

Outro exemplo de protocooperação ocorre com o pássaro-palito e o crocodilo das margens do rio Nilo. Esse pássaro entra na boca aberta do crocodilo e aproveita os restos de comida e vermes.



A: anêmona-do-mar e paguro; B: pássaro e herbívoro e C: pássaro-palito e crocodilo do Nilo

### C. Comensalismo, inquilinismo, epifitismo e foresia

As relações de comensalismo, inquilinismo, epifitismo e foresia serão estudadas dentro de um mesmo grupo, em que uma espécie é beneficiada e a outra é neutra, não sendo beneficiada nem prejudicada.

#### C.1 Comensalismo

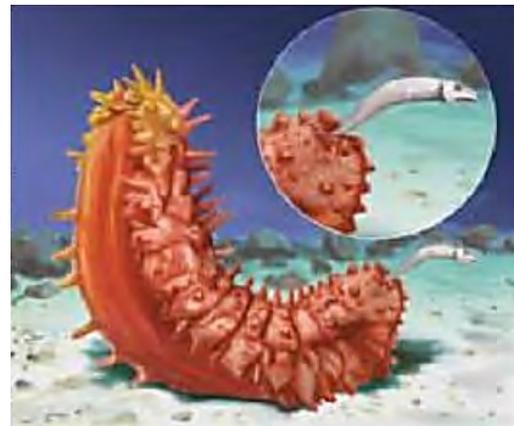
É uma associação caracterizada por uma relação alimentar. Um exemplo clássico de comensalismo é a associação entre o tubarão e certos peixes conhecidos como rêmora. As rêmoras apresentam uma ventosa dorsal, com a qual se prendem ao tubarão, e alimentam-se dos restos de caça que porventura escapam das suas mandíbulas.



Relação de **comensalismo** entre o tubarão e a rêmora.

#### C.2 Inquilinismo

É uma associação cuja espécie beneficiada obtém abrigo (proteção) no corpo de outra espécie. Um exemplo clássico de inquilinismo ocorre no abrigo que várias espécies de peixes buscam em colônias de corais, pepino-do-mar e esponjas. Um pequeno peixe, conhecido como fierásfer, abriga-se no interior do corpo do pepino-do-mar.



**Inquilismo:** o peixe fierásfer se introduz no ânus do pepino do mar e abriga-se no intestino dele.

#### C.3 Epifitismo

É uma associação entre plantas, em que uma espécie utiliza outra como suporte. É um tipo de relação entre duas espécies, correspondendo a uma variação do inquilinismo. A espécie beneficiada é denominada epífita. A diferença está no motivo da aproximação entre as espécies. Essa relação ocorre, principalmente, entre plantas, em que a espécie epífita apoia-se em outra de maior porte, conseguindo, com isso, posição favorável para a obtenção de luz. Para a planta de maior porte, a presença da epífita é indiferente. Temos como exemplos de epífitas a samambaia, as orquídeas e as bromeliáceas.

#### C.4 Foresia

É a associação em que uma espécie utiliza a outra para transporte, sem prejudica-la. Um exemplo é o carrapicho, uma planta cujos frutos apresentam estruturas que aderem ao pelo ou a pele de um animal, ou as roupas de uma pessoa. Ao se deslocarem, os animais transportam esses frutos e os deixam a grandes distâncias de onde foram gerados. Quando as sementes do fruto germinarem, surgirão novas plantas de carrapicho, que continuarão a realizar a dispersão de suas sementes da mesma forma. Outro exemplo é o da mosca berneira. Ela coloca seus ovos sobre a mosca varejeira, a qual passa a transportá-los. Quando a varejeira pica um animal, deixa os ovos da berneira, que ali se desenvolvem e formam as larvas, conhecidas como bernes, os quais se alimentam dos tecidos do seu hospedeiro, originando as moscas adultas. Esse transporte de ovos beneficia a mosca berneira, mas não prejudica a mosca varejeira.



**Foresia:** fruto do carrapicho transportado aderido ao pelo do animal.

## 5. Relações desarmônicas intraespecíficas

### A. Competição intraespecífica

A competição compreende a disputa por recursos ambientais que existem em quantidades insuficientes para todos. As plantas competem por luz e nutrientes numa floresta e competem por água numa região semi-árida. Os animais competem por alimento e espaço. A competição intraespecífica determina a densidade da população e tem particular importância para a sua evolução, pois favorece os mais adaptados. Uma forma de competição intraespecífica é a territorialidade, isto é, a delimitação de um espaço qual se pode agir livremente. Geralmente, o território é demarcado pelo macho de diversas maneiras: os cães, os lobos e os coelhos usam a urina; os insetos usam substâncias odoríferas denominadas feromônios; alguns pássaros usam o canto etc. Tanto a delimitação como a defesa não envolvem luta física, pois há uma aceitação geral do território. Quando há luta, o perdedor simplesmente se afasta.

### B. Canibalismo

É a relação em que um animal mata outra da mesma espécie para dele alimentar-se. É um fato raro entre vertebrados do mundo animal. Ocorre quando a população atinge alta densidade demográfica (superpopulação) e, então, fêmeas e machos comem os filhotes. Entre os invertebrados, ocorre normalmente com alguns insetos, como o louva-deus, cuja fêmea devora o macho logo após a cópula. O canibalismo também pode ocorrer entre aranhas e alguns peixes predadores.

## 6. Relações desarmônicas interespecíficas

### A. Competição interespecífica

A competição interespecífica ocorre quando duas populações de espécies diferentes, numa mesma comunidade, apresentam nichos ecológicos iguais ou semelhantes. Os recursos do meio não são suficientes para ambas, e isso desencadeia uma disputa que leva a diversas consequências, como o controle na densidade das duas populações ou a extinção de uma delas. As competições, tanto intra como a interespecífica, sempre trazem resultados positivos em relação à seleção natural, pois tendem a manter os mais adaptados em detrimento dos menos adaptados, e resultados negativos quando analisadas individualmente.

### B. Predatismo

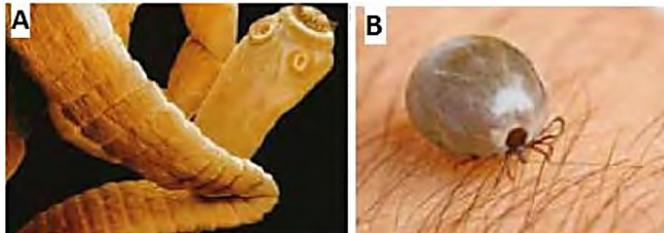
É a relação entre espécies diferentes na qual uma mata a outra para dela se alimentar. A espécie beneficiada é denominada **predadora**, e a prejudicada, **presa**. Todos os carnívoros são predadores, como o leão, a onça, o tigre, que caçam zebras, veados, lebres e outros animais. O **herbivorismo** ocorre quando o animal se alimenta da planta inteira. Quando bandos de gafanhotos devoram plantações inteiras, praticam herbivorismo.

### C. Esclavagismo

É um tipo de relação em que indivíduos de uma espécie obtêm como benefício o trabalho de indivíduos de outra espécie. Um exemplo é o chupim, um pássaro que coloca seus ovos no ninho de outras aves, para que estas possam chocá-los, cria-los e alimentá-los como filhotes. São diversas as espécies de aves escravizadas, mas a mais comum de se ver alimentando um filhote de chupim é o tico-tico.

### D. Parasitismo

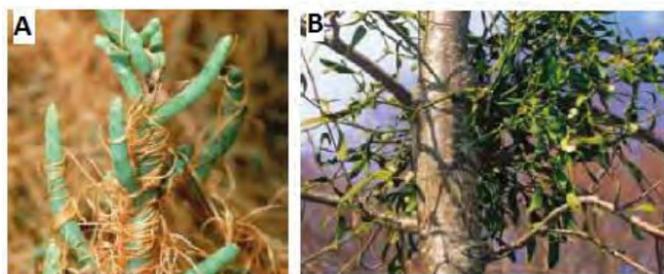
É a relação entre duas espécies diferentes em que a beneficiada (**parasita**) vive à custa dentro do corpo do hospedeiro, é denominado **endoparasita**. É o que ocorre, por exemplo, com o *Trypanosoma cruzi*, o HIV, o *Plasmodium vivax*, a *Taeniasolium* etc. Se o parasita se alojar fora do corpo do hospedeiro, é denominado **ectoparasita**. É o caso do piolho, do carrapato e da pulga. Entre os vegetais, um exemplo típico de parasitismo é o do cipó-chumbo, um vegetal de cor amarelada, que se fixa sobre outra planta, produz raízes chamadas **haustórios**, que penetram até o floema da planta hospedeira e dela absorvem a seiva elaborada.



A: Tênia, endoparasita

B: Carrapato, ectoparasita

O cipó-chumbo, por depender integralmente da planta hospedeira para conseguir o seu alimento, é considerado um tipo de **holoparasita**, isto é, totalmente parasita. A erva-de-passarinho é um **hemiparasita**, porque é clorofilada e realiza a fotossíntese, retirando da planta hospedeira seiva bruta para seu metabolismo.



A: cipó-chumbo, holoparasita

B: erva-de-passarinho, hemiparasita

### E. Amensalismo

Também conhecido por antibiose, é uma relação entre espécies diferentes em que uma (beneficiada) secreta substâncias que inibem o desenvolvimento da outra espécie. No caso dos fungos, as substâncias secretadas que apresentam esse efeito são conhecidas como **antibióticos**. Um exemplo de antibiótico é a penicilina, produzida pelo fungo *Penicillium notatum*. Esse antibiótico impede o desenvolvimento de certas bactérias. Outros exemplos de amensalismo são a maré vermelha e a interação entre o pinheiro-do-paraná e o eucalipto, o qual elimina substâncias químicas no solo ao seu redor, as quais impedem a germinação de sementes de outras plantas. Plantas de deserto também apresentam esse tipo de associação.

## POPULAÇÕES

### 1. Definição

A população compreende um conjunto de indivíduos da mesma espécie que ocupam uma determinada região ao mesmo tempo. Uma população é caracterizada pela sua densidade, natalidade, mortalidade, distribuição etária, potencial biótico, dispersão, forma de crescimento e sobrevivência.

## 2. Análise quantitativa

### A. Densidade populacional

A densidade populacional é a relação que existe entre o número de indivíduos de uma população e o espaço ocupado por esta população, dependendo do tipo de habitat ocupado por ela.

$$D = \frac{\text{nº indivíduos}}{\text{espaço}}$$

O espaço pode ser considerado em área (m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup> etc.) ou volume (m<sup>3</sup>, km<sup>3</sup> etc.).

Apesar de a densidade populacional expressar o tamanho da população, ela não revela como realmente os indivíduos estão distribuídos no espaço ocupado por esta população.

### B. Taxa de natalidade (N)

Compreende o número de nascimentos na população num determinado período.

A natalidade máxima ou absoluta ou fisiológica corresponde ao número de nascimentos da população quando em condições ideais, em que nada impede os nascimentos.

A natalidade ecológica, realizada corresponde aos nascimentos que realmente ocorrem nas condições ambientais.

A natalidade ecológica é sempre menos que a fisiológica.

### C. Taxa de mortalidade (M)

Compreende o número de mortos da população num determinado período.

### D. Imigração e emigração

A taxa de imigração (I) é a velocidade com que indivíduos, provenientes de outras áreas, são incorporados a uma população.

A taxa de emigração (E) é a velocidade com que indivíduos de uma população saem para outras áreas.

Pelo que foi definido, percebemos que a natalidade e a imigração tendem a aumentar a densidade populacional, enquanto mortalidade e a emigração tendem a diminuir a densidade populacional.



Isoladamente, a natalidade, a mortalidade, a imigração e a emigração pouco informam a respeito da população. Quando combinadas, podem fornecer o índice de crescimento (IC) da população.

$$IC = \frac{\text{natalidade} + \text{imigração}}{\text{mortalidade} + \text{emigração}}$$

Quando o IC > 1, significa que a natalidade é maior que a mortalidade e, por isso, a população está crescendo. Quando IC < 1, a população está em declínio. Quando IC = 1, significa que a população está em equilíbrio.

### 3. Potencial biótico

**Potencial biótico** de uma população é a sua capacidade de aumentar o número de indivíduos em condições ideais. Compreende a sua capacidade

máxima de reprodução (natalidade fisiológica) acrescida da capacidade máxima de sobrevivência.

Os seres vivos originam um número muito maior de descendentes do que o ambiente comporta. Darwin utilizou essa observação quando formulou a teoria da seleção natural.

Entretanto, verifica-se, na natureza, que os tamanhos das populações permanecem estáveis. Isso se deve a um conjunto de fatores que se opõem ao potencial biótico. Ao conjunto desses fatores dá-se o nome de **resistência ambiental**.



A curva exponencial representa o potencial biótico, e a curva sigmoide representa o crescimento real.

As diferentes populações apresentam potenciais bióticos variados. Um casal da espécie humana tem um potencial biótico reduzido, pois, teoricamente, este casal deixará apenas um descendente a cada ano, em condições normais.

Já insetos, coelhos, peixes e ratos apresentam potencial biótico bem maior do que a espécie humana.

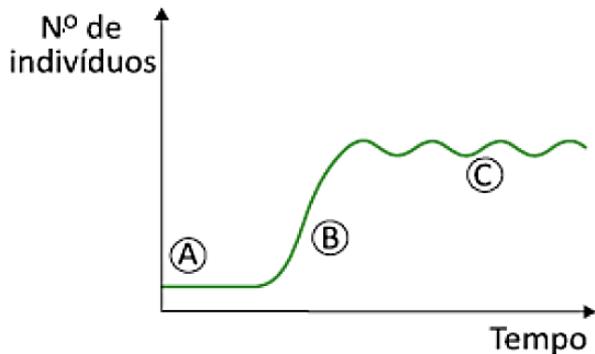
O potencial biótico das populações é equilibrado pela resistência ambiental, representada pelos mecanismos da seleção natural, como predatismo, parasitismo, competições etc.

### 4. Crescimento populacional

Como já mencionado, o crescimento de uma população depende de fatores como natalidade, mortalidade, imigração, emigração e da resistência ambiental.

A resistência imposta pelo ambiente ao crescimento populacional pode ser interpretada como sendo a ação da seleção natural sobre as populações naturais.

O **crescimento populacional** pode ser representado graficamente. Para as populações naturais, de modo geral, a curva de crescimento populacional é do tipo sigmoide ou curva em "S".



- A. Período de crescimento lento: período de adaptação da população às condições ambientais.
- B. Período de crescimento rápido: grande número de indivíduos com capacidade reprodutiva.
- C. Período de estabilidade populacional: o tamanho populacional varia em torno de uma média.

O crescimento inicial é lento porque há um número pequeno de indivíduos. Numa segunda fase, o crescimento é intenso, exponencial, devido à alta taxa de reprodução. Esse crescimento perdura até se aproximar dos limites impostos pelo meio, quando a resistência ambiental passa a ser fator decisivo no tamanho da população. A partir daí, a população entra em equilíbrio, apresentando pequenas oscilações em torno de uma média.

### 5. Controle populacional

O tamanho das populações naturais pode ser controlado por meio de relações ecológicas como a competição, o predatismo e o parasitismo. Em função da competição, duas espécies só conseguirão coexistir no mesmo ambiente se explorarem recursos ambientais diferentes ou apresentarem atividades em períodos diferentes. Essa coexistência das espécies é conhecida como **princípio de Gause**, em homenagem ao biólogo russo G. F. Gause (1932), ou como **princípio da exclusão competitiva de Gause**.

Por extensão do princípio de Gause, se duas espécies, além de viverem nos mesmos lugares, utilizarem os mesmos recursos ambientais, isto é, apresentarem o mesmo nicho ecológico, haverá competição entre elas, podendo ocorrer extinção ou migração de uma delas para outro ambiente.

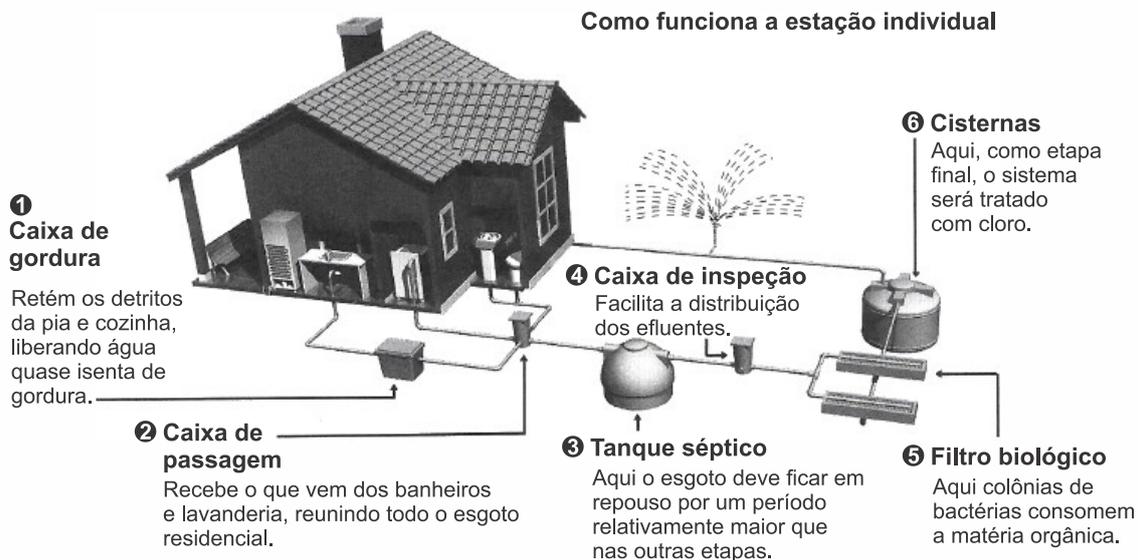
## Metas propostas

### TREINANDO ECOLOGIA



### QUESTÃO 01

[ 204392 ]. (Enem 2021) A imagem apresenta as etapas do funcionamento de uma estação individual para tratamento do esgoto residencial.



TAVARES. K. Estações de tratamento de esgoto individuais permitem a reutilização da água. Disponível em: <https://extra.globo.com>. Acesso em: 18 nov. 2014 (adaptado).

Em qual etapa decanta-se o lodo a ser separado do esgoto residencial?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 5
- e) 6



## QUESTÃO 02

[ 197273 ]. (Enem 2020) Em 2011, uma falha no processo de perfuração realizado por uma empresa petrolífera ocasionou derramamento de petróleo na bacia hidrográfica de Campos, no Rio de Janeiro.

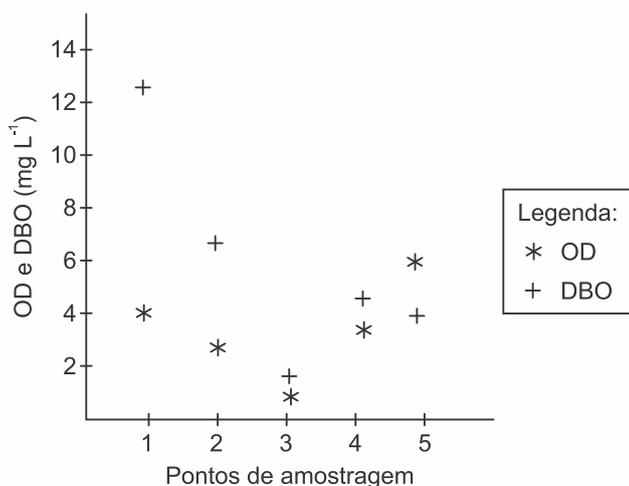
Os impactos decorrentes desse derramamento ocorrem porque os componentes do petróleo

- reagem com a água do mar e sofrem degradação, gerando compostos com elevada toxicidade.
- acidificam o meio, promovendo o desgaste das conchas calcárias de moluscos e a morte de corais.
- dissolvem-se na água, causando a mortandade dos seres marinhos por ingestão da água contaminada.
- têm caráter hidrofóbico e baixa densidade, impedindo as trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera.
- têm cadeia pequena e elevada volatilidade, contaminando a atmosfera local e regional em função dos ventos nas orlas marítimas.



## QUESTÃO 03

[ 197256 ]. (Enem 2020) Pesquisadores coletaram amostras de água de um rio em pontos diferentes, distantes alguns quilômetros um do outro. Ao longo do rio, há locais de águas limpas, como também locais que recebem descarga de esgoto de área urbana, e locais onde há decomposição ativa com ausência de peixes. Os pesquisadores analisaram dois parâmetros: oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em cada ponto de coleta de água, obtendo o gráfico:



Valores limites permitidos para águas doces destinadas ao abastecimento para o consumo humano após tratamento convencional, segundo Resolução Conama n. 357/2005: OD  $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$  e DBO  $\leq 5 \text{ mg L}^{-1}$ .

O OD é proveniente da atmosfera e da fotossíntese que ocorre no curso-d'água e sua concentração é função das variáveis físicas, químicas e bioquímicas locais. A DBO é a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos em condições aeróbicas para degradar uma determinada quantidade de matéria orgânica, durante um período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

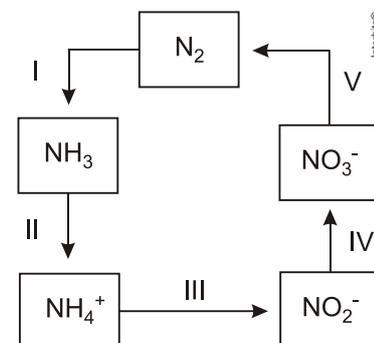
Qual ponto de amostragem da água do rio está mais próximo ao local em que o rio recebe despejo de esgoto?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



## QUESTÃO 04

[ 135464 ]. (Enem 2014) A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema. A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação.



O processo citado está representado na etapa

- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.



## QUESTÃO 05

[ 135540 ]. (Enem 2014) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado — apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto.

Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o

- etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
- gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.
- óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbicas.
- gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbicas na decomposição da matéria orgânica.
- gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.



## QUESTÃO 06

[ 127949 ]. (Enem 2013) Sabe-se que o aumento da concentração de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A agricultura é uma das atividades humanas que pode contribuir tanto para a emissão quanto para o sequestro desses gases, dependendo do manejo da matéria orgânica do solo.

ROSA, A. H.; COELHO, J. C. R. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 5, nov. 2003 (adaptado).

De que maneira as práticas agrícolas podem ajudar a minimizar o agravamento do efeito estufa?

- a) Evitando a rotação de culturas.
- b) Liberando o CO<sub>2</sub> presente no solo.
- c) Aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo.
- d) Queimando a matéria orgânica que se deposita no solo.
- e) Atenuando a concentração de resíduos vegetais do solo.



### QUESTÃO 07

[ 204399 ]. (Enem 2021) O rompimento da barragem de rejeitos de mineração no município mineiro de Marina e o derramamento de produtos tóxicos nas águas do Rio Doce, ocorridos em 2015, ainda têm consequências para os organismos que habitam o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, localizado a mais de 1.000 quilômetros de distância. Esse desastre ambiental afetou o fitoplâncton, as esponjas, as algas macroscópicas, os peixes herbívoros e os golfinhos.

Concentrações mais elevadas dos compostos citados são encontradas em

- a) esponjas.
- b) golfinhos.
- c) fitoplâncton.
- d) peixes herbívoros.
- e) algas macroscópicas.



### QUESTÃO 08

[ 204389 ]. (Enem 2021) Estudo aponta que a extinção de preguiças-gigantes, cuja base da dieta eram frutos e sementes, provocou impactos consideráveis na vegetação do Pantanal brasileiro. A flora, embora não tenha desaparecido, tornou-se menos abundante que no passado, além de ocupar áreas mais restritas.

BICUDO, F. Jardineiros da pesada. *Ecologia. Pesquisa Fapesp*, ed. 231, maio 2015 (adaptado).

O evento descrito com a flora ocorreu em razão da redução

- a) da produção de flores.
- b) do tamanho das plantas.
- c) de fatores de disseminação das sementes.
- d) da quantidade de sementes por fruto.
- e) dos habitats disponíveis para as plantas.



### QUESTÃO 09

[ 204405 ]. (Enem 2021) Uma escola iniciou o processo educativo para implantação da coleta seletiva e destino de materiais recicláveis. Para atingir seus objetivos, a instituição planejou:

- 1) sensibilizar a comunidade escolar, desenvolvendo atividade em sala e extraclasse de maneira contínua;
- 2) capacitar o pessoal responsável pela limpeza da escola quanto aos novos procedimentos adotados com a coleta seletiva; e
- 3) distribuir coletores de materiais recicláveis específicos nas salas, pátio e outros ambientes para acondicionamento dos resíduos.

Para completar a ação proposta no ambiente escolar, o que falta ser inserido no planejamento?

- a) Realizar campanhas educativas de sensibilização em bairros vizinhos para fortalecer a coleta seletiva.
- b) Firmar parceria com a prefeitura ou cooperativa de catadores para recolhimento dos materiais recicláveis e destinação apropriada.
- c) Organizar visitas ao lixão ou aterro local para identificar aspectos importantes sobre a disposição final do lixo.
- d) Divulgar na rádio local, no jornal impresso e nas redes sociais que a escola está realizando a coleta seletiva.
- e) Colocar recipientes coletores de lixo reciclável fora da escola para entrega voluntária pela população.



### QUESTÃO 10

[ 197266 ]. (Enem 2020) Plantas pioneiras são as que iniciam o processo natural de cicatrização de uma área desprovida de vegetação. Em geral, têm pequeno porte e crescem muito rápido, desenvolvem-se a pleno sol e são pouco exigentes quanto às condições do solo. Produzem grande quantidade de sementes e possuem ciclo de vida curto.

Essas plantas são importantes em um projeto de restauração ambiental, pois promovem, no solo,

- a) aumento da incidência de luz solar.
- b) diminuição da absorção de água.
- c) estabilização da umidade.
- d) elevação de temperatura.
- e) liberação de oxigênio.



### QUESTÃO 11

[ 197276 ]. (Enem 2020) A fragmentação dos habitats é caracterizada pela formação de ilhas da paisagem original, circundadas por áreas transformadas. Esse tipo de interferência no ambiente ameaça a biodiversidade. Imagine que uma população de onças foi isolada em uma mata pequena. Elas se extinguiriam mesmo sem terem sido abatidas. Diversos componentes da ilha de habitat, como o tamanho, a heterogeneidade, o seu entorno, a sua conectividade e o efeito de borda são determinantes para a persistência ou não das espécies originais.

Uma medida que auxilia na conservação da biodiversidade nas ilhas mencionadas no texto compreende a

- a) formação de micro-habitats.
- b) ampliação do efeito de borda.
- c) construção de corredores ecológicos.
- d) promoção da sucessão ecológica.
- e) introdução de novas espécies de animais e vegetais.



### QUESTÃO 12

[ 189687 ]. (Enem 2019) A cada safra, a quantidade de café beneficiado é igual à quantidade de resíduos gerados pelo seu beneficiamento. O resíduo pode ser utilizado como fertilizante, pois contém cerca de 6,5% de pectina (um polissacarídeo), aproximadamente 25% de açúcares fermentáveis (frutose, sacarose e galactose), bem como resíduos de alcaloides (compostos aminados) que não foram extraídos no processo.

Esse resíduo contribui para a fertilidade do solo, pois

- a) possibilita a reciclagem de carbono e nitrogênio.
- b) promove o deslocamento do alumínio, que é tóxico.
- c) melhora a compactação do solo por causa da presença de pectina.
- d) eleva o pH do solo em função da degradação dos componentes do resíduo.
- e) apresenta efeitos inibidores de crescimento para a maioria das espécies vegetais pela cafeína.



### QUESTÃO 13

[ 189685 ]. (Enem 2019) A poluição radioativa compreende mais de 200 núclídeos, sendo que, do ponto de vista de impacto ambiental, destacam-se o césio-137 e o estrôncio-90. A maior contribuição de radionuclídeos antropogênicos no meio marinho ocorreu durante as décadas de 1950 e 1960, como resultado dos testes nucleares realizados na atmosfera. O estrôncio-90 pode se acumular nos organismos vivos e em cadeias alimentares e, em razão de sua semelhança química, pode participar no equilíbrio com carbonato e substituir cálcio em diversos processos biológicos.

Ao entrar numa cadeia alimentar da qual o homem faz parte, em qual

tecido do organismo humano o estrôncio-90 será acumulado predominantemente?

- Cartilaginoso.
- Sanguíneo.
- Muscular.
- Nervoso.
- Ósseo.



### QUESTÃO 14

[ 189686 ]. (Enem 2019) As cutias, pequenos roedores das zonas tropicais, transportam pela boca as sementes que caem das árvores, mas, em vez de comê-las, enterram-nas em outro lugar. Esse procedimento lhes permite salvar a maioria de suas sementes enterradas para as épocas mais secas, quando não há frutos maduros disponíveis. Cientistas descobriram que as cutias roubam as sementes enterradas por outra, e esse comportamento de “ladroagem” faz com que uma mesma semente possa ser enterrada dezenas de vezes.

Essa “ladroagem” está associada à relação de

- sinfilia.
- predatismo.
- parasitismo.
- competição.
- comensalismo.



### QUESTÃO 15

[ 189688 ]. (Enem 2019) Um alimento orgânico deve apresentar em sua embalagem o selo de uma instituição certificadora, garantindo ao consumidor que, além de ser um alimento isento de agrotóxicos, também é produzido com técnicas planejadas e controladas. A técnica de produção desses alimentos causa menor impacto aos recursos naturais, contribuindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Nesse sistema de produção de alimentos vegetais, o controle de insetos é manejado por meio do(a)

- prática de adubação verde.
- emprego da compostagem.
- controle da irrigação do solo.
- utilização de predadores naturais.
- uso de sementes inoculadas com *Rhizobium*.



### QUESTÃO 16

[ 189695 ]. (Enem 2019) No quadro estão apresentadas informações sobre duas estratégias de sobrevivência que podem ser adotadas por algumas espécies de seres vivos.

	Estratégia 1	Estratégia 2
Habitat	Mais instável e imprevisível	Mais estável e previsível
Potencial biótico	Muito elevado	Baixo
Duração da vida	Curta e com reprodução precoce	Longa e com reprodução tardia
Descendentes	Muitos e com tamanho corporal pequeno	Poucos e com tamanho corporal maior
Tamanho populacional	Variável	Constante

Na recuperação de uma área desmatada deveriam ser reintroduzidas primeiramente as espécies que adotam qual estratégia?

- Estratégia 1, pois essas espécies produzem descendentes pequenos, o que diminui a competição com outras espécies.
- Estratégia 2, pois essas espécies têm uma longa duração da vida, o que favorece a produção de muitos descendentes.
- Estratégia 1, pois essas espécies apresentam um elevado potencial biótico, o que facilita a rápida recolonização da área desmatada.
- Estratégia 2, pois essas espécies estão adaptadas a habitats mais estáveis, o que corresponde ao ambiente de uma área desmatada.
- Estratégia 2, pois essas espécies apresentam um tamanho populacional constante, o que propicia uma recolonização mais estável da área desmatada.



### QUESTÃO 17

[ 189691 ]. (Enem 2019) O concreto utilizado na construção civil é um material formado por cimento misturado a areia, a brita e a água. A areia é normalmente extraída de leitos de rios e a brita, oriunda da fragmentação de rochas. Impactos ambientais gerados no uso do concreto estão associados à extração de recursos minerais e ao descarte indiscriminado desse material. Na tentativa de reverter esse quadro, foi proposta a utilização de concreto reciclado moído em substituição ao particulado rochoso graúdo na fabricação de novo concreto, obtendo um material com as mesmas propriedades que o anterior.

O benefício ambiental gerado nessa proposta é a redução do(a)

- extração da brita.
- extração de areia.
- consumo de água.
- consumo de concreto.
- fabricação de cimento.



### QUESTÃO 18

[ 182088 ]. (Enem 2018) O alemão Fritz Haber recebeu o Prêmio Nobel de química de 1918 pelo desenvolvimento de um processo viável para a síntese da amônia ( $\text{NH}_3$ ). Em seu discurso de premiação, Haber justificou a importância do feito dizendo que:

“Desde a metade do século passado, tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.

Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.

Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. [...] A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.

Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seríssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída.”

De acordo com os argumentos de Haber, qual fenômeno teria provocado o desequilíbrio no “balanço do nitrogênio ligado”?

- a) O esgotamento das reservas de salitre no Chile.
- b) O aumento da exploração de carvão vegetal e carvão mineral.
- c) A redução da fertilidade do solo nas economias agrícolas.
- d) A intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades.
- e) A necessidade das plantas de absorverem sais de nitrogênio disponíveis no solo.



### QUESTÃO 19

[ 182091 ]. (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.

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.



### QUESTÃO 20

[ 182093 ]. (Enem 2018) A utilização de extratos de origem natural tem recebido a atenção de pesquisadores em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento que são altamente acometidos por doenças infecciosas e parasitárias. Um bom exemplo dessa utilização são os produtos de origem botânica que combatem insetos.

O uso desses produtos pode auxiliar no controle da

- a) esquistossomose.
- b) leptospirose.
- c) leishmaniose.
- d) hanseníase.
- e) aids.



### QUESTÃO 21

[ 182100 ]. (Enem 2018) Corredores ecológicos visam mitigar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas promovendo a ligação entre diferentes áreas, com o objetivo de proporcionar o deslocamento de animais, a dispersão de sementes e o aumento da cobertura vegetal. São instituídos com base em informações como estudos sobre o deslocamento de espécies, sua área de vida (área necessária para o suprimento de suas necessidades vitais e reprodutivas) e a distribuição de suas populações.

Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 30 nov. 2017 (adaptado).

Nessa estratégia, a recuperação da biodiversidade é efetiva porque

- a) propicia o fluxo gênico.
- b) intensifica o manejo de espécies.
- c) amplia o processo de ocupação humana.
- d) aumenta o número de indivíduos nas populações.
- e) favorece a formação de ilhas de proteção integral.



### QUESTÃO 22

[ 182087 ]. (Enem 2018) Insetos podem apresentar três tipos de desenvolvimento. Um deles, a holometabolia (desenvolvimento completo), é constituído pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto sexualmente maduro, que ocupam diversos habitat. Os insetos com holometabolia pertencem às ordens mais numerosas em termos de espécies conhecidas.

Esse tipo de desenvolvimento está relacionado a um maior número de espécies em razão da

- a) proteção na fase de pupa, favorecendo a sobrevivência de adultos férteis.
- b) produção de muitos ovos, larvas e pupas, aumentando o número de adultos.
- c) exploração de diferentes nichos, evitando a competição entre as fases da vida.
- d) ingestão de alimentos em todas as fases de vida, garantindo o surgimento do adulto.
- e) utilização do mesmo alimento em todas as fases, otimizando a nutrição do organismo.



### QUESTÃO 23

[ 174981 ]. (Enem 2017) Uma grande virada na moderna história da agricultura ocorreu depois da Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, os governos haviam se deparado com um enorme excedente de nitrato de amônio, ingrediente usado na fabricação de explosivos. A partir daí as fábricas de munição foram adaptadas para começar a produzir fertilizantes tendo como componente principal os nitratos.

SOUZA, F. A. Agricultura natural/orgânica como instrumento de fixação biológica e manutenção do nitrogênio no solo: um modelo sustentável de MDL. Disponível em: [www.planetaorganico.com.br](http://www.planetaorganico.com.br). Acesso em: 17 jul. 2015 (adaptado).

No ciclo natural do nitrogênio, o equivalente ao principal componente desses fertilizantes industriais é produzido na etapa de

- a) nitratação.
- b) nitrosação.
- c) amonificação.
- d) desnitrificação.
- e) fixação biológica do  $N_2$ .



### QUESTÃO 24

[ 174985 ]. (Enem 2017) Os botos-cinza (*Sotalia guianensis*), mamíferos da família dos golfinhos, são excelentes indicadores da poluição das áreas em que vivem, pois passam toda a sua vida – cerca de 30 anos – na mesma região. Além disso, a espécie acumula mais contaminantes em seu organismo, como o mercúrio, do que outros animais da sua cadeia alimentar.

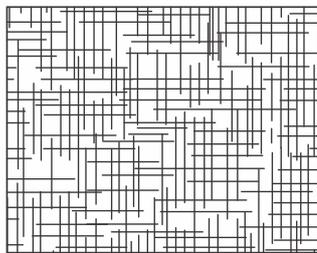
Os botos-cinza acumulam maior concentração dessas substâncias porque

- a) são animais herbívoros.
- b) são animais detritívoros.
- c) são animais de grande porte.
- d) digerem o alimento lentamente.
- e) estão no topo da cadeia alimentar.

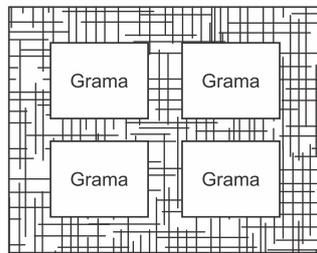


### QUESTÃO 25

[ 174988 ]. (Enem 2017) Para se adequar às normas ambientais atuais, as construtoras precisam prever em suas obras a questão do uso de materiais de modo a minimizar os impactos causados no local. Entre esses materiais está o chamado concregrama ou pisograma, que é um tipo de revestimento composto por peças de concreto com áreas vazadas, preenchidas com solo gramado. As figuras apresentam essas duas formas de piso feitos de concreto.



Piso tradicional de concreto



Piso concregrama

PONTES, K. L. F. *Estudo de caso de um protótipo experimental* [...]. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br>. Acesso em: 9 maio 2017 (adaptado).

A utilização desse tipo de piso em uma obra tem o objetivo de evitar, no solo a

- a) impermeabilização.
- b) diminuição da temperatura.
- c) acumulação de matéria orgânica.
- d) alteração do pH.
- e) salinização.

### QUESTÃO 26

[ 174984 ]. (Enem 2017) O fenômeno da piracema (subida do rio) é um importante mecanismo que influencia a reprodução de algumas espécies de peixes, pois induz o processo que estimula a queima de gordura e ativa mecanismos hormonais complexos, preparando-os para a reprodução. Intervenções antrópicas nos ambientes aquáticos, como a construção de barragens, interferem na reprodução desses animais.

Essa intervenção antrópica prejudica a piracema porque reduz o(a)

- a) percurso da migração.
- b) longevidade dos indivíduos.
- c) disponibilidade de alimentos.
- d) período de migração da espécie.
- e) número de espécies de peixes no local.

### QUESTÃO 27

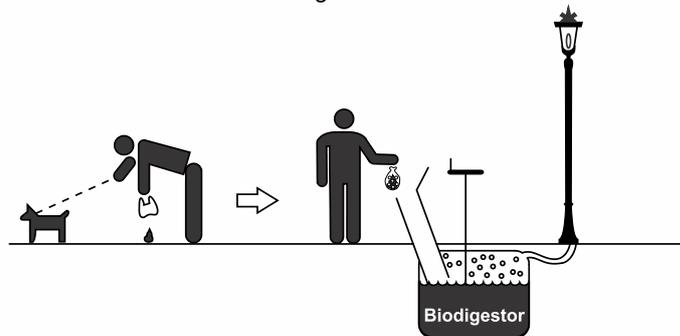
[ 165225 ]. (Enem 2016) A coleta das fezes dos animais domésticos em sacolas plásticas e o seu descarte em lixeiras convencionais podem criar condições de degradação que geram produtos prejudiciais ao meio ambiente (Figura 1).

Figura 1



A Figura 2 ilustra o Projeto Park Spark, desenvolvido em Cambridge, MA (EUA), em que as fezes dos animais domésticos são recolhidas em sacolas biodegradáveis e jogadas em um biodigestor instalado em parques públicos; e os produtos são utilizados em equipamentos no próprio parque.

Figura 2



Disponível em: <http://parksparkproject.com>. Acesso em: 30 ago. 2013 (adaptado).

Uma inovação desse projeto é possibilitar o(a)

- a) queima de gás metano.
- b) armazenamento de gás carbônico.
- c) decomposição aeróbica das fezes.
- d) uso mais eficiente de combustíveis fósseis.
- e) fixação de carbono em moléculas orgânicas.

### QUESTÃO 28

[ 165232 ]. (Enem 2016) Recentemente um estudo feito em campos de trigo mostrou que níveis elevados de dióxido de carbono na atmosfera prejudicam a absorção de nitrato pelas plantas. Consequentemente, a qualidade nutricional desses alimentos pode diminuir à medida que os níveis de dióxido de carbono na atmosfera atingirem as estimativas para as próximas décadas.

BLOOM, A.J. et al. Nitrate assimilation is inhibited by elevated  $CO_2$  in field-grown wheat. *Nature Climate Change*, n. 4, abr. 2014 (adaptado).

Nesse contexto, a qualidade nutricional do grão de trigo será modificada primariamente pela redução de

- a) amido.
- b) frutose.
- c) lipídeos.
- d) celulose.
- e) proteínas.

### QUESTÃO 29

[ 165220 ]. (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.

### QUESTÃO 30

[ 165221 ]. (Enem 2016) Os ecossistemas degradados por intensa atividade agrícola apresentam, geralmente, diminuição de sua diversidade e perda de sua estabilidade. Nesse contexto, o uso integrado de árvores aos sistemas agrícolas (sistemas agroflorestais) pode cumprir um papel

inovador ao buscar a aceleração do processo sucessional e, ao mesmo tempo, uma produção escalonada e diversificada.

Disponível em: saf.cnpqg.embrapa.br. Acesso em: 21 jan. 2012 (adaptado).

Essa é uma estratégia de conciliação entre recuperação ambiental e produção agrícola, pois

- substitui gradativamente as espécies cultiváveis por espécies arbóreas.
- intensifica a fertilização do solo com o uso de técnicas apropriadas e biocidas.
- promove maior diversidade de vida no solo com o aumento da matéria orgânica.
- favorece a dispersão das sementes cultivadas pela fauna residente nas áreas florestais.
- cria condições para o estabelecimento de espécies pioneiras com a diminuição da insolação sobre o solo.



### QUESTÃO 31

[ 165222 ]. (Enem 2016) Um pesquisador investigou o papel da predação por peixes na densidade e tamanho das presas, como possível controle de populações de espécies exóticas em costões rochosos. No experimento colocou uma tela sobre uma área da comunidade, impedindo o acesso dos peixes ao alimento, e comparou o resultado com uma área adjacente na qual os peixes tinham acesso livre.

O quadro apresenta os resultados encontrados após 15 dias de experimento.

Espécie exótica	Área com tela		Área sem tela	
	Densidade (indivíduo/m <sup>2</sup> )	Tamanho médio dos indivíduos (cm)	Densidade (indivíduo/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)

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



### QUESTÃO 32

[ 165223 ]. (Enem 2016) Ao percorrer o trajeto de uma cadeia alimentar, o carbono, elemento essencial e majoritário da matéria orgânica que compõe os indivíduos, ora se encontra em sua forma inorgânica, ora se encontra em sua forma orgânica. Em uma cadeia alimentar composta por

fitoplâncton, zooplâncton, moluscos, crustáceos e peixes ocorre a transição desse elemento da forma inorgânica para a orgânica.

Em qual grupo de organismos ocorre essa transição?

- Fitoplâncton.
- Zooplâncton.
- Moluscos.
- Crustáceos.
- Peixes.



### QUESTÃO 33

[ 149361 ]. (Enem 2015) O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N<sub>2</sub>, é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N<sub>2</sub>, que ocorrem de forma livre ou simbiotes com plantas.

ADUAN, R. E. et al. *Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta*. Planaltina: Embrapa, 2004 (adaptado).

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela

- absorção do gás nitrogênio pela respiração.
- ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.
- incorporação de nitritos dissolvidos na água consumida.
- transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas.
- protocooperação com microrganismos fixadores de nitrogênio.



### QUESTÃO 34

[ 149323 ]. (Enem 2015) A indústria têxtil utiliza grande quantidade de corantes no processo de tingimento dos tecidos. O escurecimento das águas dos rios causado pelo despejo desses corantes pode desencadear uma série de problemas no ecossistema aquático.

Considerando esse escurecimento das águas, o impacto negativo inicial que ocorre é o(a)

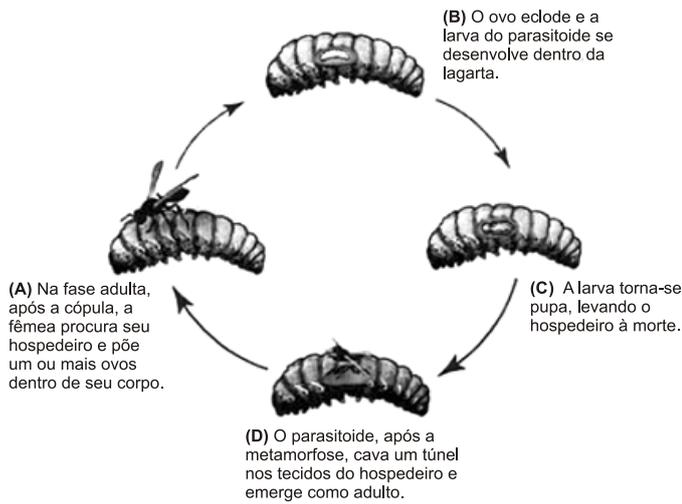
- eutrofização.
- proliferação de algas.
- inibição da fotossíntese.
- fotodegradação da matéria orgânica.
- aumento da quantidade de gases dissolvidos.



### QUESTÃO 35

[ 135533 ]. (Enem 2014) Os parasitoides (misto de parasitas e predadores) são insetos diminutos que têm hábitos muito peculiares: suas larvas podem se desenvolver dentro do corpo de outros organismos, como mostra a figura. A forma adulta se alimenta de pólen e açúcares. Em geral, cada parasitoides ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

### Ciclo de vida de um inseto parasitoide de lagartas



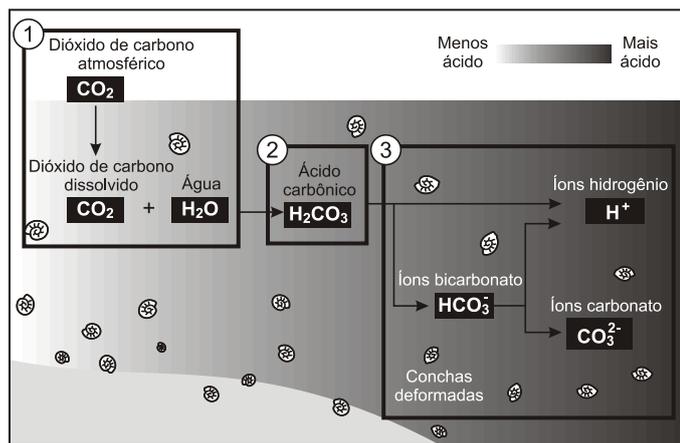
SANTO, M. M. E.; FÁRIA, M. L. Parasitoídeos: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 291, abr. 2012 (adaptado).

A forma larval do parasitoide assume qual papel nessa cadeia alimentar?

- Consumidor primário, pois ataca diretamente uma espécie herbívora.
- Consumidor secundário, pois se alimenta diretamente dos tecidos da lagarta.
- Organismo heterótrofo de primeira ordem, pois se alimenta de pólen na fase adulta.
- Organismo heterótrofo de segunda ordem, pois apresenta o maior nível energético na cadeia.
- Decompositor, pois se alimenta de tecidos do interior do corpo da lagarta e a leva à morte.

### QUESTÃO 36

[ 135530 ]. (Enem 2014) Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvida pela água do mar. O esquema representa reações que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono na atmosfera pode afetar os recifes de corais.



Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

O resultado desse processo nos corais é o(a)

- seu branqueamento, levando à sua morte e extinção.
- excesso de fixação de cálcio, provocando calcificação indesejável.
- menor incorporação de carbono, afetando seu metabolismo energético.
- estímulo da atividade enzimática, evitando a descalcificação dos esqueletos.
- dano à estrutura dos esqueletos calcários, diminuindo o tamanho das populações.

### QUESTÃO 37

[ 135534 ]. (Enem 2014) Existem bactérias que inibem o crescimento de um fungo causador de doenças no tomateiro, por consumirem o ferro disponível no meio. As bactérias também fazem fixação de nitrogênio, disponibilizam cálcio e produzem auxinas, substâncias que estimulam diretamente o crescimento do tomateiro. PELZER, G. Q. et al. "Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias". *Tropical Plant Pathology*, v. 36, n. 2, mar. abr. 2011 (adaptado).

Qual dos processos biológicos mencionados indica uma relação ecológica de competição?

- Fixação de nitrogênio para o tomateiro.
- Disponibilização de cálcio para o tomateiro.
- Diminuição da quantidade de ferro disponível para o fungo.
- Liberação de substâncias que inibem o crescimento do fungo.
- Liberação de auxinas que estimulam o crescimento do tomateiro.

### QUESTÃO 38

[ 135536 ]. (Enem 2014) Uma região de Cerrado possui lençol freático profundo, estação seca bem marcada, grande insolação e recorrência de incêndios naturais. Cinco espécies de árvores nativas, com as características apresentadas no quadro, foram avaliadas quanto ao seu potencial para uso em projetos de reflorestamento nessa região.

Característica	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5
Superfície foliar	Coberta por tricomas	Coberta por cera	Coberta por cera	Coberta por espinhos	Coberta por espinhos
Profundidade e das raízes	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alta

Qual é a árvore adequada para o reflorestamento dessa região?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

### QUESTÃO 39

[ 128043 ]. (Enem 2013) Plantas terrestres que ainda estão em fase de crescimento fixam grandes quantidades de  $\text{CO}_2$ , utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas, e liberam grande quantidade de  $\text{O}_2$ . No entanto, em florestas maduras, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de  $\text{O}_2$  pela respiração tende a igualar sua produção pela fotossíntese. A morte natural de árvores nessas florestas afeta temporariamente a concentração de  $\text{O}_2$  e de  $\text{CO}_2$  próximo à superfície do solo onde elas caíram.

A concentração de  $\text{O}_2$  próximo ao solo, no local da queda, será

- menor, pois haverá consumo de  $\text{O}_2$  durante a decomposição dessas árvores.
- maior, pois haverá economia de  $\text{O}_2$  pela ausência das árvores mortas.
- maior, pois haverá liberação de  $\text{O}_2$  durante a fotossíntese das árvores jovens.
- igual, pois haverá consumo e produção de  $\text{O}_2$  pelas árvores maduras restantes.

e) menor, pois haverá redução de  $O_2$  pela falta da fotossíntese realizada pelas árvores mortas.



### QUESTÃO 40

[ 128054 ]. (Enem 2013) 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.
- b) algas.
- c) peixes.
- d) insetos.
- e) caranguejos.



### QUESTÃO 41

[ 128041 ]. (Enem 2013) Química Verde pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Sabe-se que algumas fontes energéticas desenvolvidas pelo homem exercem, ou têm potencial para exercer, em algum nível, impactos ambientais negativos.

À luz da Química Verde, métodos devem ser desenvolvidos para eliminar ou reduzir a poluição do ar causada especialmente pelas

- a) hidrelétricas.
- b) termelétricas.
- c) usinas geotérmicas.
- d) fontes de energia solar.
- e) fontes de energia eólica.



### QUESTÃO 42

[ 128050 ]. (Enem 2013) No Brasil, cerca de 80% da energia elétrica advém de hidrelétricas, cuja construção implica o represamento de rios. A formação de um reservatório para esse fim, por sua vez, pode modificar a ictiofauna local. Um exemplo é o represamento do Rio Paraná, onde se observou o desaparecimento de peixes cascudos quase que simultaneamente ao aumento do número de peixes de espécies exóticas introduzidas, como o mapará e a corvina, as três espécies com nichos ecológicos semelhantes.

Nessa modificação da ictiofauna, o desaparecimento de cascudos é explicado pelo(a)

- a) redução do fluxo gênico da espécie nativa.
- b) diminuição da competição intraespecífica.
- c) aumento da competição interespecífica.
- d) isolamento geográfico dos peixes.
- e) extinção de nichos ecológicos.



### QUESTÃO 43

[ 128055 ]. (Enem 2013) Apesar de belos e impressionantes, corais exóticos encontrados na Ilha Grande podem ser uma ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas do litoral do Rio de Janeiro. Originários do Oceano Pacífico, esses organismos foram trazidos por plataformas de petróleo e outras embarcações, provavelmente na década de 1980, e disputam com as espécies nativas elementos primordiais para a sobrevivência, como espaço e alimento. Organismos invasores são a segunda maior causa de perda de biodiversidade, superados somente pela destruição direta de habitats pela ação do homem. As populações de espécies invasoras crescem indefinidamente e ocupam o espaço de organismos nativos.

LEVY, I. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 5 dez. 2011 (adaptado).

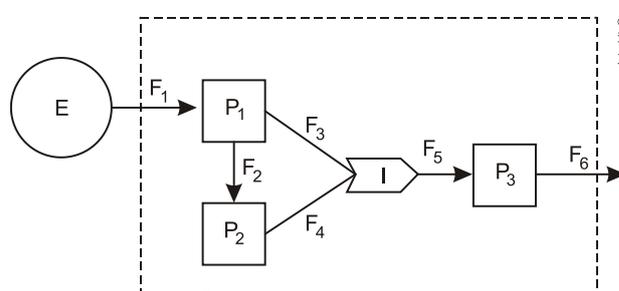
As populações de espécies invasoras crescem bastante por terem a vantagem de

- a) não apresentarem genes deletérios no seu *pool* gênico.
- b) não possuírem parasitas e predadores naturais presentes no ambiente exótico.
- c) apresentarem características genéticas para se adaptarem a qualquer clima ou condição ambiental.
- d) apresentarem capacidade de consumir toda a variedade de alimentos disponibilizados no ambiente exótico.
- e) apresentarem características fisiológicas que lhes conferem maior tamanho corporal que o das espécies nativas.



### QUESTÃO 44

[ 121571 ]. (Enem 2012) A figura representa um dos modelos de um sistema de interações entre seres vivos. Ela apresenta duas propriedades,  $P_1$  e  $P_2$ , que interagem em  $I$ , para afetar uma terceira propriedade,  $P_3$ , quando o sistema é alimentado por uma fonte de energia,  $E$ . Essa figura pode simular um sistema de campo em que  $P_1$  representa as plantas verdes;  $P_2$  um animal herbívoro e  $P_3$  um animal onívoro.



E: função motriz

P: propriedades

F: fluxos

I: interações

ODUM, E. P. *Ecologia*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

A função interativa  $I$  representa a proporção de

- a) herbivoria entre  $P_1$  e  $P_2$
- b) polinização entre  $P_1$  e  $P_2$
- c)  $P_3$  utilizada na alimentação de  $P_1$  e  $P_2$
- d)  $P_1$  ou  $P_2$  utilizada na alimentação de  $P_3$
- e) energia de  $P_1$  e de  $P_2$  que saem do sistema.



### QUESTÃO 45

[ 121577 ]. (Enem 2012) O menor tamanduá do mundo é solitário e tem hábitos noturnos, passa o dia repousando, geralmente em um emaranhado de cipós, com o corpo curvado de tal maneira que forma uma bola. Quando em atividade, se locomove vagarosamente e emite som semelhante a um assobio. A cada gestação, gera um único filhote. A cria é deixada em uma árvore à noite e é amamentada pela mãe até que tenha idade para procurar alimento. As fêmeas adultas têm territórios grandes e o território de um macho inclui o de várias fêmeas, o que significa que ele tem sempre diversas pretendentes à disposição para namorar!

*Ciência Hoje das Crianças*, ano 19, n.º 174, nov. 2006 (adaptado).

Essa descrição sobre o tamanduá diz respeito ao seu

- a) hábitat.
- b) biótopo.
- c) nível trópico.
- d) nicho ecológico.
- e) potencial biótico.

## QUESTÃO 46

[ 121563 ]. (Enem 2012) Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural.

*Terra da Gente*, ano 4, n.º 47, mar, 2008 (adaptado).

Sem controle, esses animais podem invadir rios e lagos naturais, se reproduzir e

- originar uma nova espécie poliploide.
- substituir geneticamente a espécie natural.
- ocupar o primeiro nível trófico no hábitat aquático.
- impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
- produzir descendentes com o código genético modificado.

## QUESTÃO 47

[ 121572 ]. (Enem 2012) Muitas espécies de plantas lenhosas são encontradas no cerrado brasileiro. Para a sobrevivência nas condições de longos períodos de seca e queimadas periódicas, próprias desse ecossistema, essas plantas desenvolveram estruturas muito peculiares.

As estruturas adaptativas mais apropriadas para a sobrevivência desse grupo de plantas nas condições ambientais de referido ecossistema são:

- Cascas finas e sem sulcos ou fendas.
- Caules estreitos e retilíneos.
- Folhas estreitas e membranosas.
- Gemas apicais com densa pilosidade.
- Raízes superficiais, em geral, aéreas.

## QUESTÃO 48

[ 121564 ]. (Enem 2012) Pesticidas são contaminantes ambientais altamente tóxicos aos seres vivos e, geralmente, com grande persistência ambiental. A busca por novas formas de eliminação dos pesticidas tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as técnicas atuais são economicamente dispendiosas e paliativas. A biorremediação de pesticidas utilizando micro-organismos tem se mostrado uma técnica muito promissora para essa finalidade, por apresentar vantagens econômicas e ambientais.

Para ser utilizado nesta técnica promissora, um microrganismo deve ser capaz de

- transferir o contaminante do solo para a água.
- absorver o contaminante sem alterá-lo quimicamente.
- apresentar alta taxa de mutação ao longo das gerações.
- estimular o sistema imunológico do homem contra o contaminante.
- metabolizar o contaminante, liberando subprodutos menos tóxicos ou atóxicos.

## QUESTÃO 49

[ 121566 ]. (Enem 2012) Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem.

Um exemplo de reciclagem é a utilização de

- garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

## QUESTÃO 50

[ 108613 ]. (Enem 2011) Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de  $\text{CO}_2$  das termelétricas.

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte

- limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos deste fenômeno.
- eficaz de energia, tornando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
- limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
- poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.
- alternativa, tomando-se por referência a grande emissão de gases de efeito estufa das demais fontes geradoras.

## QUESTÃO 51

[ 108612 ]. (Enem 2011) Moradores sobreviventes da tragédia que destruiu aproximadamente 60 casas no Morro do Bumba, na Zona Norte de Niterói (RJ), ainda defendem a hipótese de o deslizamento ter sido causado por uma explosão provocada por gás metano, visto que esse local foi um lixão entre os anos 1960 e 1980.

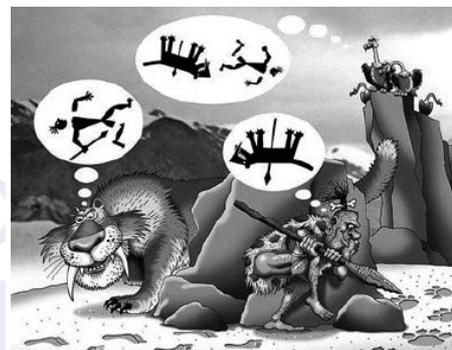
*Journal Web*. Disponível em: <http://www.ojournalweb.com>. Acesso em: 12 abr. 2010 (adaptado).

O gás mencionado no texto é produzido

- como subproduto da respiração aeróbia bacteriana.
- pela degradação anaeróbia de matéria orgânica por bactérias.
- como produto da fotossíntese de organismos pluricelulares autotróficos.
- pela transformação química do gás carbônico em condições anaeróbias.
- pela conversão, por oxidação química, do gás carbônico sob condições aeróbias.

## QUESTÃO 52

[ 108580 ]. (Enem 2011) 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.



### QUESTÃO 53

[ 108609 ]. (Enem 2011) 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. Nº 170, 2010 (adaptado).**

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.



### QUESTÃO 54

[ 108623 ]. (Enem 2011)



De acordo com o relatório "A grande sombra da pecuária" (*Livestock's Long Shadow*), feito pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação, o gado é responsável por cerca de 18% do aquecimento global, uma contribuição maior que a do setor de transportes.

A criação de gado em larga escala contribui para o aquecimento global por meio da emissão de

- a) metano durante o processo de digestão.

- b) óxido nitroso durante o processo de ruminação.
- c) clorofluorcarbono durante o transporte de carne.
- d) óxido nitroso durante o processo respiratório.
- e) dióxido de enxofre durante o consumo de pastagens.



### QUESTÃO 55

[ 108615 ]. (Enem 2011) Os vaga-lumes machos e fêmeas emitem sinais luminosos para se atraírem para o acasalamento. O macho reconhece a fêmea de sua espécie e, atraído por ela, vai ao seu encontro. Porém, existe um tipo de vaga-lume, o *Photuris*, cuja fêmea engana e atrai os machos de outro tipo, o *Photinus* fingindo ser desse gênero. Quando o macho *Photinus* se aproxima da fêmea *Photuris*, muito maior que ele, é atacado e devorado por ela.

**BERTOLDI, O. G.; VASCONCELLOS, J. R. Ciência & sociedade: a aventura da vida, a aventura da tecnologia. São Paulo: Scipione, 2000 (adaptado).**

A relação descrita no texto, entre a fêmea do gênero *Photuris* e o macho do gênero *Photinus*, é um exemplo de

- a) comensalismo.
- b) inquilinismo.
- c) cooperação.
- d) predatismo.
- e) mutualismo.



### QUESTÃO 56

[ 108590 ]. (Enem 2011) O controle biológico, técnica empregada no combate a espécies que causam danos e prejuízos aos seres humanos, é utilizado no combate à lagarta que se alimenta de folhas de algodoeiro. Algumas espécies de borboleta depositam seus ovos nessa cultura. A microvespa *Trichogramma sp.* introduz seus ovos nos ovos de outros insetos, incluindo os das borboletas em questão. Os embriões da vespa se alimentam do conteúdo desses ovos e impedem que as larvas de borboleta se desenvolvam. Assim, é possível reduzir a densidade populacional das borboletas até níveis que não prejudiquem a cultura. A técnica de controle biológico realizado pela microvespa *Trichogramma sp.* consiste na

- a) introdução de um parasita no ambiente da espécie que se deseja combater.
- b) introdução de um gene letal nas borboletas para diminuir o número de indivíduos.
- c) competição entre a borboleta e a microvespa para a obtenção de recursos.
- d) modificação do ambiente para selecionar indivíduos melhor adaptados.
- e) aplicação de inseticidas a fim de diminuir o número de indivíduos que se deseja combater.



### QUESTÃO 57

[ 108604 ]. (Enem 2011) Os biocombustíveis de primeira geração são derivados da soja, milho e cana-de-açúcar e sua produção ocorre através da fermentação. Biocombustíveis derivados de material celulósico ou biocombustíveis de segunda geração — coloquialmente chamados de "gasolina de capim" — são aqueles produzidos a partir de resíduos de madeira (serragem, por exemplo), talos de milho, palha de trigo ou capim de crescimento rápido e se apresentam como uma alternativa para os problemas enfrentados pelos de primeira geração, já que as matérias-primas são baratas e abundantes.

**DALE, B. E.; HUBER, G. W. Gasolina de capim e outros vegetais. Scientific American Brasil. Ago. 2009, nº 87 (adaptado).**

O texto mostra um dos pontos de vista a respeito do uso dos biocombustíveis na atualidade, os quais

- a) são matrizes energéticas com menor carga de poluição para o ambiente e podem propiciar a geração de novos empregos, entretanto, para serem oferecidos com baixo custo, a tecnologia da degradação da celulose nos biocombustíveis de segunda geração deve ser extremamente eficiente.
- b) oferecem múltiplas dificuldades, pois a produção é de alto custo, sua implantação não gera empregos, e deve-se ter cuidado com o risco ambiental, pois eles oferecerem os mesmos riscos que o uso de combustíveis fósseis.
- c) sendo de segunda geração, são produzidos por uma tecnologia que acarreta problemas sociais, sobretudo decorrente do fato de a matéria-prima ser abundante e facilmente encontrada, o que impede a geração de novos empregos.
- d) sendo de primeira e segunda geração, são produzidos por tecnologias que devem passar por uma avaliação criteriosa quanto ao uso, pois uma enfrenta o problema da falta de espaço para plantio da matéria-prima e a outra impede a geração de novas fontes de emprego.
- e) podem acarretar sérios problemas econômicos e sociais, pois a substituição do uso de petróleo afeta negativamente toda uma cadeia produtiva na medida em que exclui diversas fontes de emprego nas refinarias, postos de gasolina e no transporte petróleo e gasolina.

### QUESTÃO 58

[ 100345 ]. (Enem 2010) O despejo de dejetos de esgotos domésticos e industriais vem causando sérios problemas aos rios brasileiros. Esses poluentes são ricos em substâncias que contribuem para a eutrofização de ecossistemas, que é um enriquecimento da água por nutrientes, o que provoca um grande crescimento bacteriano e, por fim, pode promover escassez de oxigênio.

Uma maneira de evitar a diminuição da concentração de oxigênio no ambiente é:

- a) Aquecer as águas dos rios para aumentar a velocidade de decomposição dos dejetos.
- b) Retirar do esgoto os materiais ricos em nutrientes para diminuir a sua concentração nos rios.
- c) Adicionar bactérias anaeróbicas às águas dos rios para que elas sobrevivam mesmo sem o oxigênio.
- d) Substituir produtos não degradáveis por biodegradáveis para que as bactérias possam utilizar os nutrientes.
- e) Aumentar a solubilidade dos dejetos no esgoto para que os nutrientes fiquem mais acessíveis às bactérias.

### QUESTÃO 59

[ 100365 ]. (Enem 2010) No ano de 2000, um vazamento em dutos de óleo na baía de Guanabara (RJ) causou um dos maiores acidentes ambientais do Brasil. Além de afetar a fauna e a flora, o acidente abalou o equilíbrio da cadeia alimentar de toda a baía. O petróleo forma uma película na superfície da água, o que prejudica as trocas gasosas da atmosfera com a água e desfavorece a realização de fotossíntese pelas algas, que estão na base da cadeia alimentar hídrica. Além disso, o derramamento de óleo contribuiu para o envenenamento das árvores e, conseqüentemente, para a intoxicação da fauna e flora aquáticas, bem como conduziu à morte diversas espécies de animais, entre outras formas de vida, afetando também a atividade pesqueira.

LAUBIER, L. *Diversidade da Maré Negra*. In: *Scientific American Brasil* 4(39), ago. 2005 (adaptado).

A situação exposta no texto e suas implicações

- a) indicam a independência da espécie humana com relação ao ambiente marinho.
- b) alertam para a necessidade do controle da poluição ambiental para redução do efeito estufa.
- c) ilustram a interdependência das diversas formas de vida (animal, vegetal e outras) e o seu habitat.

d) indicam a alta resistência do meio ambiente à ação do homem, além de evidenciar a sua sustentabilidade mesmo em condições extremas de poluição.

e) evidenciam a grande capacidade animal de se adaptar às mudanças ambientais, em contraste com a baixa capacidade das espécies vegetais, que estão na base da cadeia alimentar hídrica.

### QUESTÃO 60

[ 91037 ]. (Enem 2009) O lixo orgânico de casa – constituído de restos de verduras, frutas, legumes, cascas de ovo, aparas de grama, entre outros –, se for depositado nos lixões, pode contribuir para o aparecimento de animais e de odores indesejáveis.

Entretanto, sua reciclagem gera um excelente adubo orgânico, que pode ser usado no cultivo de hortaliças, frutíferas e plantas ornamentais. A produção do adubo ou composto orgânico se dá por meio da compostagem, um processo simples que requer alguns cuidados especiais. O material que é acumulado diariamente em recipientes próprios deve ser revirado com auxílio de ferramentas adequadas, semanalmente, de forma a homogeneizá-lo. É preciso também umedecê-lo periodicamente. O material de restos de capina pode ser intercalado entre uma camada e outra de lixo da cozinha. Por meio desse método, o adubo orgânico estará pronto em aproximadamente dois a três meses.

Suponha que uma pessoa, desejosa de fazer seu próprio adubo orgânico, tenha seguido o procedimento descrito no texto, exceto no que se refere ao umedecimento periódico do composto. Nessa situação,

- a) o processo de compostagem iria produzir intenso mau cheiro.
- b) o adubo formado seria pobre em matéria orgânica que não foi transformada em composto.
- c) a falta de água no composto vai impedir que microrganismos decomponham a matéria orgânica.
- d) a falta de água no composto iria elevar a temperatura da mistura, o que resultaria na perda de nutrientes essenciais.
- e) apenas microrganismos que independem de oxigênio poderiam agir sobre a matéria orgânica e transformá-la em adubo.

### QUESTÃO 61

[ 91036 ]. (Enem 2009) Uma pesquisadora deseja reflorestar uma área de mata ciliar quase que totalmente desmatada. Essa formação vegetal é um tipo de floresta muito comum nas margens de rios dos cerrados no Brasil central e, em seu clímax, possui vegetação arbórea perene e apresenta dossel fechado, com pouca incidência luminosa no solo e nas plântulas. Sabe-se que a incidência de luz, a disponibilidade de nutrientes e a umidade do solo são os principais fatores do meio ambiente físico que influenciam no desenvolvimento da planta. Para testar unicamente os efeitos da variação de luz, a pesquisadora analisou, em casas de vegetação com condições controladas, o desenvolvimento de plantas de 10 espécies nativas da região desmatada sob quatro condições de luminosidade: uma sob sol pleno e as demais em diferentes níveis de sombreamento. Para cada tratamento experimental, a pesquisadora relatou se o desenvolvimento da planta foi **bom**, **razoável** ou **ruim**, de acordo com critérios específicos. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Espécie	Condição de Luminosidade			
	Sol pleno	Sombreamento		
		30%	50%	90%
1	Razoável	Bom	Razoável	Ruim
2	Bom	Razoável	Ruim	Ruim
3	Bom	Bom	Razoável	Ruim

4	Bom	Bom	Bom	Bom
5	Bom	Razoável	Ruim	Ruim
6	Ruim	Razoável	Bom	Bom
7	Ruim	Ruim	Ruim	Razoável
8	Ruim	Ruim	Razoável	Ruim
9	Ruim	Razoável	Bom	Bom
10	Razoável	Razoável	Razoável	Bom

Para o reflorestamento da região desmatada,

- a) a espécie 8 é mais indicada que a 1, uma vez que aquela possui melhor adaptação a regiões com maior incidência de luz.
- b) recomenda-se a utilização de espécies pioneiras, isto é, aquelas que suportam alta incidência de luz, como as espécies 2, 3 e 5.
- c) sugere-se o uso de espécies exóticas, pois somente essas podem suportar a alta incidência luminosa característica de regiões desmatadas.
- d) espécies de comunidade clímax, como as 4 e 7, são as mais indicadas, uma vez que possuem boa capacidade de aclimação a diferentes ambientes.
- e) é recomendado o uso de espécies com melhor desenvolvimento à sombra, como as plantas das espécies 4, 6, 7, 9 e 10, pois essa floresta, mesmo no estágio de degradação referido, possui dossel fechado, o que impede a entrada de luz.

### QUESTÃO 62

[ 91038 ]. (Enem 2009) O cultivo de camarões de água salgada vem se desenvolvendo muito nos últimos anos na região Nordeste do Brasil e, em algumas localidades, passou a ser a principal atividade econômica. Uma das grandes preocupações dos impactos negativos dessa atividade está relacionada à descarga, sem nenhum tipo de tratamento, dos efluentes dos viveiros diretamente no ambiente marinho, em estuários ou em manguezais. Esses efluentes possuem matéria orgânica particulada e dissolvida, amônia, nitrito, nitrato, fosfatos, partículas de sólidos em suspensão e outras substâncias que podem ser consideradas contaminantes potenciais.

CASTRO, C. B.; ARAGÃO, J. S.; COSTA-LOTUFO, L. V. *Monitoramento da toxicidade de efluentes de uma fazenda de cultivo de camarão marinho*. Anais do IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2006 (adaptado).

Suponha que tenha sido construída uma fazenda de carcinicultura próxima a um manguezal. Entre as perturbações ambientais causadas pela fazenda, espera-se que

- a) a atividade microbiana se torne responsável pela reciclagem do fósforo orgânico excedente no ambiente marinho.
- b) a relativa instabilidade das condições marinhas torne as alterações de fatores físico-químicos pouco críticas à vida no mar.
- c) a amônia excedente seja convertida em nitrito, por meio do processo de nitrificação, e em nitrato, formado como produto intermediário desse processo.
- d) os efluentes promovam o crescimento excessivo de plantas aquáticas devido à alta diversidade de espécies vegetais permanentes no manguezal.
- e) o impedimento da penetração da luz pelas partículas em suspensão venha a comprometer a produtividade primária do ambiente marinho, que resulta da atividade metabólica do fitoplâncton.

### QUESTÃO 63

[ 83830 ]. (Enem 2008) Os ingredientes que compõem uma gotícula de nuvem são o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Em torno desse núcleo, que consiste em uma minúscula partícula em suspensão no ar, o vapor de água se condensa, formando uma gotícula microscópica, que, devido a uma série de processos físicos, cresce até precipitar-se como chuva. Na floresta Amazônica, a principal fonte natural de NCN é a própria

vegetação. As chuvas de nuvens baixas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs, aerossóis, à superfície, praticamente no mesmo lugar em que foram gerados pela floresta. As nuvens altas são carregadas por ventos mais intensos, de altitude, e viajam centenas de quilômetros de seu local de origem, exportando as partículas contidas no interior das gotas de chuva. Na Amazônia, cuja taxa de precipitação é uma das mais altas do mundo, o ciclo de evaporação e precipitação natural é altamente eficiente. Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.

Paulo Artaxo et al. O mecanismo da floresta para fazer chover. In: *Scientific American Brasil*, ano 1, nº. 11, abr./2003, p. 38-45 (com adaptações).

Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente

- a) da produção de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração das árvores.
- b) da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
- c) das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.
- d) das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.
- e) da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

### QUESTÃO 64

[ 83829 ]. (Enem 2008) Um jornal de circulação nacional publicou a seguinte notícia:

Choveu torrencialmente na madrugada de ontem em Roraima, horas depois de os pajés caiapós Mantii e Kucrit, levados de Mato Grosso pela FUNAI, terem participado do ritual da dança da chuva, em Boa Vista. A chuva durou três horas em todo o estado e as previsões indicam que continuará pelo menos até amanhã. Com isso, será possível acabar de vez com o incêndio que ontem completou 63 dias e devastou parte das florestas do estado.

*Jornal do Brasil* abril/1998 (com adaptações).

Considerando a situação descrita, avalie as afirmativas seguintes.

- I. No ritual indígena, a dança da chuva, mais que constituir uma manifestação artística, tem a função de intervir no ciclo da água.
- II. A existência da dança da chuva em algumas culturas está relacionada à importância do ciclo da água para a vida.
- III. Uma das informações do texto pode ser expressa em linguagem científica da seguinte forma: a dança da chuva seria efetiva se provocasse a precipitação das gotículas de água das nuvens.

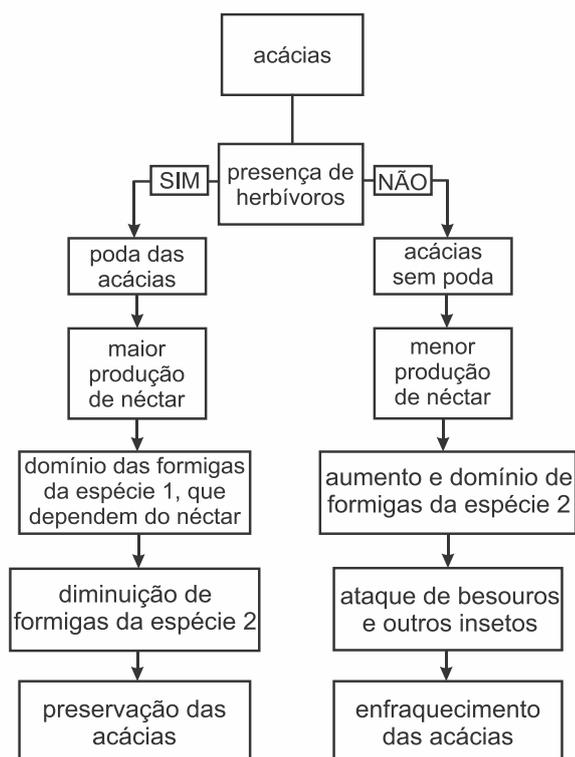
É correto o que se afirma em

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

### QUESTÃO 65

[ 83838 ]. (Enem 2008) Um grupo de ecólogos esperava encontrar aumento de tamanho das acácias, árvores preferidas de grandes mamíferos herbívoros africanos, como girafas e elefantes, já que a área estudada era cercada para evitar a entrada desses herbívoros. Para espanto dos cientistas, as acácias pareciam menos viçosas, o que os levou a compará-las com outras de duas áreas de savana: uma área na qual os

herbívoros circulam livremente e fazem podas regulares nas acácias, e outra de onde eles foram retirados há 15 anos. O esquema a seguir mostra os resultados observados nessas duas áreas.



Internet: <cienciahoje.uol.com.br> (com adaptações).

De acordo com as informações acima,

- a) a presença de populações de grandes mamíferos herbívoros provoca o declínio das acácias.
- b) os hábitos de alimentação constituem um padrão de comportamento que os herbívoros aprendem pelo uso, mas que esquecem pelo desuso.
- c) as formigas da espécie 1 e as acácias mantêm uma relação benéfica para ambas.
- d) os besouros e as formigas da espécie 2 contribuem para a sobrevivência das acácias.
- e) a relação entre os animais herbívoros, as formigas e as acácias é a mesma que ocorre entre qualquer predador e sua presa.

## QUESTÃO 66

[ 83832 ]. (Enem 2008) Usada para dar estabilidade aos navios, a água de lastro acarreta grave problema ambiental: ela introduz, indevidamente, no país, espécies indesejáveis do ponto de vista ecológico e sanitário, a exemplo do mexilhão dourado, molusco originário da China. Trazido para o Brasil pelos navios mercantes, o mexilhão dourado foi encontrado na bacia Paraná-Paraguai em 1991. A disseminação desse molusco e a ausência de predadores para conter o crescimento da população de moluscos causaram vários problemas, como o que ocorreu na hidrelétrica de Itaipu, onde o mexilhão alterou a rotina de manutenção das turbinas, acarretando prejuízo de US\$ 1 milhão por dia, devido à paralisação do sistema. Uma das estratégias utilizadas para diminuir o problema é acrescentar gás cloro à água, o que reduz em cerca de 50% a taxa de reprodução da espécie.

(GTÁGUAS, MPF, 4ª CCR, ano 1, nº. 2, maio/2007, com adaptações.)

De acordo com as informações do texto, o despejo da água de lastro

- a) é ambientalmente benéfico por contribuir para a seleção natural das espécies e, conseqüentemente, para a evolução delas.
- b) trouxe da China um molusco, que passou a compor a flora aquática nativa do lago da hidrelétrica de Itaipu.

c) causou, na usina de Itaipu, por meio do microrganismo invasor, uma redução do suprimento de água para as turbinas.

d) introduziu uma espécie exógena na bacia Paraná-Paraguai, que se disseminou até ser controlada por seus predadores naturais.

e) motivou a utilização de um agente químico na água como uma das estratégias para diminuir a reprodução do mexilhão dourado.

## QUESTÃO 67

[ 83831 ]. (Enem 2008) 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.

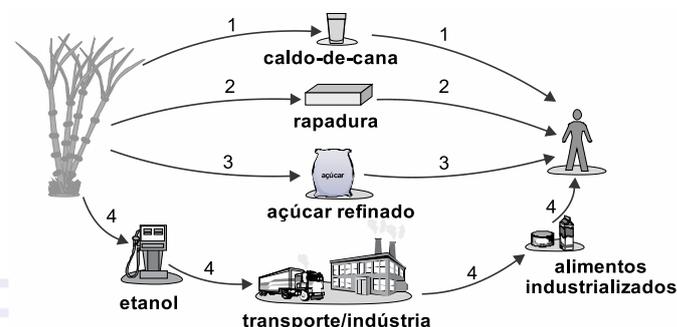
Internet: <http://oglobo.globo.com> (com adaptações)

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.

## QUESTÃO 68

[ 79981 ]. (Enem 2007) Há diversas maneiras de o ser humano obter energia para seu próprio metabolismo utilizando energia armazenada na cana-de-açúcar. O esquema a seguir apresenta quatro alternativas dessa utilização.



A partir dessas informações, conclui-se que

- a) a alternativa 1 é a que envolve maior diversidade de atividades econômicas.
- b) a alternativa 2 é a que provoca maior emissão de gás carbônico para a atmosfera.
- c) as alternativas 3 e 4 são as que requerem menor conhecimento tecnológico.
- d) todas as alternativas requerem trabalho humano para a obtenção de energia.

e) todas as alternativas ilustram o consumo direto, pelo ser humano, da energia armazenada na cana.



### QUESTÃO 69

[ 75440 ]. (Enem 2007) Devido ao aquecimento global e à consequente diminuição da cobertura de gelo no Ártico, aumenta a distância que os ursos polares precisam nadar para encontrar alimentos. Apesar de exímios nadadores, eles acabam morrendo afogados devido ao cansaço.

A situação descrita acima

- a) enfoca o problema da interrupção da cadeia alimentar, o qual decorre das variações climáticas.
- b) alerta para prejuízos que o aquecimento global pode acarretar à biodiversidade no Ártico.
- c) ressalta que o aumento da temperatura decorrente de mudanças climáticas permite o surgimento de novas espécies.
- d) mostra a importância das características das zonas frias para a manutenção de outros biomas na Terra.
- e) evidencia a autonomia dos seres vivos em relação ao habitat, visto que eles se adaptam rapidamente às mudanças nas condições climáticas.



### QUESTÃO 70

[ 75439 ]. (Enem 2007) Nos últimos 50 anos, as temperaturas de inverno na península antártica subiram quase 6 °C. Ao contrário do esperado, o aquecimento tem aumentado a precipitação de neve. Isso ocorre porque o gelo marinho, que forma um manto impermeável sobre o oceano, está derretendo devido à elevação de temperatura, o que permite que mais umidade escape para a atmosfera. Essa umidade cai na forma de neve.

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

*Scientific American Brasil*, ano 2, nº. 21, 2004, p.80 (com adaptações).

A partir do texto, analise as seguintes afirmativas.

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

É correto o que se afirma

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



### QUESTÃO 71

[ 75435 ]. (Enem 2007) Se a exploração descontrolada e predatória verificada atualmente continuar por mais alguns anos, pode-se antecipar a extinção do mogno. Essa madeira já desapareceu de extensas áreas do Pará, de Mato Grosso, de Rondônia, e há indivíduos de que a diversidade e o número de indivíduos existentes podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência da espécie a longo prazo. A diversidade é um elemento fundamental na sobrevivência de qualquer ser vivo. Sem ela, perde-se a capacidade de adaptação ao ambiente, que muda tanto por interferência humana como por causas naturais.

Internet: <www.greenpeace.org.br> (com adaptações).

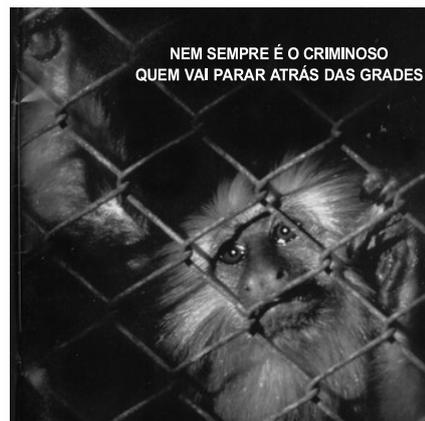
Com relação ao problema descrito no texto, é correto afirmar que

- a) a baixa adaptação do mogno ao ambiente amazônico é causa da extinção dessa madeira.
- b) a extração predatória do mogno pode reduzir o número de indivíduos dessa espécie e prejudicar sua diversidade genética.
- c) as causas naturais decorrentes das mudanças climáticas globais contribuem mais para a extinção do mogno que a interferência humana.
- d) a redução do número de árvores de mogno ocorre na mesma medida em que aumenta a diversidade biológica dessa madeira na região amazônica.
- e) o desinteresse do mercado madeireiro internacional pelo mogno contribuiu para a redução da exploração predatória dessa espécie.



### QUESTÃO 72

[ 75434 ]. (Enem 2007) A figura a seguir é parte de uma campanha publicitária.



Com *Ciência Ambiental*, n.º 10, abr./2007.

Essa campanha publicitária relaciona-se diretamente com a seguinte afirmativa:

- a) O comércio ilícito da fauna silvestre, atividade de grande impacto, é uma ameaça para a biodiversidade nacional.
- b) A manutenção do mico-leão-dourado em jaula é a medida que garante a preservação dessa espécie animal.
- c) O Brasil, primeiro país a eliminar o tráfico do mico-leão-dourado, garantiu a preservação dessa espécie.
- d) O aumento da biodiversidade em outros países depende do comércio ilegal da fauna silvestre brasileira.
- e) O tráfico de animais silvestres é benéfico para a preservação das espécies, pois garante-lhes a sobrevivência.



### QUESTÃO 73

[ 68326 ]. (Enem 2006) A produção industrial de celulose e de papel estão associados alguns problemas ambientais. Um exemplo são os odores característicos dos compostos voláteis de enxofre (mercaptanas) que se formam durante a remoção da lignina da principal matéria-prima para a obtenção industrial das fibras celulósicas que formam o papel: a madeira. É nos estágios de branqueamento que se encontra um dos principais problemas ambientais causados pelas indústrias de celulose. Reagentes como cloro e hipoclorito de sódio reagem com a lignina residual, levando à formação de compostos organoclorados. Esses compostos, presentes na água industrial, despejada em grande quantidade nos rios pelas indústrias de papel, não são biodegradáveis e acumulam-se nos tecidos vegetais e animais, podendo levar a alterações genéticas.

Celênia P. Santos et al. Papel: como se fabrica? In: *Química nova na escola*. nº. 14, nov./2001, p. 3-7 (com adaptações).

Para se diminuir os problemas ambientais decorrentes da fabricação do papel, é recomendável

- a) a criação de legislação mais branda, a fim de favorecer a fabricação de papel biodegradável.
- b) a diminuição das áreas de reflorestamento, com o intuito de reduzir o volume de madeira utilizado na obtenção de fibras celulósicas.
- c) a distribuição de equipamentos de desodorização à população que vive nas adjacências de indústrias de produção de papel.
- d) o tratamento da água industrial, antes de retorná-la aos cursos d'água, com o objetivo de promover a degradação dos compostos orgânicos solúveis.
- e) o recolhimento, por parte das famílias que habitam as regiões circunvizinhas, dos resíduos sólidos gerados pela indústria de papel, em um processo de coleta seletiva de lixo.

### QUESTÃO 74

[ 68328 ]. (Enem 2006) Na região sul da Bahia, o cacau tem sido cultivado por meio de diferentes sistemas. Em um deles, o convencional, a primeira etapa de preparação do solo corresponde à retirada da mata e à queimada dos tocos e das raízes. Em seguida, para o plantio da quantidade máxima de cacau na área, os pés de cacau são plantados próximos uns dos outros. No cultivo pelo sistema chamado cabruca, os pés de cacau são abrigados entre as plantas de maior porte, em espaço aberto criado pela derrubada apenas das plantas de pequeno porte.

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

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

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

### QUESTÃO 75

[ 68329 ]. (Enem 2006) Quando um macho do besouro-da-cana localiza uma plantação de cana-de-açúcar, ele libera uma substância para que outros besouros também localizem essa plantação, o que causa sérios prejuízos ao agricultor. A substância liberada pelo besouro foi sintetizada em laboratório por um químico brasileiro. Com essa substância sintética, o agricultor pode fazer o feitiço virar contra o feitiço: usar a substância como isca e atrair os besouros para longe das plantações de cana.

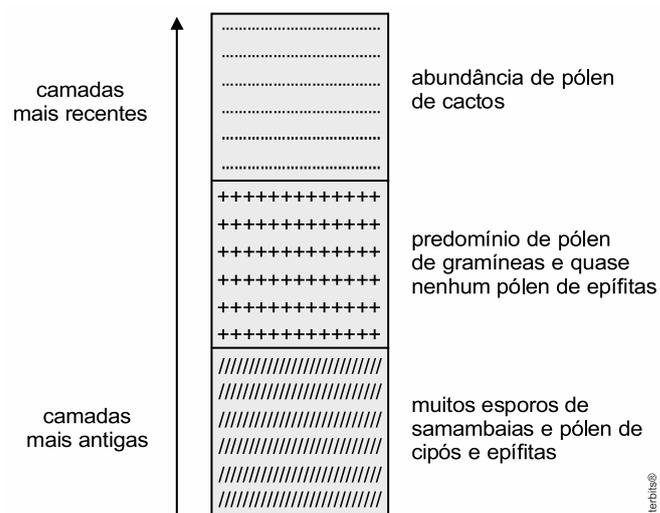
Folha Ciência. In: *Folha de S. Paulo*, 25/5/2004 (com adaptações).

Assinale a opção que apresenta corretamente tanto a finalidade quanto a vantagem ambiental da utilização da substância sintética mencionada.

- a) Finalidade: eliminar os besouros; Vantagem: reduzir as espécies que se alimentam da cana-de-açúcar.
- b) Finalidade: afastar os predadores da plantação; Vantagem: reduzir a necessidade de uso de agrotóxicos.
- c) Finalidade: exterminar os besouros; Vantagem: eliminar o uso de agrotóxicos.
- d) Finalidade: dispersar os besouros; Vantagem: evitar a incidência de novas pragas.
- e) Finalidade: afastar os predadores da plantação; Vantagem: aumentar as resistências dos canaviais.

### QUESTÃO 76

[ 68324 ]. (Enem 2006) A análise de esporos de samambaias e de pólen fossilizados contidos em sedimentos pode fornecer pistas sobre as formações vegetais de outras épocas. No esquema a seguir, que ilustra a análise de uma amostra de camadas contínuas de sedimentos, as camadas mais antigas encontram-se mais distantes da superfície.



Essa análise permite supor-se que o local em que foi colhida a amostra deve ter sido ocupado, sucessivamente, por

- a) floresta úmida, campos cerrados e caatinga.
- b) floresta úmida, floresta temperada e campos cerrados.
- c) campos cerrados, caatinga e floresta úmida.
- d) caatinga, floresta úmida e campos cerrados.
- e) campos cerrados, caatinga e floresta temperada.

### QUESTÃO 77

[ 68325 ]. (Enem 2006) A ocupação predatória associada à expansão da fronteira agropecuária e acelerada pelo plantio da soja tem deflagrado, com a perda da cobertura vegetal, a diminuição da biodiversidade, a erosão do solo, a escassez e a contaminação dos recursos hídricos no bioma cerrado.

Segundo ambientalistas, o cerrado brasileiro corre o risco de se transformar em um deserto.

A respeito desse assunto, analise as afirmações a seguir.

- I. Considerando-se que, em 2006, restem apenas 25% da cobertura vegetal original do cerrado e que, desse percentual, 3% sejam derrubados a cada ano, estima-se que, em 2030, o cerrado brasileiro se transformará em deserto.
- II. Sabe-se que a eventual extinção do bioma cerrado, dada a pobreza que o caracteriza, não causará impacto sistêmico no conjunto dos biomas brasileiros.
- III. A substituição de agrotóxicos por bioinseticidas reduz a contaminação dos recursos hídricos no bioma cerrado.

É correto o que se afirma

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



## QUESTÃO 78

[ 68327 ]. (Enem 2006) A MONTANHA PULVERIZADA

Esta manhã acordo e  
 não a encontro.  
 Britada em bilhões de lascas  
 deslizando em correia transportadora  
 entupindo 150 vagões  
 no trem-monstro de 5 locomotivas  
 - trem maior do mundo, tomem nota -  
 foge minha serra, vai  
 deixando no meu corpo a paisagem  
 mísero pó de ferro, e este não passa.

Carlos Drummond de Andrade. *Antologia poética*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

A situação poeticamente descrita sinaliza, do ponto de vista ambiental, para a necessidade de

- manter-se rigoroso controle sobre os processos de instalação de novas mineradoras.
- criarem-se estratégias para reduzir o impacto ambiental no ambiente degradado.
- reaproveitarem-se materiais, reduzindo-se a necessidade de extração de minérios.

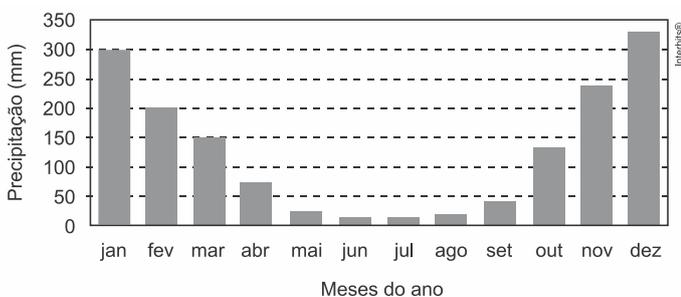
É correto o que se afirma

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



## QUESTÃO 79

[ 61744 ]. (Enem 2005) Em uma área observa-se o seguinte regime pluviométrico:



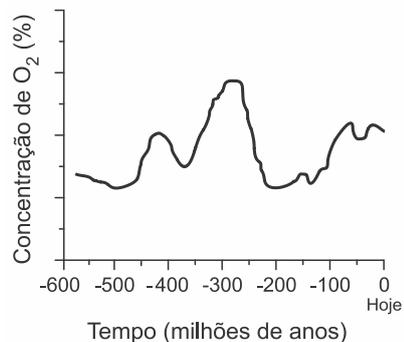
Os anfíbios são seres que podem ocupar tanto ambientes aquáticos quanto terrestres. Entretanto, há espécies de anfíbios que passam todo o tempo na terra ou então na água. Apesar disso, a maioria das espécies terrestres depende de água para se reproduzir e o faz quando essa existe em abundância. Os meses do ano em que, nessa área, esses anfíbios terrestres poderiam se reproduzir mais eficientemente são de

- setembro a dezembro.
- novembro a fevereiro.
- janeiro a abril.
- março a julho.
- maio a agosto.



## QUESTÃO 80

[ 61748 ]. (Enem 2005) Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio ( $O_2$ ) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:



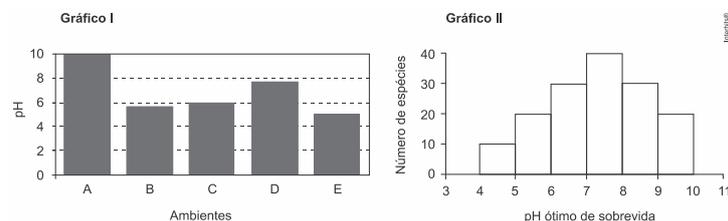
No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano. Sabendo-se que o  $O_2$  é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que

- a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
- a produção de energia dos organismos fotossintéticos causou a extinção em massa no período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
- o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento de concentração de oxigênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.
- o aumento da concentração de gás carbônico ( $CO_2$ ) atmosférico no período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
- a redução da concentração de oxigênio atmosférico no período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.



## QUESTÃO 81

[ 61736 ]. (Enem 2005) Um estudo caracterizou 5 ambientes aquáticos, nomeados de A a E, em uma região, medindo parâmetros físico-químicos de cada um deles, incluindo o pH nos ambientes. O gráfico I representa os valores de pH dos 5 ambientes. Utilizando o gráfico II, que representa a distribuição estatística de espécies em diferentes faixas de pH, pode-se esperar um maior número de espécies no ambiente:



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



## QUESTÃO 82

[ 61735 ]. (Enem 2005) 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 acima, 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.

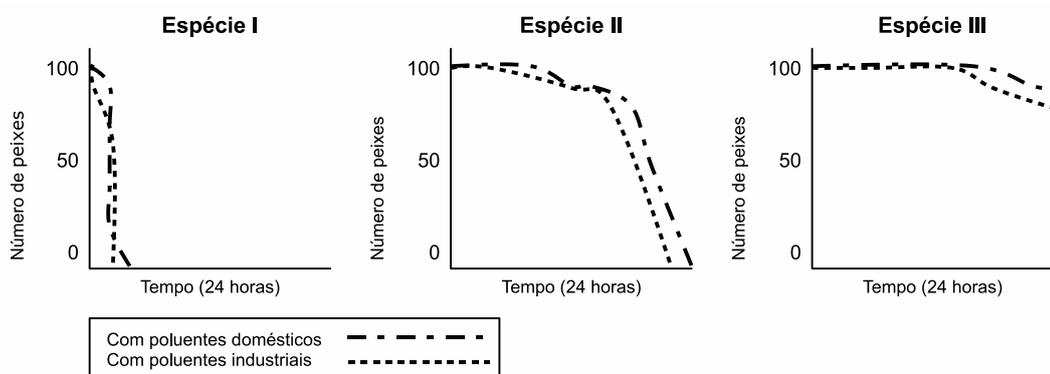
e) o aumento da biodiversidade, a longo prazo, foi favorecido pela introdução de mais dois tipos de animais na ilha.



### QUESTÃO 83

[ 61738 ]. (Enem 2005) Quando um reservatório de água é agredido ambientalmente por poluição de origem doméstica ou industrial, uma rápida providência é fundamental para diminuir os danos ecológicos. Como o monitoramento constante dessas águas demanda aparelhos caros e testes demorados, cientistas têm se utilizado de biodetectores, como peixes que são colocados em gaiolas dentro da água, podendo ser observados periodicamente. Para testar a resistência de três espécies de peixes, cientistas separaram dois grupos de cada espécie, cada um com cem peixes, totalizando seis grupos. Foi, então, adicionada a mesma quantidade de poluentes de origem doméstica e industrial, em separado. Durante o período de 24 horas, o número de indivíduos passou a ser contado de hora em hora.

Os resultados são apresentados a seguir.



Pelos resultados obtidos, a espécie de peixe mais indicada para ser utilizada como detectora de poluição, a fim de que sejam tomadas providências imediatas, seria

a) a espécie I, pois sendo menos resistente à poluição, morreria mais rapidamente após a contaminação.

b) a espécie II, pois sendo a mais resistente, haveria mais tempo para testes.

c) a espécie III, pois como apresenta resistência diferente à poluição doméstica e industrial, propicia estudos posteriores.

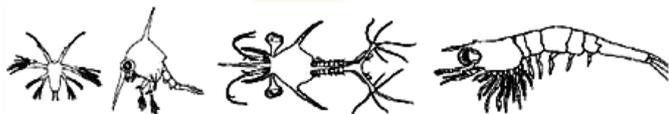
d) as espécies I e III juntas, pois tendo resistência semelhante em relação à poluição permitem comparar resultados.

e) as espécies II e III juntas, pois como são pouco tolerantes à poluição, propiciam um rápido alerta.



### QUESTÃO 84

[ 61741 ]. (Enem 2005) A atividade pesqueira é antes de tudo extrativista, o que causa impactos ambientais. Muitas espécies já apresentam sério comprometimento em seus estoques e, para diminuir esse impacto, várias espécies vêm sendo cultivadas. No Brasil, o cultivo de algas, mexilhões, ostras, peixes e camarões vem sendo realizado há alguns anos, com grande sucesso, graças ao estudo minucioso da biologia dessas espécies.



Algumas das fases larvárias de crustáceos

Os crustáceos decápodes, por exemplo, apresentam durante seu desenvolvimento larvário, várias etapas com mudança radical de sua forma. Não só a sua forma muda, mas também a sua alimentação e habitat. Isso faz com que os criadores estejam atentos a essas mudanças, porque a alimentação ministrada tem de mudar a cada fase.

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

sobrevivência, pois

a) aumenta a predação entre os indivíduos.

b) aumenta o ritmo de crescimento.

c) diminui a competição entre os indivíduos da mesma espécie.

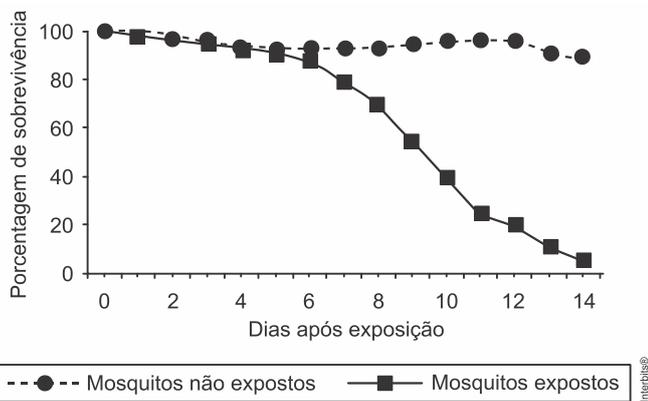
d) diminui a quantidade de nichos ecológicos ocupados pela espécie.

e) mantém a uniformidade da espécie.



### QUESTÃO 85

[ 61745 ]. (Enem 2005) Foram publicados recentemente trabalhos relatando o uso de fungos como controle biológico de mosquitos transmissores da malária. Observou-se o percentual de sobrevivência dos mosquitos *Anopheles sp.* após exposição ou não a superfícies cobertas com fungos sabidamente pesticidas, ao longo de duas semanas. Os dados obtidos estão presentes no gráfico a seguir.

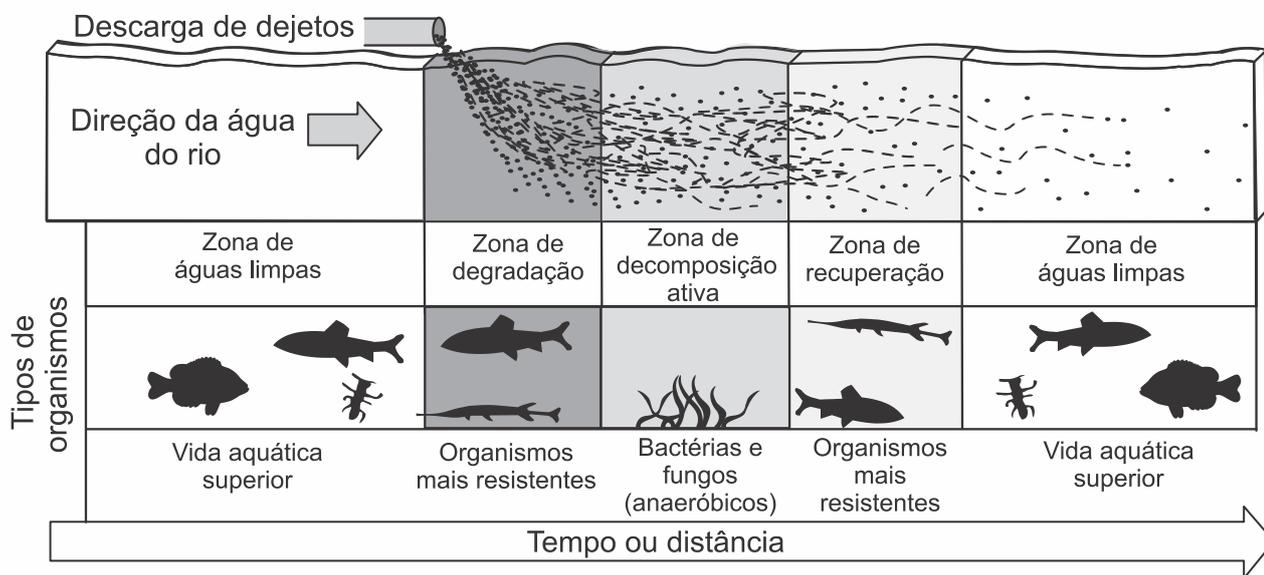


No grupo exposto aos fungos, o período em que houve 50% de sobrevivência ocorreu entre os dias

- a) 2 e 4.
- b) 4 e 6.
- c) 6 e 8.
- d) 8 e 10.
- e) 10 e 12.

### QUESTÃO 86

[ 54345 ]. (Enem 2004) Um rio que é localmente degradado por dejetos orgânicos nele lançados pode passar por um processo de autodepuração. No entanto, a recuperação depende, entre outros fatores, da carga de dejetos recebida, da extensão e do volume do rio. Nesse processo, a distribuição das populações de organismos consumidores e decompositores varia, conforme mostra o esquema:



(B. Braga et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*.)

Com base nas informações fornecidas pelo esquema, são feitas as seguintes considerações sobre o processo de depuração do rio:

- I. a vida aquática superior pode voltar a existir a partir de uma certa distância do ponto de lançamento dos dejetos;
- II. os organismos decompositores são os que sobrevivem onde a oferta de oxigênio é baixa ou inexistente e a matéria orgânica é abundante;
- III. as comunidades biológicas, apesar da poluição, não se alteram ao longo do processo de recuperação.

Está correto o que se afirma em

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

### QUESTÃO 87

[ 54374 ]. (Enem 2004) O bicho-furão-dos-citros causa prejuízos anuais de US\$ 50 milhões à citricultura brasileira, mas pode ser combatido eficazmente se um certo agrotóxico for aplicado à plantação no momento adequado. É possível determinar esse momento utilizando-se uma

armadilha constituída de uma caixinha de papelão, contendo uma pastilha com o feromônio da fêmea e um adesivo para prender o macho. Verificando periodicamente a armadilha, percebe-se a época da chegada do inseto. Uma vantagem do uso dessas armadilhas, tanto do ponto de vista ambiental como econômico, seria

- a) otimizar o uso de produtos agrotóxicos.

- b) diminuir a população de predadores do bicho-furão.
- c) capturar todos os machos do bicho-furão.
- d) reduzir a área destinada à plantação de laranjas.
- e) espantar o bicho-furão das proximidades do pomar.

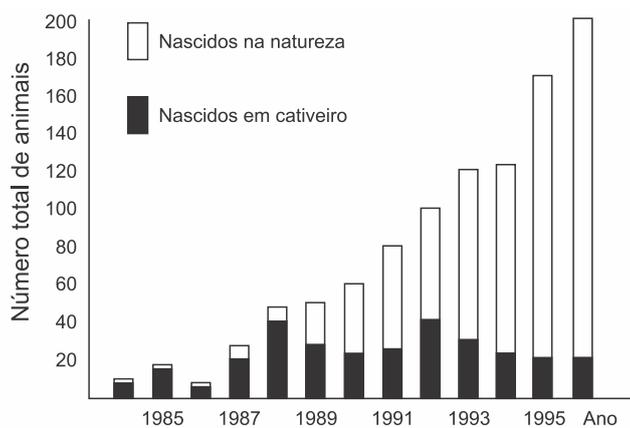


### QUESTÃO 88

[ 54373 ]. (Enem 2004) 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 e Rodrigues, *Biologia da Conservação*)

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

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



### QUESTÃO 89

[ 50111 ]. (Enem 2003) A falta de água doce no Planeta será, possivelmente, um dos mais graves problemas deste século. Prevê-se que, nos próximos vinte anos, a quantidade de água doce disponível para cada habitante será drasticamente reduzida.

Por meio de seus diferentes usos e consumos, as atividades humanas interferem no ciclo da água, alterando

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



### QUESTÃO 90

[ 50117 ]. (Enem 2003) Do ponto de vista ambiental, uma distinção importante que se faz entre os combustíveis é serem provenientes ou não de fontes renováveis. No caso dos derivados de petróleo e do álcool de cana, essa distinção se caracteriza

- a) pela diferença nas escalas de tempo de formação das fontes, período geológico no caso do petróleo e anual no da cana.
- b) pelo maior ou menor tempo para se reciclar o combustível utilizado, tempo muito maior no caso do álcool.
- c) pelo maior ou menor tempo para se reciclar o combustível utilizado, tempo muito maior no caso dos derivados do petróleo.
- d) pelo tempo de combustão de uma mesma quantidade de combustível, tempo muito maior para os derivados do petróleo do que do álcool.
- e) pelo tempo de produção de combustível, pois o refino do petróleo leva dez vezes mais tempo do que a destilação do fermento de cana.



### QUESTÃO 91

[ 50112 ]. (Enem 2003) Considerando a riqueza dos recursos hídricos brasileiros, uma grave crise de água em nosso país poderia ser motivada por

- a) reduzida área de solos agricultáveis.
- b) ausência de reservas de águas subterrâneas.
- c) escassez de rios e de grandes bacias hidrográficas.
- d) falta de tecnologia para retirar o sal da água do mar.
- e) degradação dos mananciais e desperdício no consumo.



### QUESTÃO 92

[ 50114 ]. (Enem 2003) A caixinha utilizada em embalagens como as de leite "longa vida" é chamada de "tetra brick", por ser composta de quatro camadas de diferentes materiais, incluindo alumínio e plástico, e ter a forma de um tijolo (brick, em inglês).

Esse material, quando descartado, pode levar até cem anos para se decompor.

Considerando os impactos ambientais, seria mais adequado

- a) utilizar soda cáustica para amolecer as embalagens e só então descartá-las.
- b) promover a coleta seletiva, de modo a reaproveitar as embalagens para outros fins.
- c) aumentar a capacidade de cada embalagem, ampliando a superfície de contato com o ar para sua decomposição.
- d) constituir um aterro específico de embalagens "tetra brick", acondicionadas de forma a reduzir seu volume.
- e) proibir a fabricação de leite "longa vida", considerando que esse tipo de embalagem não é adequado para conservar o produto.



### QUESTÃO 93

[ 50116 ]. (Enem 2003) Em um debate sobre o futuro do setor de transporte de uma grande cidade brasileira com trânsito intenso, foi apresentado um conjunto de propostas.

Entre as propostas reproduzidas a seguir, aquela que atende, ao mesmo tempo, a implicações sociais e ambientais presentes nesse setor é

- a) proibir o uso de combustíveis produzidos a partir de recursos naturais.
- b) promover a substituição de veículos a diesel por veículos a gasolina.
- c) incentivar a substituição do transporte individual por transportes coletivos.
- d) aumentar a importação de diesel para substituir os veículos a álcool.
- e) diminuir o uso de combustíveis voláteis devido ao perigo que representam.

## QUESTÃO 94

[ 50113 ]. (Enem 2003) Considerando os custos e a importância da preservação dos recursos hídricos, uma indústria decidiu purificar parte da água que consome para reutilizá-la no processo industrial. De uma perspectiva econômica e ambiental, a iniciativa é importante porque esse processo

- permite que toda água seja devolvida limpa aos mananciais.
- diminui a quantidade de água adquirida e comprometida pelo uso industrial.
- reduz o prejuízo ambiental, aumentando o consumo de água.
- torna menor a evaporação da água e mantém o ciclo hidrológico inalterado.
- recupera o rio onde são lançadas as águas utilizadas.

## QUESTÃO 95

[ 50115 ]. (Enem 2003) Um grupo de estudantes, saindo de uma escola, observou uma pessoa catando latinhas de alumínio jogadas na calçada. Um deles considerou curioso que a falta de civilidade de quem deixa lixo pelas ruas acaba sendo útil para a subsistência de um desempregado. Outro estudante comentou o significado econômico da sucata recolhida, pois ouvira dizer que a maior parte do alumínio das latas estaria sendo reciclada. Tentando sintetizar o que estava sendo observado, um terceiro estudante fez três anotações, que apresentou em aula no dia seguinte:

- A catação de latinhas é prejudicial à indústria de alumínio;
  - A situação observada nas ruas revela uma condição de duplo desequilíbrio: do ser humano com a natureza e dos seres humanos entre si;
  - Atividades humanas resultantes de problemas sociais e ambientais podem gerar reflexos (refletir) na economia.
- Dessas afirmações, você tenderia a concordar, apenas, com
- I e II

- I e III
- II e III
- II
- III

## QUESTÃO 96

[ 50110 ]. (Enem 2003) A biodiversidade diz respeito tanto a genes, espécies, ecossistemas, como a funções, e coloca problemas de gestão muito diferenciados. É carregada de normas de valor. Proteger a biodiversidade pode significar:

- a eliminação da ação humana, como é a proposta da ecologia radical;
- a proteção das populações cujos sistemas de produção e cultura repousam num dado ecossistema;
- a defesa dos interesses comerciais de firmas que utilizam a biodiversidade como matéria-prima, para produzir mercadorias.

(Adaptado de GARAY, I. & DIAS, B. *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*)

De acordo com o texto, no tratamento da questão da biodiversidade no Planeta,

- o principal desafio é conhecer todos os problemas dos ecossistemas, para conseguir protegê-los da ação humana.
- os direitos e os interesses comerciais dos produtores devem ser defendidos, independentemente do equilíbrio ecológico.
- deve-se valorizar o equilíbrio do meio ambiente, ignorando-se os conflitos gerados pelo uso da terra e seus recursos.
- o enfoque ecológico é mais importante do que o social, pois as necessidades das populações não devem constituir preocupação para ninguém.
- há diferentes visões em jogo, tanto as que só consideram aspectos ecológicos, quanto as que levam em conta aspectos sociais e econômicos.

## QUESTÃO 97

[ 42325 ]. (Enem 2002)

### GARFIELD



O Globo, 01/09/2001.

Na charge, a arrogância do gato com relação ao comportamento alimentar da minhoca, do ponto de vista biológico,

- não se justifica, porque ambos, como consumidores, devem "cavar" diariamente o seu próprio alimento.
- é justificável, visto que o felino possui função superior à da minhoca numa teia alimentar.
- não se justifica, porque ambos são consumidores primários em uma teia alimentar.
- é justificável, porque as minhocas, por se alimentarem de detritos, não participam das cadeias alimentares.
- é justificável, porque os vertebrados ocupam o topo das teias alimentares.



## QUESTÃO 98

[42323]. (Enem 2002) Artemia é um camarão primitivo que vive em águas salgadas, sendo considerado um fóssil vivo. Surpreendentemente, possui uma propriedade semelhante à dos vegetais que é a diapausa, isto é, a capacidade de manter ovos dormentes (embriões latentes) por muito tempo. Fatores climáticos ou alterações ambientais podem subitamente ativar a eclosão dos ovos, assim como, nos vegetais, tais alterações induzem a germinação de sementes.

Vários estudos têm sido realizados com artemias, pois estes animais apresentam características que sugerem um potencial biológico: possuem alto teor de proteína e são capazes de se alimentar de partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão. Tais características podem servir de parâmetro para uma avaliação do potencial econômico e ecológico da artemia.

Em um estudo foram consideradas as seguintes possibilidades:

- I. A variação da população de artemia pode ser usada como um indicador de poluição aquática.
- II. A artemia pode ser utilizada como um agente de descontaminação ambiental, particularmente em ambientes aquáticos.
- III. A eclosão dos ovos é um indicador de poluição química.
- IV. Os camarões podem ser utilizados como fonte alternativa de alimentos de alto teor nutritivo.

É correto apenas o que se afirma em

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



## QUESTÃO 99

[42326]. (Enem 2002) Nos peixamentos - designação dada à introdução de peixes em sistemas aquáticos, nos quais a qualidade da água reduziu as populações nativas de peixes - podem ser utilizados peixes importados de outros países, peixes produzidos em unidades de piscicultura ou, como é o caso da grande maioria dos peixamentos no Brasil, de peixes capturados em algum ambiente natural e liberados em outro. Recentemente começaram a ser utilizados peixes híbridos, como os "paquis", obtidos por cruzamentos entre pacu e tambaqui; também é híbrida a espécie conhecida como surubim ou pintado, piscívoro de grande porte.

Em alguns julgamentos de crimes ambientais, as sentenças, de modo geral, condenam empresas culpadas pela redução da qualidade de cursos d'água a realizarem peixamentos. Em geral, os peixamentos tendem a ser repetidos muitas vezes numa mesma área.

A respeito da realização de peixamentos pelas empresas infratoras, pode-se considerar que essa penalidade

- a) não leva mais em conta os efeitos da poluição industrial, mas sim as suas causas.
- b) faz a devida diferenciação entre quantidade de peixes e qualidade ambiental.
- c) é indutora de ação que reverte uma das causas básicas da poluição.
- d) confunde quantidade de peixes com boa qualidade ambiental dos cursos d'água.
- e) obriga o poluidor a pagar pelos prejuízos ambientais que causa e a deixar de poluir.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	D	A	E	D	C	B	C	B	C
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	A	E	D	D	C	A	D	A	C
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	C	A	E	A	A	A	E	D	C
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
C	A	D	C	B	E	C	B	A	B
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
B	C	B	D	D	B	D	E	B	D
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60-
B	C	E	A	D	A	A	B	C	C
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
B	E	B	E	C	E	D	D	B	E
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
B	A	D	B	B	A	B	E	B	C
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
D	B	A	C	D	D	A	A	B	A
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
E	B	C	B	C	E	A	C	D	##

**GABARITO - ECOLOGIA**

tá aqui,  
tá em  
casa!



Oficina de  
**ESTUDOS**

 Clube Internacional do Recife, R. Benfica 505 - Madalena / Recife - PE

 [oficinadeestudos@oficinadeestudos.com.br](mailto:oficinadeestudos@oficinadeestudos.com.br)

 @souoficinadeestudos

 (81) 9 8305-9925  (81) 9 9820-7015  (81) 3039-0402