



Resumão

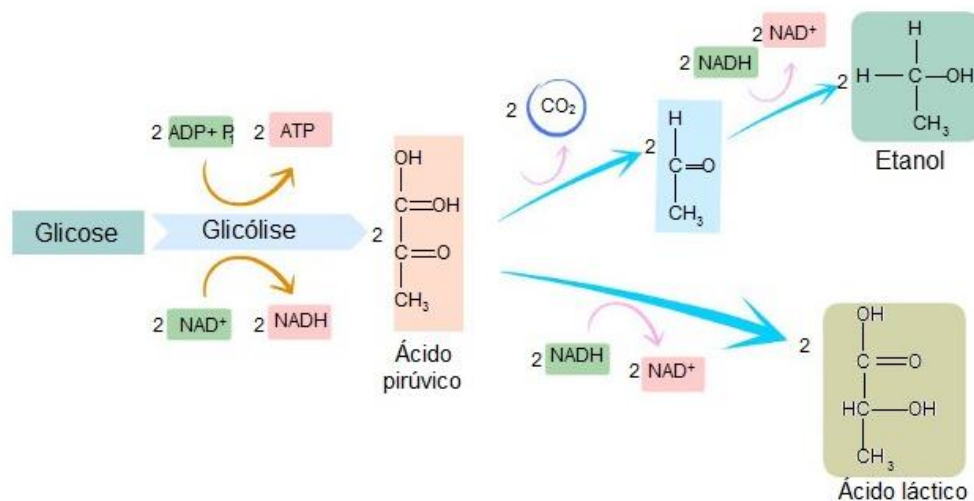
Maio

Fermentação e Respiração Anaeróbica

Resumo

A fermentação é um processo anaeróbico, que envolve a obtenção de energia a partir da glicólise, e subsequente formação de produtos secundários, que variam de acordo com o processo fermentativo. Há diversas formas de fermentação, mas as duas principais são:

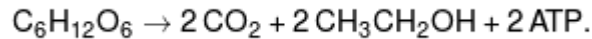
- **Fermentação láctica:** Devolução do H para o piruvato pelo NAD^{2H}, formando lactato/ácido láctico. É realizada por lactobacilos e pelas células musculares, principalmente. Gera apenas 2 ATP. Pode ser empregada para fabricação de iogurte.
- **Fermentação alcoólica:** O piruvato sofre uma descarboxilação, liberando CO₂. Isso origina uma molécula de acetaldeído, que receberá dois H oriundos do NAD^{2H}, formando um etanol. É realizada apenas por fungos, em especial as leveduras. Pode ser utilizada para fabricação de combustíveis, pães, massas, bebidas alcoólicas, entre outros produtos. O CO₂ liberado faz a massa do pão crescer e o etanol pode ser usado para consumo (cervejas, vinhos) ou para combustível.



A respiração anaeróbica apresenta as mesmas etapas e saldo energético da respiração celular aeróbica (36 ATP, com glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória). A diferença porém é que o oxigênio não está presente nesse tipo de metabolismo, sendo os aceptores finais de elétrons o nitrogênio ou o enxofre. Esse metabolismo está presente, por exemplo, em bactérias do ciclo do nitrogênio.

Exercícios

1. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* pode obter energia na ausência de oxigênio, de acordo com a equação



Produtos desse processo são utilizados na indústria de alimentos e bebidas. Em qual organela da levedura ocorre esse processo e o que é produzido?

- a) Ocorre nas mitocôndrias; produz cerveja e vinagre.
 - b) Ocorre nas mitocôndrias; produz cerveja e pão.
 - c) Ocorre no citosol; produz cerveja e pão.
 - d) Ocorre no citosol; produz iogurte e vinagre.
 - e) Ocorre no citosol e nas mitocôndrias; produz cerveja e iogurte.
2. A fermentação e a respiração celular apresentam uma etapa em comum, apesar de serem processos bastante distintos. Observe as alternativas a seguir e marque aquela que apresenta um processo comum à fermentação e à respiração celular.
- a) Ciclo de Krebs.
 - b) Glicólise.
 - c) Ciclo de Calvin.
 - d) Cadeia respiratória.
 - e) Cadeia transportadora de elétrons.
3. Na padaria, a fila para comprar pão era grande. O padeiro justificou que o pão não estava pronto porque a estufa, onde a massa era mantida, havia quebrado e a massa não havia crescido. Na produção do pão, a estufa é importante, pois garante a temperatura adequada para
- a) o processo de respiração anaeróbica das leveduras adicionadas à receita, que produzem o oxigênio que faz a massa crescer antes de ser assada.
 - b) a expansão do gás carbônico produzido pela respiração dos fungos adicionados à receita, expansão essa que garante o crescimento da massa.
 - c) a evaporação da água produzida pela respiração das leveduras adicionadas à receita, sem o que a massa não cresceria, pelo excesso de umidade.
 - d) o processo de fermentação dos fungos adicionados à receita, o que faz com que a massa cresça antes de ser assada.
 - e) a evaporação do álcool produzido pela fermentação das leveduras adicionadas à receita; álcool que, em excesso, mataria essas leveduras, prejudicando o crescimento da massa.
-

4. A lei 7678 de 1988 define que “vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura”. Na produção de vinho, são utilizadas leveduras anaeróbicas facultativas. Os pequenos produtores adicionam essas leveduras ao mosto (uvas esmagadas, suco e cascas) com os tanques abertos, para que elas se reproduzam mais rapidamente. Posteriormente, os tanques são hermeticamente fechados. Nessas condições, pode-se afirmar, corretamente, que
- a) o vinho se forma somente após o fechamento dos tanques, pois, na fase anterior, os produtos da ação das leveduras são a água e o gás carbônico.
 - b) o vinho começa a ser formado já com os tanques abertos, pois o produto da ação das leveduras, nessa fase, é utilizado depois como substrato para a fermentação.
 - c) a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.
 - d) a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
 - e) o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.
5. Muitas contaminações do solo por combustíveis orgânicos chegam ao solo sub-superficial, onde a disponibilidade de oxigênio é mais baixa. Assim, uma das propostas existentes no Brasil é a de que a atividade de degradação por microrganismos anaeróbicos presentes nesses solos seja estimulada, já que são ricos em ferro oxidado. Nessa situação, o ferro exerceria função fisiológica equivalente à do oxigênio, que é a de:
- a) Reduzir os poluentes orgânicos.
 - b) Catalizar as reações de hidrólise.
 - c) Aceitar elétrons da cadeia respiratória.
 - d) Doar elétrons para a respiração anaeróbia.
 - e) Complexar-se com os poluentes orgânicos.
6. Um dos processos biotecnológicos mais antigos é a utilização de microrganismos para a produção de alimentos. Num desses processos, certos tipos de bactérias anaeróbicas utilizam os açúcares presentes nos alimentos e realizam sua oxidação parcial, gerando como produto final da reação o ácido láctico. Qual produto destinado ao consumo humano tem sua produção baseada nesse processo?
- a) Pão
 - b) Vinho
 - c) Iogurte
 - d) Vinagre
 - e) Cachaça

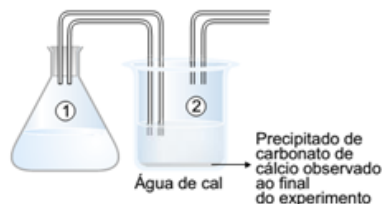
7. “Além do ácido láctico, as bactérias geram vários produtos importantes através da fermentação. O queijo suíço, por exemplo, é fabricado pela fermentação de uma bactéria que forma ácido propiônico e gás carbônico. Esse gás forma as bolhas que se transformam nos famosos buracos do queijo suíço. Outra bactéria forma ácido acético, fermentando a sidra (vinho da maçã) ou vinho da uva, produzindo vinagre. O ranço da manteiga se deve ao ácido butírico, que também é produto da fermentação de bactérias. O álcool usado como combustível e como solvente, além de outros solventes como a acetona e o álcool isopropílico, também é produto da fermentação.”

Linhares, Sérgio e Gewandsnajder, Fernando. “Biologia Hoje”. São Paulo, Editora Ática, 1997. Volume 1 pág. 166.

A origem dos diversos resíduos da fermentação, como os citados no texto, depende da:

- a) Variação de temperatura em que ocorrem as reações do processo.
 - b) Quantidade de energia produzida na forma de ATP ao longo da reação.
 - c) Forma de devolução dos hidrogênios capturados pelo NAD ao ácido pirúvico.
 - d) Natureza química da molécula utilizada como matéria-prima na reação.
 - e) Disponibilidade de água como aceptor final de hidrogênios.
8. A fermentação é um processo biológico mais ou menos universal, que permite a obtenção de energia pelos organismos em condições anaeróbias. Conhecida desde a Antiguidade, a fermentação alcoólica é utilizada pelo homem para a produção de pães e de bebidas fermentadas, como o vinho. No caso do vinho, um fungo microscópico, o *Saccharomyces cerevisiae*, transforma o açúcar da uva em gás carbônico e álcool. Os vinhos têm geralmente uma taxa de 13% de álcool. A partir de certa concentração, no entanto, o próprio álcool acaba se tornando tóxico para o fungo, que não sobrevive. Na região do Porto, em Portugal, célebre pelos vinhos que produz, costuma-se interromper a fermentação num certo estágio, acrescentando ao vinho uma aguardente vínica, produto rico em álcool etílico. O vinho assim obtido, quando comparado ao vinho que sofreu fermentação normal, é:
- a) Mais doce, com menor teor de álcool.
 - b) Mais doce, com teor alcoólico maior.
 - c) Menos doce, com maior teor de álcool.
 - d) Menos doce, com menor teor de álcool.
 - e) Mais doce, com igual teor alcoólico.

9. O esquema representa uma montagem para se demonstrar a fermentação em leveduras. Ao final desse experimento, observa-se a formação de um precipitado no frasco 2, como indicado.



Para que tal processo ocorra, é suficiente que o frasco 1 contenha, além da levedura:

- glicose e oxigênio.
 - gás carbônico e oxigênio.
 - glicose e gás carbônico.
 - glicose.
 - oxigênio.
10. Dois microrganismos, X e Y, mantidos em meio de cultura sob condições adequadas, receberam a mesma quantidade de glicose como único substrato energético. Após terem consumido toda a glicose recebida, verificou-se que o microrganismo X produziu três vezes mais CO_2 do que o Y. Considerando-se estas informações, concluiu-se ter ocorrido:
- Fermentação alcoólica no microrganismo X.
 - Fermentação láctica no microrganismo X.
 - Respiração aeróbica no microrganismo Y.
 - Fermentação alcoólica no microrganismo Y.
 - Fermentação láctica no microrganismo Y.

Gabarito

1. **C**

As leveduras realizam o processo de obtenção de energia a partir da fermentação alcoólica. A fermentação se inicia com a etapa de glicólise, que ocorre no citosol celular, e os produtos finais são o etanol e o gás carbônico. Este tipo de fermentação é utilizado na produção de bebidas alcoólicas e massas.

2. **B**

A glicólise é uma etapa comum a todos os tipos de respiração e à fermentação, produzindo um saldo de 2 ATP para a célula.

3. **D**

A massa cresce antes de ser assada devido ao processo de fermentação alcoólica das leveduras, fungos unicelulares que, em condições anaeróbicas, realizam essa fermentação e liberam gás carbônico na massa, o que a faz inchar.

4. **A**

Se o tanque estiver aberto, as leveduras fazem respiração aeróbica. Apenas após o fechamento dos tanques, tornando o ambiente anaeróbico, as leveduras iniciam o processo de fermentação alcoólica necessário para fabricar o vinho.

5. **C**

A função do Ferro, neste caso, é agir como um aceptor de elétrons, assim como o oxigênio o faz na respiração aeróbica.

6. **C**

A fermentação láctica ocorre nos lactobacilos resulta na produção do ácido láctico. Iogurte, queijo e leite são exemplos de produtos feitos a partir da fermentação láctica.

7. **C**

A origem dos subprodutos da fermentação, como o ácido láctico, ou etanol, ou ácido acético, nada mais são que maneiras químicas de remover o hidrogênio do NAD⁺, livrando-o para receber hidrogênios de outra glicose degradada.

8. **B**

O vinho terá maior teor alcoólico, devido a aguardente adicionada, e mais doce, já que a fermentação do fungo foi interrompida, interrompendo o consumo da glicose.

9. **D**

As leveduras realizam fermentação apenas em ambiente anaeróbico, logo o ambiente não pode apresentar oxigênio. Para que a fermentação ocorra é necessário apenas a glicose como substrato.

10. **D**

O organismo X realiza respiração aeróbica, produzindo assim 6 moléculas de CO₂ por glicose consumida. O organismo Y produz a terça parte disso, ou seja, 2 moléculas de CO₂, portanto, trata-se da fermentação alcoólica.

Fotossíntese e quimiossíntese

Resumo

A fotossíntese é o processo de síntese de matéria orgânica através da luz. A principal estrutura responsável por este processo é o cloroplasto, uma estrutura que se assemelha as bactérias, com DNA circular, ribossomos 70s e membrana dupla. Além disso, o cloroplasto possui estruturas que são peculiares como:

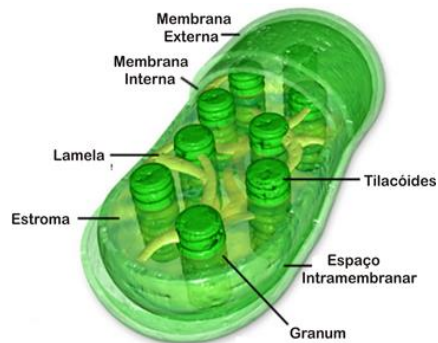
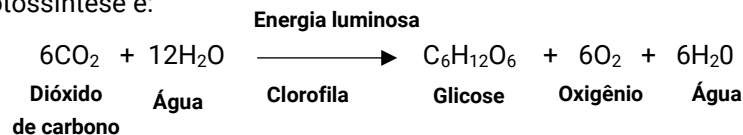


Imagem que ilustra um cloroplasto.

Disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica10.php>

- Lamelas: projeções da membrana interna onde ficam dispostos os tilacoides;
- Tilacoides: onde ocorrerá a Fase Clara da fotossíntese
- Granum: conjunto de tilacoides;
- Estroma: local onde ocorre a Fase Escura da fotossíntese

A equação geral da fotossíntese é:



Fase Clara ou Fotoquímica

- Transforma luz solar em energia química;
 - Ocorre no tilacóide do cloroplasto.
- *na fotólise da água ocorre a liberação do O₂ que respiramos

Fotofosforilação Cíclica

Nesta fase a clorofila é excitada pela luz e os elétrons vão passando através de transportadores deixando a energia para a transformação de ADP em ATP

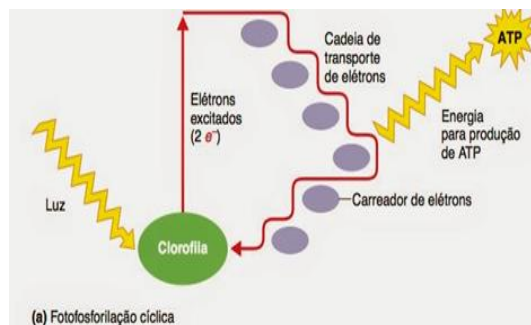


Imagem que representa a fase clara da fotossíntese. Disponível em: <http://salabioquimica.blogspot.com.br/2014/06/fotossintese-fases-clara-e-escura.html>

Fosforilação Acíclica e Fotólise da água

Nesta fase o elétron excitado pela luz sai da clorofila A, passando por transportadores, porém, não voltam a clorofila A e param no NADP. Esta clorofila A que necessita dos elétrons é reabastecida pela clorofila B, que perde elétrons pela excitação da luz. A molécula de água sofre fotólise e é quebrada em $H^+ + OH^-$, onde os elétrons do OH^- vão para a clorofila B, equilibrando-a. Os H^+ se juntam ao NADP, formando NADPH e o restante servirá para a formação do oxigênio.

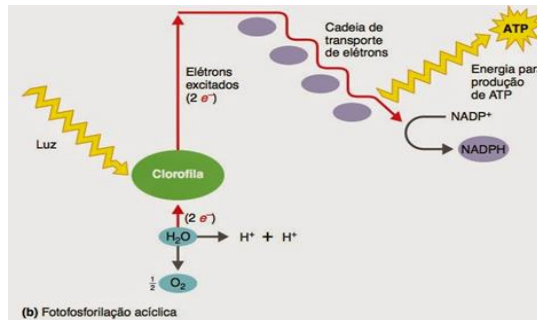


Imagem que representa a fosforilação acíclica e fotólise da água. Disponível em: <http://salabioquimica.blogspot.com.br/2014/06/fotossintese-fases-clara-e-escura.html>

Fase escura ou Enzimática

Nesta fase são utilizados os ATPs e NADPH da fase clara juntamente com o CO_2 . Este CO_2 será fixado em ribulose bifosfato no ciclo de Calvin-Benson. Essa fase depende indiretamente da luz do sol e utiliza o ATP e NADPH + CO_2 (proveniente da atmosfera). A enzima rubisco participa desse processo realizando a fixação do carbono. A fase escura ocorre dentro do cloroplasto, no estroma. **Obs.:** Sequestro de carbono na fase escura, a planta pega o CO_2 da atmosfera e deixa ele dentro da planta em forma de açúcar/carboidrato.

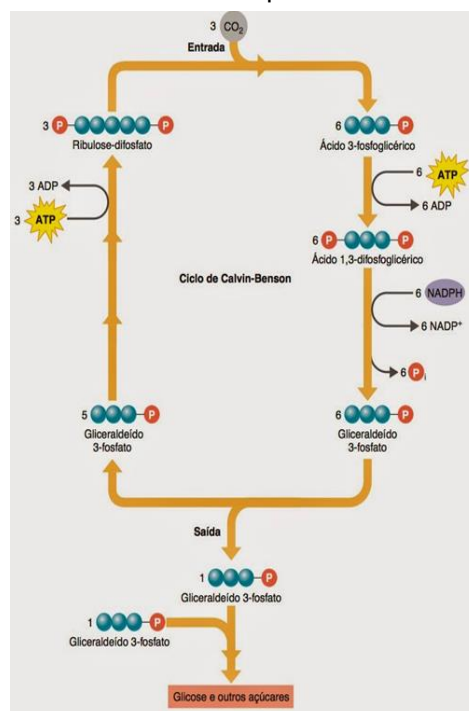
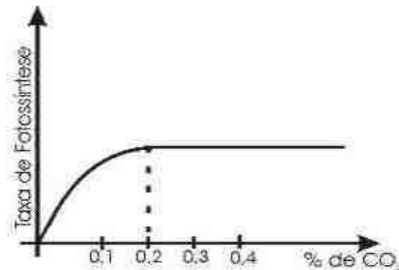


Imagem que representa a fase escura da fotossíntese. Disponível em: <http://salabioquimica.blogspot.com.br/2014/06/fotossintese-fases-clara-e-escura.html>

Alguns fatores podem interferir na taxa de fotossíntese. São eles:

Concentração de CO₂

Sem CO₂, a taxa de fotossíntese é nula. Conforme aumenta sua concentração, a taxa fotossintética aumenta junto, até determinado ponto, considerado o ponto de saturação, em que a taxa de fotossíntese deixa de aumentar, não importa quanto gás carbônico seja fornecido.

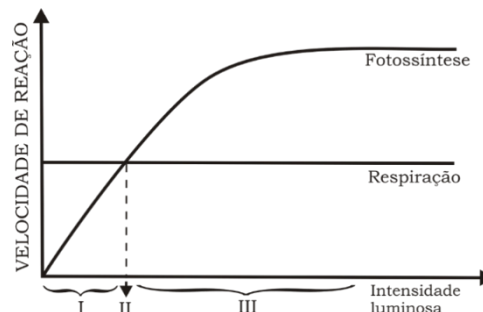


Intensidade luminosa

A fotossíntese também exige intensidade luminosa. Sem luz, sem fotossíntese. A respiração, por outro lado, independe da intensidade luminosa, e muitas vezes esses dois pontos são cobrados juntos.

Se a taxa de fotossíntese é abaixo da taxa de respiração, a planta está consumindo suas reservas, como em I. Em II, a planta faz fotossíntese e respira em igual proporção, não havendo nem consumo nem criação de reservas. A intensidade luminosa onde a fotossíntese é igual a respiração denomina-se **ponto de compensação fótica ou luminosa (PCL)**.

A partir de III, a planta produz mais do que consome, logo, forma reservas energéticas. Há um ponto a partir do qual não importa quanta luz seja adicionada, a planta não irá fazer mais fotossíntese, esse ponto é chamado **ponto de saturação luminosa (PSL)**.



Obs.: abaixo do PCL= planta morre; acima do PCL= planta cresce.

Quimiossíntese

É o processo de geração de energia através da oxidação de substâncias inorgânicas para a produção de substâncias orgânicas como a glicose. Somente as bactérias são capazes de realizar esta atividade. Elas obedecem a esta equação geral:



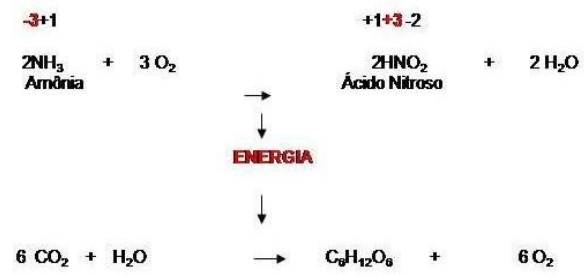
Energia Química



Equação geral da quimiossíntese.

Disponível em: <https://descomplica.com.br/blog/biologia/resumo-fotossintese-e-quimiosintese/>

Segue um exemplo com nitrobactérias:



Exercícios

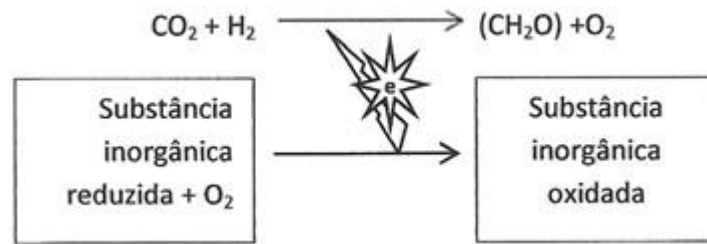
1. A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

- a) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
 - b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
 - c) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
 - d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
 - e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.
2. Pesquisadores da Amazônia vêm estudando diferentes vegetais em relação a seu crescimento em ambientes ricos em CO_2 . Esse estudo objetiva avaliar o potencial de depuração que os vegetais possuem em relação à poluição atmosférica por gases resultantes da queima de combustíveis fósseis. Quanto a esse estudo, é correto afirmar que:
- a) Os vegetais são capazes de utilizar gases poluentes para sua respiração.
 - b) O O_2 absorvido pelos vegetais é usado na fotossíntese para produzir CO_2 .
 - c) Os vegetais, através da respiração, absorvem CO_2 e liberam O_2 para a atmosfera.
 - d) Os vegetais absorvem O_2 e H_2O produzidos pelos animais pela respiração.
 - e) O CO_2 absorvido é utilizado na fotossíntese para produzir matéria orgânica.
3. Utilizando a irrigação e adubação, o homem procura dar condições necessárias para a realização da atividade fotossintética pelas plantas cultivadas, garantindo, desse modo, a colheita do alimento que nos sustenta. Em que organela celular ocorre a fotossíntese e qual a origem do oxigênio liberado no final do processo?
- a) Mitocôndria, da energia luminosa do sol.
 - b) Ribossomos, das moléculas de glicose.
 - c) Cloroplasto, das moléculas de glicose.
 - d) Mitocôndria, do gás carbônico do ar.
 - e) Cloroplasto, da água absorvida pelas raízes.

4. Os vegetais não se alimentam como os animais. As plantas produzem o próprio alimento. Nesse processo, a água e o gás carbônico são transformados, com auxílio da luz e na presença de clorofila, em gás oxigênio e açúcar. Isso ocorre porque as plantas são produtoras. Conforme o texto acima, podemos afirmar que se trata do processo:
- Quimiossíntese.
 - Respiração.
 - Fotossíntese.
 - Digestão.
 - Crescimento.
5. Durante o processo de fotossíntese, a ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora. Durante esse processo de transporte, ocorre:
- Formação de quantidades elevadas do aceptor NADP^+ a partir da captura de elétrons e prótons.
 - Transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.
 - Fotólise de moléculas de CO_2 que liberam elétrons e cedem o carbono para a formação da glicose.
 - Quebra da molécula de água a partir da conversão de ATP em ADP, com liberação de prótons.
 - Fotólise da molécula de água e transferências de prótons.
6. “Foram os trabalhos de Calvin, Bassham e Benson, empreendidos desde 1946, que permitiram conhecer as diversas etapas da redução de CO_2 a glicídios. Esses pesquisadores trabalharam com algas verdes unicelulares, às quais forneceram CO_2 marcados com C^{14} (carbono radioativo), demonstrando que o primeiro composto estável que aparece é o ácido fosfoglicérico, já que um dos seus carbonos é radioativo”. A que fenômeno corresponde esta descrição?
- Fotofosforilação cíclica.
 - Fase clara da fotossíntese.
 - Fase escura da fotossíntese.
 - Fotofosforilação acíclica.
 - Fotólise da água.
7. Quimiossíntese é a produção de matéria orgânica, realizada a partir de substâncias minerais simples, usando energia química e é
- realizada por todos os vegetais.
 - realizada somente pelos animais.
 - realizada pelos vírus.
 - realizada por todos os animais e alguns vegetais.
 - realizada por pequeno número de bactérias autotróficas.

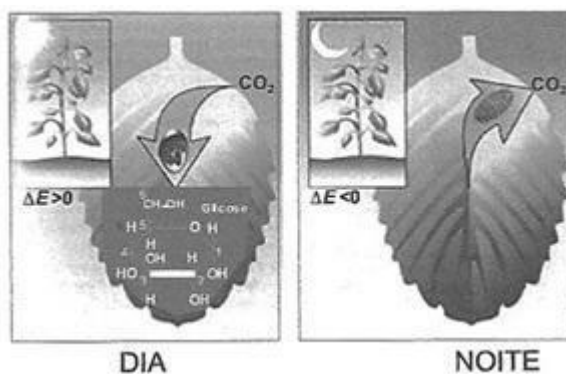
8. No metabolismo energético de organismos autótrofos, as substâncias do ambiente, como água e o gás carbônico, são utilizados para a síntese de carboidratos, lipídeos e proteínas.



O esquema apresentado na figura ilustra um tipo de processo autotrófico, sobre o qual se verifica o seguinte:

- a) Substâncias orgânicas são sintetizadas por quimiossíntese.
 - b) Gás sulfídrico, enxofre e amônia bloqueiam o metabolismo.
 - c) Carboidratos são sintetizados devido à presença de luz.
 - d) Outros seres vivos são essenciais na cadeia alimentar.
 - e) Gás oxigênio é sintetizado na quimiossíntese.
9. É difícil manter as moléculas de oxigênio livres, apesar de ele ser o terceiro elemento mais abundante do Universo, formado nas fornalhas densas no interior das estrelas. Isso porque o oxigênio é extremamente reagente e pode formar compostos com quase todos os elementos da tabela periódica. Então como a Terra acabou com uma atmosfera composta por praticamente 21% desse gás? A resposta está nos minúsculos organismos conhecidos como cianobactérias ou algas azuis. Esses micro-organismos realizam a fotossíntese utilizando luz solar, água e dióxido de carbono para produzir carboidratos e, também, oxigênio. Na verdade, até hoje, todas as plantas da Terra contêm cianobactérias – conhecidas como cloroplastos – que participam da fotossíntese. (BIELLO, 2009). Considerando-se as informações do texto e os conhecimentos acerca do processo fotossintético, é correto afirmar, exceto:
- a) Os glicídios produzidos através da fotossíntese representam fonte de energia para as atividades metabólicas dos seres autótrofos.
 - b) Os cloroplastos, segundo a teoria endossimbiótica, derivaram da simbiose entre um micro-organismo autótrofo capaz de captar energia luminosa e uma célula hospedeira heterotrófica.
 - c) A fotossíntese compreende uma série complexa de reações químicas, dentre as quais a fixação do carbono depende diretamente da luz para ocorrer.
 - d) O gás oxigênio presente na atmosfera é produzido a partir da decomposição da molécula de água, sob ação direta da luz.
 - e) A fotossíntese representa um processo anabólico que permite a conversão de energia luminosa em energia química.

10. As figuras abaixo se referem ao sistema fotossintético do vegetal representado por uma folha sob duas situações ambientais.



A interpretação dessas figuras que esquematicamente destacam aspectos relacionados ao processo da fotossíntese envolve reconhecer que:

- A energia solar incidente é convertida em energia química potencializada na estrutura molecular da glicose.
- O CO_2 absorvido, principalmente nos estômatos, é decomposto com desprendimento do oxigênio e fixação do carbono.
- O CO_2 que é eliminado da planta principalmente durante a noite resulta da oxidação de moléculas orgânicas, e é simultaneamente utilizado na fotossíntese.
- A clorofila atua como molécula que é sensível à energia solar e é mais eficiente na absorção das radiações que são percebidas como luz verde.
- A produtividade primária da fotossíntese é, em sua maior parte, convertida em celulose, principal reserva da planta.

Gabarito

1. **C**
Considerando que os principais organismos produtores são fotossintetizantes e que esses organismos dependem diretamente da energia solar, pode-se dizer que praticamente toda a vida depende da energia solar.
2. **E**
O CO₂ é a matéria-prima utilizada para obtenção de carbono, que será utilizado na formação da glicose.
3. **E**
A fotossíntese ocorre no cloroplasto, e o oxigênio origina-se da fotólise da água.
4. **C**
As plantas são produtoras por serem autotróficas e realizarem fotossíntese para formação de glicose.
5. **B**
Ao longo das etapas de fotofosforilação, ocorre uma cadeia transportadora de elétrons ao longo de complexos proteicos do cloroplasto.
6. **C**
As etapas do Ciclo de Calvin compreendem o que é conhecido como fase escura da fotossíntese, devido a não-utilização direta de energia luminosa neste processo.
7. **E**
Apenas poucas bactérias autotróficas realizam quimiossíntese.
8. **A**
A quimiossíntese faz uso da energia gerada da quebra de moléculas inorgânicas para a formação de matéria orgânica.
9. **C**
Sem energia luminosa, as etapas de fotofosforilação não ocorrem, impedindo assim a formação de glicose no Ciclo de Calvin.
10. **A**
O processo de fotossíntese consiste na utilização de energia luminosa, proveniente do sol, para a fixação de energia química na forma de glicose.

Anabolismo nuclear e síntese proteica

Resumo

O DNA e o RNA são polímeros formados por monômeros denominados nucleotídeos. Os nucleotídeos são formados por:

- **Base nitrogenada:** podem ser timina (T), guanina (G), adenina (A), citosina (C) e uracila (U). Uracila somente está presente no RNA, substituindo a timina, que é exclusiva de DNA.
- **Pentose:** no RNA é a ribose e no DNA é a desoxirribose
- **Radical fosfato:** o único componentes que não muda (PO_4^{3-})

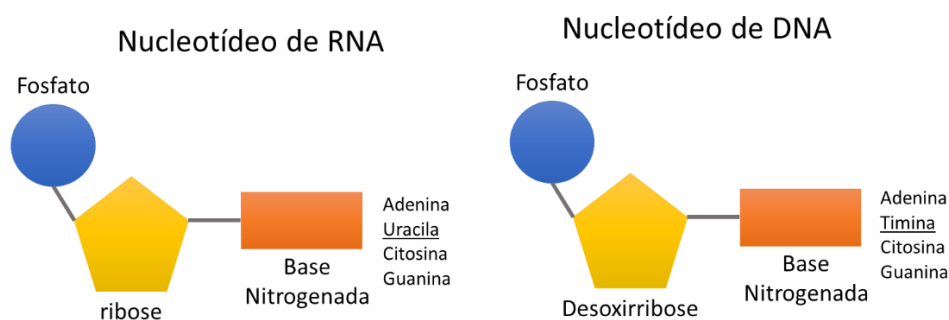


Ilustração de nucleotídeos de RNA e DNA, contendo um fosfato, uma pentose (ribose) e as bases nitrogenadas.

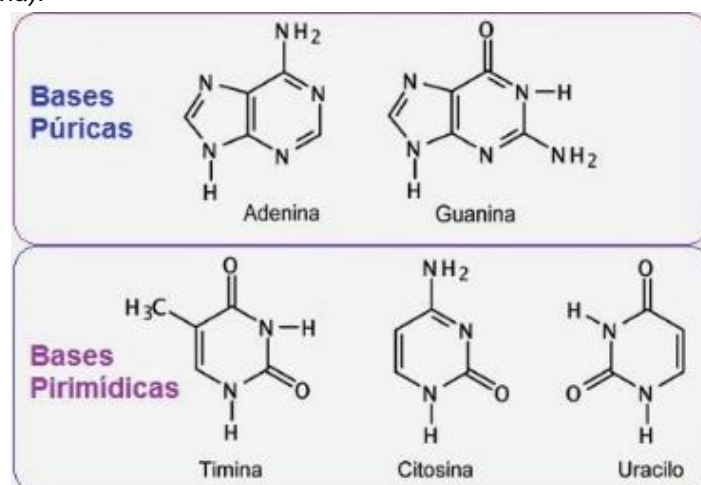
O pareamento das bases nitrogenadas na molécula de DNA se dá por:

Adenina – Timina
Citosina – Guanina

Enquanto no RNA, há substituição de Timina por Uracila, logo:

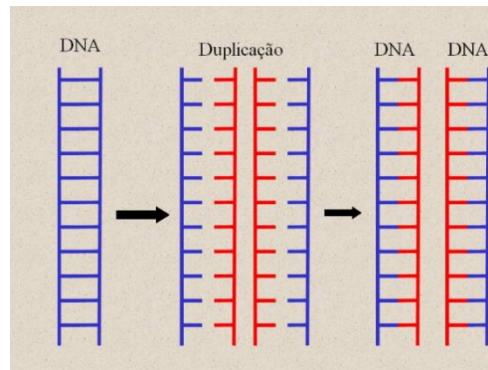
Adenina – Uracila
Citosina – Guanina

Citosina e guanina são ligadas por três ligações de Hidrogênio, enquanto adenina e timina apenas por duas, sendo então mais fácil romper a ligação entre elas. As bases também podem ser classificadas de acordo com a quantidade de anéis carbônicos, podendo ser **púricas** (Adenina e Guanina) ou **pirimídicas** (Timina, Uracila e Citosina).



O anabolismo celular e a síntese de proteínas ocorre em todas as células nucleadas existentes em nosso organismo. Possuem as seguintes etapas:

- **Autoduplicação ou replicação:** é o processo pelo qual a partir de uma molécula de DNA é formado outra molécula de DNA. Algumas enzimas atuam neste processo como DNA girase, DNA helicase e DNA polimerase. A autoduplicação é SEMICONSERVATIVA, pois na duplicação uma fita de DNA mãe é conservada.



- **Transcrição:** processo no qual uma fita de DNA serve como molde para a produção de um RNA. A enzima RNA polimerase faz a leitura do DNA e, através do pareamento de bases nitrogenadas, define a sequência que integrará a fita única de RNAm que será formada. Ocorre no núcleo das células eucariontes e no citoplasma das células procariontes.

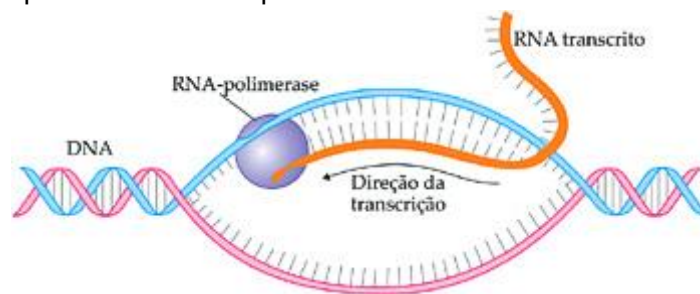
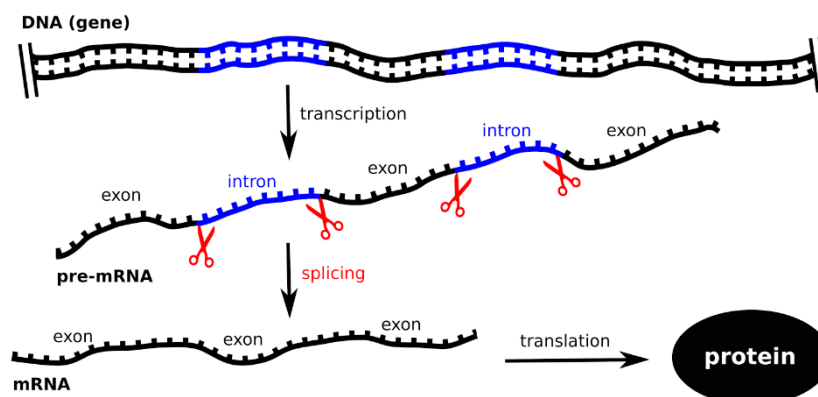
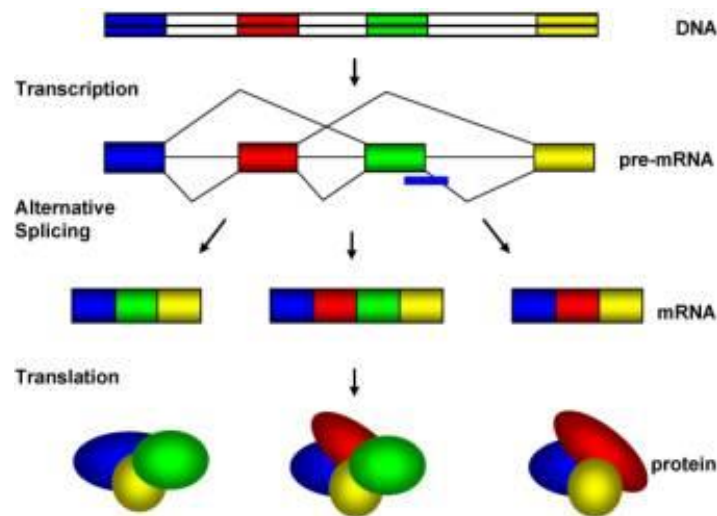


Ilustração de como ocorre a transcrição.

- **Splicing:** processo no qual há a remoção de íntrons de um RNA, permanecendo somente os éxons para a tradução em proteínas. Os seres procariontes não realizam este processo.



- **Splicing Alternativo:** processo que cria muitas proteínas diferentes, só por variar a composição dos éxons do RNA



- **Tradução:** processo pelo qual o RNA é traduzido em proteínas. Para isso é necessário que haja um ribossomo para realizar a tradução, vários RNAt (transportador) que transportam aminoácidos ao ribossomo e o RNAm (mensageiro) que traz a mensagem do núcleo (sequência de códons) determinando a proteína que será formada. Ocorre no citoplasma das células.

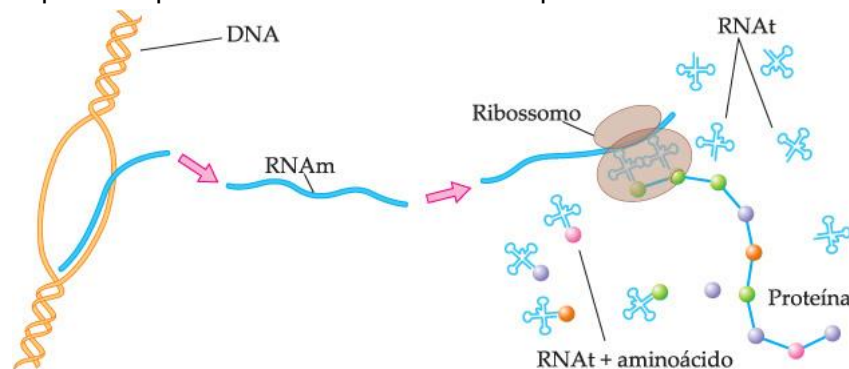


Ilustração de como ocorre a tradução. É válido ressaltar que a tradução ocorre no citoplasma das células.

Cada códon possui 3 bases nitrogenadas e são reconhecidos por um anticódon correspondente. A síntese proteica sempre começa com um códon de iniciação (start), que codifica o aminoácido metionina (AUG). Já os códons de parada (stop) da tradução podem ser UAA, UAG e UGA, que não codificam aminoácidos.

Exercícios

1. João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, testes de paternidade, engenharia genética, etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir.

I	<u>ATCCGGATGCTT</u> <u>TAGGCCTACGAA</u>
II	<u>ATCCGGATGCTT</u> ↓ <u>UAGGCCUACGAA</u>
III	<u>UAGGCCUACGAA</u> ↓ Metionina Alanina Leucina Glutamato
IV	Bases nitrogenadas: A = Adenina T = Timina C = Citosina G = Guanina U = Uracila

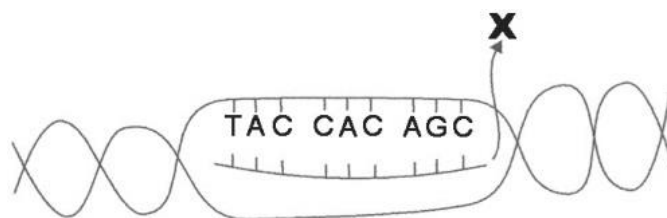
Em I está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que

- a molécula de DNA é formada por duas cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.
 - na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.
 - a quantidade de A presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de A da cadeia complementar.
 - no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.
 - no processo II temos a representação da autoduplicação, formando duas fitas de DNA.
2. Uma proteína X codificada pelo gene Xp é sintetizada nos ribossomos, a partir de um RNAm. Para que a síntese aconteça, é necessário que ocorram, no núcleo e no citoplasma, respectivamente, as etapas de:
- Iniciação e transcrição.
 - Iniciação e terminação.
 - Tradução e terminação.
 - Transcrição e tradução.
 - Tradução e splicing

3. Alguns antibióticos, como a eritromicina e o cloranfenicol, são utilizados no tratamento de doenças infecciosas, pois têm a capacidade de bloquear a síntese de proteínas nas bactérias, sem interferir nas células afetadas ou contaminadas. Com base nessas informações, é correto concluir que esses antibióticos atuam nas bactérias:
 - a) Provocando a plasmólise das células.
 - b) Impedindo a transcrição do DNA nuclear.
 - c) Impedindo a transcrição ou a tradução no hialoplasma.
 - d) Como agentes mutagênicos do DNA mitocondrial.
 - e) Impedindo que os ribossomos aderidos ao retículo endoplasmático atuem na montagem das proteínas.

4. Na interfase, uma nova fita complementar de DNA é formada a partir de uma antiga, que apresenta a seguinte sequência de bases nitrogenadas: CATGCTTAC. Admitindo-se que a transcrição é feita da nova cadeia para o RNA mensageiro, este deverá apresentar a seguinte sequência de bases:
 - a) GTACGAATG.
 - b) GATGCTTAC.
 - c) CTUGCUUTC.
 - d) CAUGCUUAC.
 - e) GUACGAAUG.

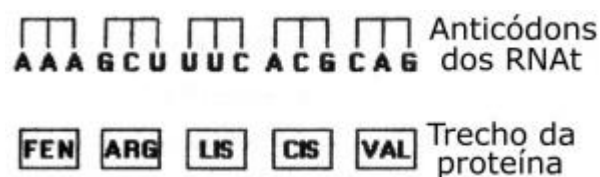
5. Observe o esquema que representa de forma resumida uma etapa da síntese proteica que ocorre em uma célula eucariótica.



Pode-se afirmar que a molécula indicada pela letra **X** corresponde ao:

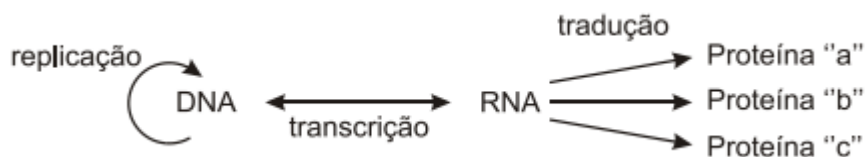
- a) DNA e a sua sequência de códons seria ATG GTG TCG.
- b) DNA e a sua sequência de códons seria AUG GUG UCG.
- c) RNA mensageiro e a sua sequência de códons seria ATG GTG TCG.
- d) RNA mensageiro e a sua sequência de códons seria AUG GUG UCG.
- e) RNA transportador e a sua sequência de anticódons seria UAG GUG UCG

6. Erros podem ocorrer, embora em baixa frequência, durante os processos de replicação, transcrição e tradução do DNA. Entretanto, as consequências desses erros podem ser mais graves, por serem herdáveis, quando ocorrem:
- na transcrição, apenas
 - na replicação, apenas
 - na replicação e na transcrição, apenas
 - na transcrição e na tradução, apenas
 - em qualquer um dos três processos
7. O esquema a seguir representa a sequência de aminoácidos de um trecho de uma cadeia proteica e os respectivos anticódons dos RNA transportadores.



Assinale a alternativa que contém a sequência de códons do RNA mensageiro que participou dessa tradução.

- UUU CGT TTG UGC GUC.
 - UUU CGA AAG UGC GUC.
 - TTT CGT TTC TGC GTC.
 - TTT CGA AAG TGC GTC.
 - CCC TAC CCA CAT ACT.
8. A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c.



Depreende-se do modelo que

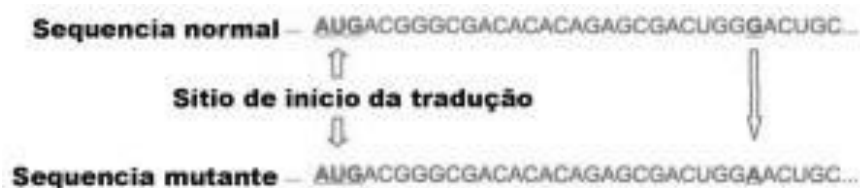
- a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
- a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

9. Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. *Introdução à Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que

- a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
 - a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
 - a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
 - a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
 - a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.
10. Uma mutação, responsável por uma doença sanguínea, foi identificada numa família. Abaixo estão representadas sequências de bases nitrogenadas, normal e mutante; nelas estão destacados o sítio de início da tradução e a base alterada.



O ácido nucleico representado acima e o número de aminoácidos codificados pela sequência de bases, entre o sítio de início da tradução e a mutação, estão corretamente indicados em:

- DNA; 8.
- DNA; 24.
- DNA; 12.
- RNA; 8.
- RNA; 24.

Gabarito

1. **A**

Em I, observa-se duas sequências de bases, sendo estas complementares. O DNA é uma fita dupla.

2. **D**

A transcrição ocorre no núcleo, a tradução ocorre no citosol.

3. **C**

Bactérias não apresentam nem núcleo nem organelas membranosas citoplasmáticas, logo, os processos de transcrição e tradução ocorrem no citoplasma.

4. **D**

A fita principal é a sequência demonstrada no enunciado. A partir dela, surgirá uma fita complementar (GTACGAATG), e a partir daí, a nova fita complementar de RNA CAUGCUUAC (que é a resposta da questão).

5. **D**

A imagem mostra a síntese de um RNAm (transcrição) e, pelo pareamento DNA – RNA, a sequência será AUG GUG UCG.

6. **B**

Erros na replicação do DNA são mantidos, ao contrário de erros na transcrição e na tradução, visto que há degradação do RNAm e da proteína formados. Quando ocorre um erro na replicação, quando esse DNA com erro se replicar novamente, ele formará novas fitas de DNA carregando o erro.

7. **B**

Os anticódons são trincas complementares aos códons de acordo com o pareamento das bases nitrogenadas no RNA, logo deve-se organizar as bases de maneira que elas fiquem respectivamente pareadas à sequência descrita na questão. Com isso, temos a sequência descrita UUU CGA AAG UGC GUC.

8. **D**

A partir do mesmo RNAm transcrito, é possível obter várias proteínas traduzidas, devido ao splicing alternativo.

9. **C**

O experimento de Meselson-Stahl comprova a semiconservação da duplicação do DNA, demonstrando que, quando o DNA se duplica, as fitas da molécula original agem como molde para uma nova fita-filha.

10. **D**

A presença de uracila na fita confirma que trata-se de uma fita de RNA, e a cada trinca de bases, considera-se um aminoácido, logo, entre o sítio de início (AUG) e a mutação indicada, há 8 aminoácidos a serem codificados.

Núcleo interfásico e conceitos em divisão

Resumo

Núcleo interfásico

A interfase é um período no qual a célula não está se dividindo, isto é, entre duas divisões celulares, exercendo sua função específica nos tecidos.

Carioteca

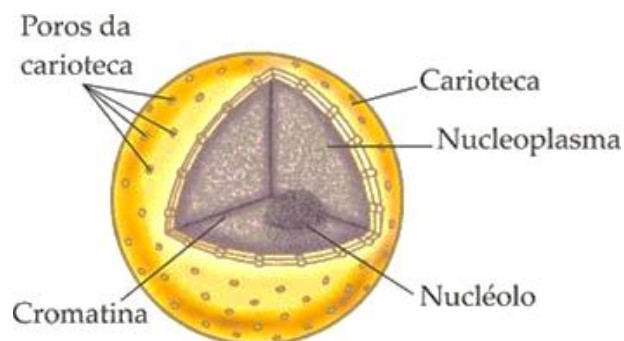


Imagem das estruturas presentes no núcleo

Disponível em: <http://blogdebiologia2015.blogspot.com/2015/04/nucleo.html>

É um envoltório conhecido com dupla membrana e a presença de poros que comunicam o núcleo e o citoplasma. Pela carioteca ocorre a saída do RNA mensageiro do núcleo para ser traduzido no citoplasma, por exemplo. A carioteca está presente apenas nos seres eucariontes.

Cariolinfa

Assim como o citoplasma celular, o interior do núcleo possui uma substância fluida composta por água, proteínas, RNA e nucleotídeos.

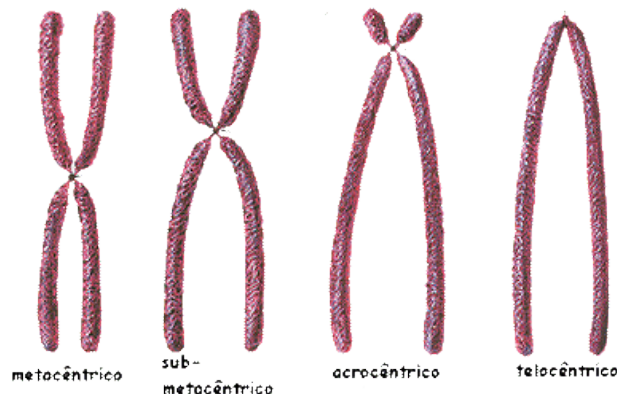
Cromatina

A cromatina é classificada em **Eucromatina** e **Heterocromatina**, de acordo com o grau de condensação. A eucromatina é mais facilmente transcrita devido a seu material genético não estar enrolado em histonas, ao passo que a heterocromatina, por estar mais condensada, torna mais difícil o acesso para a enzima RNA polimerase.



Cromossomos

São filamentos de cromatina espiralizados, presentes nas células que irão realizar divisão celular.



Tipos de cromossomos em relação a posição do centrômero

Disponível em: <http://citogeneticapravoce.blogspot.com/2012/06/os-tipos-de-cromossomo.html>

Nucléolo

O nucléolo é fundamental para a síntese de proteínas pois dá origem ao RNA ribossomal que originará os ribossomos. Essa estrutura desaparece na divisão celular.

Mecanismos básicos de divisão celular: Mitose e Meiose

Mitose: divisão em que uma célula (célula-mãe) origina duas células-filhas idênticas a ela e entre si, com mesma carga genética. Divisão equacional.

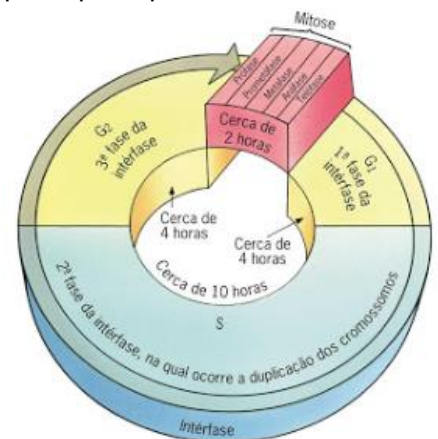
Meiose: divisão em que a célula (célula-mãe) $2n$ gerará quatro células n (metade da carga genética), diferentes da célula-mãe. Divisão reducional.

Período pré-divisional

A divisão celular é precedida de um período conhecido como intérfase, composta pelos períodos G1, S e G2.

- **G1:** a célula sofre aumento de tamanho e tem intensa síntese proteica.
- **S:** ocorre duplicação das cromátides (filamentos de DNA) dos cromossomos que se unirão em pares por uma porção conhecida como centrômero. Esses pares são chamados cromátides-irmãos.
- **G2:** é uma fase de checagem em que também há multiplicação de centríolos, fundamentais a divisão celular.

Tem-se também uma etapa que não faz parte do ciclo da intérfase: na fase **G0** a célula está exercendo suas funções normalmente, não focando em divisão. G0 é válido para células que não estão se dividindo.

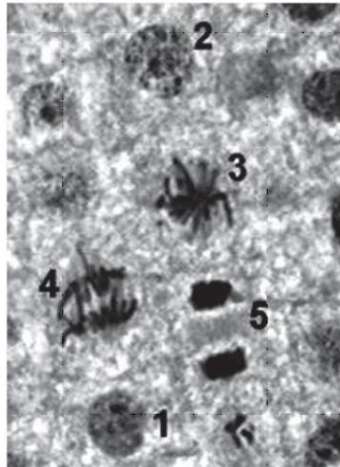


Exercícios

1. Do ponto de vista genético, o número de cromossomos é uma característica marcante de cada espécie. A goiabeira (*Psidium Guajava* L.), por exemplo, apresenta como padrão específico 22 cromossomos. A organização celular do gametófito feminino (saco embrionário) das flores de Angiospermas é complexa, sendo formado por um conjunto de oito células que, após a fecundação, originarão células com diferentes números cromossômicos. Nesse grupo, as células somáticas são diploides, as gaméticas são haploides e o tecido de reserva da semente é triploide. Durante o ciclo de vida de uma goiabeira, quantos cromossomos podem ser encontrados, respectivamente, na oosfera, no zigoto e no endosperma?
 - a) 22, 22, 33.
 - b) 11, 22, 33.
 - c) 22, 44, 33.
 - d) 11, 22, 44.
 - e) 11, 22, 22.

2. O estudo do núcleo da célula é um tanto complexo, pois devemos levar em consideração o momento vital da célula. Se ela está em um período de divisão, ou um período de interfase. Na interfase a célula produz proteínas e aumenta de tamanho e seu DNA se duplica. A interfase é mais longa do que a divisão celular propriamente dita. Assinale a alternativa que indica todas as estruturas presentes no núcleo de uma célula Eucarionte durante todo o período da interfase.
 - a) Carioteca – Cromatina – Cromossomos
 - b) Carioteca – Nucléolos – Cromatina
 - c) Nucléolos – Cromatina – Cromossomos
 - d) Carioteca – Cromossomos – Cromátide
 - e) Nucléolos – Cromossomos – Cromonema

3. Para estudar os cromossomos, é preciso observá-los no momento em que se encontram no ponto máximo de sua condensação. A imagem corresponde ao tecido da raiz de cebola, visto ao microscópio, e cada número marca uma das diferentes etapas do ciclo celular.



Disponível em: www.histologia.icb.ufg.br. Acesso em: 6 mar. 2015 (adaptado).

Qual número corresponde à melhor etapa para que esse estudo seja possível?

- a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
 - e) 5
4. O DNA (ácido desoxirribonucleico), material genético de seres vivos, é uma molécula de fita dupla, que pode ser extraída de forma caseira a partir de frutas, como morango ou banana amassados, com uso de detergente, de sal de cozinha, de álcool comercial e de uma peneira ou de um coador de papel. O papel do detergente nessa extração de DNA é
- a) aglomerar o DNA em solução para que se torne visível.
 - b) promover lise mecânica do tecido para obtenção do DNA.
 - c) emulsificar a mistura para promover a precipitação do DNA.
 - d) promover atividades enzimáticas para acelerar a extração do DNA.
 - e) romper as membranas celulares para liberação do DNA em solução.
5. Um bioquímico mediu a quantidade de DNA em células cultivadas em laboratório e verificou que a quantidade de DNA na célula duplicou:
- a) entre as fases G1 e G2 do ciclo celular.
 - b) entre a prófase e a anáfase da mitose.
 - c) durante a metáfase do ciclo celular.
 - d) entre a prófase I e a prófase II da meiose.
 - e) entre a anáfase e a telófase da mitose.

6. O Na aula de Biologia, o professor fez a seguinte afirmação: “A produção de ribossomos depende, indiretamente, da atividade dos cromossomos”. Em seguida, pediu a seus alunos que analisassem a afirmação e a explicassem. Foram obtidas cinco explicações diferentes, que se encontram a seguir citadas. Assinale a única afirmação correta:
- a) Os cromossomos são constituídos, essencialmente, por RNA ribossômico e proteínas, materiais utilizados na produção de ribossomos.
 - b) Os cromossomos são constituídos, essencialmente, por RNA mensageiro e proteínas, materiais utilizados na produção de ribossomos.
 - c) Os cromossomos contêm DNA; este controla a síntese de ribonucleoproteínas que formarão o nucléolo e que, posteriormente, farão parte dos ribossomos.
 - d) Os cromossomos são constituídos, essencialmente, por RNA transportador e proteínas, materiais utilizados na produção de ribossomos.
 - e) Os cromossomos, produzidos a partir do nucléolo, fornecem material para a organização dos ribossomos.
7. Em relação ao processo de divisão celular, podemos afirmar que:
- a) a mitose consiste em duas divisões celulares sucessivas.
 - b) os óvulos e os espermatozoides são produzidos por divisões mitóticas.
 - c) durante a meiose não ocorre a permutação ou “crossing-over”.
 - d) a meiose é um processo que dá origem a quatro células haplóides.
 - e) durante a mitose as cromátides irmãs não se separam.
8. Sabendo-se que os cachorros (*Canis lupus familiaris*) apresentam 78 cromossomos, identifica-se que:
- a) a espécie é poliploide.
 - b) os gametas da espécie têm 78 cromossomos.
 - c) os gametas da espécie têm 39 cromossomos.
 - d) os machos da espécie têm 39 pares de cromossomos autossômicos.
 - e) as fêmeas da espécie têm um par de cromossomos sexuais XY.
9. No nosso corpo ocorrem dois tipos de divisão celular: a mitose, nas células do corpo em geral, e a meiose, nas células germinativas. Com relação à mitose e à meiose no corpo humano, é correto afirmar que
- a) na mitose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com a metade do número de cromossomos.
 - b) a mitose é a divisão celular que forma os espermatozoides e os óvulos.
 - c) na meiose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com 23 cromossomos.
 - d) a meiose é a divisão celular que permite o crescimento dos organismos e a substituição das células que envelhecem e morrem.
 - e) tanto na mitose quanto na meiose ocorre perda de cromossomos durante a divisão celular

- 10.** Podemos dizer que cromossomo é um filamento de cromatina espiralado, visível ao microscópio óptico por ocasião da divisão celular. O conjunto de dados sobre tamanho, forma, número e características dos cromossomos de uma espécie é chamado de:
- a) Cariótipo.
 - b) Cromonema.
 - c) Código genético.
 - d) Centrômero.
 - e) Cromátide.

Gabarito

1. **B**

A oosfera é haploide, ou seja, terá metade do número de cromossomos, sendo 11. Já o zigoto, que é formado pela união de duas células haplóides, terá 22 cromossomos. Por fim, o endosperma de uma angiosperma é triploide e terá que ter 33 cromossomos.

2. **B**

A carioteca, os nucléolos e a cromatina estarão presentes nos núcleos interfásicos. As cromátides estarão presentes após a duplicação do DNA.

3. **C**

A metáfase é a fase do ciclo com a condensação máxima dos cromossomos, assim, a melhor a ser estudada é a de número 3.

4. **E**

O detergente possui caráter anfifílico, isso significa que possui uma porção polar e outra apolar, assim como a dupla camada fosfolipídica que compõe as membranas celulares; Dessa forma, o detergente rompe a membrana e permite a liberação do DNA para continuar o processo de extração.

5. **A**

O DNA sofre duplicação na fase S do ciclo celular, que ocorre entre as fases G1 e G2.

6. **C**

Nos cromossomos, encontramos material genético responsável por conter as informações necessárias para a produção das proteínas.

7. **D**

A meiose reduz o número de cromossomos a metade, originando 4 células haploides. A mitose origina duas células com o mesmo número de cromossomos da célula mãe.

8. **C**

O processo de formação de gametas se dá por meiose que divide o número de cromossomos pela metade. Portanto, os gametas terão 39 cromossomos.

9. **C**

A meiose é um processo de divisão celular reducional, isto é, as células filhas apresentam a metade da quantidade de cromossomos da célula-mãe.

10. **A**

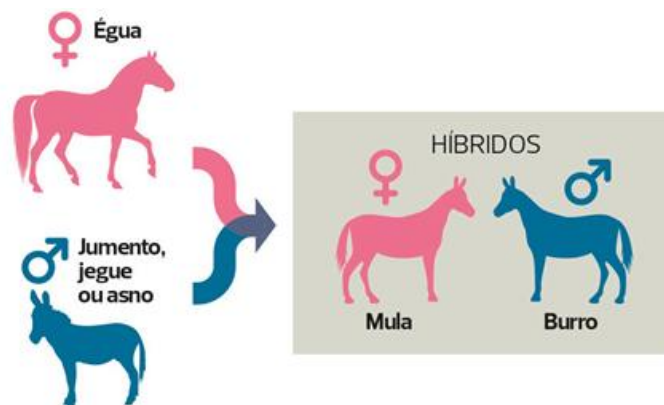
O número e características dos cromossomos de uma espécie é chamado de cariótipo.

Especiação

Resumo

A **especiação** o processo que leva à formação de novas espécies. Antes de entender como funciona o processo de especiação, é importante determinar o que é uma espécie. **Espécie** é a menor categoria da classificação biológica (taxonomia), indicando que organismos da mesma espécie são os mais aparentados entre si. O conceito de espécie mais utilizado, e o que aparece na maioria dos vestibulares, é o **conceito biológico de espécie**.

- **Conceito biológico de espécie:** Indivíduos são da mesma espécie quando conseguem se reproduzir e ter prole (descendentes) fértil. Quando indivíduos não conseguem se reproduzir, dizemos que há um **isolamento reprodutivo**. Esse isolamento pode ser **pré-zigótico** (ocorre antes da fecundação, muitas vezes nem ocorrendo a cópula, por conta de diferentes comportamentos reprodutivos ou tamanho dos indivíduos) ou **pós-zigótico** (ocorre após a fecundação, normalmente ocorre pela morte do embrião ou pelo filhote formado, um híbrido, não conseguir se reproduzir, sendo estéril).



Ao cruzar uma égua (*Equus caballus*) e um jumento (*Equus asinus*) nascem filhotes. Porém esses descendentes não são férteis (há isolamento reprodutivo pós-zigótico), o que indica que os pais são de espécies diferentes.

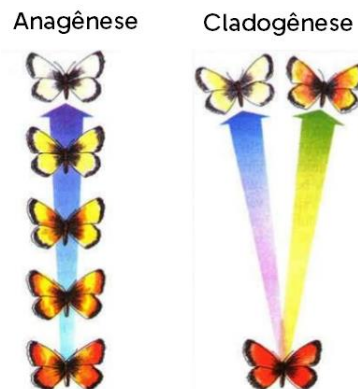
Apesar de ser o mais conhecido, este conceito de espécie tem alguns problemas: ele não explica indivíduos que se reproduzem de maneira assexuada nem organismos que conseguem formar híbridos férteis (como por exemplo plantas). Existem vários outros conceitos de espécie, e cabe ao pesquisador que vai descrever uma nova espécie indicar qual conceito foi utilizado para justificar a descrição. Dentre eles, podemos citar:

- **Conceito morfológico de espécie:** São da mesma espécies indivíduos morfolologicamente (anatomicamente) semelhantes. Pode ser bastante impreciso, porém ajuda na hora de classificar espécies assexuadas.
- **Conceito ecológico de espécie:** São da mesma espécies indivíduos com o mesmo nicho ecológico.
- **Conceito filogenético de espécie:** São da mesma espécies o menor número de indivíduos que compartilham o mesmo ancestral em comum e características exclusivas, e isso é observado através da morfologia e de informações genéticas.



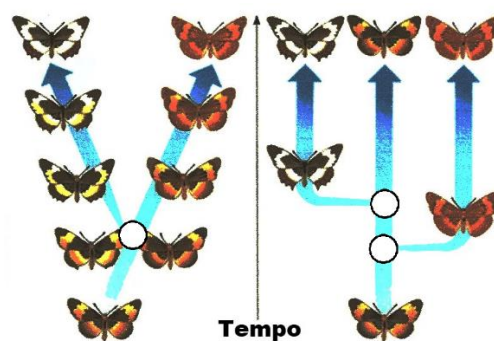
Utilizando o conceito morfológico de espécie, as diferentes raças de gatos seriam consideradas espécies diferentes. Mas como o conceito biológico é o mais utilizado, e apresenta menor dificuldade de ser aplicado, consideramos todos os gatos da mesma espécie: *Felis catus*.

A evolução e diferenciação das espécies pode ocorrer de forma linear, como na **anagênese**, ou se bifurcando e formando grupos irmãos, como na **cladogênese**. Na anagênese, uma espécie ao se modificar ao longo do tempo, acaba gerando uma nova espécie. Nesse caso, as espécies antigas sempre são extintas, pois dão origem a outra em uma mesma linhagem.



Esquema da especiação por anagênese (linear, esquerda) e por cladogênese (com uma separação das linhagens, direita).

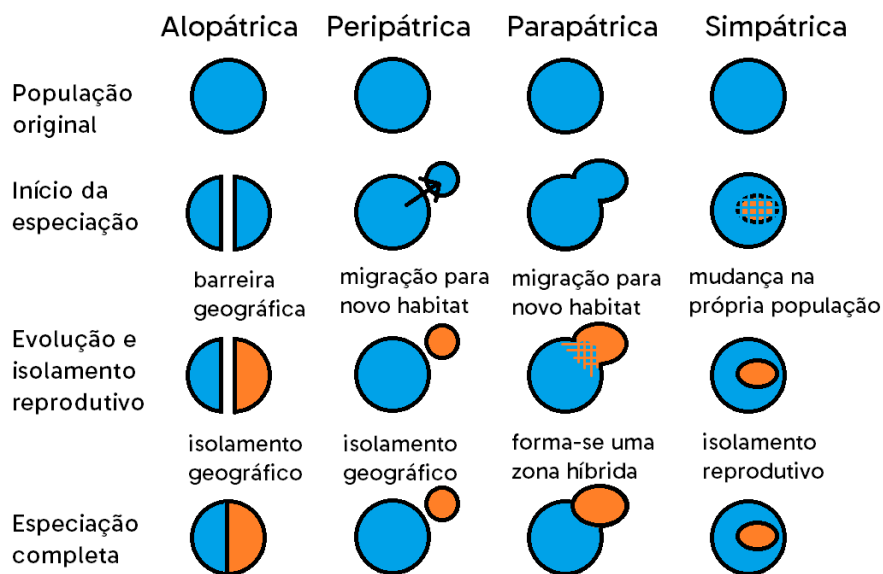
Já na cladogênese, o ponto de separação das espécies é chamado de “nó”, e as linhagens que se desenvolvem formam os ramos evolutivos. Ao longo dos ramos evolutivos, podem ocorrer também processos de anagênese (veja na figura abaixo, a direita), ou seja, essas formas de especiação não são excludentes. Nos processos de cladogênese, a espécie ancestral pode ou não ser extinta, como vemos nas imagens a seguir.



Exemplos de cladogênese, onde um ancestral pode dar origem apenas a descendentes de novas espécies (esquerda) ou, além das novas espécies, a espécie ancestral também se mantém até o tempo mais recente (direita). Os pontos em branco representam os nós de separação da cladogênese.

Os processos de especiação podem ser divididos em:

- **Alopátrica:** Uma população, antes unida, é dividida por uma barreira geográfica (ex.: rio, cordilheira, vale,...). Cada parte da população, agora separada, sofre pressões seletivas independentes. A barreira pode ou não ser removida, unindo novamente os indivíduos, porém as populações serão de espécies diferentes.
- **Peripátrica:** Indivíduos de uma população migram para outra área, havendo isolamento reprodutivo e consequentemente, a especiação. Também é conhecida como efeito fundador, onde a pequena população que migrou “conquista” um novo ambiente. Pode ser considerada um tipo especial de especiação alopátrica, visto que também ocorre um isolamento geográfico.
- **Parapátrica:** Pode se iniciar de duas formas: uma população ocupa uma determinada área, e parte da população migra para uma região próxima, sem se isolar completamente da população original; Ou duas populações de uma mesma espécie ocupam áreas próximas, porém ecologicamente distintas e sem barreira geográfica. Com o tempo sofrem diferentes pressões de seleção diferentes e ocorre a especiação. Pode haver uma zona com intercruzamentos entre as áreas, chamada de zona híbrida, principalmente nos estágios iniciais de especiação.
- **Simpátrica:** Uma população em determinada área pára de se reproduzir com alguns dos indivíduos da espécie (seja por motivo comportamental ou alterações genéticas), sem a presença de barreiras geográficas, e com isso há uma especiação.



Esquema dos tipos de especiação: alopátrica, peripátrica, parapátrica e simpátrica.

Exercícios

1. Em algumas regiões brasileiras, existem exemplares de *Euphorbia heterophylla*, uma planta daninha bastante prejudicial à lavoura de soja e que pode ser resistente a herbicidas. Se, após alguns anos, não existir mais o fluxo de genes entre as plantas susceptíveis e resistentes a herbicidas dessa espécie, então ocorrerá:
 - a) seleção natural.
 - b) irradiação adaptativa.
 - c) isolamento geográfico.
 - d) recombinação gênica.
 - e) isolamento reprodutivo.

 2. 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(à)
 - a) oscilação genética das raças.
 - b) convergência adaptativa das raças.
 - c) isolamento geográfico entre as raças.
 - d) seleção natural que ocorre entre as raças.
 - e) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

 3. Embora os cangurus sejam originários da Austrália, no início dos anos 80, o biólogo norte-americano James Lazell chamou a atenção para a única espécie de cangurus existente na ilha de Oahu, no Havaí. A espécie é composta por uma população de várias centenas de animais, todos eles descendentes de um único casal australiano que havia sido levado para um zoológico havaiano, e do qual fugiram em 1916. Sessenta gerações depois, os descendentes deste casal compunham uma nova espécie, exclusiva da ilha Oahu. Os cangurus havaianos diferem dos australianos em cor, tamanho, e são capazes de se alimentar de plantas que seriam tóxicas às espécies australianas. Sobre a origem desta nova espécie de cangurus, é mais provável que:
 - a) após a fuga, um dos filhos do casal apresentou uma mutação que lhe alterou a cor, tamanho e hábitos alimentares. Esse animal deu origem à espécie havaiana, que difere das espécies australianas devido a esta mutação adaptativa.
 - b) após a fuga, o casal adquiriu adaptações que lhe permitiram explorar o novo ambiente, adaptações essas transmitidas aos seus descendentes.
 - c) os animais atuais não difiram geneticamente do casal que fugiu do zoológico. As diferenças em cor, tamanho e alimentação não seriam determinadas geneticamente, mas devidas à ação do ambiente.
 - d) o isolamento geográfico e diferentes pressões seletivas permitiram que a população do Havaí divergisse em características anatômicas e fisiológicas de seus ancestrais australianos.
 - e) ambientes e pressões seletivas semelhantes na Austrália e no Havaí permitiram que uma população de mamíferos havaianos desenvolvesse características anatômicas e fisiológicas análogas às dos cangurus australianos, processo este conhecido por convergência adaptativa.
-

4. Vários conceitos são utilizados para definir uma espécie. De maneira geral podemos dizer que uma espécie representa um conjunto de indivíduos com potencial, em condições naturais, de cruzarem entre si e gerarem descendentes férteis. Vários fatores podem produzir novas espécies, ou especiação. Isso se dá quando uma espécie deriva-se de outra reprodutivamente isolada, podendo esta nova espécie manter ou não relações geográficas com seu ancestral. Assinale a alternativa que representa um processo que pode favorecer a especiação:
- a) Populações que vivem no mesmo ambiente e que se reproduzem em épocas diferentes apresentam um isolamento estacional.
 - b) Populações com parceiros em potencial copulam, porém a fecundação não ocorre devido à ausência de transferência de espermatozoides, já que eles morrem, favorecendo o mecanismo de isolamento pré-copulatório.
 - c) Populações com parceiros em potencial encontram-se, mas não copulam, favorecendo o mecanismo de isolamento mecânico.
 - d) Populações que escolhem seus parceiros avaliando seus comportamentos apresentam um isolamento temporal.
 - e) Populações que vivem no mesmo ambiente e que se reproduzem em épocas diferentes apresentam um isolamento gamético.
5. Conforme Futuyma (2009), a teoria sintética da evolução das espécies apoia-se em diversos fundamentos da biologia evolutiva moderna, os quais servem como uma sinopse de grande parte da teoria evolutiva contemporânea. Entre esses fundamentos destaca-se a especiação. Nesse contexto, pode-se definir especiação como:
- a) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações segregadas geograficamente.
 - b) a origem de duas ou mais espécies a partir de diferentes ancestrais que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações segregadas geograficamente.
 - c) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da homozigose genética de populações segregadas geograficamente.
 - d) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações unidas geograficamente.
 - e) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de um único indivíduo segregado geograficamente.

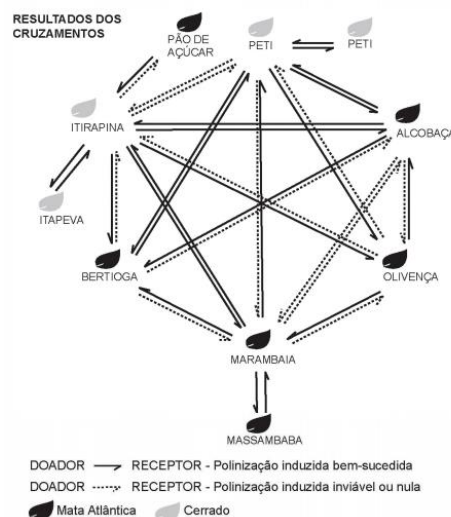
6. Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão inter cruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.

Scientific American Brasil, Rio de Janeiro, ano II, 2011 (adaptado).

Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque

- esses animais são morfologicamente muito semelhantes.
 - fluxo gênico entre as três populações é mantido.
 - apresentam nichos ecológicos muito parecidos.
 - todos têm o mesmo ancestral comum.
 - pertencem ao mesmo gênero.
7. O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações — denominadas de acordo com a localização onde são encontradas — de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor

FIORAVANTI, C. Os primeiros passos de novas espécies: plantas e animais se diferenciam por meio de mecanismos surpreendentes. Pesquisa Fapesp, out. 2013 (adaptado).

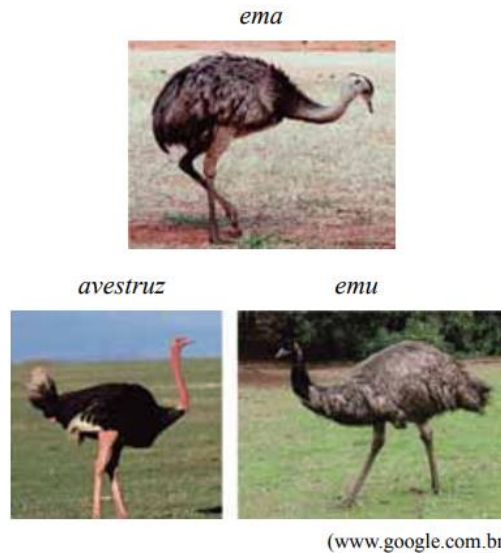


Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- Bertioga e Marambaia; Alcobaca e Olivença.
- Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- Itirapina e Marambaia; Alcobaca e Itirapina.
- Itirapina e Peti; Alcobaca e Marambaia.
- Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

8. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem
- No processo de especiação, a separação geográfica entre populações de uma espécie ancestral é o primeiro passo para formação de duas novas espécies. Já no processo de especiação, ocorre o surgimento de duas novas espécies em uma mesma localização geográfica, decorrente de rearranjos cromossômicos ou mutações, diferenciando conjuntos gênicos dentro de uma mesma população.
- a) simpátrica – por migração
 - b) alopátrica – simpátrica
 - c) por deriva genética – alopátrica
 - d) por gradualismo – por migração
 - e) por inviabilidade do híbrido – por gradualismo
9. A organização de indivíduos e populações em espécies evita a degradação de genótipos maduros, bem-sucedidos, que ocorreria caso se misturassem com genótipos incompatíveis. A hibridação, quando possível, costuma produzir indivíduos inferiores, muitas vezes estéreis, isso demonstra que os genótipos, por serem sistemas harmoniosos e bem ajustados, devem ser similares para que um cruzamento seja bem-sucedido.
- MAYR, 2009, p. 202.**
- Considerando-se as etapas necessárias para o estabelecimento da especiação a partir de populações originais e a importância desse processo evolutivo na diversidade da vida, é possível afirmar:
- a) Genótipos incompatíveis se expressam inexoravelmente na formação de híbridos inferiores ou estéreis.
 - b) A hibridação produz indivíduos inferiores devido à baixa estatura provocada pelo nascimento precoce das crias.
 - c) Na especiação simpátrica, o distanciamento genético que provoca a incompatibilidade entre os indivíduos se estabelece apesar da interação persistente entre os grupos.
 - d) Organismos capazes de produzir descendentes não devem apresentar diferenças significativas no seu conjunto gênico que justifiquem algum tipo de progresso especiativo.
 - e) O isolamento geográfico em populações alopátricas favorece uma aproximação do conjunto gênico durante o processo de especiação.

10. A ema (*Rhea americana*), o avestruz (*Struthio camelus*) e o emu (*Dromaius novaehollandiae*) são aves que não voam e que compartilham entre si um ancestral comum mais recente que aquele que compartilham com outros grupos de aves. Essas três espécies ocupam habitats semelhantes, contudo apresentam área de distribuição bastante distinta. A ema ocorre no sul da América do Sul, o avestruz é africano e o emu ocorre na Austrália.



Segundo a explicação mais plausível da biologia moderna, a distribuição geográfica dessas aves é consequência da

- a) fragmentação de uma população ancestral que se distribuía por uma única massa de terra, um supercontinente. Em razão da deriva continental, as populações resultantes, ainda que em habitats semelhantes, teriam sofrido divergência genética, resultando na formação das espécies atuais.
- b) migração de indivíduos de uma população ancestral, provavelmente da África, para a América do Sul e a Austrália, utilizando faixas de terra existentes em épocas de mares rasos. Nos novos habitats, as populações migrantes divergiram e formaram as espécies atuais.
- c) origem independente de três espécies não aparentadas, na América do Sul, na África e na Austrália, que, mesmo vivendo em locais diferentes, desenvolveram características adaptativas semelhantes, resultando nas espécies atuais.
- d) migração de ancestrais dessas aves, os quais, embora não aparentados entre si, tinham capacidade de voo e, portanto, puderam se distribuir pela América do Sul, pela África e pela Austrália. Em cada um desses lugares, teriam ocorrido mutações diferentes que teriam adaptado as populações aos seus respectivos habitats, resultando nas espécies atuais.
- e) ação do homem em razão da captura, transporte e soltura de aves em locais onde anteriormente não ocorriam. Uma vez estabelecidas nesses novos locais, a seleção natural teria favorecido características específicas para cada um desses habitats, resultando nas espécies atuais.

Gabarito

1. **E**
A ausência de fluxo gênico entre as plantas eventualmente gera um isolamento reprodutivo, impedindo que elas reproduzam entre si, fenômeno importante para o processo de especiação.
2. **E**
Através do cruzamento entre diferenças raças, há uma manutenção do fluxo gênico entre raças muito diferentes, impedindo assim o processo de especiação, já que o isolamento reprodutivo não é completo.
3. **D**
O isolamento geográfico força o isolamento reprodutivo e gera novas pressões seletivas no ambiente, modificando assim a população que foi separada. Esse processo é chamado especiação alopátrica.
4. **A**
A estação reprodutiva em diferentes épocas do ano é um mecanismo de isolamento pré-zigótico conhecido como isolamento estacional.
5. **A**
A especiação consiste na diferenciação de um ancestral comum, formando duas ou mais espécies, evento comumente ocorrendo quando há o aparecimento de uma separação geográfica, e as populações separadas sofrem com pressões seletivas diferentes.
6. **B**
Ernst Mayr defende que “uma espécie não é apenas um grupo de indivíduos semelhantes, mas um grupo que pode se reproduzir apenas entre si, excluindo todos os outros”, ou seja, espécies distintas estão isoladas reprodutivamente. Portanto não se confirma o que está no texto, pois há casos de acasalamento de indivíduos considerados de espécies diferentes que gerou descendentes férteis.
7. **D**
De acordo com o conceito biológico de espécie, a interrupção do fluxo gênico caracteriza a formação de novas espécies. A polinização inviável ou nula entre Itirapina e Peti, e entre Alcobaça e Marambaia indicam que fluxo gênico foi interrompido e o processo de especiação ocorreu.
8. **B**
A especiação que ocorre com o aparecimento de uma barreira geográfica é a especiação alopátrica, enquanto a especiação que ocorre em uma mesma localização geográfica é a especiação simpátrica.
9. **C**
Na especiação simpátrica, apesar de não haver isolamento geográfico entre os grupos, ainda assim surge um isolamento reprodutivo entre partes da população.
10. **A**
Os três animais citados são evolutivamente próximos entre si, porém vivem em locais geograficamente distantes. Como as espécies não voam, não seria possível uma migração entre distâncias tão grandes. A explicação mais plausível é que o ancestral dessas três espécies vivia em uma região que foi fragmentada, e com a separação dos continentes, as três populações atuais foram formadas por conta das diferentes pressões seletivas.

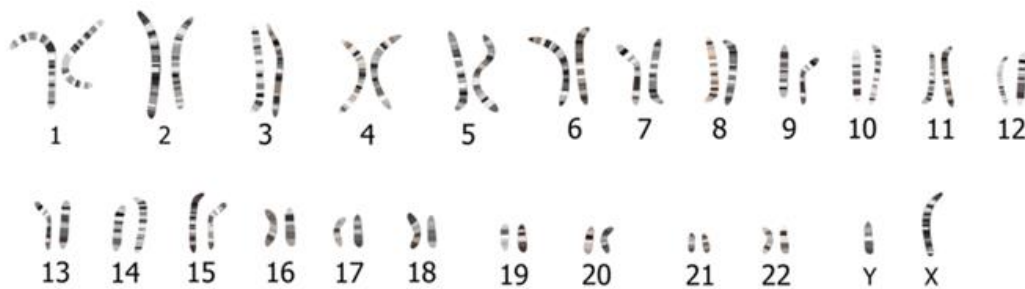
Conceitos básicos em genética e primeira lei

Resumo

Conceitos em genética

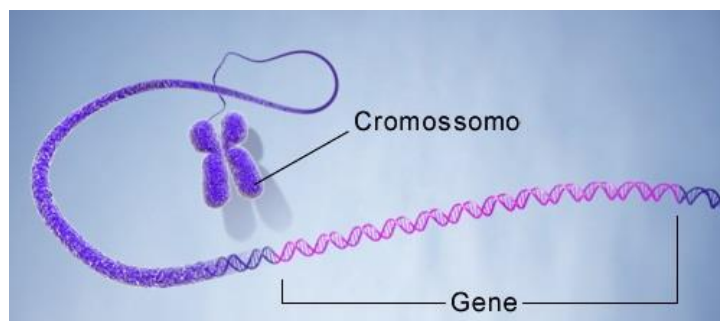
Para entender a genética, é importante saber certos conceitos básicos. Esses conceitos irão aparecer em diversos momentos, e são importantes não só para entender as leis de Mendel, mas também outros aspectos da biologia.

- **Hereditariedade:** Informações genéticas passadas através das gerações.
- **Genoma:** Conjunto haploide (n) de cromossomos de uma espécie. Nos humanos, temos $n = 23$.
- **Cariótipo:** Conjunto diploide ($2n$) de cromossomos, organizados de acordo com a sua morfologia. Nos humanos, temos $2n = 46$.
- **DNA:** Fita dupla formada por uma sequência de ácidos nucleicos.



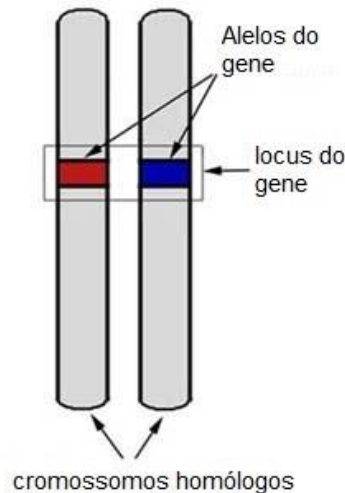
Esquema de um cariótipo humano, do sexo masculino. Cada número equivale a um par de cromossomos autossômicos homólogos, e as letras X e Y correspondem aos cromossomos sexuais.

- **Cromossomo:** Estrutura formada por uma fita de DNA altamente espiralizado ao redor de proteínas chamadas histonas. Essa forma é observada somente na divisão celular (em durante a atividade celular chamamos de cromatina). Quando eles são iguais e estão pareados, chamamos de **cromossomos homólogos**. Ele pode ser um cromossomo **autossômico** (encontrados em mesma quantidade nos indivíduos da mesma espécie, independente do sexo) ou **sexual** (diferentes entre indivíduos machos e fêmeas). Por conta disso, podemos escrever o cariótipo humano como $2n = 44 + 2$, sendo o número "44" equivalente aos 22 pares de cromossomos autossômicos e o "2" equivalente ao par de cromossomos sexuais (que será XX ou XY).
- **Gene:** Sequência do DNA responsável por determinar uma característica.



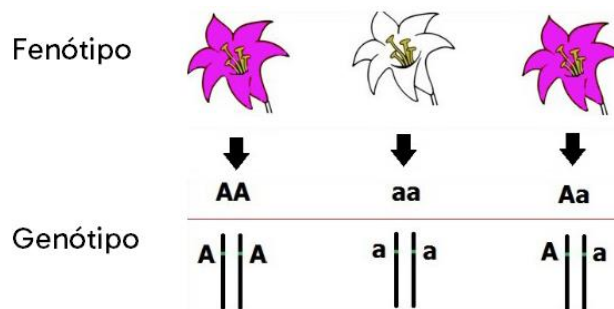
Esquema de um cromossomo, formado por uma fita de DNA, e um gene (parte do DNA) indicado em rosa.

- **Locus gênico:** Local que o gene ocupa no cromossomo. O plural de *locus* é loci genicos
- **Alelos:** Genes que ocupam o mesmo *locus*.



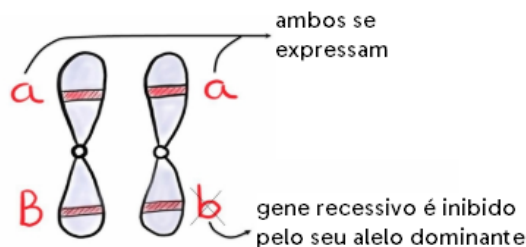
Esquema de dois cromossomos homólogos, indicando os genes alelos e o local ocupado por eles.

- **Genótipo:** Constituição de genes de determinado indivíduo (ex: genótipo Aa).
- **Fenótipo:** Expressão de características de acordo com o genótipo (ex: flores rosas). O meio onde o ser vive também pode interferir no fenótipo, alterando a característica física sem alterar a sequência de genes.



Exemplo de fenótipo (cor das flores) e genótipo (genes alelos que determinam a cor)

- **Homozigotos:** Pares formados por alelos iguais de um mesmo gene (ex.: AA e aa).
- **Heterozigotos:** Pares formados por alelos diferentes de um mesmo gene (ex.: Aa).
- **Dominante:** Expressam sua característica mesmo na presença de um gene recessivo, que daria origem a outro fenótipo. Como exemplo, observe na figura anterior: os genótipos AA e Aa possuem um mesmo fenótipo rosa (pois apresentam ao menos um alelo dominante), logo vemos que o gene A é responsável pela cor rosa.
- **Recessivo:** Não se expressam na presença de um gene dominante, apenas quando em homozigose (pares iguais). Na figura anterior, vemos o genótipo aa gerando um fenótipo branco, condicionado pelo gene recessivo a.

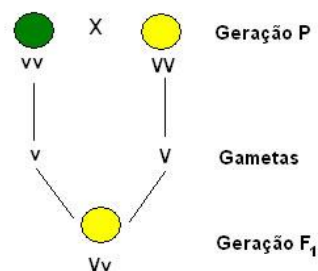


Cromossomos homólogos contendo um par de genes homozigotos recessivos (aa) e um par de alelos heterozigotos (Bb).

Primeira Lei de Mendel

O estudo da genética foi iniciado por Gregor Mendel, conhecido como pai da genética, com objetivo de entender e explicar como as características são passadas através das gerações. Para isso, ele utilizou ervilhas (*Pisum sativum*), devido a sua rápida reprodução e facilidade de criação.

Por algumas gerações, Mendel cruzou ervilhas verdes apenas com ervilhas verdes, e ervilhas amarelas apenas com ervilhas amarelas, formando o que ele chamou de linhagens puras. Ele então cruzou uma das plantas verdes pura com uma amarela pura, chamando-as de geração parental, e observou que todos os descendentes da primeira geração de filhos (F1) eram amarelos. Ou seja, ao cruzar plantas puras, com sementes verdes (vv) e amarelas (VV), originou-se apenas plantas com sementes amarelas (Vv). Mendel chamou esta geração F1 de híbridos, que eram heterozigotas.



Esquema do primeiro cruzamento realizado por Mendel, onde P equivale as linhagens puras.

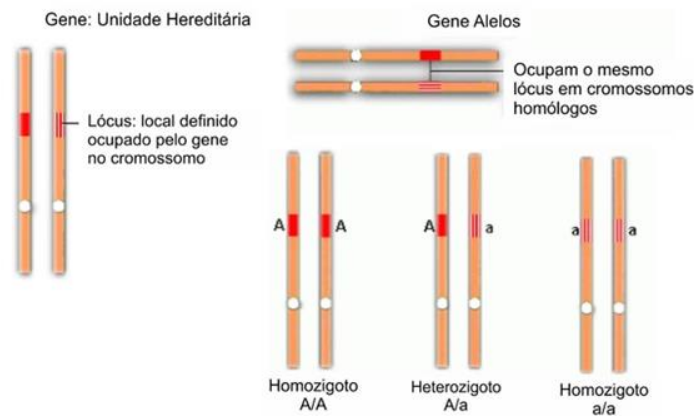
Após isso, ele fez uma autofecundação destas plantas nascidas em F1, cruzando organismos entre si (Vv x Vv), e teve como resultado uma prole com 3 plantas com sementes amarelas (sendo 1 VV e 2 Vv), além de 1 planta verde (vv). Isso provou a relação de dominância da cor amarela sobre a verde, originando a proporção de 3:1 do fenótipo em um cruzamento de heterozigotos.



Esquema do segundo cruzamento realizado por Mendel, onde houve a autofecundação da geração F1.

A partir deste resultado, Mendel percebeu que haviam características dominantes, que apareciam sobre as características recessivas. Também concluiu que esta característica poderia ser definida por dois fatores, cada um vindo de um parental, e a característica dominante sempre se manifesta caso esteja presente. Analizando todos os resultados, podemos ver que

- As características estão contidas em estruturas chamadas genes, estando cada gene em dupla. Por estarem em pares que ocupam a mesma região do material genético, são chamados de **genes alelos** (chamados por ele de fatores);
- Cada alelo é passado para próxima geração por um parental, e a geração de filhos vai ser formada pela combinação destes alelos;
- O que Mendel chamou de linhagens puras eram ervilhas **homozigotos**, ou seja, apresentam os dois genes alelos iguais (**AA**, com dois alelos dominantes, e **aa**, com dois alelos recessivos);
- A primeira geração de filhos possuía uma característica física (**fenótipo**) dominante, mas sua informação genética (**genótipo**) possuía um alelo de cada tipo, sendo considerado **heterozigoto** (**Aa**, com um alelo dominante e um recessivo)



Resumo das informações obtidas por Mendel, esquematizando novamente conceitos importantes para o estudo da genética.

Concluimos então que a primeira lei de Mendel diz que todas as características de um indivíduo são determinadas por um par de genes alelos, que são segregados durante a formação dos gametas e transmitidos aos descendentes pelos pais, que doam um gene cada. Quando a presença de um alelo dominante inibe o alelo recessivo em um indivíduo heterozigoto, chamamos de **dominância completa**.

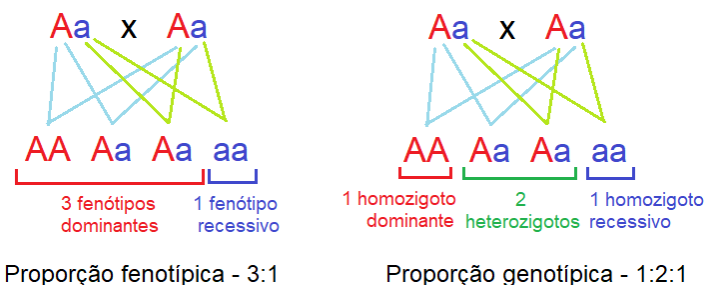
Cruzamento na primeira lei

Para realizar o cruzamento na primeira lei de Mendel, temos que lembrar que cada parental irá enviar um dos alelos para a prole. Ou seja, apenas um gene de cada par será transmitido para a prole. Em um cruzamento de Aa x Aa podemos fazer o cruzamento a partir do quadro de Punnett:

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Quadro de Punnett representando um cruzamento entre heterozigotos.

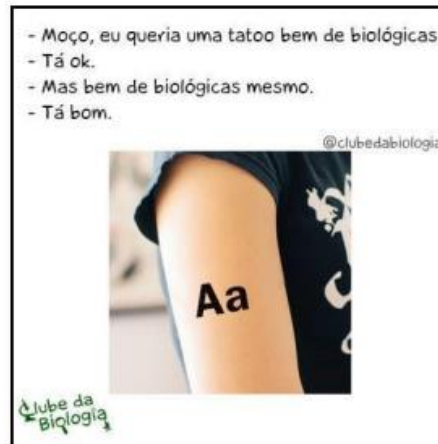
Observamos que as novas combinações de alelos formadas correspondem aos filhotes, sendo que metade dos alelos são de um parental (em vermelho), e a outra metade de outro parental (em azul). É importante saber que existem proporções fixas quando temos um caso de cruzamento entre heterozigotos com dominância completa, como explicado na imagem abaixo:



Proporções fenotípicas e genotípicas esperadas em um cruzamento entre heterozigotos na dominância completa da primeira lei de Mendel.

Exercícios

1. Observe a ilustração abaixo, que indica o genótipo de uma característica monogênica Mendeliana em um indivíduo



Adaptado de:
<<https://clubedabiologia.wordpress.com/>>.
Acesso em: 26 set. 2017.

Com relação ao que aparece na ilustração, é correto afirmar que

- a) o indivíduo é heterozigoto para a característica monogênica indicada e pode formar 50% dos gametas A e 50% dos gametas a.
 - b) caso esse indivíduo tenha um filho gerado com outra pessoa de igual genótipo, a probabilidade de o filho ser heterozigoto é de 25%.
 - c) esse genótipo é um exemplo de expressão de uma característica recessiva.
 - d) quatro células haploides serão formadas na proporção de 1: 2: 1, ao final da meiose II desse indivíduo.
 - e) as letras representam alelos para características diferentes e ocupam loci diferentes nos cromossomos homólogos.
2. Uma pequena cidade interiorana do Nordeste brasileiro chamou a atenção de pesquisadores da Universidade de São Paulo pela alta incidência de uma doença autossômica recessiva neurodegenerativa. As pesquisas realizadas revelaram que é também alto o número de casamentos consanguíneos na cidade. Outro dado interessante levantado pelos pesquisadores foi que a população da cidade acredita que a doença seja transmitida de uma geração a outra através do sangue.

Pesquisa FAPESP, julho de 2005.

Pelas informações fornecidas no texto, podemos afirmar que:

- a) pais saudáveis de filhos que apresentam a doença são necessariamente homozigotos.
- b) homens e mulheres têm a mesma probabilidade de apresentar a doença.
- c) em situações como a descrita, casamentos consanguíneos não aumentam a probabilidade de transmissão de doenças recessivas.
- d) pais heterozigotos têm 25% de probabilidade de terem filhos também heterozigotos.
- e) pais heterozigotos têm 50% de probabilidade de terem filhos que irão desenvolver a doença.

3. A proporção 3 fenótipos amarelos para 1 fenótipo verde (3:1), obtida nas autofecundações de ervilhas híbridas realizadas por Gregor Mendel no século XIX, demonstrou
- a) a base matemática científica para a descoberta do núcleo celular.
 - b) a existência de fatores pares na determinação de características hereditárias.
 - c) que a recombinação de alelos ocorre em função da permutação.
 - d) a função dos cromossomos como material genético dos organismos.
 - e) que as características hereditárias estão contidas no DNA dos organismos.
4. Sabemos que o albinismo é uma anomalia genética recessiva em que o indivíduo portador apresenta uma deficiência na produção de melanina em sua pele. Se um rapaz albino se casa com uma menina que produz melanina normalmente, porém que possui mãe albina, qual é a probabilidade de o filho do casal nascer albino?
- a) 100%.
 - b) 75%.
 - c) 50%.
 - d) 25%.
 - e) 0%.
5. O gene autossômico que condiciona pelos curtos no coelho é dominante em relação ao gene que determina pelos longos. Do cruzamento entre coelhos heterozigotos nasceram 480 coelhinhos, dos quais 360 tinham pelos curtos. Entre esses coelhinhos de pelos curtos, o número esperado de heterozigotos é:
- a) 180
 - b) 240
 - c) 90
 - d) 120
 - e) 360
6. A doença de Gaucher, autossômica recessiva, afeta o metabolismo dos lipídios. O afetado, se não tratado, tem aumento do fígado e do baço, anemia, diminuição de plaquetas e de glóbulos brancos, desgaste ósseo, fadiga, cansaço e atraso de crescimento. É correto afirmar que um paciente com esta doença transmite o gene defeituoso para
- a) seus filhos homens, apenas.
 - b) suas filhas mulheres, apenas.
 - c) 25% de sua descendência, apenas.
 - d) 50% de sua descendência, apenas.
 - e) 100% de sua descendência

7. De forma técnica e científica, em laboratórios especializados, e de forma prática e cotidiana em criações de animais domésticos, são realizados cruzamentos que permitem verificar de forma simples a transmissão de características genéticas recessivas, como o albinismo, que envolve apenas um par de alelos. Suponha que um coelho macho não albino, com genótipo heterozigoto Aa, foi cruzado com uma fêmea albina aa. A partir desse cruzamento, a probabilidade de nascimento de um filhote albino é
- de 100 %.
 - de 75 %.
 - de 50 %.
 - de 25 %.
 - nula.
8. 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
- branca.
 - selvagem.
 - 50% branca e 50% selvagem.
 - 75% branca e 25% selvagem.
 - 75% selvagem e 25% branca.
9. Dois genes alelos atuam na determinação da cor das sementes de uma planta: A, dominante, determina a cor púrpura e a, recessivo, determina a cor amarela. A tabela abaixo apresenta resultados de vários cruzamentos feitos com diversas linhagens dessa planta:

Cruzamento	Resultado
I x aa	100% púrpura
II x aa	50% púrpura; 50% amarela
III x aa	100% amarela
IV x Aa	75% púrpura; 25% amarela

Apresentam genótipo Aa as linhagens

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

- 10.** Olhos castanhos são dominantes sobre os olhos azuis. Um homem de olhos castanhos, filho de pai de olhos castanhos e mãe de olhos azuis, casa-se com uma mulher de olhos azuis. A probabilidade de que tenham um filho de olhos azuis é de:
- a) 25%
 - b) 50%
 - c) 0%
 - d) 100%
 - e) 75%

Gabarito

1. **A**
O genótipo tatuado representa um gene heterozigoto, com um alelo dominante A e um alelo recessivo a. Ao formar o gameta, haverá segregação destes alelos, sendo que há 50% de chance do gameta a ser passado seja A e 50% de chance seja a.
2. **B**
Quando uma doença é autossômica, isso significa que ela não está ligada aos cromossomos sexuais, logo, ser homem ou mulher não influencia nas chances de ter a doença.
3. **B**
A ocorrência desta proporção demonstra a ocorrência de dois fatores (alelos) para cada característica, sendo passados a descendência somente um.
4. **C**
Se o homem é albino, ele é aa. Se a mulher é normal, porém filha de albina (aa), ela herda um a da mãe, logo, Aa. No cruzamento Aa x aa, há 50% de chance de nascer Aa e 50% de chance de nascer aa.
5. **B**
Pelos curtos = Dominante = A
Pelos longos = Recessivo = a
No cruzamento de heterozigotos, tem-se a proporção fenotípica 3 curtos (360 indivíduos) : 1 longo (120 indivíduos) e proporção genotípica 1 AA : 2 Aa : 1 aa. Logo, dos 360 da prole, que apresentam pelos curtos, $\frac{2}{3}$ serão heterozigotos. $(\frac{2}{3}) \times 360 = 240$.
6. **E**
Como a herança é autossômica, ela é transmitida independente dos cromossomos sexuais, logo, para homens e mulheres. Como ela é recessiva, o afetado tem ambos os alelos (aa), logo, transmitirá o alelo a toda a sua descendência.
7. **C**
No cruzamento Aa x aa, a chance de nascer aa é 50%.
8. **E**
A pelagem branca indica a ausência de cor, e a selvagem apresenta cor. No cruzamento das populações branca x selvagem, só houveram filhotes selvagens, logo sabemos que a característica branca é recessiva (aa) e a selvagem dominante (AA ou Aa). Como as populações 1 e 2 estavam isoladas, podemos dizer que ambas as ilhas tinham apenas linhagens puras, logo o cruzamento AA x aa resultou na geração F1 com 100% dos indivíduos heterozigotos (Aa). A geração F2 será resultado do cruzamento Aa x Aa, ou seja, 75% com a coloração selvagem e 25% com a coloração branca.
9. **C**
A tabela demonstra, através dos resultados, que A é dominante sobre a, sendo A_ púrpura e aa amarela. Pelos resultados, apenas os cruzamentos Aa x aa poderiam dar 50% púrpura e 50% amarela, e somente Aa x Aa poderia resultar em 75% púrpura e 25% amarela, logo, II e IV.
10. **B**
O homem é heterozigoto, a mulher é homozigota recessiva. Do cruzamento entre esses dois, há 50% de chance de nascimento de um recessivo.

Casos especiais em primeira lei e heredogramas

Resumo

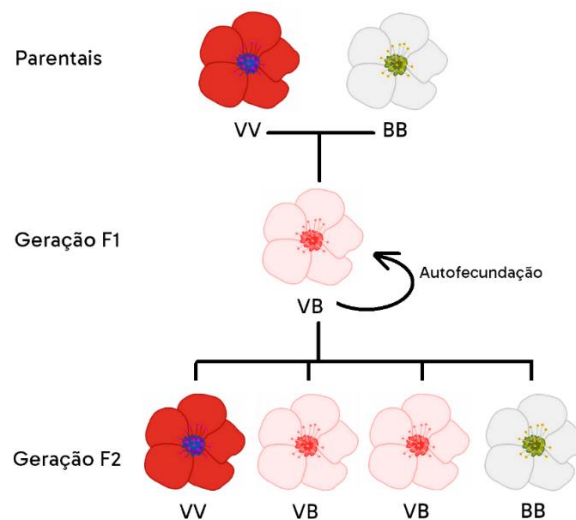
A primeira lei de Mendel, como vimos no caso da coloração das ervilhas verdes ou amarelas, é um caso de **dominância completa**, onde a característica do alelo dominante (A) se sobrepõe a do alelo recessivo (a), e o heterozigoto (Aa) apresenta o mesmo fenótipo de um homozigoto dominante (AA). Na genética, porém, podemos observar alguns casos especiais onde nem sempre essa hierarquia de dominância será seguida.

	B	b
B	BB 	Bb 
b	Bb 	bb 

Quadro de Punnett mostrando um cruzamento entre heterozigotos em um caso de dominância completa.

Ausência de dominância

Neste caso, **nenhum dos alelos apresenta dominância** sobre o outro, e os indivíduos heterozigotos apresentam uma característica (fenótipo) intermediária ao dos parentais homozigotos. Isso ocorre pois o alelo V não possui dominância sobre o alelo B e vice-versa, fazendo com que haja uma mistura do fenótipo em F1. Isso se denomina ausência de dominância ou dominância incompleta. Por exemplo, o cruzamento entre flores brancas BB e flores vermelhas VV, que resultam em flores rosas VB.



Esquema mostrando o cruzamento de duas flores de fenótipos diferentes (vermelha – VV, branca – BB) gerando uma prole de geração F1 com descendentes rosas (VB), indicando codominância.

Codominância

Aqui, **os dois alelos são igualmente dominantes**, e os indivíduos heterozigotos apresentam uma característica que mostra os dois genótipos ao mesmo tempo. Por exemplo a pelagem de vacas, onde o cruzamento de indivíduos com pelo castanho-avermelhado VV com indivíduos brancos BB resulta em heterozigotos VB com manchas vermelhas e brancas.

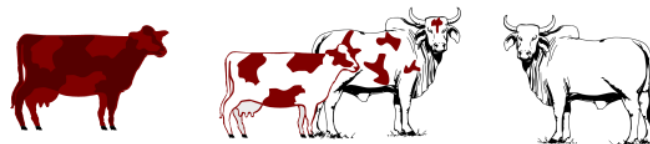
(P:) Vermelho (VV) X Branco (BB)



(F1) Ruão (VB) X Ruão (VB)



(F2) 1 Vermelho (VV) : 2 Ruão (VB) : 1 Branco (BB)



Esquema indicando diferentes gerações de vacas da raça Shorthorn e indicando a codominância dos alelos V e B.

Fonte: Prof. Paulo Aragão, Minuto Biológico. Disponível em: <https://www.minutobiologico.com/2018/11/genetica-codominancias-e-dominancia.html>

Gene letal

A presença de um determinado fenótipo homozigoto causa a morte do indivíduo antes dele nascer ou antes dele atingir a idade reprodutiva. Em ambos os casos, não consideramos determinado fenótipo na contagem da prole, o que **altera as proporções genotípicas e fenotípicas esperadas**. Por exemplo, neste caso de ratos. Ao cruzar dois heterozigotos Aa x Aa, o resultado esperado pela proporção genotípica seria 1:2:1, porém temos apenas um resultado de 2:1. A combinação homozigota dominante AA leva a morte do embrião. Os genes letais também podem aparecer quando em homozigose recessiva, dependendo do caso descrito.

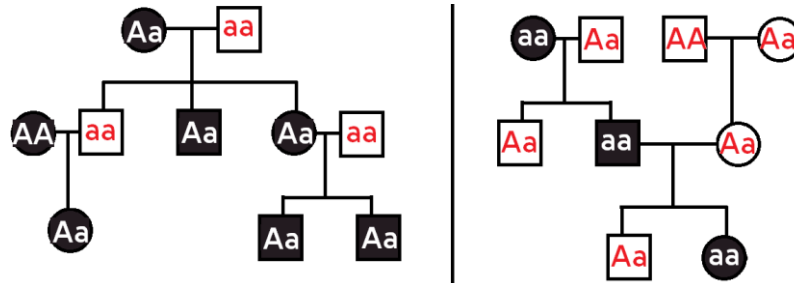
Nos humanos, temos como exemplo uma rara doença conhecida como Tay-Sachs, condicionada por um gene letal recessivo, que faz com que a criança não sobreviva aos seus primeiros anos de vida.

	A	a
A	 morte AA	 Aa
a	 Aa	 aa

Cruzamento entre ratos heterozigotos, onde o par de genes AA é considerado letal. Nestes casos, as proporções genotípicas e fenotípicas são iguais (Genotípica: 2 Aa : 1 aa ; Fenotípica: 2 marrons : 1 branco).

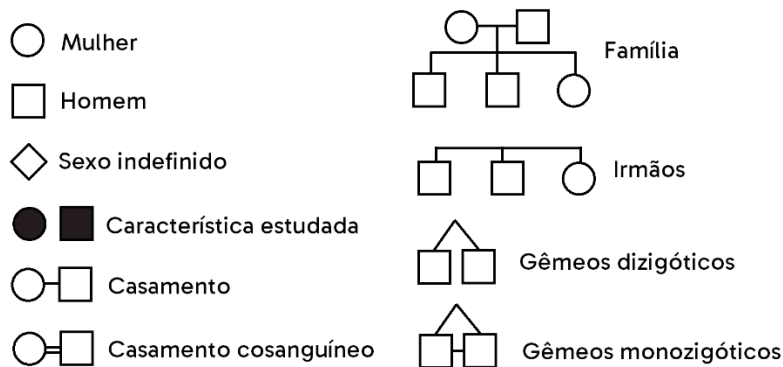
Heredograma

Os heredogramas são uma representação das relações familiares e transmissão de características hereditárias. A partir deles, é possível identificar o tipo de dominância que a característica apresenta, prever genótipos e fenótipos dentro de uma linhagem familiar e mesmo descobrir se a característica está relacionada a cromossomos autossômicos ou cromossomos sexuais.



Exemplos de heredogramas onde a característica analisada pode ser dominante (como o representado no heredograma a esquerda) ou recessiva (como representada no heredograma a direita).

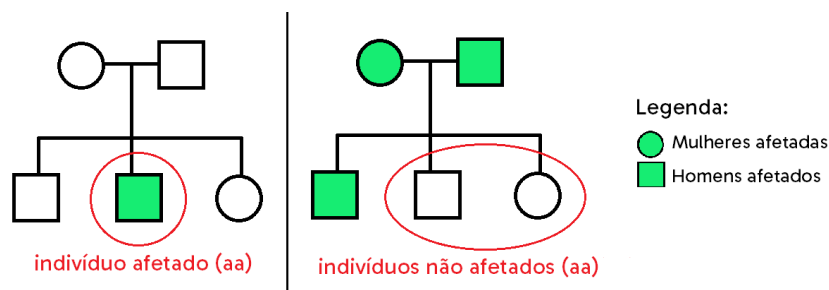
Veja a seguir os símbolos que podem aparecer em um heredograma:



Principais símbolos utilizados em um heredograma.

Como identificar se a condição é de caráter dominante ou recessivo?

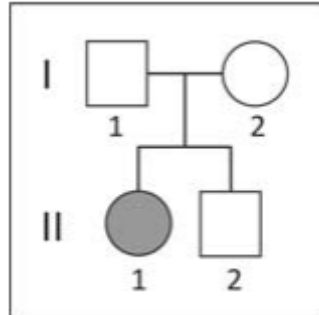
Para identificar se uma característica é dominante ou recessiva, procura-se no heredograma casais com o mesmo fenótipo, mas com filhos de fenótipo distinto. O fenótipo diferente do filho indica que este é homozigoto recessivo, fazendo com que os pais sejam heterozigotos (um alelo dominante e outro recessivo). Assim, caso esses pais sejam apresentem a característica, ela é dita de caráter dominante. Por outro lado, se o filho apresentar a característica, ela possui caráter recessivo.



O cruzamento chave serve para identificar qual característica é recessiva, seja ela considerada "afetada", como no primeiro exemplo (esquerda) ou "normal", como no segundo exemplo (direita). Em ambos os casos, os pais apresentam fenótipo diferente de pelo menos um dos filhos.

Exercícios

1. No heredograma a seguir, a menina II1 tem uma doença determinada pela homozigose quanto a um alelo mutante de gene localizado num autossomo.

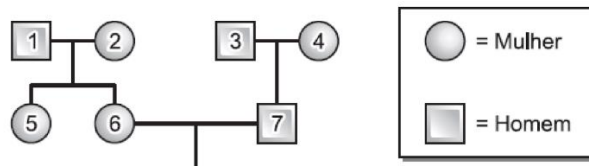


A probabilidade de que seu irmão II2, clinicamente normal, possua esse alelo mutante:

- 0
 - $1/4$
 - $1/3$
 - $1/2$
 - $2/3$
2. No homem, a acondroplasia é uma anomalia genética, autossômica dominante, caracterizada por um tipo de nanismo em que a cabeça e o tronco são normais, mas os braços e as pernas são curtos. A letalidade dessa anomalia é causada por um gene dominante em dose dupla. Dessa forma, na descendência de um casal acondroplásico, a proporção fenotípica esperada em F1 é:
- 100% anões.
 - 100% normais.
 - 33,3% anões e 66,7% normais.
 - 46,7% anões e 53,3% normais.
 - 66,7% anões e 33,3% normais.
3. A *Marabilis jalapa*, uma flor vulgarmente conhecida como maravilha, pode apresentar plantas com flores vermelhas e plantas com flores brancas. Cruzadas entre si, a geração dos filhos dará flores róseas. Intercruzando-se elementos dessa geração, apresentarão flores brancas, rosadas e vermelhas, na proporção de 1:2:1, respectivamente. De acordo com o enunciado, você pode dizer qual o tipo de herança relacionada?
- polialelia.
 - dominância completa.
 - dominância incompleta.
 - co-dominância.
 - herança ligada ao sexo.

4. O primeiro filho de um casal é diagnosticado como portador da forma grave da anemia falciforme que, sem tratamento, é letal. Essa doença é causada por um gene HbS que apresenta uma relação de codominância com o gene HbA, responsável pela produção de hemoglobina normal. Sabendo que os indivíduos heterozigotos apresentam a forma branda da doença, assinale a alternativa correta.
- Um dos pais dessa criança pode ser normal para a anemia falciforme.
 - Não há probabilidade de esse casal vir a ter filhos normais.
 - Todo portador da forma branda da doença possui hemoglobina normal em seu sangue.
 - Todos os avós dessa criança são obrigatoriamente portadores da forma branda da doença.
 - Um dos pais dessa criança é obrigatoriamente homozigoto.

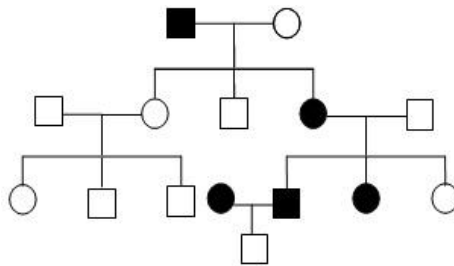
5. Na genealogia abaixo, as pessoas indicadas pelos números 1, 2, 4, 5 e 7 apresentam uma anomalia condicionada por gene autossômico dominante. Já as pessoas indicadas pelos números 3 e 6 têm fenótipo normal.



Após a análise da genealogia, pode-se concluir que:

- apenas as pessoas indicadas pelos números 1 e 2 são heterozigóticas.
 - a pessoa indicada pelo número 4 é homozigótica.
 - a pessoa indicada pelo número 3 transmitiu o gene recessivo para seu descendente indicado pelo número 7.
 - não há possibilidade de a pessoa indicada pelo número 5 ser heterozigótica.
 - o casal indicado pelos números 6 e 7 não poderá ter descendentes com fenótipo normal.
6. As flores da planta maravilha podem ser vermelhas, brancas ou rosas. As flores vermelhas e brancas são homozigotas, enquanto as rosas são heterozigotas. Para se obter 50% de flores brancas, é necessário cruzar:
- duas plantas de flores rosas.
 - uma planta de flores brancas com outra de flores rosas.
 - uma planta de flores rosas com outra de flores vermelhas.
 - uma planta de flores vermelhas com outra de flores brancas.
 - duas plantas de flores vermelhas.

7. No heredograma a seguir, os símbolos em preto representam indivíduos afetados pela polidactilia e os símbolos em branco, indivíduos normais. Conclui-se, desse heredograma, que, em relação à polidactilia:



- os indivíduos afetados sempre são homozigotos.
 - os indivíduos normais sempre são heterozigotos.
 - os indivíduos heterozigotos são apenas de um dos dois sexos.
 - pais normais originam indivíduos homozigotos recessivos.
 - pais normais originam indivíduos heterozigotos.
8. A maioria das populações é composta por pessoas que manifestam perda progressiva da lactase intestinal após o desmame. Em consequência da falta dessa enzima, essas pessoas perdem a capacidade de digerir o açúcar do leite, a lactose. (Adaptado de "Ciência Hoje". Agosto de 1999. p. 49) A alergia ao leite pode ser hereditária, causada pela deficiência da enzima lactase. Essa característica é autossômica e, nas populações ocorrem três fenótipos relacionados à atividade da enzima: indivíduos sem atividade de lactase, indivíduos com atividade de lactase e indivíduos com atividade parcial da lactase. Essa distribuição é característica de um padrão de herança
- recessiva.
 - dominante.
 - epistática.
 - co-dominante.
 - quantitativa

9. Em rabanetes, um único par de alelos de um gene controla a forma da raiz. Três formas são observadas: oval, redonda e longa. Cruzamentos entre estes três tipos apresentam os seguintes resultados:

P	F ₁
Redondo x Oval	Oval e Redondo (1:1)
Redondo x Longo	Oval
Oval x Longo	Oval e Longo (1:1)
Redondo x Redondo	Redondo
Longo x Longo	Longo

Qual a proporção de progênie esperada do cruzamento oval x oval?

- a) 3 ovais : 1 longo
 - b) 1 redondo : 1 longo
 - c) 1 oval : 2 redondos : 1 longo
 - d) 3 redondos : 1 longo
 - e) 1 redondo : 2 ovais : 1 longo
10. Em boca-de-leão, um cruzamento entre plantas com flores vermelhas e plantas com flores brancas produziu 100% de plantas com flores rosas. Na cor das flores de boca-de-leão observa-se:
- a) uma mutação cromossômica.
 - b) uma herança autossômica com ausência de dominância.
 - c) uma herança autossômica dominante.
 - d) uma herança autossômica recessiva.
 - e) uma interação gênica.

Gabarito

1. E

Podemos ver que os pais são iguais entre si e diferentes da filha, logo a característica mutante é causada por alelos recessivos (aa). Com isso, sabemos que os pais são heterozigotos Aa. No cruzamento entre Aa x Aa, temos como probabilidade resultante 1 AA : 2 Aa : 1 aa. Temos certeza que o filho 2 não é afetado, já que ele não está marcado no heredograma, logo seus genótipos só podem ser 1 AA : 2 Aa. Dessas possibilidades então, ele tem 2/3 de chance de portar o alelo recessivo, mesmo sem expressar a característica.

2. E

A questão trata de um caso de gene letal. Acondroplásicos são heterozigotos, logo, a proporção fenotípica neste caso é de 2 : 1, sendo 2/3 anões e 1/3 altura normal.

3. C

Neste caso, não se observa um efeito inibitório completo de um alelo sobre o outro, sendo então um caso de dominância incompleta.

4. C

Portadores do traço falcêmico apresentam hemácias normais e hemácias falciformes em sua corrente sanguínea.

5. C

A herança é autossômica dominante. 3 tem fenótipo normal, logo, é homozigoto recessivo, e sempre transmitirá o alelo recessivo a descendência.

6. B

Cruzando uma flor rosa (Vv) com uma flor branca (vv), 50% da descendência será branca.

7. D

O padrão de herança da polidactilia é dominante, logo, normais são homozigotos recessivos. Pais normais, homozigotos recessivos, só podem gerar filhos normais, homozigotos recessivos.

8. D

Trata-se de codominância, pois existem o fenótipo de quem produz a lactase, outro que não produz, e um que é intermediário entre estes dois fenótipos.

9. E

Considerando que este é um caso de ausência de dominância, o heterozigoto será o fenótipo intermediário, neste caso, o oval. Logo, o cruzamento entre dois ovais resulta em uma proporção de 1 redondo : 2 ovais : 1 longo.

10. B

O cruzamento entre flores vermelhas e brancas gerando um fenótipo intermediário é indicativo de ausência de dominância.

Polialelia e sistemas sanguíneos

Resumo

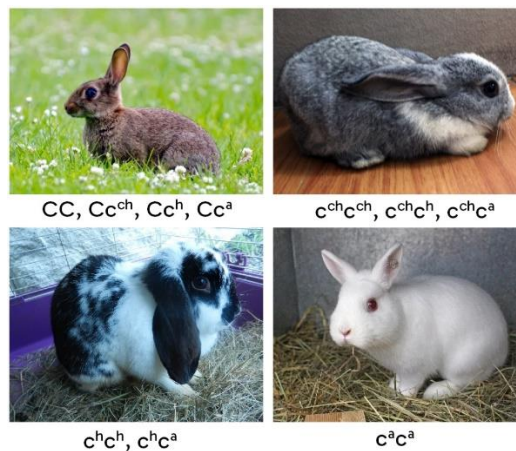
A polialelia, ou alelos múltiplos, é uma condição na genética onde a herança pode ser determinada por mais de duas variações do alelo. Isso significa que, apesar de apenas dois alelos em conjunto expressarem a característica, pode haver mais do que apenas um alelo dominante e um recessivo para se combinar. A polialelia surge por mutações de um alelo, então ao invés de apresentar apenas A e a, o gene pode ter os alelos A, A', A'', a, a''...

Pelagem em coelhos

A cor de pelos é determinada por um sistema de polialelia, com quatro alelos: C, c^{ch} , c^h e c^a . A partir da combinação destes alelos, temos quatro possíveis fenótipos:

- Aguti ou selvagem: CC, Cc^{ch} , Cc^h , Cc^a
- Chinchila: $c^{ch}c^{ch}$, $c^{ch}c^h$, $c^{ch}c^a$
- Himalaia: c^hc^h , c^hc^a
- Albino: c^ac^a

Repare que temos uma ordem de dominância, onde o C é o mais dominante, seguido por c^{ch} , por c^h e por fim o recessivo é o alelo c^a .



Exemplificação da coloração de pelos de coelhos. Os com fenótipo selvagem apresentam coloração marrom escura, os chinchila possuem pelos cinzas, os himalaia apresentam as extremidades (orelhas e nariz) pretas e os albinos não apresentam pigmentação.

Sistema sanguíneo – ABO

Um outro exemplo de polialelia é a genética do sangue, onde três alelos podem se combinar em pares para a determinação do tipo sanguíneo. Os alelos I^A e I^B são codominantes entre si e ambos são dominantes em relação a i. Os genótipos possíveis para o tipo sanguíneo A são $I^A I^A$ ou $I^A i$; para o tipo B, podem ser $I^B I^B$ ou $I^B i$; para o tipo AB, é $I^A I^B$; e, por fim, o tipo sanguíneo O possui um genótipo ii.

A presença de um alelo dominante determina a presença de determinado **aglutinogênio**, proteína que fica na superfície da membrana das hemácias. O alelo I^A faz com que a hemácia apresente aglutinogênios A, enquanto I^B faz com que se tenham aglutinogênios tipo B e o alelo recessivo i indica que não há nenhum aglutinogênio.

O aglutinogênio pode ser identificado como corpo estranho caso haja uma transfusão com tipo sanguíneo diferente, promovendo a produção dos anticorpos chamados **aglutinina**. A aglutinina anti-A ataca hemácias com aglutinogênio A (seja tipo A ou tipo AB) enquanto a aglutinina anti-B ataca hemácias com aglutinogênio B (seja tipo B ou tipo AB). Veja a relação dos tipos sanguíneos com seu genótipo, aglutinogênios e aglutininas na tabela abaixo:

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Aglutinogênio	tipo A	tipo B	tipo A e B	nenhum
Genótipo	IAIA , IAi	IBIB , IBi	IAIB	ii
Aglutinina (anti corpo)	 Anti-B	 Anti-A	nenhum	 Anti-A Anti-B

Tipos sanguíneos em relação a seu aglutinogênio, genótipo e aglutinina.

Aglutinação

A **aglutinação** do sangue leva a formação de um agrupamento das hemácias, formando aglomerados destas células, que podem entupir os vasos sanguíneos. Quando as aglutininas entram em ação, ocorre a aglutinação. Sabendo da relação aglutinogênio x aglutinina, pode-se fazer testes para determinar o tipo de sangue, colocando anti-A e anti-B em diferentes amostras de sangue e observando como elas reagem.

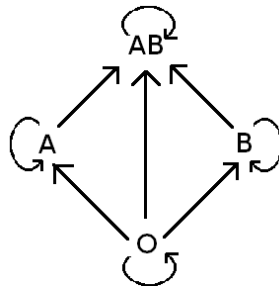
Caso o sangue aglutine apenas com o anti-A, ele é do tipo A, já que reage com os aglutinogênios A; caso o sangue aglutine apenas com o anti-B, ele é do tipo B, pois reage com os aglutinogênios B; se o sangue aglutinar com o anti-A e com o anti-B, ele é do tipo AB, pois possui os dois aglutinogênios; e, por fim, se o sangue não aglutinar com nenhuma das aglutininas, o sangue é tipo O.

	Anti-A	Anti-B
Tipo Sanguíneo A		
Tipo Sanguíneo B		
Tipo Sanguíneo AB		
Tipo Sanguíneo O		

Reação dos diferentes tipos sanguíneos ao entrar em contato com os antígenos (aglutininas). Professora Rosane Santos; Disponível em: <https://criatividadeeciencia.blogspot.com/2012/08/tipagem-sanguinea-professora-rosane.html>

Transfusões

- O sangue tipo AB é considerado **receptor universal**. Um indivíduo de sangue AB não possui aglutininas, podendo assim receber sangue de qualquer tipagem.
- Pessoa de fenótipo A possui **aglutinina anti-B** e pode receber sangue dos tipos O e A;
- Pessoa de fenótipo B possui **aglutinina anti-A** e pode receber sangue dos tipos O e B
- O sangue tipo O é considerado um **doador universal** já que, como a pessoa do tipo O não apresenta aglutinogênio, pode doar para os demais tipos. Entretanto, pessoas do tipo O possuem aglutininas anti-A e anti-B podendo apenas receber sangue do tipo O.



O sangue AB recebe de todos os tipos, mas só doa para ele mesmo, enquanto o tipo O só recebe sangue dele mesmo, porém doa para todos. Essas transfusões não levam em conta o fator Rh, como veremos a seguir.

Fator Rh

O sangue também pode ser diferenciado pelo sistema Rh, que não segue a polialelia, mas sim a dominância completa (primeira lei de Mendel simples). Também se localiza na membrana das hemácias e quando está presente, chamamos de Rh positivo (Rh+), com genótipo RR ou Rr; quando está ausente, chamamos de Rh negativo (Rh-), com o genótipo rr.

Sua descoberta advém das pesquisas com o macaco Rhesus, que dá o nome desse fator. Um indivíduo Rh- pode doar sangue para um indivíduo Rh+ ou Rh-, mas indivíduos Rh+ só podem doar para outros Rh+, senão o corpo produzirá anticorpos anti-Rh. É por conta deste sistema que pode ocorrer a eritroblastose fetal, doença que atinge o segundo filho Rh+ de uma mulher com sangue Rh-.

Eritroblastose fetal ou Doença hemolítica do recém-nascido

Ocorre quando há mulheres Rh- sensibilizadas para o Rh+, seja por transfusão ou por gravidez prévia de um feto Rh+, que estão gerando um indivíduo Rh+. Anticorpos maternos anti-Rh conseguem atravessar a placenta e atingir as hemácias fetais, promovendo sua destruição. A prevenção para uma próxima gestação se dá pelo uso de soro contendo anticorpos contra o fator Rh logo após o nascimento do primeiro filho Rh+, fazendo com que esses anticorpos eliminem o fator Rh antes que a mãe possa deflagrar sua própria resposta imune contra o fator.

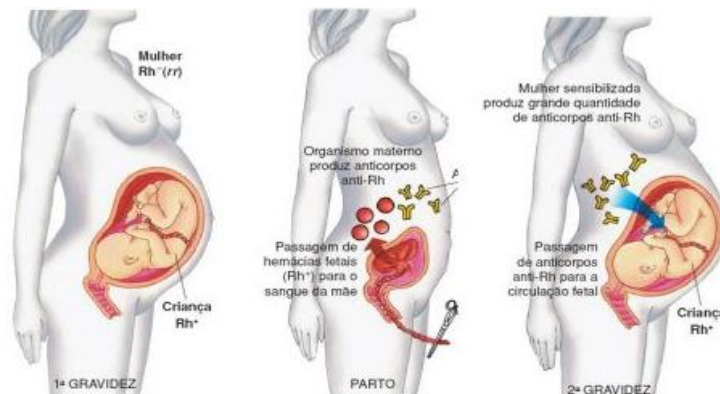


Imagem exemplificando dois momentos de gravidez, onde ocorre a eritroblastose fetal.

Minuto Enfermagem. Disponível em: <http://www.minutoenfermagem.com.br/postagens/2014/11/15/eritroblastose-fetal/>

Sistema MN

Existem outros sistemas que compõem a superfície da hemácia, mas que não são capazes de desencadear uma resposta tão intensa em uma transfusão como no caso do sistema ABO e Rh. Um exemplo é o sistema MN, com indivíduos de fenótipo M, N e MN.

Grupo sanguíneo	Genótipo	Fenótipo
M	$L^m L^m$	Antígeno M
N	$L^n L^n$	Antígeno N
MN	$L^m L^n$	Antígeno M e N

Esquema dos genótipos e fenótipos do sistema sanguíneo MN.

Efeito Bombaim, ou Falso O

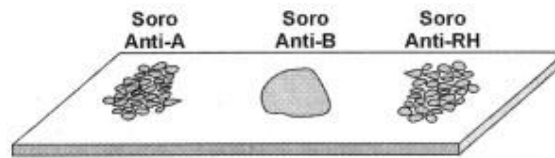
É uma condição rara, mas algumas pessoas, mesmo sem genes que conferem o fenótipo de O (ii), podem ter o sangue tipo O. Isso acontece por conta do efeito Bombaim. Ele ocorre com a interação de outro par de genes, além do que determina o tipo sanguíneo. Quando a pessoa apresenta dois alelos H recessivos, ou seja, apresenta genótipo hh, e não haverá formação dos antígenos A e B.

Um indivíduo $I^A I^A$, ou seja, A, que não produza o antígeno H, apresentará hemácias sem antígeno, "carecas", hemácias do tipo O, ocasionando em um "falso O". Esse é o efeito Bombaim. O alelo H está ligado a produção do antígeno H, e se a pessoa tiver genótipo hh, ela não formará o antígeno H, independente de seu genótipo do sistema ABO, tendo então fenótipo similar ao O.

Vale citar que mesmo o tipo O original apresenta o antígeno H, um falso O nem mesmo esse antígeno apresentará, logo, ele só pode receber sangue de outros falso O, tendo em vista que seu corpo não reconhece o antígeno H.

Exercícios

1. Um casal fez um teste para determinar seu tipo sanguíneo. Pedro apresentou aglutinogênios A, aglutininas anti-B e fator Rh, e o sangue de Maria mostrou reações de aglutinação com os soros anti-A e anti-Rh, como verificado na lâmina.



Considerando os resultados pode-se concluir que:

- O casal apresenta o mesmo tipo de sangue para o sistema ABO e, se forem heterozigotos terão 50% de probabilidade de originar uma criança de sangue tipo O.
 - O casal tem, pelo menos, 25% de probabilidade de ter uma criança de sangue tipo AB.
 - Em casos de necessidade de uma transfusão sanguínea, Pedro poderá ser receptor de Maria e não doador para ela.
 - Se o segundo filho desse casal for de sangue A Rh+, pode haver doença hemolítica de recém-nascido, a eritroblastose fetal.
 - Para o loco do sistema ABO, Maria pode apresentar IAIA ou IAi.
2. Em relação ao sistema sanguíneo ABO, um garoto, ao se submeter ao exame sorológico, revelou ausência de aglutininas. Seus pais apresentaram grupos sanguíneos diferentes e cada um apresentou apenas uma aglutinina. Os prováveis genótipos dos pais do menino são
- IBi - ii.
 - IAi - ii.
 - IAIB - IAi.
 - IAIB - IAIA.
 - IAi - IBi.
3. Sílvio e Fátima têm três filhos, um deles fruto do primeiro casamento de um dos cônjuges. Sílvio é de tipo sanguíneo AB Rh – e Fátima de tipo O Rh+. Dentre os filhos, Paulo é de tipo sanguíneo A Rh+, Mário é de tipo B Rh – e Lucas é de tipo AB Rh+. Sobre o parentesco genético nessa família, é correto afirmar que:
- Paulo e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Lucas é filho de Sílvio e não de Fátima.
 - Lucas e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
 - Paulo e Lucas são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
 - Paulo e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
 - Lucas e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Paulo é filho de Sílvio e não de Fátima.

4. No romance Dom Casmurro, de Machado de Assis, Bentinho vive uma incerteza: Ezequiel, seu filho com Capitu, é mesmo seu filho biológico ou Capitu teria cometido adultério com Escobar? O drama de Bentinho começa quando, no velório de Escobar, momentos houve em que os olhos de Capitu fitaram o defunto, quais os da viúva. Escobar havia sido o melhor amigo de Bentinho e fora casado com Sancha, com quem tivera uma filha. Suponha que, à época, fosse possível investigar a paternidade usando os tipos sanguíneos dos envolvidos. O resultado dos exames revelou que Bentinho era de sangue tipo O Rh⁻, Capitu era de tipo AB Rh⁺ e Ezequiel era do tipo A Rh⁻. Como Escobar já havia falecido, foi feita a tipagem sanguínea de sua mulher, Sancha, que era do tipo B Rh⁺, e da filha de ambos, que era do tipo AB Rh⁻. Com relação à identificação do pai biológico de Ezequiel, a partir dos dados da tipagem sanguínea, é correto afirmar que
- permaneceria a dúvida, pois os tipos sanguíneos de Sancha e de sua filha indicam que Escobar ou tinha sangue tipo O Rh⁺, e nesse caso ele, mas não Bentinho, poderia ser o pai, ou tinha sangue tipo AB Rh⁻, o que excluiria a possibilidade de Escobar ser o pai de Ezequiel.
 - permaneceria a dúvida, pois os tipos sanguíneos dos envolvidos não permitem excluir a possibilidade de Bentinho ser o pai de Ezequiel, assim como não permitem excluir a possibilidade de Escobar o ser.
 - permaneceria a dúvida, pois, no que se refere ao sistema ABO, os resultados excluem a possibilidade de Escobar ser o pai e indicam que Bentinho poderia ser o pai de Ezequiel; mas, no que se refere ao sistema RH, os resultados excluem a possibilidade de Bentinho ser o pai e indicam que Escobar poderia sê-lo.
 - seria esclarecida a dúvida, pois, tanto no sistema ABO quanto no sistema RH, os resultados excluem a possibilidade de Bentinho, mas não de Escobar, ser o pai de Ezequiel.
 - seria esclarecida a dúvida, pois os tipos sanguíneos de Ezequiel e da filha de Sancha indicam que eles não poderiam ser filhos de um mesmo pai, o que excluiria a possibilidade de Escobar ser o pai de Ezequiel.
5. Coelhos podem ter quatro tipos de pelagem: chinchila, himalaia, aguti e albina, resultantes das combinações de quatro diferentes alelos de um mesmo loco. Num experimento, animais com diferentes fenótipos foram cruzados várias vezes. Os resultados, expressos em número de descendentes, constam na tabela a seguir.

Cruzamento	Fenótipos Paralelos	Fenótipos da progênie			
		Hi	Ch	Ag	Al
1	Ag X Al	12	0	11	0
2	Ag X Hi	0	0	23	0
3	Ag X Ch	0	14	15	0
4	Ag X Ch	6	6	12	0
5	Ch X Ch	9	30	0	0
6	Hi X Al	18	0	0	0

Onde: Al = albino; Hi = himalaia; Ch = chinchila; Ag = aguti.

Se o animal progenitor aguti do cruzamento 1 for utilizado para a obtenção de filhotes com o progenitor chinchila do cruzamento 4, que proporção de descendentes poderemos prever?

- 1 aguti: 1 chinchila
- 1 aguti: 1 himalaia
- 9 aguti: 3 himalaia: 3 chinchila: 1 albino
- 2 aguti: 1 chinchila: 1 himalaia
- 3 aguti: 1 chinchila

6. Em um dos vários programas televisivos, onde é muito frequente a presença de pessoas em busca da confirmação da paternidade, surge uma mulher que alega ser a filha de um famoso astro de televisão e requer que a paternidade seja reconhecida. Encaminhada ao tribunal de justiça, o juiz encarregado do caso solicita a retirada de uma amostra de sangue dessa pessoa e do suposto pai. Após a análise da tipagem sanguínea obteve-se o seguinte resultado: a mulher é do tipo AB, Rh negativo e o homem O, Rh positivo. Com base nessas informações o veredicto do juiz sobre essa questão deverá ser que a mulher:
- a) pode ser filha do famoso astro.
 - b) com certeza, não é filha do homem citado.
 - c) tem 25% de chance de ser filha do suposto pai.
 - d) tem 50% de chance de ser filha do suposto pai.
 - e) tem 75% de chance de ser filha do suposto pai.
7. 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.
- a) o pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e para o fator Rh.
 - b) pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e homozigotos para o fator Rh.
 - c) o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para as duas características.
 - d) o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para o sistema ABO e homozigota para o fator Rh.
 - e) o pai seja homozigoto para o sistema ABO e hetero - zigoto para o fator Rh e a mãe homozigota para as duas características.
8. Um determinado banco de sangue possui 4 litros de sangue do tipo AB, 7 litros de sangue do tipo A, 1 litro de sangue do tipo B e 9 litros de sangue do tipo O, todos Rh⁺. Se houver necessidade de transfusões sanguíneas para um indivíduo com sangue tipo AB, Rh⁺, estarão disponíveis para ele, do total acima mencionado:
- a) 4 litros.
 - b) 8 litros.
 - c) 12 litros.
 - d) 13 litros.
 - e) 21 litros.

9. Assinale a alternativa incorreta em relação à possibilidade de doações e às possíveis transfusões sanguíneas.
- a) Pessoas do grupo sanguíneo O são as receptoras universais, enquanto as do grupo sanguíneo AB são as doadoras universais.
 - b) Pessoas do grupo sanguíneo AB e fator Rh+ (positivo) são receptoras universais.
 - c) Pessoas do grupo sanguíneo O e fator Rh- (negativo) são doadoras universais.
 - d) Pessoas do grupo sanguíneo A podem doar para pessoas do grupo sanguíneo A e para as do grupo sanguíneo AB.
 - e) Pessoas do grupo sanguíneo AB podem doar somente para as do grupo sanguíneo AB.
10. 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
- a) IAIA.
 - b) IAi.
 - c) IBIB.
 - d) IBi.
 - e) ii.

Gabarito

1. E

Como aglutinou para o soro anti-A, então a Maria possui o sangue do tipo A, que pode ter o genótipo IAIA ou Iai.

2. E

O menino é AB, pois não tem aglutininas, e como os pais têm uma cada, eles devem ser A e B.

3. A

Vendo os genótipos dos pais temos:

Sílvio: IAIB rr

Fátima: ii R₋

Logo, os filhos só podem apresentar genótipo IAi e ou IBi, e fator Rh pode ser positivo ou negativo caso Fátima seja heterozigota.

Vendo o genótipo dos filhos, temos:

Paulo: IAi Rr

Mário: IBi rr

Lucas: IAIB Rr

Lucas é sangue tipo AB, logo ele é o filho de um outro casamento, não sendo filho de Fátima (afinal ela só pode passar genes recessivos i).

4. B

Analisando o genótipo dos personagens

Bentinho – O Rh⁻: ii rr

Capitu – AB Rh⁺: IAIB Rr (como o filho é rr, a mãe deve ser heterozigota)

Ezequiel – A Rh⁻: IA₋ rr

Sancha – B Rh⁺: IB₋ Rr (como a filha é rr, a mãe deve ser heterozigota)

Filha – AB Rh⁻: IAIB rr

Escobar, para ter uma filha com sangue tipo AB, deveria ser A (IAIA ou IAi), e poderia ter Rh + heterozigoto (Rr) ou Rh⁻ (rr).

Pelo tipo sanguíneo, não é possível determinar qual é o pai de Ezequiel e se houve traição

Capitu x Bentinho = ii rr x IAIB R₋ → IAi rr

Capitu x Escobar = IA₋ r x IAIB Rr → IAIA ou Iai rr

5. D

O aguti do cruzamento 1 tem como genótipo C Ch, enquanto o chinchila do cruzamento 4 tem como genótipo Cch Ch, logo, deste cruzamento, a probabilidade é ½ aguti, ¼ chinchila, ¼ himalaia.

6. B

Pessoas do tipo O não podem ter filhos AB.

7. A

O filho com tipo O e rH negativo tem o genótipo ii rr. O jovem pode realmente ser filho deste casal caso os pais tenham os genótipos heterozigotos, ou seja, a mãe seria IBi Rr e o pai seria IAi Rr.

8. E

Como o sangue do tipo AB não possui aglutininas, ele receberá todos os tipos possíveis de sangue, em um total de 21 litros.

9. A

Tipo O é doador universal e tipo AB receptor universal.

10. A

Se o pai fosse IAIA, ele apenas poderia enviar IA. Na presença do alelo IA, é impossível o fenótipo Tipo B, tendo em vista que há codominância entre os alelos IA e IB.