



Caro(a) aluno(a),

O volume 1 do Caderno do Aluno da 2ª série do Ensino Médio abordou o tema Identidade dos Seres Vivos, apresentando assuntos referentes à organização e funções vitais básicas da célula.

Agora, no volume 2, você terá oportunidade de aprofundar essa temática, discutindo assuntos relacionados à herança biológica e à variabilidade genética.

A partir desses conteúdos, você poderá realizar pesquisas e participar de investigações e debates que o(a) ajudarão a compreender os mecanismos e fundamentos da genética e da saúde humana. Dessa forma, você poderá tornar-se um cidadão bem informado e crítico, particularmente em relação aos assuntos dessa área.

Suas aulas se tornarão mais dinâmicas quando você e seus colegas contribuírem com suas experiências de vida na realização das atividades propostas. Seu(u) professor(a) irá orientar os debates e as pesquisas dos temas propostos, favorecendo sua aprendizagem e a de seus colegas.

Desejamos a você bons estudos e o convidamos a mergulhar no universo das Ciências.

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo
Equipe Técnica de Ciências da Natureza





TEMA 1:

HERANÇA BIOLÓGICA – VARIABILIDADE GENÉTICA E HEREDITARIEDADE

Nossa compreensão atual sobre a hereditariedade é o resultado de centenas de anos de investigação e busca por explicações racionais acerca da transmissão de características biológicas ao longo das gerações. Por que os filhos se assemelham aos pais e por que certas características se manifestam apenas em determinadas famílias? Tais questões são muito comuns e denotam nossa curiosidade a respeito deste fenômeno: a herança biológica.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 AS IDEIAS PRÉ-MENDELIANAS

As atividades propostas nesta Situação de Aprendizagem têm como objetivo levar você a entender diferentes explicações sobre hereditariedade, elaboradas em períodos históricos específicos e influenciadas por concepções da época. O conteúdo inicial permitirá que você faça a distinção de características genéticas, hereditárias, congênitas e adquiridas.



Leitura e Análise de Texto

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Surdez: uma característica invisível

Ao nascer, um bebê parece saudável. No entanto, ele pode ter uma deficiência auditiva que dificulte o desenvolvimento de sua linguagem. Quanto mais rápido for o diagnóstico de surdez nas crianças, mais chances elas terão de desenvolver capacidades comunicativas.

A surdez é a deficiência sensorial mais comum em seres humanos. Do total da população mundial que chega aos 70 anos, cerca de 60% apresenta perdas consideráveis da capacidade auditiva, inclusive por longa exposição a sons de volume alto.

No entanto, a proporção de crianças que nascem surdas é bem menor. No Brasil, estima-se que em cada mil crianças nascidas, apenas quatro sofram perda auditiva.

Esse número poderia ser ainda mais baixo. É que, em nosso país, a rubéola é uma das principais causas de surdez na infância. Quando o vírus da rubéola infecta uma mulher grávida, pode provocar a perda total da audição no bebê. Por isso, é fundamental que as mulheres em idade fértil estejam vacinadas contra essa enfermidade.

Uma vacina também é capaz de prevenir outra importante causa de surdez na infância: a meningite. Por isso, todas as crianças de até 2 anos de idade devem ser vacinadas contra a meningite.

Nos países mais desenvolvidos, esses fatores perdem importância em razão de maior acesso à vacinação preventiva, mas a principal causa de surdez entre crianças, correspondente a mais de 50% dos casos, está relacionada a alterações no DNA. Já no Brasil, isso ocorre em apenas 20% dos casos.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



Após a leitura do texto, discuta em dupla as questões a seguir:

1. Qual é a importância da audição no processo de desenvolvimento das crianças?

2. Por que o número de crianças surdas é menor em países desenvolvidos?

3. Elabore uma lista com as causas da surdez apresentadas ao longo do texto.

4. Como a vacinação pode diminuir o número de crianças surdas?





Leitura e Análise de Tabela

Classificando as características humanas

Com seus colegas, leia as informações do quadro, que diferenciam tipos de característica, por meio de exemplos referentes ao texto analisado.

Características			
Genéticas	Hereditárias	Congênitas	Adquiridas
São determinadas pelo DNA do indivíduo.	São transmitidas de uma geração para outra.	Ocorrem quando os indivíduos as apresentam desde o nascimento.	São os casos em que os indivíduos não as apresentavam ao nascer.
Muitos são os genes envolvidos que determinam a capacidade de audição. Qualquer alteração de pelo menos um deles pode levar à surdez.	As pessoas que se tornaram surdas por meningite, rubéola ou exposição a elevados níveis de ruído não transmitem essa característica para seus filhos; assim, a surdez, nestes casos, não é uma característica hereditária. No entanto, quando a surdez é genética, causada por alteração nos genes, ela pode ser transmitida de uma geração para outra, sendo, portanto, hereditária.	Quando uma grávida é contaminada pelo vírus da rubéola, o bebê pode nascer surdo. A surdez, neste caso, pode ser considerada congênita, pois o bebê já nasce com essa característica.	A surdez provocada por longa exposição a ruídos pode ser considerada adquirida, pois o indivíduo não a apresentava antes do nascimento. A surdez provocada por meningite também é adquirida.

1. Com base em sua compreensão do quadro, classifique as características a seguir:

- cor dos olhos: _____
- idioma: _____
- cor do cabelo: _____
- barba: _____
- gripe: _____
- inteligência: _____



Leitura e Análise de Texto

O texto a seguir aborda a visão de dois pensadores gregos acerca da herança genética. Eles viveram há mais de 20 séculos: Hipócrates (460-377 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.). Converse com seus colegas a respeito dessa informação antes de iniciar a leitura.

Os pioneiros da Genética: Hipócrates e Aristóteles

Maria Augusta Querubim

Hipócrates (460-377 a.C.)

A história da Genética começou há 2 420 anos, quando Hipócrates, considerado o fundador das ciências médicas, propôs, em 410 a.C., a hipótese da pangênese, para explicar a hereditariedade.

De acordo com essa hipótese, a transmissão das características hereditárias baseava-se na produção, por todas as partes do corpo, de partículas muito pequenas, que eram transmitidas para a descendência no momento da concepção. Para validar essa teoria, Hipócrates argumentava que os filhos, geralmente, reproduzem as características dos pais: cor de olhos, tipo de cabelo e até mesmo deficiências como o estrabismo, inclusive doenças que, atualmente, sabemos que não são hereditárias.

A pangênese permaneceu como a única teoria geral de hereditariedade até o final do século XIX. Foi de Hipócrates, também, o conceito de hereditariedade de caracteres adquiridos – adotado pelo naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), em 1809, como explicação do mecanismo de mudanças evolutivas. Esse conceito ainda é usado por muitas pessoas. A hipótese da pangênese foi adotada por Darwin (1809-1882), em 1859, em suas explicações sobre a evolução.

Aristóteles (384-322 a.C.)

Para Aristóteles, existia uma base física da hereditariedade no sêmen produzido pelos pais. Essa ideia foi fundamental para o desenvolvimento posterior da Genética, pois, a partir da sua proposição, passou-se a considerar a hereditariedade como resultado da transmissão de algum tipo de substância pelos pais.

O termo “sêmen” foi usado por Aristóteles com o sentido de semente. Atualmente, o termo correspondente seria gametas, cujo papel na reprodução só foi estabelecido em meados do século XIX.

Aristóteles conhecia a proposição da pangênese, mas, apesar de relacionar argumentos importantes que apoiavam a pangênese como uma proposição plausível, ele a rejeitou.

Algumas características não estruturais, como a voz ou o jeito de andar, frequentemente herdadas, levaram Aristóteles a se perguntar a respeito da maneira por meio da qual se produziam material para o sêmen para tais características. Além disso, observou, por exemplo, que filhos de pais com cabelos e barbas grisalhos não são grisalhos ao nascer.

As evidências mais importantes que refutaram tanto a pangênese de Hipócrates como aquela de Darwin, cerca de dois mil anos mais tarde, estavam ligadas à não transmissividade das deficiências provocadas pelas mutilações; plantas mutiladas produziam descendência perfeita, assim como homens que haviam perdido partes do corpo.

Havia, ainda, o poderoso argumento de que, se o pai e a mãe produzem sêmen com partículas precursoras de todas as partes do corpo, não se deveria esperar que os descendentes tivessem duas cabeças, quatro braços etc.?

Aristóteles era um cientista à frente de seu tempo. Ele propôs uma hipótese que, embora vaga, ainda é considerada verdadeira. Até o final do século XIX não houve avanço relevante em termos de transmissão de características hereditárias, ou seja, a compreensão da hereditariedade não progrediu entre Aristóteles (384-322 a.C.) e Gregor Mendel (1822-1884).

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Responda às questões a seguir baseando-se no texto sobre os dois pensadores gregos:

1. Explique o conceito da pangênese proposto por Hipócrates.

2. Como Aristóteles achava que as informações hereditárias eram transmitidas de uma geração para outra?

3. Quais eram as críticas de Aristóteles a respeito das ideias de Hipócrates?

Agora, seu professor vai organizá-los em duplas ou em pequenos grupos para resolver o desafio proposto a seguir:



Desafio!

Lara e Antônio eram loiros desde o nascimento. Já adultos, eles mudaram a cor do cabelo, que se tornou castanho-escuro. Eles estão juntos, e Lara espera um filho de Antônio.

Depois de ler e interpretar a situação, escrevam duas cartas em seu caderno:

- **Carta 1**

Para a elaboração dessa carta, utilizem ideias e argumentos de Hipócrates para descrever qual deverá ser a cor do cabelo do filho do casal.

- **Carta 2**

A respeito da cor do cabelo do bebê, utilizem argumentos de Aristóteles para criticar as ideias apresentadas na carta escrita com base em argumentos de Hipócrates.



LIÇÃO DE CASA



1. Em sua época, Aristóteles deparou-se com um problema intrigante com relação à herança: na cidade de Elis, uma mulher grega (de pele clara) casou-se com um etíope (de pele negra) e da união nasceu uma filha de pele clara.

a) Como Hipócrates explicaria esse acontecimento?

b) Essa criança cresceu e casou-se com um grego (de pele clara). Baseando-se nas ideias de Hipócrates, responda: qual seria a cor da pele dos filhos desse novo casal?

c) Suponha que esse casal teve cinco filhos, e entre os quais um deles apresentava pele negra.

- Como Hipócrates poderia explicar esse acontecimento?

- E como Aristóteles explicaria o mesmo acontecimento?



VOCÊ APRENDEU?



1. O sarampo é uma doença:
 - a) congênita.
 - b) hereditária.
 - c) genética.
 - d) adquirida.

2. Os seres humanos:
 - a) possuem poucas características congênitas.
 - b) não herdam comportamentos de seus pais.
 - c) possuem apenas características genéticas.
 - d) não adquirem muitas características ao longo da vida.
 - e) possuem características genéticas que podem ser herdadas de seus pais.

3. Sobre a pangênese, podemos afirmar que:
 - a) não era útil para explicar como os filhos se assemelhavam aos pais.
 - b) é uma ideia aceita por toda a comunidade científica, atualmente.
 - c) ela defende que ocorre a transmissão de partículas para os pais no momento da concepção.
 - d) era uma ideia defendida por Aristóteles.
 - e) ela argumenta que há uma produção de partículas por todas as partes do corpo.

4. De acordo com as ideias da pangênese, como nasceria o filho de um homem que se tornou musculoso por realizar muitas atividades físicas?

5. Por qual motivo não nascerá uma criança tatuada, mesmo que os pais tenham tatuagens?



PESQUISA INDIVIDUAL

De coletor a agricultor, de caçador a criador

Sempre que sentamos à mesa, para almoçar, jantar ou fazer alguma refeição, repetimos um ritual que há milhares de anos acompanha a espécie humana.

Durante a maior parte da história evolutiva humana, nossos antepassados simplesmente coletavam e caçavam os alimentos que estavam à disposição na natureza; comíamos o que a natureza nos ofertava.

Há cerca de 10 mil anos essa situação começou a mudar. Em diferentes regiões do mundo, seres humanos deram início ao processo de cultivar plantas e criar animais. O resultado dessas atividades pode ser visto, atualmente, no que está à nossa mesa.

Nessa transição, um tipo de conhecimento foi indispensável: a noção de reprodução sexuada, a experimentação com formação de híbridos e a seleção de variedades de interesse.

Alimentos que consumimos diariamente, como o trigo, o arroz, o feijão e o milho, não existiam da maneira como os conhecemos hoje. Eles são fruto do trabalho de seleção que os humanos realizaram ao longo de muitas gerações.

1. Você acha que a genética tem alguma coisa a ver com essa transição?
2. Faça uma pesquisa sobre a origem do milho ou do trigo e identifique as plantas que originaram as variedades que consumimos hoje.
3. Quanto aos animais domesticados, procure informações a respeito de como as diferentes raças de cães, gado e cabras foram selecionadas.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 AS IDEIAS DE MENDEL



PARA COMEÇO DE CONVERSA

As ideias e os conceitos acerca da herança genética permaneceram inalterados por mais de 2 mil anos. Somente na segunda metade do século XIX ocorreu uma revolução na maneira de compreender o fenômeno da hereditariedade. Essa revolução se deu a partir das ideias fundamentais de Gregor Mendel, monge agostiniano que dedicou alguns anos da sua vida à tarefa de identificar os mecanismos básicos pelos quais as características biológicas são transmitidas ao longo das gerações.

O problema de Jacó

Leia o texto *A proposta de Jacó*, pastor de rebanho casado com Leia e Raquel, filhas de Labão. Em seguida, converse com seus colegas sobre possíveis soluções para o problema de Jacó.



Leitura e Análise de Texto

A proposta de Jacó

Não venho discutir minha vida amorosa aqui! Minha vida já é quase um livro aberto... E está descrita na Bíblia, em Gênesis, no capítulo 30! O motivo que me traz aqui é a necessidade de ajuda. Fiz um acordo com meu sogro, Labão. Certo dia, eu disse a ele que me deixasse voltar para a minha terra:

- Dê-me os meus filhos e as minhas mulheres, e eu irei embora.
- Fique comigo, por favor – respondeu Labão –, diga quanto quer, e eu pagarei!
- O senhor sabe como tenho trabalhado e como tenho cuidado dos seus animais. Antes de eu chegar, o senhor tinha pouco, depois, no entanto, tudo aumentou muito. Agora, preciso cuidar de minha família!
- Quanto você quer que eu lhe pague? – insiste Labão.
- Não quero salário. Eu continuarei a cuidar das suas cabras se o senhor concordar com a proposta que vou fazer. Hoje vou passar por todo o rebanho a fim de separar para mim todos os cabritos malhados. É só isso que eu quero como salário.

Como a amizade entre os dois não era tão grande assim, Jacó ainda fez uma ressalva:

- No futuro será fácil o senhor saber se eu tenho sido honesto. Na hora de conferir o meu salário, se houver no meu rebanho cabritos que não sejam malhados, o senhor saberá que fui eu que o roubei.
- Está bem. Aceito sua proposta!

Adaptação de atividade da Rede Interativa Virtual de Educação (Rived) – SEED/MEC. Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica/atividade1/atividade1.htm>.

As cabras do rebanho de Labão são pretas, mas já ocorreu o nascimento de algumas cabras malhadas. Jacó está interessado em possuir um grande rebanho de cabras malhadas, e o seu problema é fazer com que aumente o número de nascimento deste tipo de cabra no rebanho.

No momento, não existe nenhuma cabra malhada no rebanho de Labão. Existem três machos e três fêmeas, todos pretos, para serem cruzados:

Machos	Fêmeas
Simeão	Bila
Levi	Zila
Ruben	Dina

Em cruzamentos anteriores, Simeão, Zila e Dina sempre produziram filhotes pretos, não importando a(o) parceira(o). Por outro lado, Bila, Levi e Ruben produziram apenas filhotes pretos em certos cruzamentos, mas, em outros, apareceram alguns filhotes malhados.

Com base nos dados apresentados, responda às seguintes questões. Elas irão ajudá-los na interpretação do problema.

1. Qual casal traria mais benefícios para Jacó?

2. As cabras escolhidas apresentam uma aparência semelhante à das outras: todas são pretas. O que será que só elas possuem de diferente das outras para ter filhotes malhados?

3. Formule uma hipótese para responder à seguinte questão:

- Como determinada característica (a cor dos pelos da cabra, por exemplo) passa de uma geração para a outra?

O trabalho de Mendel



Leitura e Análise de Texto

Para conhecer um pouco da história do cientista precursor da Genética, Gregor Mendel, leia o texto a seguir.

Quem foi Gregor Mendel?

A Genética teve início no ano de 1900, quando um trabalho publicado em 1866, pelo monge agostiniano Gregor Mendel, chegaram enfim ao conhecimento da comunidade científica. Nesse trabalho, Mendel propunha explicações para a herança de algumas características da ervilha *Pisum sativum*, explicações que ficaram conhecidas, mais tarde, como leis de Mendel.

Após completar seus estudos no mosteiro de Brno (atual República Tcheca), Mendel foi para Viena, onde frequentou cursos de Física e se submeteu a exames necessários à obtenção do título de professor.

Acredita-se que ali Mendel tenha se inteirado das discussões sobre evolução biológica, tema que, no início da década de 1850, já despertava a atenção dos biólogos e que atingiria seu ponto alto em 1859, com a publicação do livro *A origem das espécies*, do inglês Charles Darwin.

O monge cientista entusiasmou-se com a questão da evolução e percebeu que, para compreender esse fenômeno, seria necessário conhecer os fundamentos da herança biológica.

De volta a Brno, Mendel passou a se dedicar à problemática da hereditariedade: leu os principais trabalhos sobre o assunto e decidiu utilizar a ervilha como material experimental, como haviam feito alguns de seus antecessores.

Trecho extraído de MIYAKI, Cristina Yumi, AMABIS, José Mariano, MORI, Lyria, SILVEIRA, Rodrigo Venturoso Mendes da. In: PEC – Programa Construindo Sempre. Aperfeiçoamento de Professores. *Biologia*. Módulo 1. São Paulo: SEE/Pró-Reitoria da Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/microgene/files/biblioteca-17-PDF.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2009.

1. De acordo com o texto, o que teria levado Mendel a desenvolver seus trabalhos?

2. Os trabalhos de Mendel foram publicados em 1866, porém o texto indica que eles só chegaram ao conhecimento da comunidade científica apenas em 1900. Converse com seus colegas a respeito disso e aponte alguns motivos pelos quais os trabalhos de Mendel permaneceram tanto tempo à margem do debate científico.




ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

A história em quadrinhos a seguir apresenta o trabalho de Mendel e sua importante pesquisa com as ervilhas. É uma atividade adaptada do *site* Rede Interativa Virtual de Educação (Rived), um programa da Secretaria de Educação a Distância (SEED), do Ministério da Educação. Leia a história atentamente e complete as informações nos quadros quando estas forem solicitadas.


Dialogando com Mendel

JAL

OLÁ! MEU NOME É MENDEL. VOU CONTAR PARA VOCÊS UMA EXPERIÊNCIA BEM INTERESSANTE QUE FIZ COM... ERVILHAS!




EU CULTIVAVA ALGUMAS VARIEDADES DE ERVILHAS; VERDES, AMARELAS, LISAS, RUGOSAS, ENTRE OUTRAS.




PARA SIMPLIFICAR, VAMOS NOS ATER APENAS À TEXTURA DAS SEMENTES, QUE PODEM SER LISAS OU RUGOSAS.

LISAS




RUGOSAS




COM MUITO SUOR, CONSEGUI OBTER SEMENTES PURAS! CHAMO DE PURA A SEMENTE QUE, QUANDO CRESCE, GERA UMA PLANTA QUE DÁ ORIGEM APENAS A SEMENTES IGUAIS À QUE A ORIGINOU.


LISA LISA 100% LISA




RUGOSA RUGOSA 100% RUGOSA




MAS, E SE CRUZAMOS UMA PLANTA DE SEMENTE LISA COM UMA DE RUGOSA? APARECERIAM LISAS, RUGOSAS OU DOS DOIS TIPOS?




SEMENTE LISA PURA COM SEMENTE RUGOSA PURA. CONSEGUE IMAGINAR NO QUE PODE RESULTAR?



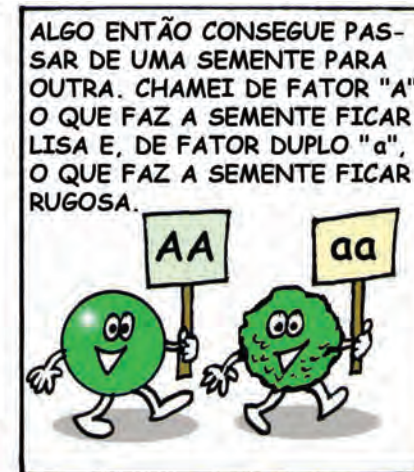
ISSO MESMO! SÓ APARECEM SEMENTES LISAS! AGORA, E SE EU PLANTASSE ESTAS NOVAS SEMENTES LISAS E AUTOFECONDASSE ESSAS PLANTAS? OU SEJA, CRUZASSE-A COM ELA MESMA?



NESTA TERCEIRA GERAÇÃO, APARECEM ALGUMAS SEMENTES RUGOSAS ENTRE A MAIORIA DE LISAS!



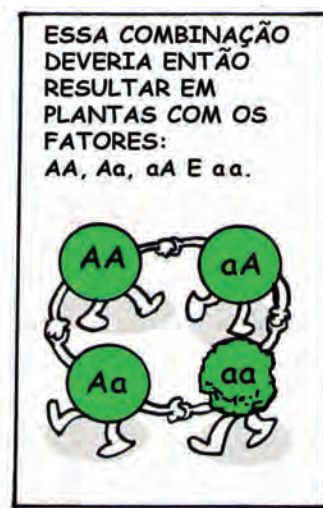
ALGO ENTÃO CONSEGUE PASSAR DE UMA SEMENTE PARA OUTRA. CHAMEI DE FATOR "A" O QUE FAZ A SEMENTE FICAR LISA E, DE FATOR DUPLO "a", O QUE FAZ A SEMENTE FICAR RUGOSA.



JAL



	Planta rugosa (pura) Fatores: _____		Planta lisa (pura) Fatores: _____	
Gametas produzidos	Gameta masculino Fator: _____	Gameta feminino Fator: _____	Gameta masculino Fator: _____	Gameta feminino Fator: _____
	Planta lisa híbrida			
	Fatores: _____			
	Planta lisa (híbrida)			
	Fatores: _____			
Gametas produzidos	Gameta masculino Fator: _____ ou _____		Gameta feminino Fator: _____ ou _____	



JAL



AGORA, ME AJUDE A REPRESENTAR ESTAS IDEIAS SOBRE O CRUZAMENTO DOS HÍBRIDOS NO ESQUEMA:

PLANTA Aa (1) x PLANTA Aa (2)

FATORES PRESENTES NOS GAMETAS PRODUZIDOS PELA PLANTA 1: _____ OU _____

FATORES PRESENTES NOS GAMETAS PRODUZIDOS PELA PLANTA 2: _____ OU _____

SE TRANSPORTARMOS ESSES GAMETAS PARA UMA TABELA, PODEREMOS DESCOBRIR COMO SERÃO OS DESCENDENTES.



GAMETAS DA PLANTA 2 →		
↓ GAMETAS DA PLANTA 1		



COM BASE NO RESULTADO DO CRUZAMENTO DOS HÍBRIDOS, QUAL A PROPORÇÃO DE SEMENTES LISAS E SEMENTES RUGOSAS NOS MEUS EXPERIMENTOS?



APÓS ESTES RESULTADOS, MENDEL ESTABELECEU QUE:

“[...] AQUELAS CARACTERÍSTICAS QUE PASSAM DE FORMA TOTALMENTE OU QUASE INALTERADA PARA A COMPOSIÇÃO DO HÍBRIDO E QUE, POR ISSO MESMO, PASSAM A REPRESENTAR AS CARACTERÍSTICAS HÍBRIDAS EM SI SERÃO DENOMINADAS DOMINANTES; ENQUANTO QUE AQUELAS QUE SE TORNAM LATENTES NA COMBINAÇÃO SERÃO DENOMINADAS RECESSIVAS. A RAZÃO DA ESCOLHA DO TERMO RECESSIVO SE DEVE AO FATO DE QUE AS CARACTERÍSTICAS ASSIM DESIGNADAS RECUAM PARA UM SEGUNDO PLANO OU ATÉ DESAPARECEM POR COMPLETO, PORÉM TORNAM A APARECER DE FORMA INALTERADA NA DESCENDÊNCIA [...]”

MENDEL, GREGOR. VERSUCHE ÜBER PFLANZENHYBRIDEN. TRADUÇÃO CORINE STANDERSKI. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.BIOLOGIE.UNI-HAMBURG.DE/B-ONLINE/DOB_MEND/MENDEL.HTM](http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/dob_mend/mendel.htm)>. ACESSO EM: 26 NOV. 2009.



- Com base no que foi observado, qual seria a porcentagem de sementes lisas e de sementes rugosas esperada do cruzamento de uma planta híbrida com uma planta pura?



Dica!

Você pode continuar aprendendo com o trabalho de Mendel por meio das atividades interativas com as ervilhas do cientista no *site* do Rived. Para tanto, acesse: <<http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica/atividade2/atividade2.htm>>. Acesso em 27 nov. 2009.

Agora, vamos retomar o trabalho de Mendel:

1. O que Mendel fez?

2. Quais foram os tipos de ervilhas cruzadas por ele?

3. Qual era a característica dominante do cruzamento apresentado? E qual era a recessiva?

4. O que faz com que uma característica seja considerada recessiva ou dominante?



Tome nota!

Faça uma pesquisa em livros didáticos e organize um glossário em seu caderno com os termos relacionados à herança genética. Nas próximas Situações de Aprendizagem deste Caderno, podem aparecer novos termos que você poderá pesquisar e adicionar ao glossário.

Glossário herança genética

- alelo • autofecundação • estado recessivo de uma característica • fenótipos • genótipos • heterozigoto
- híbrido • homozigoto • linhagem pura • estado dominante de uma característica • fatores hereditários • gametas • gene



LIÇÃO DE CASA



1. Organize um esquema que represente as ideias de Mendel. Nele, é preciso constar as diferentes gerações de ervilhas estudadas, bem como o modelo explicativo proposto pelo monge.
2. Redija um texto, em apenas uma página, em que você deverá comunicar para um público diferente (por exemplo, seus pais) quem era Mendel e qual foi seu trabalho.
 - Ao concluir o texto, apresente-o a um representante do público-alvo.
 - Qual foi a opinião dos leitores sobre seu texto?



VOCÊ APRENDEU?



As ervilhas de Mendel ajudariam Jacó?

Releia a história de Jacó e de suas cabras. Agora, com a ajuda dos resultados obtidos por Mendel, discuta com seus colegas a seguinte questão:

1. Em relação ao que foi discutido no exercício 2 da página 12, responda à seguinte questão: o que podemos supor quando duas cabras pretas se cruzam e um filhote malhado nasce?

O problema de Jacó continua

Nesta etapa, você vai utilizar resultados obtidos em cruzamentos para descobrir os genótipos das novas cabras e escolher o casal ideal para aumentar o rebanho de cabras malhadas de Jacó.

Chegaram seis novas cabras, das quais apenas uma é malhada, e Jacó precisa saber quais são os melhores cruzamentos, ou seja, aqueles que darão cabras malhadas, para que ele possa aumentar o seu rebanho.

Cabras novas	Sexo	Fenótipo	Genótipo
James Watson	♂	Preto	
Francis Crick	♂	Malhado	
Thomas Morgan	♂	Preto	
Rosalind Franklin	♀	Preto	
Barbara Mclintock	♀	Preto	
Lynn Margulis	♀	Preto	

Jacó realizou alguns cruzamentos entre as novas cabras:

♂ \ ♀	Rosalind Franklin	Barbara Mclintock	Lynn Margulis
James Watson	100% de filhotes pretos	100% de filhotes pretos	100% de filhotes pretos
Francis Crick	100% de filhotes pretos	50% de filhotes pretos e 50% de filhotes malhados	100% filhotes pretos
Thomas Morgan	100% de filhotes pretos	75% de filhotes pretos e 25% de filhotes malhados	100% de filhotes pretos

1. Analise os cruzamentos feitos por Jacó e indique, no quadro, os genótipos das novas cabras.
2. Escolha o casal ideal para Jacó realizar futuros cruzamentos. A seguir, calcule o resultado esperado para o cruzamento entre as duas cabras escolhidas, justificando sua resposta.



3. Qual é a característica dominante? E a recessiva? Quais são as cabras homozigotas? E as heterozigotas?



LIÇÃO DE CASA



Jacó estava selecionando as características mais interessantes para ele. Essa prática é comum e costuma ser feita com diferentes espécies. Com base nas seleções feitas pelo ser humano, pense em quais aspectos transformam diversas características de cães, tomates, bananas, gatos, ovelhas, vacas etc. Agora, pense em uma espécie e suas respectivas características e responda às questões a seguir.

1. Essas características foram selecionadas por quais motivos?

2. Algumas das características de animais que foram selecionadas em outras épocas continuam sendo interessantes atualmente? E aquelas que são interessantes atualmente também foram interessantes no passado?

3. Em sua opinião, de que maneira essas características foram selecionadas?





VOCÊ APRENDEU?



1. Uma característica dominante é:
 - a) aquela que aparece na maioria dos indivíduos.
 - b) a que não provoca doenças.
 - c) a que se manifesta nos indivíduos heterozigotos.
 - d) a que se manifesta nos indivíduos homozigotos.
 - e) aquela que aparece na minoria dos indivíduos.

2. (Fuvest – 1991) Um gato preto (A) foi cruzado com duas gatas (B e C), também pretas. O cruzamento do gato A com a gata B produziu 8 filhotes, todos pretos; o cruzamento do gato A com a gata C produziu 6 filhotes pretos e 2 amarelos. A análise desses resultados permite concluir que:
 - a) a cor preta é dominante, A e C são homozigotos.
 - b) a cor preta é dominante, A e B são homozigotos.
 - c) a cor preta é dominante, A e C são heterozigotos.
 - d) a cor preta é recessiva, A e C são homozigotos.
 - e) a cor preta é recessiva, B e C são heterozigotos.

3. (Fuvest – 1992) Dois 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 a seguir apresenta resultados de vários cruzamentos feitos com diversas linhagens dessa planta:

Cruzamento	Resultado
I × aa	100% púrpura
II × aa	50% púrpura; 50% amarelo
III × aa	100% amarelo
IV × Aa	75% púrpura; 25% amarelo

- Apresentam genótipo heterozigoto as linhagens:
- a) I e III
 - b) II e III
 - c) II e IV
 - d) I e IV
 - e) III e IV
-
4. A fenilcetonúria é uma doença genética que resulta da incapacidade de processar a substância fenilalanina, contida nas proteínas que comemos. A fenilcetonúria manifeste-se no início da lactância e, caso não seja tratada, geralmente leva a retardo mental. Essa doença pode ser detectada logo após o nascimento, por meio de triagem neonatal (conhecida popularmente por “teste do pezinho”), e afeta aproximadamente 1 em cada 12 mil recém-nascidos no Brasil.



Um casal pretende ter um filho, mas consulta um geneticista, porque o homem tem uma irmã com fenilcetonúria e a mulher tem dois irmãos com essa mesma doença. Não existem outros casos conhecidos em suas famílias.

a) A fenilcetonúria é causada pelo alelo dominante? Justifique, utilizando informações do enunciado desta questão.

b) Por qual motivo o casal está preocupado com o risco de o filho ter fenilcetonúria, se eles não são afetados pela doença?

5. Considere duas linhagens homocigotas de plantas, uma com frutos ovais e outra com frutos redondos. O alelo que determina fruto redondo é dominante.

a) De que forma podem ser obtidas plantas com frutos ovais de cruzamentos das linhagens originais? Explique, esquematizando os cruzamentos.

b) Demonstre em que proporção essas plantas de frutos ovais serão obtidas.



PESQUISA INDIVIDUAL

Aconselhamento genético

Em certas situações em que há o risco de ocorrência ou recorrência de uma doença hereditária e/ou genética em uma família, recomenda-se o aconselhamento genético. Trata-se de um processo de comunicação entre profissionais da saúde e pacientes com o intuito de revelar e evitar alguma possível enfermidade genética.



Faça uma pesquisa sobre esse tema e verifique:

- Quais são as doenças genéticas mais comuns.
- Em que consiste o aconselhamento genético.
- Quais profissionais estão envolvidos nesse tipo de especialidade médica.
- Quais pessoas ou famílias devem se submeter ao aconselhamento genético.
- Quais tipos de exames podem auxiliar no diagnóstico e no aconselhamento.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 O PROCESSO MEIÓTICO



PARA COMEÇO DE CONVERSA

Mendel descreveu um mecanismo fundamental da herança genética: a segregação dos fatores (alelos) na formação dos gametas e a posterior combinação desses fatores na formação de novos indivíduos.

A questão é que Mendel não tinha, em seu tempo, compreensão dos fenômenos celulares e do modo de produção dos gametas.

No início do século XX, os cientistas estabeleceram relação direta entre o fenômeno da herança genética descrito por Mendel e um processo de divisão celular responsável pela formação de gametas nos animais: a **meiose**. Você já ouviu falar nesse processo?

Para iniciar esta Situação de Aprendizagem, resgate, inicialmente, o que você já conhece a respeito da divisão celular. No Caderno do volume 1, você estudou **mitose**. A respeito desse processo, podemos dizer que:

1. Uma célula que sofre mitose produz _____ células-filhas.
2. Quanto ao conteúdo genético, as células-filhas _____ com relação à célula que lhes deu origem.
3. Em nosso organismo, a mitose ocorre em células somáticas – células que formam _____



PESQUISA INDIVIDUAL

Consulte livros didáticos e outros materiais à sua disposição e pesquise o outro tipo de divisão celular que, nos animais, dá origem aos gametas. A pesquisa deve ter como objetivo explicar as seguintes questões:



1. Por que na formação dos gametas o tipo de divisão tem de ser diferente do que ocorre na mitose?

2. Como o número de cromossomos é mantido constante ao longo das gerações nas espécies com reprodução sexuada?

3. Qual é o nome desse processo? Quais são as características principais desse tipo de divisão?

4. Quais são os eventos mais significantes que ocorrem na meiose?

5. Quando ocorre a duplicação dos cromossomos?

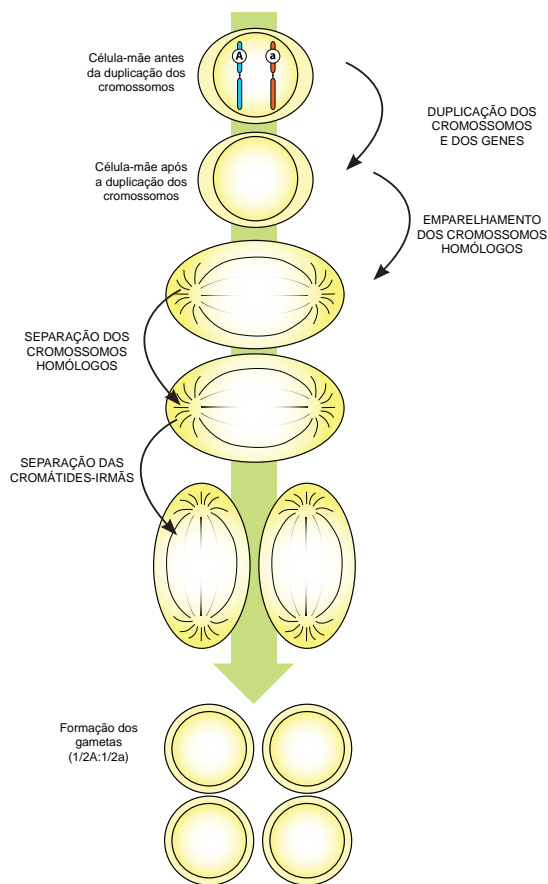
6. O que são cromossomos homólogos e quando ocorre o emparelhamento entre eles?



7. Quando ocorre a separação dos cromossomos de origem materna e seus homólogos de origem paterna?

8. Quando ocorre a separação das cromátides-irmãs?

9. Com base em uma célula com um par de cromossomos, como a ilustrada a seguir, complete o esquema, seguindo as orientações.





ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Simulando o processo meiótico*

Materiais

Para a próxima atividade, você e seus colegas de grupo precisarão de:

- 1 folha de papel *kraft* ou cartolina
- 6 bastões de massa de modelar de diferentes cores
- 2 pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra A
- 2 pinos com a letra a
- 2 pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra B
- 2 pinos com a letra b

Seu professor vai organizá-los para que realizem a atividade: uma simulação do processo de meiose. Ao término da simulação, espera-se que você possa responder à seguinte questão:

- Qual é a relação entre o comportamento dos cromossomos na meiose e o dos genes responsáveis pelas características hereditárias?

Situação I: célula com um par de cromossomos, heterozigótica, para um gene (Aa)

Passo 1

- Desenhe um círculo em um papel, representando os limites da célula que sofrerá meiose. Lembre-se de que a membrana do núcleo se desfaz quando a célula entra em divisão.

Passo 2

- Faça dois rolinhos de massa de modelar, de cores diferentes, com cerca de 5 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro, representando o cromossomo de origem materna e o cromossomo de origem paterna.

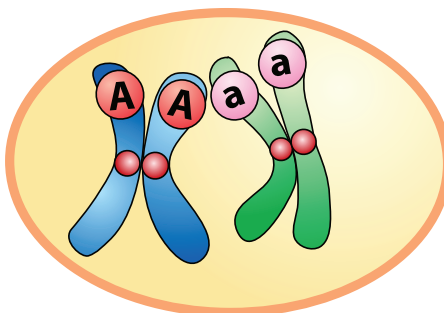
Passo 3

- Aplique nos bastões de massa os pinos de plástico marcados com as letras A e a, representando os alelos do gene em questão.

* Adaptado de MIYAKI, Cristina Yumi, AMABIS, José Mariano, MORI, Lyria, SILVEIRA, Rodrigo Venturoso Mendes da. In: PEC – Programa Construindo Sempre. Aperfeiçoamento de Professores. *Biologia*. Módulo 1. São Paulo: SEE/ Pró-Reitoria da Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/microgene/files/biblioteca-17-PDF.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2009.

Passo 4

- Duplique os cromossomos materno e paterno, fazendo, com a massa de modelar, dois novos rolinhos, utilizando a cor correspondente a cada um.



© Lie A. Kobayashi

Passo 5

- Una os rolinhos da mesma cor pelos centrômeros.

Passo 6

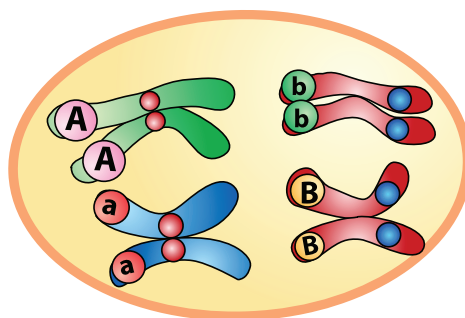
- Coloque o alelo correspondente nas novas cromátides formadas.

Passo 7

- Com os bastões de massa representando os cromossomos duplicados, simule:
 - a) o emparelhamento dos cromossomos homólogos;
 - b) a primeira divisão da meiose;
 - c) a segunda divisão da meiose.

Lembre-se: o material genético (DNA) duplica-se antes do processo de meiose propriamente dito, durante a interfase.

Situação II: célula com dois pares de cromossomos, heterozigótica, para dois genes localizados em cromossomos diferentes (AaBb)



© Lie A. Kobayashi

Passo 1

- Utilize quatro bastões de massa de modelar para representar dois pares de cromossomos homólogos. Empregue cores diferentes para os cromossomos de origem paterna e materna e para os diferentes pares de cromossomos homólogos. A célula a ser considerada tem número diploide de cromossomos igual a quatro ($2n=4$).

Passo 2

- Molde um par de cromossomos metacêntricos (centrômero no meio) e um par de cromossomos acrocêntricos (centrômero na extremidade).

Passo 3

- Aplique nos bastões de massa que representam os cromossomos metacêntricos os pinos de plástico marcados com as letras A e a. Nos bastões de massa que representam os cromossomos acrocêntricos aplique os pinos com as letras B e b.

Passo 4

- Duplique os cromossomos materno e paterno, fazendo, com a massa de modelar, quatro novos rolinhos, utilizando a cor correspondente a cada um.

Passo 5

- Una os rolinhos da mesma cor pelos centrômeros.

Passo 6

- Coloque o alelo correspondente nas novas cromátides formadas.

Passo 7

- Com os bastões de massa representando os cromossomos duplicados, simule:
 - a) o emparelhamento dos cromossomos homólogos;
 - b) a primeira divisão da meiose;
 - c) a segunda divisão da meiose.

Após simular os eventos meióticos, você e seus colegas deverão responder às seguintes questões de conclusão:

1. No segundo passo da Situação I, o que representa cada um dos rolinhos de massa de modelar?



2. Na sua simulação, identifique:
- os cromossomos homólogos;
 - as cromátides-irmãs.

3. Quando o alelo presente em uma cromátide é A, na cromátide-irmã também existe o alelo A. Explique por quê.

4. Quantos tipos de posicionamento são possíveis quando há dois pares de cromossomos homólogos emparelhados na primeira divisão da meiose?

5. Compare o comportamento dos cromossomos na meiose com a segregação dos alelos:
- na primeira divisão meiótica;
 - na segunda divisão meiótica.

6. Quantos e quais tipos de gametas serão formados na meiose de uma célula duplo-heterozigótica (AaBb)?

7. Segundo a lei da segregação independente (Segunda Lei de Mendel), quantos e quais tipos de gametas são produzidos por um indivíduo duplo-heterozigótico (AaBb)?



8. Existe diferença entre as respostas das questões 6 e 7? Por quê?

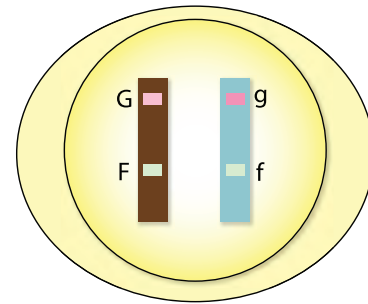


LIÇÃO DE CASA



A imagem representa uma célula diploide ($2n=2$)e, tomando-a por base, você simulará o processo de meiose, considerando dois genes (G e F) que estão presentes no mesmo par de cromossomos homólogos em condição heterozigótica.

Analise os resultados e os compare com aquele obtido para genes presentes em cromossomos homólogos distintos.



© Lie A. Kobayashi



VOCÊ APRENDEU?



1. O albinismo é a incapacidade, de um animal ou de um indivíduo, de produzir o pigmento chamado melanina. A melanina é um pigmento avermelhado ou negro que normalmente existe na pele, no cabelo e na membrana dos olhos. A respeito de uma mulher com pigmentação normal e heterozigótica para o albinismo, pergunta-se:

a) Qual a proporção de seus gametas em que se espera que haja o alelo A?

b) Se ela se casar com um homem albino, quais serão, provavelmente, os fenótipos dos filhos do casal?

c) Se ela se casar com um homem heterozigótico, qual a probabilidade de nascimento de uma criança albina?

2. Explique o que é uma cromátide.

3. Na espécie humana, qual é o número de cromossomos das células originadas pela mitose? E pela meiose?

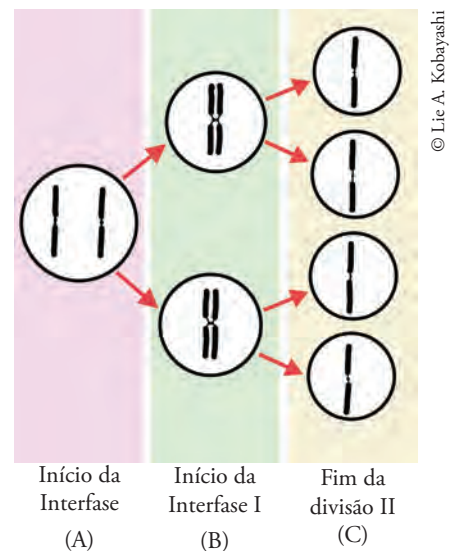
4. A duplicação dos cromossomos nos processos de divisão celular (meiose e mitose) ocorre:

- antes do início do processo.
- após o posicionamento dos cromossomos homólogos no centro da célula.
- após o posicionamento de todos os cromossomos no centro da célula.
- após o posicionamento dos pares de cromossomos homólogos no centro da célula.
- após a divisão do citoplasma.

5. (Fuvest – 2004) A figura mostra etapas da segregação de um par de cromossomos homólogos em uma meiose.

No início da interfase, antes da duplicação dos cromossomos que precede a meiose, um dos representantes do par de alelos sofreu uma alteração. Considerando as células que se formam no final da primeira divisão (B) e no final da segunda divisão (C), encontraremos o alelo alterado em:

- uma célula em B e nas quatro em C.
- uma célula em B e em duas em C.
- uma célula em B e em uma em C.
- duas células em B e em duas em C.
- duas células em B e nas quatro em C.



PESQUISA INDIVIDUAL

Reprodução sexuada e evolução são dois processos biológicos diretamente relacionados. Todo o processo evolutivo depende da existência de variabilidade genética, e a reprodução sexuada, aliada ao fenômeno das mutações, é a fonte dessa variabilidade.

Pesquise em seu livro e responda em seu caderno:

- Quais mecanismos relacionados à meiose estão envolvidos na geração de variabilidade genética?
- O que é *crossing-over*? Quando e onde ocorre?



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 A FAMÍLIA BRASIL

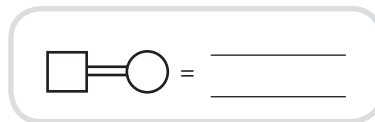
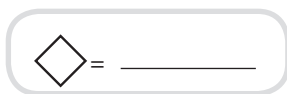
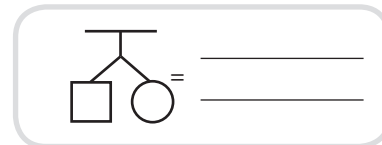
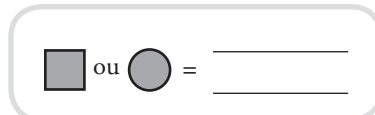
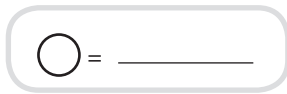
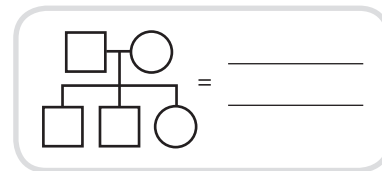
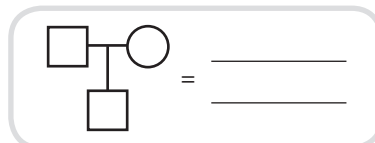
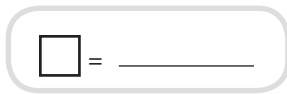


PARA COMEÇO DE CONVERSA

Para reconhecer as possibilidades de aplicação das ideias de Mendel com relação à herança biológica na espécie humana, vamos estudar diferentes padrões de herança de algumas características de uma família fictícia: “A família Brasil”.

Nas atividades seguintes, você trabalhará com um tipo de esquema muito útil para compreender os padrões de herança de características ao longo das gerações em certa família: os heredogramas.

Pesquise em seu livro o que significa e como se constrói um heredograma. Depois, escreva o que cada símbolo significa.



Estudando a família Brasil

1. Siga a descrição a seguir e construa um heredograma para a família Brasil:
“João e Maria tiveram três filhos homens – Pedro, Paulo e José. Renata casou-se com Pedro e teve Camila e Rafael. José e Ana são os pais de Beatriz e Carlos. Beatriz casou-se com Ricardo”.

2. Observe as ilustrações e preencha a tabela, indicando o fenótipo dos indivíduos da família Brasil em relação:

João	Maria	Pedro	José
Paulo	Ana	Renata	Camila
Rafael	Ricardo	Beatriz	Carlos

© Pietro Antognoni

- à visão: necessita ou não usar óculos
- à pele: com sarda ou sem sarda
- ao cabelo: liso ou enrolado

Características	Fenótipos											
	João	Maria	Renata	Pedro	Paulo	José	Ana	Camila	Rafael	Beatriz	Carlos	Ricardo
Óculos												
Sardas												
Cabelo												

3. Analisando as características das pessoas da família Brasil, identifique:

- a condição dominante e a condição recessiva com relação à necessidade de usar de óculos.

- a condição dominante e a condição recessiva com relação à presença ou ausência de sarda.

- a condição dominante e a condição recessiva com relação ao tipo de cabelo.



LIÇÃO DE CASA



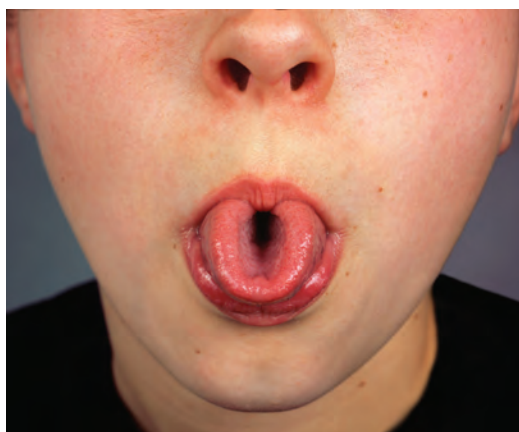
1. Com base em suas respostas, preencha a tabela a seguir, indicando, quando for possível, prováveis genótipos dos indivíduos da família Brasil.

Utilize letras diferentes para cada uma das três características estudadas: O, S e E, por exemplo.

Características	Genótipos											
	João	Maria	Renata	Pedro	Paulo	José	Ana	Camila	Rafael	Beatriz	Carlos	Ricardo
Óculos												
Sardas												
Cabelo												

2. A capacidade de dobrar ou não a língua é controlada por nossos genes.

Consulte seus familiares a respeito dessa característica e construa um heredograma. Depois, procure determinar a condição dominante e a condição recessiva.



© Cordélia Molloy/SPL-Latinstock

3. Faça um novo heredograma da família Brasil, priorizando um possível casamento com filhos entre Camila e Carlos.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

A família Brasil continua

Retome suas informações sobre a família Brasil. Em duplas, vocês vão simular o nascimento dos filhos de Ricardo e Beatriz. Para isso, devem utilizar os genótipos definidos a seguir:

Características	Ricardo		Beatriz	
	Fenótipo	Genótipo	Fenótipo	Genótipo
Cabelo	Encaracolado	ee	Encaracolado	ee
Sardas	Presentes	Ss	Presentes	Ss
Óculos	Presentes	oo	Ausentes	Oo

Um componente da dupla vai representar Ricardo, e o outro, Beatriz. A dupla fará a simulação do nascimento de dois filhos, de acordo com os resultados de um sorteio.

Para realizar o sorteio, os dois devem utilizar três moedas.

Cada moeda representa uma característica e, em cada face dela, um alelo deve ser representado. Por exemplo, a moeda que representa o gene das “sardas” de Ricardo deve ter em uma de suas faces o alelo “S” e, na outra, “s”. Já a moeda que representa o gene do cabelo de Beatriz deve ter em ambas as faces a letra “e”.

- Determinando o tipo de cabelo do primeiro filho:
 - lancem simultaneamente as moedas para o tipo de cabelo;
 - anotem na tabela os alelos sorteados e, a seguir, o fenótipo do filho 1 em relação ao tipo de cabelo;
 - façam o mesmo para as outras características do filho 1;
 - determinem as características do filho 2.

Características	Filho 1			Filho 2		
	Fenótipo	Alelos recebidos		Fenótipo	Alelos recebidos	
		do pai	da mãe		do pai	da mãe
Cabelo						
Sardas						
Óculos						



2. Com base no registro dos resultados do sorteio, façam desenhos representando os filhos de Ricardo e Beatriz, com os fenótipos resultantes. Ao lado do desenho, registrem os genótipos e fenótipos das características estudadas.
3. Fixem os desenhos em um quadro junto com os das outras duplas. Com isso, todos poderão comparar os resultados.

Agora, você analisará algumas situações que envolvem cálculos de probabilidade.

- a) Ricardo e Beatriz estão esperando um bebê. Qual é a probabilidade dessa criança vir a necessitar de óculos?

- b) Caso o primeiro filho do casal precise usar óculos, a chance da segunda criança também precisar de óculos é alterada? Justifique.

- c) Qual seria a chance de esse casal ter um bebê com sardas e cabelo liso simultaneamente?



VOCÊ APRENDEU?



1. A pseudocondroplasia é um tipo de nanismo determinado geneticamente pelo alelo D autosômico dominante, que interfere no crescimento dos ossos durante o desenvolvimento. A princípio, pensou-se que o fenótipo anão seria expresso pelo genótipo DD ou Dd. Entretanto, foi



considerado que a severidade do alelo dominante, quando em dose dupla, produz efeito letal durante o desenvolvimento embrionário, provocando aborto precocemente. Considere um casal de anões pseudocondroplásicos que já tem três crianças com a pseudocondroplasia. Qual é a probabilidade de, em um eventual quarto nascimento, a criança também nascer afetada?

- a) 100%, pois os pais são homozigóticos dominantes.
 - b) $\frac{2}{3}$, afinal, não existem recém-nascidos homozigóticos dominantes.
 - c) 75%, pois bastaria receber um alelo dominante dos pais heterozigotos.
 - d) 100%, pois já tiveram três crianças com pseudocondroplasia.
 - e) não é possível determinar essa probabilidade.
2. (Fuvest – 1991) Do casamento entre uma mulher albina com cabelos crespos e um homem normal com cabelos crespos, cuja mãe é albina, nasceram duas crianças, uma com cabelos crespos e outra com cabelos lisos. A probabilidade de que uma terceira criança seja albina com cabelos crespos é:
- a) 75%
 - b) 50%
 - c) 37,5%
 - d) 25%
 - e) 12,5%

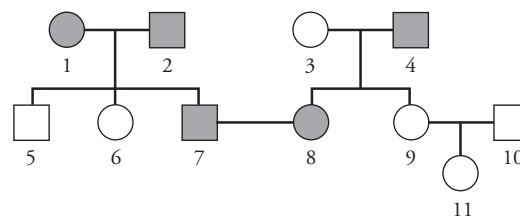
3. (Comvest/Vestibular Unicamp – 2004) A herança da cor dos olhos na espécie humana geralmente é representada de forma simplificada como um par de alelos, A (dominante, determinando cor castanha) e a (recessivo, determinando cor azul). Baseando-se nessa explicação, analise as afirmações abaixo, proferidas por casais em relação à cor dos olhos de seu bebê, verificando se elas têm fundamento. Justifique sua resposta.

- a) Afirmação de um casal de olhos azuis: “nosso bebê poderá ter olhos castanhos porque as avós têm olhos castanhos”.

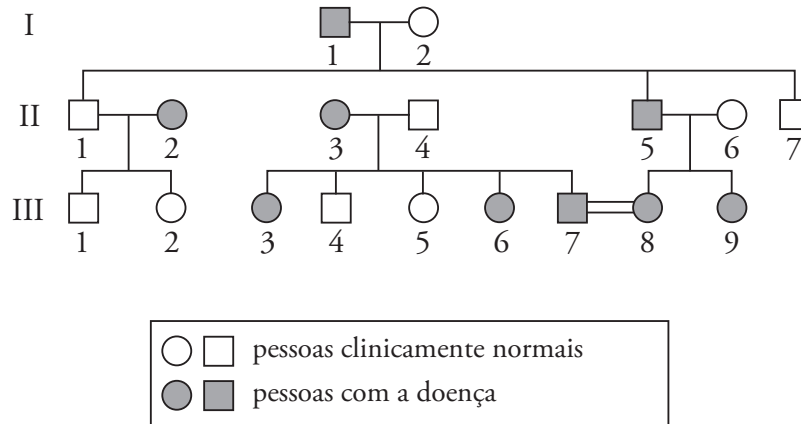
- b) Afirmação de um casal de olhos castanhos: “nosso bebê poderá ter olhos azuis porque o avô paterno tem olhos azuis”.

4. No heredograma a seguir, se os indivíduos marcados são afetados por uma característica genética, quais são as probabilidades de os casais terem crianças normais?

- a) O casal 7 × 8 tem 100% de chance.
- b) O casal 9 × 10 tem 50% de chance.
- c) O casal 1 × 2 tem 75% de chance.
- d) O casal 3 × 4 tem 50% de chance.
- e) O casal 9 × 10 não tem chance.



5. (Fuvest – 2006) No heredograma, estão representadas pessoas que têm uma doença determinada por um alelo mutante dominante em relação ao alelo normal.



- a) Quais os genótipos do casal de primos III-7 × III-8?

- b) III-8 está grávida de uma menina. Calcule a probabilidade de que essa menina, filha de III-7 e III-8, não tenha a doença.



PESQUISA INDIVIDUAL

Faça uma pesquisa sobre a Segunda Lei de Mendel e, em seu caderno, procure descrevê-la a partir da primeira lei.

Em sua pesquisa não deixe de verificar:

- Em quais condições ela é aplicada.
- Por que ela não é válida para características cujos genes estão presentes no mesmo par de cromossomos homólogos.
- Como se aplica a regra do “e”.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 CERTO CROMOSSOMO X



PARA COMEÇO DE CONVERSA

Há diferenças genéticas entre homens e mulheres? Como o sexo é determinado? Existem doenças genéticas que afetam um sexo majoritariamente? Questões como essas puderam ser respondidas quando se compreendeu a relação entre sexo e cromossomos em alguns grupos de animais, como mamíferos, aves e artrópodes.

Você já sabe o que é um cromossomo. Caso tenha dúvidas, consulte o Caderno do volume 1.

Agora, você pesquisará em livros didáticos e *sites* a diferença entre cromossomos, autossomos e cromossomos sexuais. Pesquise também a relação entre cromossomos e cariótipos.

Sexo, cromossomos e ambiente



Leitura e Análise de Texto

Mônica Bucciarelli Rodriguez

Genética ou ambiente?

Os cromossomos – os “pacotes” que acondicionam a longa molécula do ácido desoxirribonucleico, ou DNA, no núcleo das células – foram observados ainda no século XIX, mas seu papel como responsáveis pela herança genética só veio a ser desvendado no início do século XX. Uma importante contribuição para isso foi a constatação, em 1905, de que uma característica marcante de diferentes seres vivos, como o sexo, estava associada ao cromossomo batizado como “X”. Esta e outras descobertas marcaram o início de um novo ramo da ciência – a genética, palavra inventada, por coincidência, também nesse ano.

O início do século XX acolheu o desabrochar dos fundamentos da genética, com a redescoberta dos trabalhos sobre a hibridação de ervilhas, publicados em 1865 pelo monge austríaco Gregor Mendel (1822-1884), e a proposição da teoria de que os cromossomos seriam responsáveis pela herança genética, pelo médico norte-americano Walter Sutton (1877-1916) e pelo biólogo alemão Theodor Boveri (1862-1915). Essa teoria mostrava a relação entre o comportamento dos cromossomos no processo de formação de gametas e as leis mendelianas de herança.

A associação de uma característica marcante, como o sexo, com a presença de um determinado cromossomo foi um aliado importante na aceitação da teoria cromossômica da herança genética. Mas esse não foi um trajeto simples. Afinal, seria o sexo determinado geneticamente? A meta científica é estabelecer uma lei geral e universal. E esse foi um dos empecilhos para a aceitação da ideia de determinação genética do sexo. Vários pesquisadores colecionavam evidências da influência ambiental na geração de fêmeas e machos em diver-

tos organismos. Hoje, sabe-se que, em certas espécies animais, como tartarugas, o sexo é determinado por fatores ambientais, como a temperatura.

O citologista norte-americano Clarence E. McClung (1870-1946) foi o primeiro a associar, em 1902, a herança de um cromossomo extra com a determinação do sexo masculino em insetos, embora tenha analisado apenas a formação de espermatozoides (e nunca a de óvulos). Em 1891, o citologista alemão Hermann Henking (1858-1942) havia descrito esse cromossomo extra em células que sofriam meiose para formar espermatozoides de insetos como um corpúsculo nuclear e o chamou de “núcleolo de cromatina”, “elemento cromático”, “corpúsculo de cromatina” ou simplesmente “X”.

Henking não acreditava que o corpúsculo descrito fosse um cromossomo, devido à sua morfologia distinta, ao fato de não parear com outros cromossomos durante a meiose e de estar presente em apenas metade dos espermatozoides resultantes. Portanto, é de McClung o mérito de identificar o corpúsculo X como um cromossomo e de propor o papel desse cromossomo na determinação do sexo. Mas a hipótese de McClung previa a presença do cromossomo extra no sexo masculino, embora não houvesse qualquer evidência nesse sentido. Ele contava, talvez, com a propalada* ideia da superioridade masculina – nesse caso, seria de esperar que o macho dispusesse de maior quantidade de material genético.

A questão foi esclarecida em 1905, quando os pesquisadores norte-americanos Edmund Beecher Wilson (1859-1939) e Nettie Maria Stevens (1861-1912) publicaram, respectivamente, os artigos *Os cromossomos em relação à determinação do sexo em insetos* e *Estudos na espermatogênese com referência especial ao cromossomo acessório*. Os dois autores, independentemente, explicaram a determinação do sexo pela presença de apenas um cromossomo X em machos e de dois cromossomos X em fêmeas. Wilson, cujo artigo já estava em processo de impressão quando recebeu o artigo de Stevens para análise, apoiou veementemente a publicação do outro trabalho. Por isso, ambos são considerados responsáveis pela teoria cromossômica de determinação de sexo.

Wilson e Stevens estabeleceram que algumas espécies têm um sistema do tipo X0 (o macho tem um cromossomo a menos que a fêmea) e outras têm um sistema do tipo XY, no qual os cromossomos sexuais são morfologicamente diferentes. Verificou-se mais tarde, entre as aves, que a fêmea apresenta dois cromossomos sexuais diferentes (que foram chamados de ZW) e o macho tem dois cromossomos sexuais iguais (ZZ). Fica, pois, patente, que a determinação de sexo não é universal entre os seres vivos.

Em uma época em que a genética engatinhava e a citologia sofria limitações técnicas consideráveis, foram muitas as dificuldades para o completo entendimento do papel dos cromossomos sexuais. Poucos anos depois, as evidências de herança de caracteres morfológicos ligadas ao cromossomo sexual X consolidariam a teoria cromossômica da herança e da determinação de sexo. Mas o cromossomo X continua revelando seus segredos. Na edição de 17 de março de 2005, a revista britânica *Nature*, um dos mais importantes periódicos científicos do mundo, trouxe dois artigos com os resultados do sequenciamento do cromossomo X e a determinação de seu padrão de expressão gênica em homens e mulheres. Portanto, os cromossomos sexuais ainda mantêm algo de misterioso.

RODRIGUES, Mônica Bucciarelli. Genética ou ambiente? *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje. vol. 36, n. 216, jun. 2005, p. 69.

* (n.e.) A palavra propalada significa propagada ou divulgada.

Após a leitura individual do texto, responda às seguintes questões em seu caderno:

1. Organize uma lista de todos os eventos citados no texto, em ordem cronológica.
2. De que maneira a informação “o sexo das tartarugas é determinado por fatores ambientais, como a temperatura” dificultou a aceitação da teoria cromossômica da herança?
3. Por qual motivo o cromossomo extra recebeu o nome de “X”?
4. Por quais motivos Henking não acreditava que o cromossomo X fosse um cromossomo?
5. Qual é o sexo de um animal com os cromossomos Z e W?
6. Qual é o sexo de um animal com dois cromossomos X?
7. Compare o sistema de determinação sexual ZW/ZZ com o XY/XX.
8. Explique o título do texto.

Compare suas respostas com a de seus colegas e identifique possíveis divergências. A seguir, consulte livros didáticos para complementar, se for o caso, as respostas dadas.

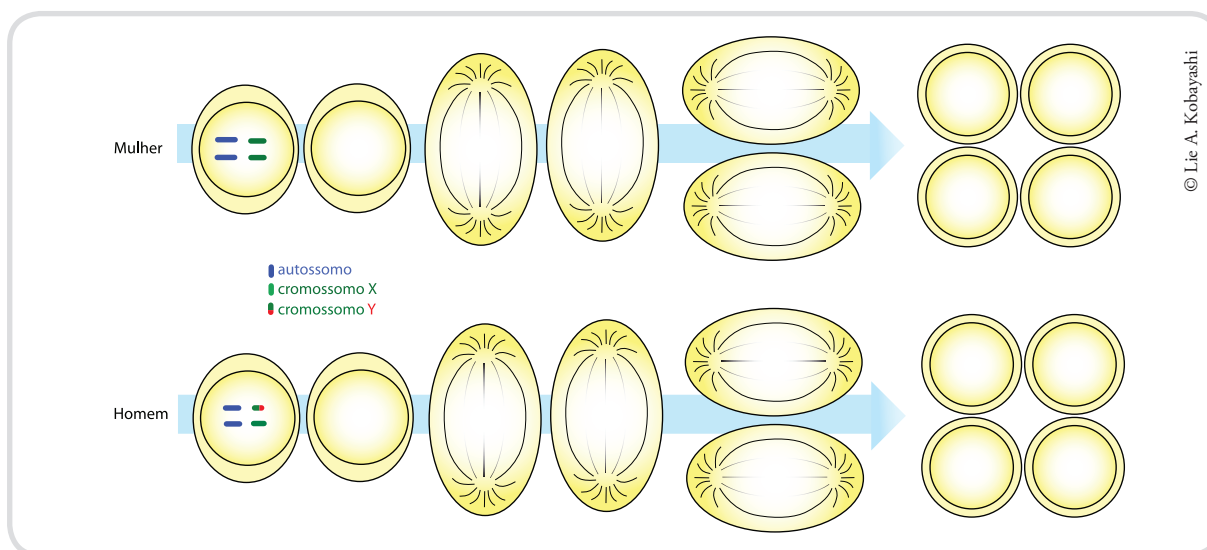


LIÇÃO DE CASA



Complete a imagem subsequente, representando o comportamento de um par de cromossomos autossomos e um par de cromossomos sexuais, durante a formação de gametas em um homem e em uma mulher.

Caso você queira, poderá utilizar bastões de massa de modelar e simular o comportamento desses cromossomos, como foi feito na Situação de Aprendizagem 3.

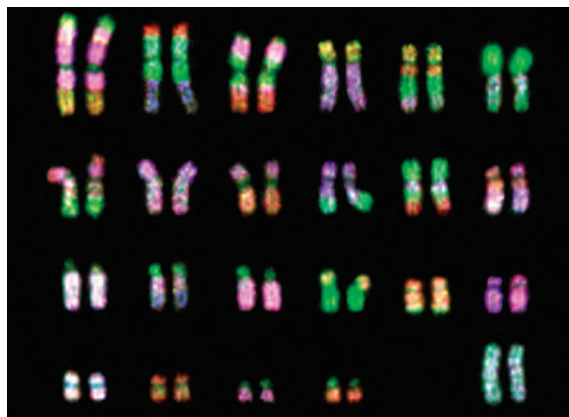


Depois de completar o esquema, explique o que significa dizer que em mamíferos o macho é o sexo heterogamético. Qual a consequência disso para a determinação do sexo na espécie humana?



Leitura e Análise de Imagem

Observe a figura que retrata uma montagem do cariótipo humano.



© Dept. of Clinical Cytogenetics, Addenbrookes Hospital/SPL-Latinstock

Fotomontagem de cariótipo humano obtida por microscópio de luz, ampliada cerca de 2,5 mil vezes e colorizada artificialmente.

Responda, com base em sua análise, às questões a seguir:

1. O cariótipo apresentado é de uma mulher ou de um homem? Justifique.

2. Quantos cromossomos estão representados?

3. Na fotomontagem, os cromossomos estão organizados. Qual parece ser o critério de organização destes cromossomos nessa figura?

4. Qual é a origem de cada cromossomo de um par?



PESQUISA EM GRUPO

Seu professor vai organizá-los para a realização desta atividade.

- Utilize um livro didático, ou uma fonte confiável de informações, na internet, para pesquisar sobre aberrações cromossômicas ou síndromes cromossômicas.
- Construa uma ficha de descrição para cada uma das síndromes cromossômicas. Essa ficha deverá conter:
 1. alterações cromossômicas típicas
 2. prováveis origens dessas aberrações
 3. principais características das síndromes

Como atividade de finalização, compare as fichas produzidas pelo seu grupo com as de outros grupos da sala.



Leitura e Análise de Texto

Mulheres percebem mais cor, diz estudo

O mundo é mais colorido para as mulheres. Literalmente: um estudo norte-americano sugere que boa parte delas enxerga mais cor do que os homens, devido a uma estranha transformação no gene envolvido na percepção da cor vermelha nas células da retina.

Ninguém sabe direito como ocorreu essa transformação. Mas o resultado de uma análise feita em 236 indivíduos pelos geneticistas Brian Verrelli e Sarah Tishkoff, da Universidade de Maryland em College Park (EUA), indica que cerca de 40% das mulheres produzem em sua retina um pigmento que absorve luz no espectro do vermelho-alaranjado.

Mulheres “normais” e homens produzem apenas três pigmentos: os responsáveis pela absorção do azul, do verde e do vermelho. A combinação da luz absorvida por esses três pigmentos, chamados genericamente opsinas, possibilita a visão colorida em humanos.

Os genes que trazem as receitas para fabricar as opsinas vermelha e verde estão alojados no cromossomo X, que caracteriza o sexo feminino quando ocorre em duplicata (o sexo masculino é definido quando outro cromossomo, o Y, faz par com o X).



Mulheres normais, portanto, têm duas cópias de ambos os genes. O que a dupla americana descobriu foi que em alguns casos a segunda cópia – ou “alelo”, em cientifiquês – do gene para o pigmento vermelho foi “convertida” durante a evolução da espécie.

“Devido ao fato de existirem várias mutações que permitem à opsina vermelha absorver cor na faixa do vermelho-laranja, algumas mulheres têm tanto um alelo vermelho ‘normal’ em um cromossomo do par X quanto um alelo ‘vermelho-laranja’ alterado no outro”, diz Verrelli, hoje na Universidade do Estado do Arizona. “Essas mulheres podem distinguir melhor as cores na faixa do espectro que vai do vermelho ao laranja”, afirmou o pesquisador. [...]

ANGELO, Claudio. Mulheres percebem mais cor, diz estudo, *Folha de São Paulo*, 13/07/2004. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u12157.shtml>>. Acesso em 26 jan. 2010.

Após a leitura do texto, responda às questões:

1. Todas as mulheres conseguem enxergar o vermelho-laranja descrito no texto?

2. Homens podem possuir o alelo que permite a percepção do vermelho-laranja?

3. Explique como se origina o alelo vermelho-laranja.

4. Com base no texto, comente a afirmação: “Apenas 40% das mulheres percebem a cor laranja”.

Herança ligada ao sexo na família Brasil

O artigo que você acabou de ler e interpretar fala de genes presentes no cromossomo X. Tais genes apresentam um padrão de herança denominado herança ligada ao sexo. Há outras características que também apresentam esse padrão de herança, entre elas o daltonismo, a hemofilia e a distrofia muscular. Como essas características ligadas ao sexo se manifestam na família Brasil? Retome o conteúdo presente na Situação de Aprendizagem 4 e responda às questões a seguir.





1. Na família Brasil, algumas pessoas apresentam daltonismo, que é uma incapacidade de diferenciar algumas cores. Essa anomalia é condicionada por um alelo recessivo em relação a um alelo que determina visão normal.

Supondo que João apresente o alelo causador do daltonismo em seu cromossomo X e Maria apresente dois alelos normais, qual seria a chance de seus filhos (homens) herdarem essa característica?

2. A hemofilia é uma doença que se caracteriza pelo retardo no processo de coagulação do sangue. O tipo mais comum de hemofilia deve-se à incapacidade da pessoa produzir a proteína fator VIII de coagulação sanguínea, cujo locus gênico se encontra no cromossomo X. Imagine a hipótese de que José seja hemofílico, apresentando a incapacidade de coagulação sanguínea. Nesse caso, o alelo causador da hemofilia que José possui foi herdado de seu pai ou de sua mãe?

3. Qual é a chance de José ter passado o alelo causador da hemofilia para seu filho Carlos? E para Beatriz?

4. Beatriz pode ser hemofílica?

5. A hipertricose auricular é caracterizada pela presença de pelos longos e abundantes na orelha. O gene relacionado a essa característica está no cromossomo Y. Se João apresenta o alelo causador da hipertricose auricular, quem na família Brasil teria pelos longos e abundantes nas orelhas?





PESQUISA INDIVIDUAL

O fato das mulheres apresentarem dois cromossomos X, enquanto os homens contam com apenas um, interfere na forma de atuação dos genes presentes nesses cromossomos?

Há um fenômeno denominado compensação de dose gênica que explica como a diferença no número de genes ligados ao cromossomo X é compensada entre os sexos.

Para saber mais sobre esse fenômeno, pesquise sobre:

- inativação do cromossomo X;
- compensação de dose gênica em mamíferos;
- cromatina sexual ou corpúsculo de Barr.

Quando tiver terminado sua pesquisa, procure explicar a razão do padrão malhado na pelagem de gatas, com base nas informações coletadas.

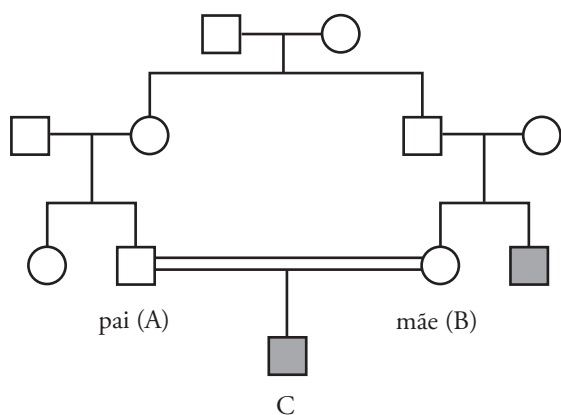


VOCÊ APRENDEU?



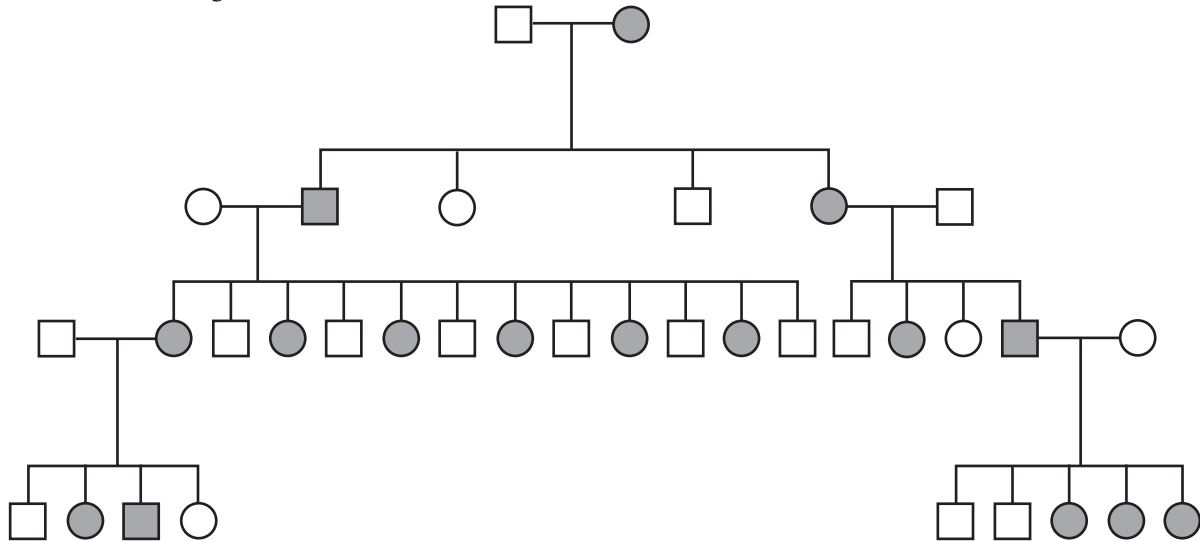
1. (Fuvest – 2005) No heredograma, os quadrados cheios representam meninos afetados por uma doença genética. Se a doença for condicionada por um par de alelos recessivos localizados em cromossomos autossômicos, as probabilidades de o pai (A) e de a mãe (B) do menino (C) serem portadores desse alelo são, respectivamente, (I) e (II). Caso a anomalia seja condicionada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X, num segmento sem correspondência com o cromossomo Y, as probabilidades de o pai e de a mãe serem portadores desse alelo são, respectivamente, (III) e (IV).

Assinale a alternativa que mostra as porcentagens que preenchem corretamente os espaços I, II, III e IV.



	I	II	III	IV
a)	50%	50%	100%	0%
b)	100%	100%	100%	0%
c)	100%	100%	0%	100%
d)	50%	50%	0%	100%
e)	100%	100%	50%	50%

2. (Fuvest – 1997) Na genealogia a seguir, os símbolos cheios representam pessoas afetadas por uma doença genética rara.



O padrão de herança que melhor explica o heredograma é:

- autossômico dominante, porque a doença afeta os dois sexos.
 - autossômico dominante, porque a doença aparece em todas as gerações.
 - autossômico dominante, porque aproximadamente 50% da prole é afetada.
 - dominante ligado ao sexo, porque todas as filhas de homens afetados são afetadas.
 - recessivo ligado ao sexo, porque não há transmissão de homem para homem.
3. Na espécie humana, a determinação do sexo é cromossômica no sistema XX-XY.
- Nesse sistema, quem determina o sexo da prole?

- Explique por que crianças do sexo masculino hemofílicas nunca herdam essa característica do pai.

4. O daltonismo é uma característica recessiva ligada ao cromossomo X, que se manifesta como a incapacidade de enxergar as cores verde e/ou vermelha. Um homem daltônico casou-se com uma mulher de visão normal, em cuja família não havia casos de daltonismo. Esse casal teve dois filhos: Pedro e Ana.

a) Qual a probabilidade de Pedro e de Ana terem herdado do pai o gene para daltonismo?

b) Por que é mais fácil encontrar homens daltônicos do que mulheres daltônicas?



PARA SABER MAIS

Livros

- GONICK, Larry; WHEELIS, Mark. *Introdução ilustrada à genética*. São Paulo: Harbra, 1995. Por meio de ilustrações divertidas, o livro faz uma explanação dos principais conceitos da Genética.
- HENIG, Robin Marantz. *O monge no jardim*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001. O livro detalha a construção das ideias de Gregor Mendel.

Sites (Acesso em: 26 nov. 2009)

- *Genética clássica*. Disponível em: <<http://www.odnaviaescola.com/dna/index.menu1.htm>>. O projeto “O DNA vai à escola” traduziu um *site* sobre genética clássica com fotografias, animações e diversos textos.
- *Genética online*. Disponível em: <<http://www.virtual.epm.br/cursos/genetica/genetica.htm>>. *Site* da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), no qual estão disponíveis informações, esquemas e animações sobre Genética Humana.
- *Instituto Ciência Hoje*. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/cienciahoje>>. Veículo de divulgação científica que apresenta avanços recentes da Genética. A edição de abril de 2008 traz os trabalhos de Mendel.
- *Micro & Gene*. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/microgene>>. Apresenta atividades relacionadas aos conteúdos de Genética. Além do material virtual, há *kits* que podem ser emprestados.
- *Rede Interativa Virtual de Educação (Rived)*. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br>>. O Rived é um programa da Secretaria de Educação a Distância (SEED) que produz e disponibiliza atividades interativas com conteúdos pedagógicos digitais. Você pode testar seus conhecimentos sobre Genética no link: <<http://rived.proinfo.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica>>.