

CEJA >>

CENTRO DE EDUCAÇÃO
de JOVENS e ADULTOS

CIÊNCIAS DA NATUREZA

e suas TECNOLOGIAS >>

Biologia

Fascículo 1
Unidades 1, 2 e 3

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Wilson Witzel

Vice-Governador
Claudio Castro

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Secretário de Estado
Leonardo Rodrigues

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Estado
Pedro Fernandes

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Gilson Rodrigues

PRODUÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

Coordenação Geral de
Design Instrucional
Cristine Costa Barreto

Elaboração
Claudia Augusta de Moraes Russo
Ricardo Campos da Paz

Atividade Extra
Roberto Spritzer

Revisão de Língua Portuguesa
Ana Cristina Andrade dos Santos

Coordenação de
Design Instrucional
Flávia Busnardo
Paulo Miranda

Design Instrucional
Aline Beatriz Alves

Coordenação de Produção
Fábio Rapello Alencar

Capa
André Guimarães de Souza

Projeto Gráfico
Andreia Villar

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades
<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>

Diagramação
Equipe Cederj

Ilustração
Bianca Giacomelli
Clara Gomes
Fernando Romeiro
Jefferson Caçador
Sami Souza

Produção Gráfica
Verônica Paranhos

Sumário

Unidade 1	Diversidade	5
<hr/>		
Unidade 2	Dando nomes aos bois, aos cavalos, aos pombos..."	41
<hr/>		
Unidade 3	Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética	83
<hr/>		

Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!



Diversidade

Fascículo 1
Unidade 1

Diversidade

Para início de conversa...

As coisas são diferentes, isso faz da ciência necessária.

As coisas são iguais, isso faz da ciência possível.

Lewontin & Levins

A Biologia é a ciência que estuda a vida e seus fenômenos. Um dos temas de estudo da Biologia é um assunto bem comum em manchetes de jornais e na televisão – a biodiversidade. Mas o que vem a ser a biodiversidade? O que tal tema tem a ver com Biologia? E por que todos dizem que ela está ameaçada?

Se a palavra biodiversidade for decomposta, o radical bio tem origem na Língua grega e significa vida. O termo *diversidade*, por sua vez, diz respeito ao número de tipos e à quantidade relativa desses tipos presentes em determinado local. Se estiver difícil compreender, pense que, se alguém falar em diversidade, está se referindo à variação. Portanto, o termo biodiversidade trata da diversidade da vida, diversidade biológica ou diversidade dos seres vivos – os milhares e milhares de seres diferentes que existem no nosso planeta!

Esta unidade irá abordar características biológicas, semelhanças e diferenças entre os seres vivos, incluindo os processos biológicos que geram e mantêm tais variações em humanos e nos demais seres vivos.

Objetivos de aprendizagem

- Conceituar diversidade, biodiversidade e variabilidade.
- Definir espécies e caracterizá-las como unidades da biodiversidade.
- Relacionar argumentos que expliquem a distribuição não aleatória da variabilidade dentro de uma espécie e entre espécies biológicas.
- Conceituar “material genético”, “reprodução”, “herdabilidade” e “mutação”, relacionando-os com a diversidade biológica.

Seção 1

Entendendo Biodiversidade – uma aproximação do conceito

A Biodiversidade é um conceito que aceita restrições de espaço e de tempo. Isso significa que a biodiversidade pode variar, dependendo do local e pode aumentar ou diminuir, ao longo do tempo.



Figura 1: Biodiversidade de um recife de coral. A grande quantidade de espécies que habitam um recife de coral torna esses ambientes um dos mais ricos em biodiversidade.

Para entendermos melhor a biodiversidade, vamos falar um pouco sobre o termo diversidade.

O conceito importante sobre diversidade aqui é que ela aumenta com:

- o aumento da quantidade total de unidades;
- o aumento do número de grupamentos em que tais unidades são inseridas;
- uma melhor distribuição das unidades entre os grupamentos.



Figura 2: A) Armário com alta diversidade. B) Armário com baixa diversidade. Note que a quantidade de roupas é maior no armário B, mas o armário A apresenta maior diversidade de roupas pelo agrupamento “cor”, pois B apresenta apenas roupas brancas e uma verde, enquanto o A tem rosa, azul, preto com verde...

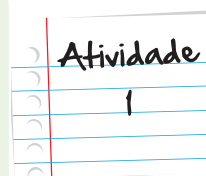
Agora vamos pensar nesse conceito de diversidade associado à variação e inseri-lo no mundo biológico. Assim, continuaremos a nossa conversa sobre biodiversidade.

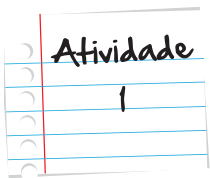
Uma grande dúvida em uma manhã de domingo.

João, em uma manhã ensolarada de domingo, resolveu levar a sua família para um passeio na floresta, que terminaria em um refrescante banho de cachoeira.

Durante a curta caminhada na mata, João pôde apreciar a sua biodiversidade e observar os seguintes animais:

- três macacos, nos galhos das árvores;
- 10 formigas, sobre o solo da mata;
- seis pássaros, em ninhos, nos troncos de árvores;
- quatro quatis, alguns sobre o solo e outros nos galhos;
- uma cobra, escondida entre as folhas caídas no chão.





Depois de caminhar mais um pouco, João chega em uma cachoeira. Nesse local, João parou, mais uma vez, para observar a biodiversidade que havia no rio e contou:

- cinco peixes, na massa da água;
- dois girinos, nadando na água
- três libélulas ou lavadeiras, voando sobre a superfície da água.

Com esses dados, qual o local que tinha maior biodiversidade de animais: a mata ou o rio? Baseado no que você estudou até agora, é possível responder a essa pergunta?

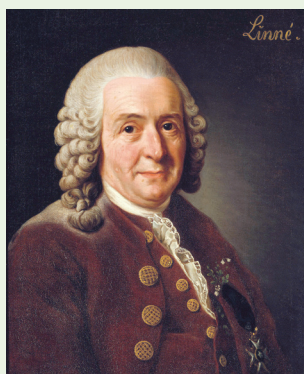
Seção 2

Espécies como unidades da biodiversidade

Agora, vamos voltar às Ciências da Natureza. Como as peças de roupa são as unidades que você percebe observando um armário (como viu na Figura 2), as unidades da diversidade biológica são as espécies. Um ponto, no entanto, é diferente, pois apesar das espécies serem as unidades da biodiversidade, elas também são grupamentos. Uma espécie pode ser composta de milhões ou bilhões de indivíduos.

Vamos começar falando sobre uma espécie familiar: a espécie humana, que recentemente atingiu sete bilhões de indivíduos. Entre os pesquisadores, nossa espécie é conhecida pelo nome científico que o pesquisador **Lineu** atribuiu: *Homo sapiens*. Tal nome significa “O homem que pensa”. A espécie humana é uma das unidades da biodiversidade (além da espécie *Homo sapiens*, outros pesquisadores já nomearam e descreveram dois milhões de espécies).

Lineu



Carl von Linné ou Carlos Lineu nasceu na Suécia em 1707. Ele é considerado o pai da taxonomia moderna, pois criou o sistema de nomenclatura científica que usamos até hoje para denominar cientificamente as espécies biológicas. Lineu descreveu milhares de espécies, incluindo a espécie humana.

Carl Lineu em 1775. Artista: Alexander Roslin.

2.1 Indivíduos de uma espécie são semelhantes

Ao descrever nossa espécie, além de dar o nome *Homo sapiens*, Lineu também publicou uma breve descrição dos atributos comuns aos indivíduos da espécie. Por exemplo, a presença de duas mãos, dois olhos, cinco dedos em cada membro, pouco pelo no corpo, um coração com quatro cavidades que bombeia o sangue pelo corpo e um cérebro grande estão entre as **características morfológicas** que são compartilhadas por todos os indivíduos da nossa espécie.

Você já reparou que os humanos são todos muito parecidos entre si quando comparamos com outras espécies de **mamíferos**? A nossa espécie apresenta características únicas particulares a ela. Essas são compartilhadas por todos os humanos, mas não o são com as outras espécies de seres vivos. Assim, essas são chamadas características humanas exclusivas ou diagnósticas.

Repare que você e todos nós conseguimos reconhecer, sem qualquer sombra de dúvida, quando estamos olhando outro ser humano. *Indivíduos de uma espécie biológica conseguem reconhecer outros membros daquela mesma espécie.* Essa é uma propriedade das outras espécies biológicas também, pois uma onça pintada consegue reconhecer outra onça pintada e besouros escaravelhos também conseguem reconhecer-se. Algumas espécies reconhecem membros de sua própria espécie pelas características morfológicas, outras pelo canto, outras pelos odores, outras pela dança...

Para ilustrar melhor a situação, caso possa, tire seu sapato. Compare o formato da planta do seu pé com aquelas desenhadas na Figura 3. A figura mostra o pé do chimpanzé (à esquerda) e o pé humano (à direita). Note que, mesmo sem conhecer o seu pé (ou mesmo você!), eu posso dizer que ele é anatomicamente mais semelhante ao pé humano da figura seguinte do que ao pé do chimpanzé. Essa é uma outra característica importante das espécies: *os membros de uma mesma espécie compartilham muitas características morfológicas e por isso são mais semelhantes.*

Assim, os pesquisadores classificam os humanos como membros da espécie *Homo sapiens*, enquanto os chimpanzés são membros de outra espécie, *Pan troglodytes*.

Características Morfológicas

Características observáveis em uma espécie que são detalhadas em um estudo científico pelo pesquisador que a descreveu.

Mamíferos

Grupo de animais que apresentam como características morfológicas exclusivas: glândulas mamárias, pelos no corpo, e dentes de formatos diferenciados.



Figura 3: Comparação entre o pé de um chimpanzé (esquerda) e de um humano (direita).

Repare que o pé do chimpanzé também apresenta características similares ao pé humano, como a presença de unhas nas pontas dos dedos, presença de cinco dedos e formato do pé semelhantes. Graças às características em comum, o chimpanzé e o humano são classificados como duas espécies pertencentes ao mesmo grupamento, o dos primatas.

Muitas características em comum entre espécies fazem com que sejam classificadas nos mesmos grupamentos. Repare, na Figura 4, que as duas espécies são borboletas e, portanto, apresentam um grande número de características em comum. Mas é importante que você tenha em mente que: dois indivíduos de uma mesma espécie de borboleta apresentam um número ainda maior.



Figura 4: A) *Papilio demodocus* e B) *Charaxes Brutus*. Essas são duas espécies diferentes de borboletas, repare como elas apresentam características em comum, mas algumas diferenças marcantes na forma da asa, na forma da antena, e na coloração da asa e do corpo.

Para as borboletas, suas asas são extremamente úteis, pois permitem o voo, que é um aspecto muito importante de seu cotidiano. Da mesma forma que nosso dedão do pé é uma característica morfológica útil ao hábito bipedal humano. O dedão funciona como uma alavanca para o próximo passo bipedal. Se você já teve uma unha encravada sabe que é muito mais difícil andar sem o auxílio (da alavanca) do dedão para o próximo passo. Tente andar sem encostar o dedão no chão e você poderá comprovar a utilidade do seu dedo.

Características morfológicas úteis para uma determinada função são chamadas, pelos pesquisadores, *adaptações*. O voo é uma característica de todas as borboletas e muitos outros insetos apresentam tal adaptação, como moscas, mosquitos etc. O dedão não opositor é uma adaptação exclusiva dos humanos ao hábito bipedal. O chimpanzé não possui tal adaptação, o dedão do pé do chimpanzé é opositor (lembrando o dedão de nossas mãos). Na realidade, como o cotidiano do chimpanzé não envolve muito andar no chão, essa é uma adaptação que nem seria muito útil...

Que adaptações você possui?

Observe atentamente o seu corpo e aponte cinco adaptações presentes nos humanos que servem para algum hábito em nosso cotidiano. Não é necessário que as características sejam exclusivas humanas, ou seja, podem estar presentes em outros mamíferos, ou outros animais.

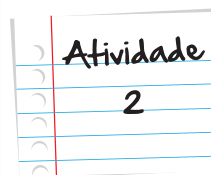
A primeira característica já está listada, então procure pelas outras quatro! Seja criativo e olhe sua face, seus braços, suas pernas, seus pés, mãos, sua cabeça!

1. Dedão do pé - alavanca para caminhar e para correr.

2. _____

3. _____

4. _____



Seção 3

Capacidade reprodutiva como propriedade das espécies biológicas

Cada espécie viva apresenta adaptações aos hábitos que possui. Tais adaptações são passadas para os descendentes (filhotes) pela reprodução. Assim, os cactos da Caatinga apresentam adaptações que permitem a vida em um ambiente árido (seco) e os pequenos cactos que nascem também apresentam tais adaptações. Por exemplo, na caatinga, cactos “pais” e “filhos” apresentam adaptações que evitam a perda de água num local em que há escassez de água.

Claro que, como parte integrante da biodiversidade do planeta, esse padrão também pode ser observado em humanos. Humanos se parecem mais com bebês humanos do que com filhotes de chimpanzés. O dedão do pé adequado ao nosso hábito bípedal passa de pais para filhos. Dessa forma, os bebês humanos nascem com o dedão típico dos humanos, mesmo antes de andar, e não com o dos chimpanzés.

Mas por que os membros de uma espécie são mais similares entre si do que quando comparados a membros de outras espécies? Tais similaridades estão relacionadas com uma propriedade primordial das espécies que é a *capacidade reprodutiva*.

Alguns pesquisadores até definem espécies pela compatibilidade reprodutiva que seus indivíduos apresentam. Nesse sentido, espécies são um grupo de indivíduos capazes de se reproduzir e dar origem a indivíduos férteis e incompatíveis reprodutivamente com outros grupos.



Figura 5: Detalhe de um cacto com espinhos e sem folhas, característica que minimiza a perda de água. Os descendentes desse indivíduo também nascerão com essa adaptação para ambientes áridos, como a caatinga brasileira.

Seção 4

A diversidade em uma espécie não é bem distribuída

Existem diferenças entre os indivíduos de uma mesma espécie. A reprodução irá promover uma homogeneização, mas essa mistura não será perfeita. Apesar desse processo de homogeneização, os indivíduos de uma mesma espécie não são idênticos.

Basta observarmos novamente a espécie humana para entendermos. Pense na sua família. Ela apresenta traços e características em comum que estão ausentes em outras famílias. Quais são elas? Pegue fotos de sua família e observe o nariz, a boca, os olhos...

Quando nos deparamos com a diversidade humana, percebemos muitas diferenças entre os indivíduos. Realmente, se pensarmos em um brasileiro, um sueco, um árabe, um índio brasileiro, e um negro africano, percebemos que há muitas diferenças entre eles. Mas se os humanos fazem parte da biodiversidade, por que não observamos tanta diversidade entre os diferentes chimpanzés que se apresentam no circo? Por que as onças pintadas da Mata Atlântica sempre nos parecem tão semelhantes?

Simples. Não observamos as diferenças individuais nas outras espécies, pois não estamos acostumados a olhar para os animais e tentar lembrar os nomes e associá-los aos detalhes fisionômicos de cada um deles! Mas isso não significa que as outras espécies não possuam diferenças individuais. Tal percepção, na verdade, é uma questão de treino e prática que geralmente nós não temos.

Observe a Figura 6. Nela, um filhote de gorila está nas costas de sua mãe. Você consegue distinguir as características morfológicas compartilhadas entre a mãe e o filhote que os diferem dos outros gorilas?



Figura 6: Um filhote de gorila pegando carona nas costas da mãe.

Provavelmente não. Mas e se você os observasse atentamente, vivendo em um bando, todos os dias? Aí, certamente, você conseguiria atentar para detalhes que passariam despercebidos por outras pessoas.



Dian Fossey conseguiu diferenciar gorilas!

Dian Fossey (1932-1985) foi uma bióloga americana que trabalhou sua vida toda em pesquisas de todos os tipos com os gorilas das montanhas do Zaire e Ruanda. A cada dia de sua pesquisa nas montanhas africanas, ela ia percebendo as singularidades de cada gorila estudado.

De tanto observá-los, ela já conseguia reconhecer e dar nome a cada um dos gorilas do bando. Ao dar nomes aos indivíduos, Dian conseguia associar características morfológicas ou comportamentais observadas em um dia com as observadas em outros dias para um mesmo indivíduo.

O filme “Nas montanhas dos gorilas” retrata a vida dessa pesquisadora. É um filme bonito que ilustra, com belas cenas, como alguns cientistas dedicam sua vida toda ao objeto de suas pesquisas. Que tal assisti-lo?

Você herdou de seus pais mais do que o seu sobrenome. Quando seus pais se reproduziram, eles também passaram a você algumas das características morfológicas deles. As características morfológicas comuns entre pais e filhos são transmitidas pela passagem de material genético.

Esta passagem ocorre no momento da reprodução dos pais gerando os filhos.

Entretanto, se existe uma passagem de material genético na qual há a transmissão de todas as características morfológicas dos organismos, por que os filhos não são exatamente idênticos aos pais?

Bem, em primeiro lugar, você tem dois pais. Como seu pai e sua mãe lhe passaram características, você deveria ser metade parecido com seu “pai” e a outra com sua “mãe”. Repare que essa lógica também se aplica a seus avós, mas você tem quatro avós, portanto, você é um quarto ($1/4$) o seu “avô materno”, um quarto a sua “avó materna”, um quarto o seu “avô paterno” e um quarto a sua “avó materna”!

Agora, uma outra pergunta. Se você é metade “pai” e metade “mãe” e seu irmão também, porque vocês dois não são idênticos?

Simples. A metade que seu pai passou para você era diferente da metade que ele passou para o seu irmão. Da mesma forma, as metades que sua mãe passou para você e seu irmão são diferentes.

Veja a Figura 7 e observe atentamente a sua posição na linhagem ancestral descendente de sua família.

Por serem parentes mais próximos, provavelmente, você deve ser mais parecido com seus pais e com seus irmãos do que com seus primos e tios. Mas, se você reparar bem, alguma característica particular como o formato do nariz, por exemplo, pode ser exclusiva de sua família. Tais características particulares, seus pais herdaram de seus avós, assim como seus avós herdaram de seus bisavós que herdaram de seus tataravós. Essa herança foi por meio da passagem do material genético durante a reprodução da mãe e do pai para geração dos filhos. Quanto mais próximos na linhagem ancestral descendente dois indivíduos estão, mais características morfológicas em comum eles irão apresentar.

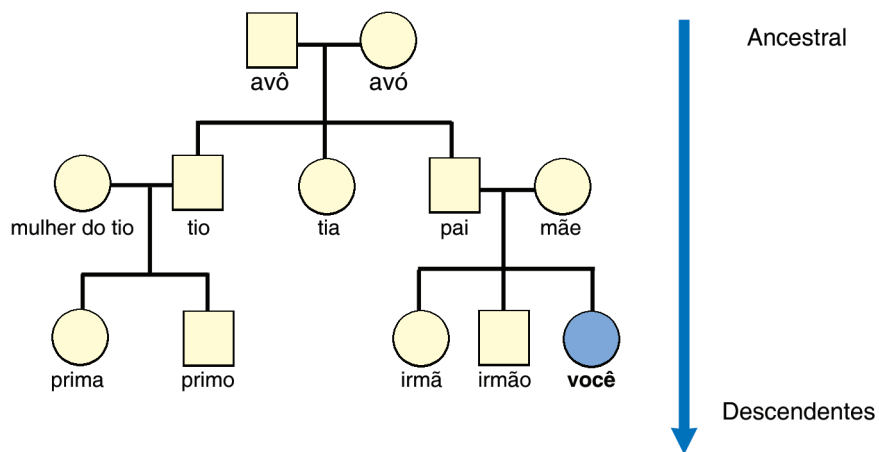


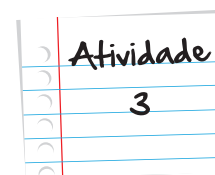
Figura 7: Sua linhagem ancestral descendente inclui seus parentes próximos, como você vê na figura. Mas a sua linhagem não começa e nem para por aí. Ela continua por seus descendentes (seus filhos e netos) e também vai até seus bisavós, tataravós... Quanto mais próximos dois indivíduos estão nessa linhagem, mais semelhantes eles serão. Ou seja, eles terão mais características morfológicas em comum.

Compare-se com seus familiares mais próximos...

Procure em sua casa ou peça a seus pais fotos deles quando eles tinham a sua idade. Pegue agora uma foto sua em que seu rosto apareça em detalhes. Agora, coloque as fotos uma ao lado da outra e compare-as.

Que características você tem em comum com seu pai? E que características você tem em comum com sua mãe? E com seus primos, com quem compartilha os seus avós?

Agora, tente fazer o mesmo para seu irmão. Apesar da semelhança entre vocês, você irá perceber (se olhar com muito cuidado) que vocês herdaram metades ligeiramente diferentes de cada um de seus pais. Concorda?



Seção 5

Uma célula, duas células... trilhões de células

Você já ouviu falar que o seu corpo é composto por células? E você sabia que a poeira da sua casa é composta principalmente pelas suas células mortas e as de seus familiares?

Pois é, os humanos e todas as outras espécies da diversidade biológica são compostos por células. A diferença de tamanho entre uma espécie de inseto e a espécie humana está basicamente relacionada com o número de células em cada organismo. Naturalmente, os humanos têm muito mais células do que um inseto.

Outros seres vivos são tão pequenos que só podem ser observados com o auxílio de um microscópio muito potente. Esses seres são chamados microorganismos e um exemplo deles são as bactérias, compostas por uma única célula.

Bom, então, você possui trilhões de células no seu corpo. Boa parte dos processos necessários para a manutenção do nosso corpo, tais como a respiração, produção de energia, digestão de alimentos ocorrem também no interior das células. Nesse sentido, as células podem ser entendidas como as unidades funcionais de nosso corpo.

As células também apresentam uma outra função importante. Nelas, está armazenado todo o seu material genético. É no material genético que as informações, por exemplo, sobre a sua forma, cor dos cabelos, altura, o tamanho do seu nariz estão armazenadas. Esse material genético você recebeu metade de sua mãe e metade de seu pai, por isso você apresenta características de ambos.

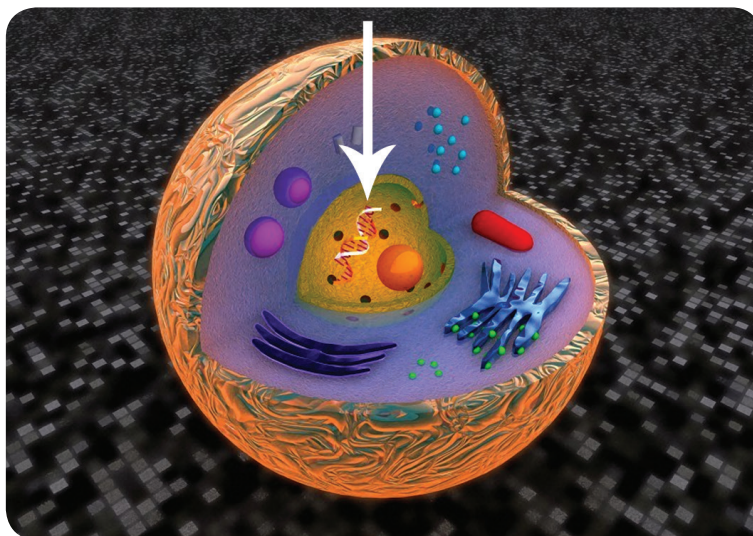


Figura 8: Você pode ver a ilustração de uma célula, como as trilhões de seu organismo. Ela é composta por diversas partes, as quais você estudará posteriormente. Uma delas é o núcleo, onde se encontra o material genético (apontado pela seta), que é transmitido para os descendentes pela reprodução.

5.1. A soma de metades

Você foi formado graças à união de uma célula do seu pai, chamada espermatozoide, com uma célula da sua mãe, chamada óvulo. Tanto o espermatozoide como o óvulo são células especiais que chamamos gametas. Quando eles se fundem, durante a reprodução, é formada a célula-ovo. Esta célula se divide inúmeras vezes para formar você.

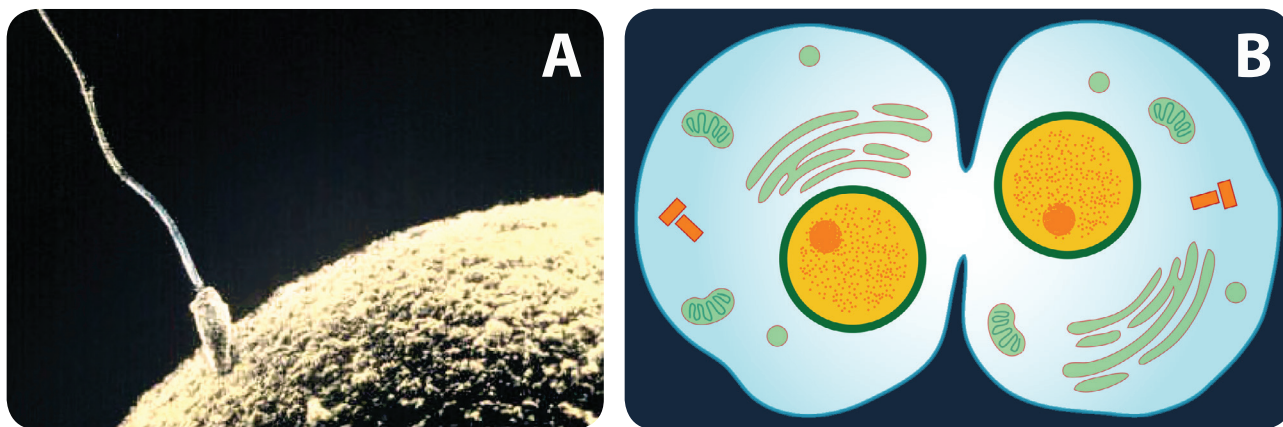


Figura 9: A) Espermatozoide paterno prestes a fecundar o óvulo materno dando origem à célula ovo. B) A célula ovo se divide uma, duas, quatro, oito, dezesseis, milhares de vezes até haver células suficientes para compor você!

Cada um de seus “pais celulares” continha a metade do material genético que iria formar você inteirinho depois da fecundação dos gametas. As características que você compartilha com cada um de seus pais estão nessa metade do material genético que cada um passou para você.



Figura 10: Observe, pelo padrão das camisas, que o filho (ou filhote) é o somatório da metade paterna com a metade materna. Note que acontece uma mistura das características de ambos os pais no filho.

Seus pais, por sua vez, adquiriram as características deles do material genético que seus avós passaram a eles pelos gametas. Seus avós adquiririam de seus bisavós, e assim por diante...



Repare que todos eles (seus pais, avós, bisavós, tataravós etc) apresentam o formato do pé semelhante ao do humano da Figura 3, adaptado ao hábito bípedal humano. Isso porque tal característica já estava presente no material genético dos primeiros humanos, há centenas de milhares de anos.

Cada célula do nosso corpo possui uma cópia exata do nosso material genético. Os gametas, como mencionado, são um tipo celular. Sendo assim, como eles, após se fundirem, geram uma célula com a mesma quantidade de material genético do organismo e não com o dobro? Quer dizer, os filhos deveriam ter o dobro do material genético dos pais, o quádruplo dos avós, certo?

Errado! Isso realmente não acontece, pois a divisão celular que dá origem aos gametas é especial, chamada divisão celular reducional. Assim, tanto o óvulo como o espermatozoide apresentam apenas a metade do material genético de outras células e, na fecundação, a quantidade de material genético original é restaurada na célula ovo.

Seção 6

Errar não é apenas humano, é biológico

Vamos conversar agora sobre como surgem as diferenças entre os membros de uma espécie. Quando a célula ovo é formada, essa única célula tem de dar origem a todas as outras células do corpo de um ser *multicelular* (formado por muitas células), como são os humanos. Para isso, o material genético original da fecundação precisa ser duplicado ou replicado, de forma a garantir que as duas células filhas tenham exatamente o mesmo material genético da célula ovo. Essa duplicação deve acontecer de maneira perfeita.

Dentro das células, existe uma molécula especial responsável pela duplicação do material genético. Quando a célula está prestes a se dividir, ela inicia o processo de duplicação do material genético. Nesse processo, a molécula replicadora pode cometer erros que são chamados mutações.

Uma mutação é, portanto, um erro no evento de duplicação que irá alterar o material genético em uma célula de um organismo.

Repare numa questão importante agora. Todas as células descendentes da célula mutante serão mutantes também. Ou seja, se a mutação acontecer nas primeiras divisões celulares, pode acontecer que boa parte das células do organismo apresente aquela mutação.

6.1. Somos todos mutantes

Se a poeira de nossa casa é composta inclusive por células mortas do nosso corpo, logo devemos ter algum mecanismo de compensação, de forma que não fiquemos cada vez menores com o passar dos anos. Realmente, nossas células perdidas no banho, por exemplo, são repostas imediatamente por novas divisões celulares que ocorrem nas camadas inferiores de nossa pele.

Vamos supor que em uma dessas divisões celulares, a molécula replicadora cometeu um erro em uma célula da pontinha do seu dedo. O erro aconteceu quando a molécula estava duplicando a parte do material genético que determina a cor de pele. Assim, com a mutação, a célula mutante ficou com uma coloração mais escura.

Repare que, de início, você não irá nem perceber a coloração estranha, pois apenas uma célula irá conter tal pigmentação diferenciada. Entretanto, todas as células filhas, geradas a partir da divisão celular dessa célula mutante, ficarão com a mesma coloração estranha. Alguns meses se passam e você, de repente, nota uma mancha no seu dedo! É assim que nascem algumas marcas na nossa pele.

Um ponto muito importante para lembrar é que a coloração estranha irá perdurar nas células que descendem da primeira célula mutante. Quando o organismo morrer, a mutação também irá se perder. *Essa não será uma mutação importante para a diversidade dos seres vivos, pois ela será perdida com a morte do organismo mutante.*

Por outro lado, se o erro de duplicação acontecer na célula que dará origem a gametas (espermatozoides ou óvulos), o que irá acontecer?

O filhote gerado a partir da fecundação desse gameta mutante irá apresentar a característica mutante em todas as suas células. Assim, quando os gametas forem produzidos a partir de células mutantes, eles irão carregar a informação alterada (mutação) para a geração seguinte também.

A mutação também estará presente em seus gametas, seus filhotes e os filhotes destes também apresentarão a característica mutante. Em outras palavras, toda a linhagem descendente desse indivíduo mutante irá apresentar a mutação, ou seja, será diferente.

É assim que, nessa espécie, poderá aparecer uma linhagem ancestral-descendente mutante. Mas o que acontece se um mutante reproduzir com um indivíduo normal? Aí irá acontecer uma mistura de características de ambos os pais.

Você vai ver, nas próximas unidades, que essa mistura não acontece de maneira simplificada e está longe da média entre as características do pai e da mãe. Como a mistura não é simples, nem todos os indivíduos receberão todas as características dos pais. Veja na figura a seguir, que nem todos os filhos recebem a característica ilustrada pela coloração vermelha. A coloração vermelha pode estar representando altura, formato ou cor dos olhos, cor dos cabelos etc.

Por enquanto, lembre-se apenas de que, através da capacidade reprodutiva dos membros de uma espécie, características podem se misturar nos descendentes, como mostrou a Figura 11. Assim, com a possibilidade de reprodução, uma diferenciação real não irá ocorrer entre as linhagens de uma mesma espécie.

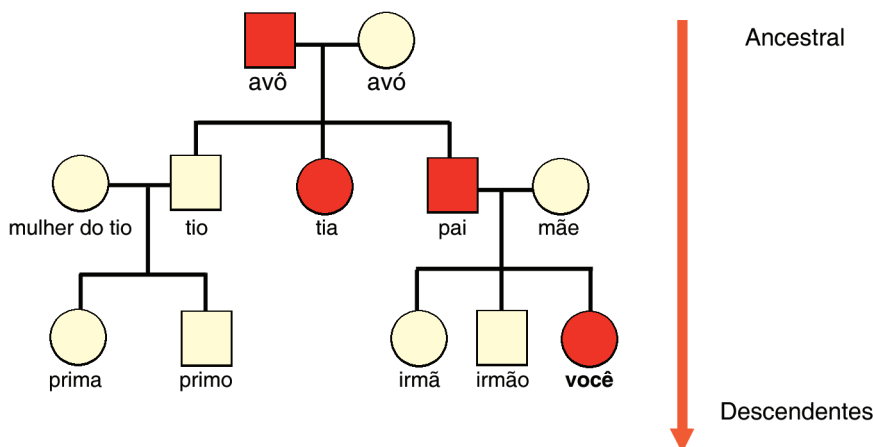


Figura 11: Imagine que essa imagem representa a sua linhagem ancestral descendente. A cor vermelha em alguns membros da sua família denota uma característica peculiar deles que surgiu por mutação no material genético de seus ancestrais. Como a figura mostra apenas três gerações de sua família, não sabemos se o primeiro mutante é o seu avô ou um antepassado dele.

A mutação pode acarretar em uma modificação na cor, mas também pode ser no cheiro, na quantidade de pelos, na altura, na velocidade, na capacidade de enxergar longe. Ela pode acontecer em qualquer outra característica herdável que passa de ancestrais para seus descendentes por meio do material genético modificado.

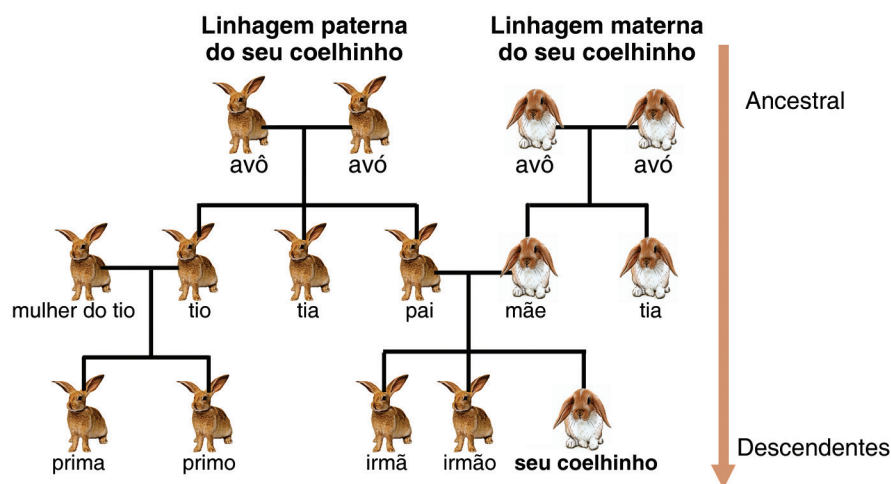
Os descendentes que receberam o material genético com a mutação irão passá-lo, nessa mesma condição, a seus próprios descendentes, iniciando uma linhagem diferente das demais da espécie. O filhote irá, portanto, receber o material genético com, por exemplo, a capacidade de enxergar longe antes mesmo de conseguir abrir os olhos. Essa, por exemplo, seria uma mutação favorável que poderia resultar em uma adaptação característica de uma espécie.

Quanto menor o tempo entre o ancestral e seus descendentes, maior será a porcentagem do material genético compartilhado. Além disso, menos duplicações de material genético, e portanto de mutações, aconteceram desde os antepassados em comum. Portanto, indivíduos menos aparentados apresentam mais diferenças, pois além de menos material genético compartilhado, mais mutações aconteceram desde seus antepassados em comum. Dessa forma, surgem as diferenças que encontramos em cada uma das espécies biológicas.

Até as adaptações que encontramos em todas as espécies são decorrentes de alguma mutação no material genético de antepassados. Nosso dedão do pé que funciona como uma alavanca, o cacto sem folhas, e muitas outras adaptações são resultado de mutações que acabaram resultando em modificações úteis. *Portanto, as mutações são elementos chave na diversidade dos seres vivos.*

Mas como sabemos disso? Ora, se não fossem as mutações no material genético, a “adaptação” seria perdida na morte do organismo variante. Da mesma forma, se uma mulher de cabelos castanhos pintar seus cabelos de loiro, ou se o pai raspar a cabeça, tais modificações não serão passadas a seus filhos. Os filhos do casal nascerão morenos e com cabelo, pois as modificações não estavam no material genético dos pais.

Figura 12: A linhagem ancestral descendente ocorre em todos os seres vivos, inclusive nos seus animais de estimação. Repare que a linhagem materna é diferente em aparência da linhagem paterna do seu coelhinho, mas ele herdou metade das características do pai e metade da mãe. Apesar de ele se parecer mais com a mãe, ele gosta de cenouras mais duras como o pai.

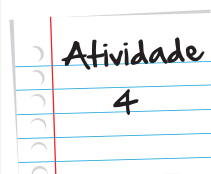


A sorte está lançada?

Esta atividade é um pouco mais difícil do que as outras, mas ela é bem dinâmica e interessante. Você acredita que chegou a este ponto da primeira unidade com o conteúdo bem sedimentado? Caso positivo, você aceita o desafio?

Você vai precisar de 20 grãos de feijão, 20 grãos de milho e um dado de seis lados. Os grãos ilustram indivíduos, *de uma mesma espécie*, que são diferentes em uma característica. Esta atividade está formalmente descrita em um artigo científico de autoria de Claudia Augusta de Moraes Russo e de Carolina Moreira Voloch, *Beads and dice in a genetic drift exercise*.

Vamos imaginar que você tem uma população de 10 indivíduos, representados nessa atividade por 10 grãos. Cada um desses indivíduos dá origem a dois indivíduos como eles, ou seja, um feijão dá origem a dois feijões, um milho dá origem a dois milhos. Só que o ambiente no qual sua população de grãos vive só tem comida para alimentar 10 indivíduos. Então, quando nascem (os 20) indivíduos, em uma geração, eles competem por alimento e só sobram 10 no final para a reprodução (os outros 10 morrem).



Atividade 4

Esses 10 irão se reproduzir e, depois de um novo ciclo reprodutivo, os 20 filhotes irão competir por recursos e novamente apenas 10 irão sobreviver.

Comece com uma população com nove grãos de feijão e um grão de milho, ou seja, inicie a sua atividade na geração em que ocorreu um primeiro mutante-milho. Cada um dos 10 indivíduos vai produzir dois filhotes idênticos a eles. Agora, na competição, existem 18 feijões e dois milhos. Quais irão sobreviver? Use o dado para descobrir, como aponta a figura a seguir:

Se o resultado for		o vencedor será
1	→	
2	→	
3	→	
4	→	
5	→	
6	→	

Para competição entre os diferentes, jogue o dado

   =

Você só deve rolar o dado, caso a competição seja entre indivíduos diferentes, ou seja, entre feijão e milho. Assim, nessa primeira geração, você irá rolar o dado duas vezes para saber quais sobreviveram para formar a próxima geração. Considere sempre que a competição irá ocorrer entre grãos diferentes, preferencialmente. Se o resultado for 1, 2 ou 3, o feijão sobreviverá. Se for 4, 5 ou 6, o milho sobreviverá.

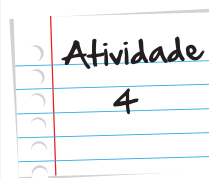
Faça a competição por 10 gerações e verifique o resultado. O que aconteceu? Repare que, como as proporções de sobrevivência são iguais para os dois variantes, qualquer um pode sobreviver à competição com chances iguais! A cada geração, conte o número de sobreviventes de cada tipo.

Anote seus resultados orientando-se pela tabela a seguir e compare as proporções de feijões e milhos entre seus colegas também. O que aconteceu com o mutante? A primeira geração já está especificada: são nove feijões e um milho que irão produzir 18 feijões e dois milhos. Antes da segunda geração vai existir a competição

e anote seus resultados de acordo com a figura anterior.

Geração	Feijão	Milho	Geração	Feijão	Milho
Primeira	9	1	Sexta		
Segunda			Sétima		
Terceira			Oitava		
Quarta			Nona		
Quinta			Décima		

As duas características conferiam ao indivíduo a mesma probabilidade de sobrevivência (50%). Agora pense se uma característica desse, ao indivíduo que a carregasse, uma vantagem. Uma vantagem adaptativa. O que aconteceria com as probabilidades de sobrevivência?



Seção 7

Outras questões...

Você acabou de ver, ao longo desta unidade, como mecanismos genéticos (como a mutação, por exemplo) influenciam no surgimento das espécies e, consequentemente, na biodiversidade.

A biodiversidade trata da variedade de seres vivos na Terra. Uma questão que sempre surge a partir do pensamento sobre ela e as relações de ancestralidade entre os seres vivos é... como surgiu a primeira vida no nosso planeta?

Basicamente, há três linhas de pensamento mais difundidas nos dias de hoje sobre origem da vida:

- *Criacionismo*: a vida é criada a partir da ação de uma força suprema ou superior (deus ou deuses)
- *Panspermia*: hipótese segundo a qual a vida teria se originado fora do planeta e chegou aqui pela queda de cometas ou **meteoritos**.
- *Abiogênese*: a vida teria surgido espontaneamente (isto é, sem a necessidade de intervenção de uma força suprema, ou entidade divina), a partir da combinação de elementos e substâncias químicas simples.

Meteoritoi

Meteorito – Fragmento de corpos celestes (planetas, cometas, asteroides) de tamanhos variados que atingem a atmosfera da Terra.

A primeira encontra respaldo na fé e na Bíblia, as outras se baseiam em observações científicas de elementos da natureza e, em alguns casos, experimentos. Para os que defendem a panspermia, o indício de moléculas que existem em seres vivos em um meteorito (que veio do espaço) dá força à teoria, embora ainda não tenha sido provada a existência de vida fora da Terra.

Para a maioria dos cientistas, no entanto, a teoria mais aceita é a da Abiogênese, pois é a que apresenta mais indícios de ser uma explicação para a origem da vida. Por esta teoria, a vida surgiu da combinação de substâncias químicas simples, que foram se associando e formando substâncias químicas complexas – as que compõem os organismos vivos.

Na trajetória de desenvolvimento dessa teoria, muitas etapas aconteceram. Aristóteles, Francisco Redi, Louis Pasteur, Oparin e Haldane são alguns dos nomes relacionados ao caminho traçado para se chegar na teoria da abiogênese.

Uma coisa interessante sobre o estudo da Origem da Vida é que ele está em aberto. Embora haja fortes indícios na direção da abiogênese, há muitas perguntas ainda para serem respondidas e Novas Hipóteses surgem a todo momento. Por exemplo, se acreditava até pouco que a vida surgiu no mar. Recentemente, surgiram alguns indícios de que a colonização do ambiente aquático só foi possível após as primeiras formas de vida sofrerem mutações que geraram adaptações para permitir a ocupação dos oceanos.



Sobre a origem da vida

Nossa unidade já se estendeu bastante, mas ainda há muito a falar sobre este tema que tanto intriga as pessoas, especialmente os cientistas. Para você aprender sobre esse tema, queremos recomendar que você assista um documentário da série Cosmos, idealizado e apresentado por um cientista importante na década de 1980, o Carl Sagan. A série Cosmos possui 13 episódios, e recomendamos que você assista todos, especialmente o 2, chamado *As Origens da Vida*. Ele está disponível no endereço: <http://goo.gl/0Dy0h>

Estudos sobre esse assunto são bastante importantes para preencher as lacunas que existem entre a biodiversidade que conhecemos e como ela se originou. Afinal, no estudo da ancestralidade (um pouco do que você viu nesta unidade), vamos precisar em algum momento responder como tudo começou, não é mesmo?

Resumo

- Biodiversidade, ou diversidade dos seres vivos, é um conceito que trata da quantificação da variação ou de diferenças observáveis nos seres vivos.
- As espécies são as unidades da biodiversidade. Membros de uma espécie podem se reproduzir e produzir descendentes férteis com uma mistura das características de ambos os pais.
- A fecundação dos gametas paternos gera uma única célula ovo que, por meio de divisões celulares, dá origem a trilhões de células de um humano.
- A divisão celular que dá origem aos gametas é especial, pois é uma divisão celular reducional. Assim, tanto o óvulo como o espermatozoide contêm apenas metade do material genético das demais células do corpo e, na fecundação, a quantidade de material genético é restaurada.
- Todo o material genético da célula ovo deverá ser duplicado para formar duas células filhas. Mais uma vez, o material genético das duas células filhas será duplicado para formar quatro células netas e assim por diante, até o humano estar formado com suas trilhões de células. Cada uma com a mesma quantidade de material genético do que a célula ovo.
- O processo de duplicação do material genético não é perfeito e é passível de erros, chamados mutações.
- Uma célula ovo mutante dará origem a células filhas também mutantes com gametas que também apresentam a mutação. Se um gameta mutante for fecundado, tal mutação será passada para os descendentes do mutante. Assim, surge a diversidade dentro das espécies biológicas.

Veja ainda

- O que explica o fenômeno da mulher barbada, muito famosa em alguns circos? Quer saber, então leia:
<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/genetica/mutacoes-explicam-misterio-da-mulher-barbada/?searchterm=mulher%20barbada>
- Novas hipóteses sobre a origem da vida são levantadas a todo tempo pelos cientistas. Uma hipótese recente é de que a vida não tenha surgido nos oceanos. Para saber mais sobre isso, acesse:
<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2012/02/um-comeco-diferente/?searchterm=origem%20da%20vida>

Bibliografia consultada

Futuyama, Douglas. **Biologia Evolutiva**. Editora Sinauer. 3ª edição, 1998

Ridley, Mark. **Evolução**. Editora Blackwell 3ª edição. Editado no Brasil por Artmed, 2003

Imagens



- André Guimarães



- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Blue_Linckia_Starfish.JPG – Richard Ling



- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Wardrobe_2945.jpg. Domínio público



- https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Carl_von_Linn%C3%A9.jpg



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Citrus_Swallowtail_Papilio_demodocus.jpg – Muhammad Mahdi Karim.



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charaxes_brutus_natalensis.jpg – Muhammad Mahdi Karim.



- Wikipédia. Author: Jon Sullivan. Domínio Público



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gorillas_in_Uganda-3,_by_Fiver_Löcker.jpg



- Claudia Russo



- Wellcome Images <http://www.flickr.com/photos/wellcomeimages/5814145555/>



- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Sperm-egg.jpg>



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mitotic_Cytokinesis.svg



- Claudia Russo



• Claudia Russo



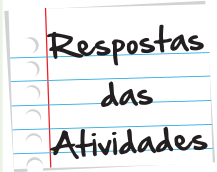
• Claudia Russo

Atividade 1

O local de maior biodiversidade animal é a mata, pois ele observou cinco tipos de animais (macacos, quatis, formigas, aves e cobra), enquanto na água apenas três tipos (peixes, anfíbios e insetos).

Atividade 2

2. Cérebro grande – aumenta a capacidade de aprendizado, possibilita imaginação, criatividade, uso avançado da linguagem.
3. Dentes diferenciados – ampliam as possibilidades alimentares. Temos dentes que podem rasgar carne (chamados caninos), cortar (incisivos), moer comida mais dura (molares). Os jacarés, diferentemente de nós, possuem apenas um tipo de dentes (semelhantes aos nossos caninos) e se alimentam exclusivamente de carne.
4. Olhos frontais – não podemos ver o que está nas nossas costas (como alguns primatas), mas essa posição dos olhos nos permite ter uma visão de profundidade.
5. Glândulas mamárias – leite materno quentinho e pronto para o bebê tomar. A mãe não precisa perder tempo encontrando comida para o bebê pequeno, pois ela própria produz a comida perfeita e rica em substância que protegem o neném de doenças.
6. Coluna vertebral – os camarões, por exemplo, apresentam um esqueleto que recobre todo o corpo. Entretanto, quando o pequeno camarão cresce, ele tem que liberar o esqueleto, crescer e só então produzir um novo esqueleto maior. Imagine a quantidade de alimento que é necessária para produzir novos esqueletos de meses em meses! Além disso, enquanto ele está sem esqueleto, o camarão fica sem a sustentação e sem a proteção do esqueleto, muito vulnerável aos predadores, as quais são conferidas à nossa espécie pela permanente presença da coluna vertebral.



Atividade 3

Não existe gabarito.

Atividade 4

Nesta atividade, você irá registrar o número de “sobreviventes” ao processo de competição à cada geração. A tabela a seguir não representa o gabarito, pois você irá rolar seu próprio dado e terá seus próprios resultados que seguramente serão diferentes. Isso é esperado. Apresentamos os resultados a seguir como exemplo apenas para guiar você na realização da atividade e na interpretação dos seus resultados.

Conforme a tabela abaixo, da primeira para a segunda geração, os dois filhotes de milho sobreviveram à competição com filhotes de feijão. Por isso, a proporção de milhos aumentou. Ao longo das gerações, a frequência de milho aumenta e diminui como esperado, se a probabilidade de sobrevivência dos dois variantes é exatamente a mesma (50% milho sobrevive, 50% o feijão sobrevive). Em alguns casos, o mutante será eliminado da população. Isso deverá acontecer, principalmente, quando ele ainda estiver em frequência baixa. Compare seus resultados com seus colegas e você verá!

Geração	Feijão	Milho	Geração	Feijão	Milho
Primeira	9	1	Sexta	5	5
Segunda	8	2	Sétima	6	4
Terceira	8	2	Oitava	6	4
Quarta	7	3	Nona	5	5
Quinta	7	3	Décima	4	6

Se uma característica (milho, por exemplo) desse ao portador uma vantagem adaptativa, a probabilidade de sobrevivência do portador seria maior em comparação com o outro variante (feijão).



O que perguntam por aí?

(ENEM 2010) Questão 61

No ano de 2000, um vazamento em dutos de óleo na baía de Guanabara (RJ) causou um dos maiores acidentes ambientais do Brasil. Além de afetar a fauna e a flora, o acidente abalou o equilíbrio da cadeia alimentar de toda a baía. O petróleo forma uma película na superfície da água, o que prejudica as trocas gasosas da atmosfera com a água e desfavorece a realização de fotossíntese pelas algas, que estão na base da cadeia alimentar hídrica. Além disso, o derramamento de óleo contribuiu para o envenenamento das árvores e, consequentemente, para a intoxicação da fauna e flora aquáticas, bem como conduziu à morte diversas espécies de animais, entre outras formas de vida, afetando também a atividade pesqueira.

Lauber, L. Diversidade da Maré negra. In: **Scientific American Brasil** 4(39), ago. 2005 (adaptado).

A situação exposta no texto e suas implicações

- a. Indicam a independência da espécie humana com relação ao ambiente marinho.
- b. Alertam para a necessidade do controle da poluição ambiental para redução do efeito estufa.
- c. Ilustram a interdependência das diversas formas de vida (animal, vegetal e outras) e o seu habitat.
- d. Indicam a alta resistência do meio ambiente à ação do homem, além de evidenciar a sua sustentabilidade mesmo com condições extremas de poluição.
- e. Evidenciam a grande capacidade animal de se adaptar às mudanças ambientais, em contraste com a baixa capacidade das espécies vegetais, que estão na base da cadeia alimentar hídrica.

Gabarito: Letra C.

Comentário: O enunciado ilustra como o ser humano e suas atividades afetam a biodiversidade, levando inclusive a extinção de algumas espécies por conta da poluição (como no caso acima), de atividades predatórias de caça e coleta de animais em seu ambiente.



Atividade extra

Questão 1

O pesquisador Carlos Lineu nasceu na Suécia, em 1707. Ele descreveu milhares de espécies, incluindo a espécie humana.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Como é conhecida a nomenclatura criada por Lineu na Biologia?

- a. Taxonomia.
- b. Autonomia.
- c. Morfologia.
- d. Anatomia.

Questão 2

Quando o espermatozoide fecunda o óvulo materno, dá origem à célula-ovo. Esta célula divide-se uma, duas, quatro, oito, dezesseis, milhares de vezes até haver células suficientes para compor você!

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

A que dará origem este processo de divisão celular?

- a. Ovo
- b. Zigoto

- c. Gametas
- d. Mutação

Questão 3

Biodiversidade, ou diversidade dos seres vivos, é um conceito que trata da quantificação da variação ou de diferenças observáveis nos seres vivos.

A única frase errada abaixo é:

- a. Biodiversidade é a diversidade de espécies que vive em um determinado ambiente.
- b. A espécie humana depende da biodiversidade para a sua sobrevivência.
- c. Quanto maior a diversidade, maior a capacidade de o ecossistema resistir às interferências externas que podem ameaçar seu equilíbrio.
- d. A biodiversidade é distribuída igualmente na terra, onde podemos encontrar animais terrestres ou aquáticos em todas as regiões do planeta.

Questão 4

Entre os seres vivos, temos grupos de indivíduos semelhantes que se reproduzem entre si e produzem descendentes férteis com uma mistura das características de ambos os pais.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Este grupo de indivíduos é denominado como:

- a. Espécie
- b. Família
- c. Reino
- d. Gênero

Questão 5

Características morfológicas são detalhadas em um estudo científico pelo pesquisador que descreveu uma determinada espécie.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Quais seriam as características morfológicas exclusivas dos mamíferos?

Questão 6

O termo diversidade diz respeito ao número de tipos e à quantidade relativa destes tipos presentes em determinado local.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Sobre a teoria da evolução, considere estas afirmações para que a evolução ocorra:

- a. “É preciso haver diversidade entre os indivíduos de uma mesma espécie”.
- b. “A diversidade precisa ser hereditária”.
- c. “É preciso que exista seleção natural atuando sobre a diversidade de uma espécie”.

Estão corretas as letras:

- a. a e c.
- b. b e c.
- c. a, b e c.
- d. a e b.

Questão 7

“O processo de duplicação do material genético não é perfeito e é passível de erros, chamados mutações”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Por que a mutação é um dos mais importantes fatores evolutivos?

Questão 8

“A divisão celular que dá origem aos gametas é especial, pois é uma divisão celular reducional”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Qual das opções abaixo é falsa.

- a. Este tipo de divisão é essencial para a produção de gametas.
- b. A meiose também é chamada de divisão reducional.
- c. Tanto o óvulo como o espermatozoide contêm apenas metade do material genético das demais células do corpo.
- d. A quantidade de material genético nunca é restaurada na fecundação

Questão 9

“A biodiversidade trata da variedade de seres vivos na terra. Uma questão que sempre surge a partir do pensamento sobre ela e as relações de ancestralidade entre os seres vivos é como surgiu a primeira vida no nosso planeta”?

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Basicamente, há três linhas de pensamento mais difundidas nos dias de hoje sobre origem da vida:

- a. Abiogênese, biogênese e criacionismo.
- b. Biogênese, panspermia e criacionismo.
- c. Panspermia, abiogênese e criacionismo.
- d. Panspermia, biogênese e abiogênese.

Questão 10

O aumento da variabilidade genética é um dos mais importantes requisitos para o processo evolutivo das espécies.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Qual dos mecanismos a seguir NÃO contribui para o aumento desta variabilidade.

- a. Mutação.
- b. Duplicação do material genético.
- c. Seleção natural.
- d. Recombinação gênica.

Gabarito

Questão 1

- A** **B** **C** **D**
- ☒ ☐ ☐ ☐

Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 3

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 4

- A** **B** **C** **D**
- ☒ ☐ ☐ ☐

Questão 5

Os mamíferos apresentam glândulas mamárias, pelos no corpo e dentes de formatos diferenciados.

Questão 6

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

Questão 7

Por que provoca variações genéticas necessárias às modificações das espécies.

Questão 8

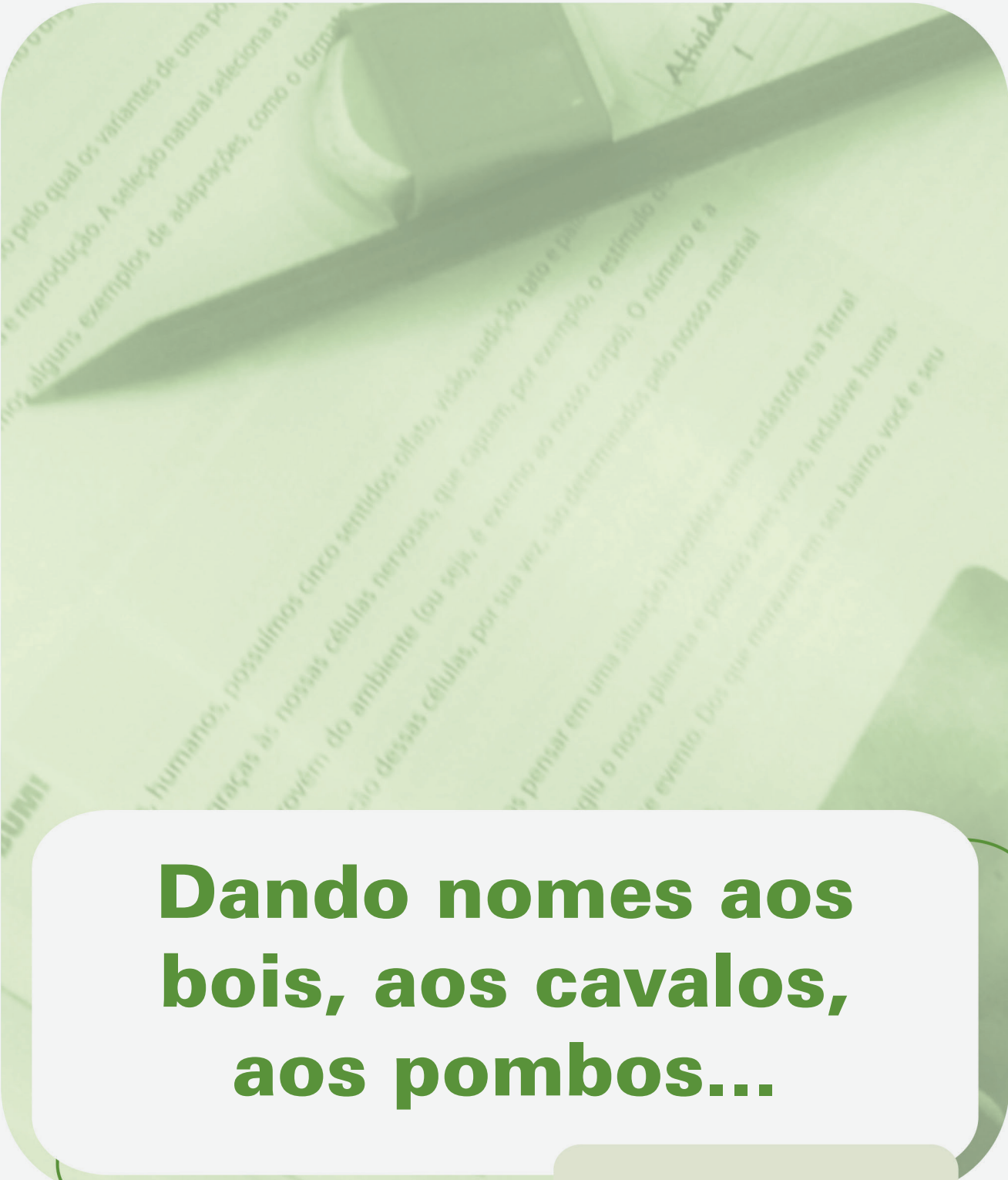
- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 9

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

Questão 10

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐



Dando nomes aos bois, aos cavalos, aos pombos...

Fascículo 1
Unidade 2

Dando nomes aos bois, aos cavalos, aos pombos...

Para início de conversa...

Na unidade 1, você estudou sobre a diversidade biológica e os processos que promovem a diversificação nas espécies na Natureza. Nesta segunda unidade, daremos continuidade a esta temática. Você estudará como o mesmo processo, que inclui reprodução, herança e mutações, explica também o surgimento das marcantes diferenças entre as grandes linhagens biológicas, tais como os mamíferos, as aves, os insetos, e até os micro-organismos!

Para isso, vamos começar falando de nomes, o que significa, em Biologia, falar de *taxonomia*. A taxonomia é um tipo de linguagem da diversidade biológica, pois é a maneira que os pesquisadores encontraram de trocar todo o tipo de informações sobre os seres vivos. Sem taxonomia não existiriam as Ciências Biológicas.

Quando descobrimos uma nova característica em um grupo de organismos, tal característica pode ser restrita à espécie estudada. Por exemplo, humanos têm dedo do pé não opositor. Ou podemos ter descoberto uma característica compartilhada por um número grande de espécies. Por exemplo, os mamíferos têm glândulas mamárias; o grupo dos mamíferos engloba os humanos, os ratos, as baleias, as focas, os elefantes, os morcegos, dentre outras cinco mil espécies.

Repare que existe, nesta frase, uma associação de um padrão observado (a presença de glândulas mamárias) em um grupo taxonômico (os mamíferos).

Quando a palavra “mamíferos” é usada em um texto, você entende que eu estou falando de onças, tamanduás, baleias, macacos, morcegos, cavalos etc.

A partir disso, você pode deduzir que outros organismos, como galinhas, besouros e ouriços-do-mar estão de fora do grupo, ou seja, eles não apresentam glândulas mamárias. Claro! Uma vez que você saiba o significado do nome “mamíferos”, eu não preciso me referir a cada uma das espécies do grupo separadamente, pois o nome significa o conjunto todo.



Figura 1: Bebê elefante (*Elephas maximus*) mamando leite da mãe. Além de elefantes, micos, humanos, preguiças, tamanduás e outras 5 mil espécies pertencem ao grupo dos mamíferos. Todos os mamíferos apresentam glândulas mamárias e as recém-mamães de todas as espécies de mamíferos produzem leite e alimentam seus bebês.

De acordo com algumas regras, um pesquisador associa uma parcela da diversidade a um nome taxonômico em Latim. Uma vez que o nome daquela fatia da diversidade biológica seja conhecido, o pesquisador da descrição original e outros pesquisadores podem ir acumulando informações sobre aquele grupo de espécies. Cada um pode estudar um aspecto e assim o conhecimento biológico aumenta e solidifica.

Você poderia perguntar: por que precisamos de nomes científicos em Latim se já temos nomes em Português? Na Língua Portuguesa, temos nomes apenas para os grandes grupos da diversidade. Mas, para uma comunicação efetiva sobre a biodiversidade, os pesquisadores precisam de muito mais nomes do que aqueles que encontramos nos dicionários da nossa língua. Além disso, a taxonomia não poderia ser em Português, pois existem pesquisadores estudando mamíferos em todos os países do mundo. Um dos principais objetivos de uma linguagem em comum, a Taxonomia, é facilitar a comunicação entre todos eles. Assim, por meio da Taxonomia, o conhecimento biológico é construído.

Objetivos de aprendizagem

- Listar os passos do processo de descrição de uma nova espécie, feita pelo taxonomista.
- Relacionar a taxonomia à linguagem da biodiversidade.
- Aplicar algumas regras da taxonomia.
- Definir especiação biológica como o agente que interrompe a reprodução e a mistura entre as linhagens de uma espécie.
- Relacionar o processo de especiação à diferenciação das grandes linhagens da diversidade.

Seção 1

Taxonomia e a descrição de uma espécie

Voltando ao exemplo dos mamíferos, que vimos há pouco, você percebe que as espécies também são alocadas em grupos maiores, compostos de muitas outras espécies. O número de divisões possíveis da biodiversidade é imenso. Por isso, precisamos de pesquisadores exclusivamente dedicados à ciência de dar nomes nas parcelas da diversidade. Precisamos de *taxonomistas* e de uma *taxonomia* bem feitos.

Quando, por exemplo, uma taxonomista de morcegos descreve uma espécie pela primeira vez, ela associa uma descrição muito detalhada de características a um novo nome científico. Além disso, ela incluirá a nova espécie em um dos grupamentos já existentes para morcegos.



Figura 2: Nós, por exemplo, somos do grupamento humanos junto com algumas espécies já extintas, entre elas os homens de neandertal. Além de humanos, nós (e os neandertais) também somos do grupamento primatas, junto com os micos, macacos, chimpanzés e gorilas. Todos os primatas também são do grupamento mamíferos (como tigres, cachorros, focas, cavalos, morcegos, baleias e lobos) e, por sua vez, todos os mamíferos pertencem ao grupamento dos vertebrados. Neste último grupamento, estão cobras, lagartos, dinossauros pererecas, sapos, peixes ósseos, tubarões, tartarugas, todas as aves e todos os mamíferos.

Algumas das espécies de mamíferos, como a onça pintada e o tamanduá bandeira apresentam um nome vulgar em Português, pois chamam a atenção do público em geral, mas a maior parte das espécies só tem o nome

científico. Aliás, “mamíferos” não é o maior grupo mesmo com suas cinco mil espécies. Os besouros, por exemplo, são mais de 350 mil espécies.

Mas, o que leva os taxonomistas a descreverem novas espécies? Num país como o Brasil, com grandes extensões de matas e com um litoral extenso, ainda existe muito trabalho para muitos novos taxonomistas que virão nas próximas gerações. Se você gosta de ficar observando os animais que aparecem em sua casa ou na sua cidade, quem sabe você não será o próximo taxonomista brasileiro de renome internacional? Se você já pediu de Natal um microscópio ou adorou um guia de identificação de animais que caiu em suas mãos, você é um excelente candidato a um futuro taxonomista. Podemos afirmar que trabalho não faltará em um país tão biodiverso como o Brasil!

Como toda área profissional, dedicação e seriedade são fundamentais para o sucesso como taxonomista. Para iniciar você no cotidiano da profissão, vamos agora falar sobre o processo de descrição de uma espécie. O taxonomista é um pesquisador familiarizado com a diversidade de espécies de um determinado grupo. Taxonomistas especializam-se em um grupo da diversidade biológica.

Vejamos um exemplo. Joaquim é um taxonomista de roedores. Os roedores são caracterizados por possuírem dentes da frente (incisivos) longos e separados. Ou seja, todas as duas mil espécies do grupo roedores apresentam essas características em comum. Lembrando que os mamíferos são cinco mil espécies, nós conseguimos perceber a importância do grupo Rodentia (roedores) dentro da diversidade dos mamíferos.



Figura 3: A nossa capivara brasileira (nome científico *Hydrochoerus hydrochaeris*) é o maior roedor do mundo e foi descrita por Carl Lineu, em 1766. Você tem agora condições de entender por que apelidamos Lineu de o pai da taxonomia, pela quantidade de organismos importantes que ele descreveu ao longo de sua vida.

Como um bom taxonomista, especialista em roedores, Joaquim leu e familiarizou-se com as descrições já publicadas das espécies de roedores. Tais descrições são artigos publicados em revistas especializadas. Depois dessa boa

revisão bibliográfica, é possível reunir as descrições das espécies de roedores feitas e publicadas por outros taxonomistas tanto brasileiros como estrangeiros.

É também fundamental para o trabalho de Joaquim ir ao campo. O campo pode ser uma mata, uma floresta, uma restinga, uma lagoa, uma praia etc. O campo é onde o pesquisador vai para **coletar** ou observar a biodiversidade em seu ambiente natural. Vamos imaginar que “ir ao campo” para um taxonomista é como o “olhar para o céu” de um astrônomo... Assim, se Joaquim for para o seu trabalho de campo na **Mata Atlântica**, ele irá observar e examinar os roedores que ali habitam. Joaquim pode colocar armadilhas para coleta e para observação dos roedores que ele venha a encontrar.

Vamos supor que Joaquim esteja observando um roedor que caiu numa armadilha que ele armou. Ele saberá que o animal da armadilha é um roedor pelos dentes incisivos, característica do grupo. Observando o roedor da armadilha e lembrando-se das descrições de espécies que ele já leu, ele pode se deparar com uma característica do animal nunca antes descrita. Por exemplo, o roedor capturado tem uma mancha amarela nos seus pelos das costas que nenhuma outra espécie de roedor tem!

Humm... Intrigante, não é?

Se ele observar o mesmo tipo de mancha em outros indivíduos que caíram em outras armadilhas naquela área de mata, ele poderá descrever uma nova espécie de roedor, quando retornar a seu laboratório. Nessa, a característica morfológica diagnóstica, ou seja, a característica marcante e pela qual esta espécie será reconhecida passará a ser a presença de uma mancha amarela na pelagem das costas. Característica que certamente irá constar da descrição da nova espécie a ser publicada.

Ao descrever uma espécie nova, é fundamental armazenar um exemplar da mesma em uma coleção de um museu. Este exemplar é chamado tipo e estará disponível para outros taxonomistas examinarem-no.

A publicação da descrição detalhada é uma etapa fundamental, pois, só com ela, outros taxonomistas poderão ler e tomar conhecimento da nova espécie encontrada e descrita.

Coleta

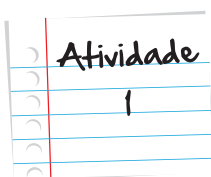
Quando um pesquisador traz seres vivos de seu ambiente natural para o laboratório.

Mata Atlântica

Ambiente típico de floresta tropical encontrado na região costeira do Brasil. Tal ambiente já foi muito devastado desde a chegada dos portugueses, há mais de 500 anos.



Figura 4: Duas espécies já descritas de mamíferos roedores. A espécie da esquerda tem nome comum “camundongo” e nome científico *Apodemus sylvaticus*. A da direita chamamos rato e os cientistas chamam *Rattus norvegicus*. Será que você consegue perceber algumas características em comum dos roedores, olhando para essas duas fotos? E características nas quais elas diferem?



Borboletas no museu?!

Ir ao museu é um passeio fantástico! Mas será que nele só encontramos ossos de extintos dinossauros, quadros de artistas famosos e/ou objetos de antigas guerras?

A resposta é não! Existem museus onde estão arquivados os diferentes *tipos* das mais diversas espécies. E foi nesse gênero de museu que Roberta, uma esperta menina de dez anos, ao observar várias borboletas dentro de uma caixa de vidro, perguntou à sua mãe:

“– Mãe, por que essas lindas borboletas estão aqui e não nas florestas, onde, uma vez, eu vi um monte delas voando?”



Baseado no que você estudou em nossa unidade, o que você responderia à Roberta?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 2

Nomeando e agrupando as espécies

Pesquisadores de tempos mais antigos já entendiam que a linguagem da biodiversidade teria de ser comum aos pesquisadores de todas as línguas. É importante que os nomes científicos sejam únicos, quer seja em um artigo científico escrito em Português, em Russo ou em Alemão. Dessa forma, pesquisadores em todo o mundo podem compreender o nome da espécie em um texto. Assim, uma língua tinha de ser eleita para uso em taxonomia e os pesquisadores escolheram o Latim.

Mas você deve estar se perguntando: por qual razão escolheram uma língua que ninguém mais usava no século XVI?

Pois esta foi justamente a razão para a sábia escolha dos pesquisadores! Eles escolheram o Latim, pois já era uma língua morta, ou seja, que ninguém mais falava. Dessa forma, os pesquisadores garantiram que as regras de gramática e de ortografia não iriam mudar com o tempo. Essa é uma particularidade importante para não haver confusão com as mudanças informais e as revisões linguísticas formais como aquela que tivemos na Língua Portuguesa há alguns anos.

Todos os nomes em Taxonomia são escritos em Latim e obedecem às mesmas regras há séculos. Imagine se uma regra de ortografia em Latim mudasse. Isso significaria mudar os nomes científicos de dois milhões de espécies... Seria muito trabalhoso, não acha?

2.1. Algumas regras da taxonomia

Além de serem em Latim, uma outra particularidade é que os nomes científicos das espécies devem sempre vir destacados no texto, em itálico, negrito ou sublinhado. O mais comum atualmente é que eles venham destacados em itálico, nos textos científicos, e mesmo nos textos de divulgação científica.

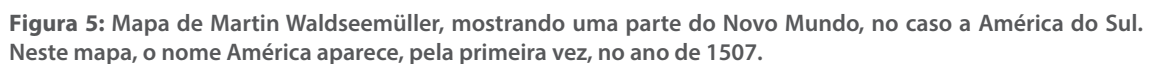
Os nomes científicos na taxonomia antes dos estudos de Lineu eram pequenas descrições das espécies. Então, uma abelha, por exemplo, apresentava o seguinte nome:

Apis pubescens, thorace subgriseo, abdominae fusco, pedibus posteuis, glabris, utrinque margine ciliatis.

O “nome” antigo da abelha significa “abelha com pelos curtos, peito cinza, abdômen marrom escuro, patas sem pelo e com pequenos sacos com estruturas semelhantes a pelos nas bordas”. Imagine quão difícil era a troca de informações sobre as espécies. Só para dizer qual espécie estava sendo estudada já eram necessárias algumas linhas de texto!

Novo Mundo

Todo o continente americano, incluindo as Américas do Norte, Central e do Sul. Depois das grandes navegações, o Velho Mundo (Europa, Ásia e África) conheceu o Novo Mundo (as Américas).



50

O procedimento agora é associar, em uma publicação, o nome a uma descrição detalhada que inclui o local de depósito do tipo da espécie. Dessa maneira, Lineu descreveu milhares de espécies. Já vimos que muitas são espécies bem conhecidas.

Como não é o nome, a descrição poderia ser tão detalhada, quanto necessária. Cada detalhe pode ser incluído de forma a descrever a nova espécie com precisão, diferenciando-a das outras espécies, mesmo das com características muito semelhantes. Tal descrição inclui medidas, quantidades, formatos, cores de cada uma das estruturas dos membros daquela espécie. Tanta informação certamente não caberia em um “nome”.

O sistema proposto por Lineu foi tão bem recebido que perdura até os dias de hoje e é chamado sistema binomial. Isso porque, o nome científico de uma espécie apresenta dois nomes, ambos em itálico (uma forma de destacá-los do texto em que se encontram). *O primeiro nome é o nome do gênero, sempre iniciado por letra maiúscula. O segundo nome é a parte específica do nome da espécie, sempre iniciado por letra minúscula.*

Um mesmo gênero pode apresentar muitas espécies. *Panthera leo* e *Panthera onca*, por exemplo, são os nomes científicos do leão e da onça pintada, respectivamente. O tigre, por sua vez, chama-se *Panthera tigris* e, assim como o leão e a onça pintada, faz parte do gênero *Panthera*.



Figura 6: Foto da abelha europeia, re-descrita por Lineu como *Apis mellifera*. Será que você consegue perceber os atributos do primeiro nome *Apis pubescens* dessa abelha pela foto?



Figura 7: *Panthera onca* (onça) e *Panthera tigris* (tigre) são duas espécies do gênero *Panthera*. O tigre vive nas florestas asiáticas, enquanto a onça habita as florestas brasileiras.

Dizer que três espécies pertencem ao mesmo gênero significa que elas são muito semelhantes em suas características. Isso porque o gênero é o segundo menor dos grupamentos da biodiversidade. Lembre-se de que o menor grupamento é a espécie que une indivíduos mais semelhantes do que as espécies de um mesmo gênero. O gênero *Leopardus*, por exemplo, também apresenta várias espécies, entre elas *Leopardus pardalis*, que é a nossa jaguatirica. O gênero *Felis* é o gênero da espécie do gato doméstico.

Os gêneros *Felis*, *Leopardus* e *Panthera* são três dos gêneros membros da família Felidae. A família é o grupamento imediatamente superior ao gênero. Isso significa que uma família apresenta vários gêneros e cada um desses, por sua vez, várias espécies.

Assim, todas as espécies do gênero *Felis*, pertencem à família Felidae, mas nem todas as espécies em Felidae estão no gênero *Felis*.

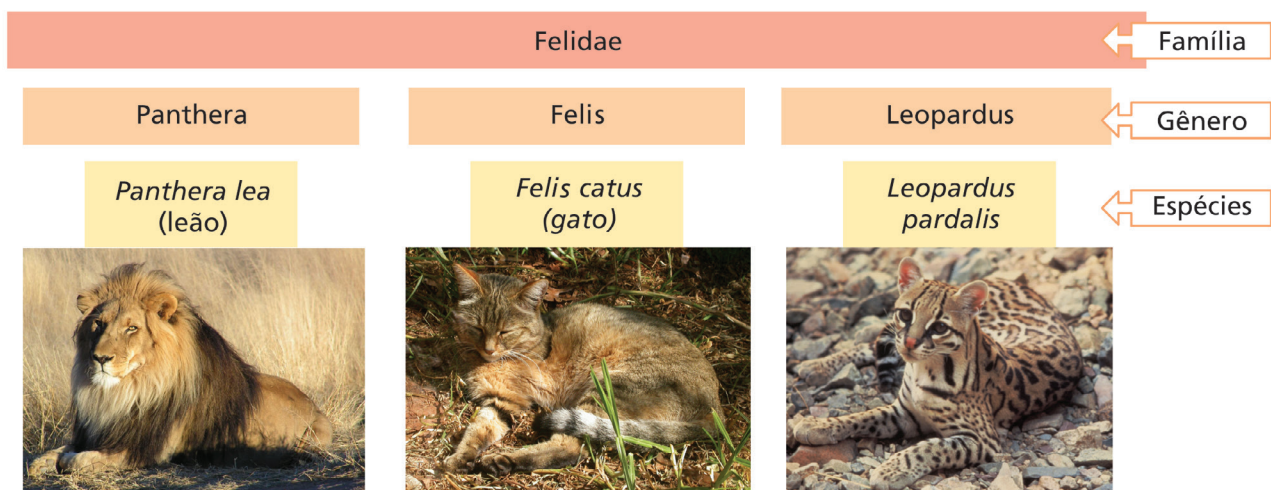


Figura 8: O leão, o gato e a jaguatirica pertencem, respectivamente, aos gêneros *Panthera*, *Felis* e *Leopardus*. Todos esses gêneros pertencem à família Felidae. As espécies de uma mesma família apresentam algumas características em comum.

Mas qual a razão desses três gêneros estarem juntos em uma única família?

Se você reparar na pata de um gatinho, você verá que o gato pode retrain (recolher) as suas garras ou colocá-las para fora de acordo com a sua vontade. A pata de um cachorro, por outro lado, não possui as garras retráteis. As unhas de cachorros e lobos estão sempre para fora e, por isso, são bem menos afiadas do que as dos gatos. Garras retráteis são uma adaptação dos felídeos, isto é, as espécies da família Felidae apresentam tal característica vantajosa e espécies de outras famílias, não.

Repare em uma mulher com unhas muito longas e você irá perceber como seria vantajoso para ela poder retrain as unhas de acordo com a própria necessidade, por exemplo, quando ela está digitando no computador... Porém,

infelizmente para ela, humanos não são membros da família Felidae. Garras retráteis são uma característica diagnóstica vantajosa ou uma *adaptação exclusiva* de todos os membros da Família Felidae.

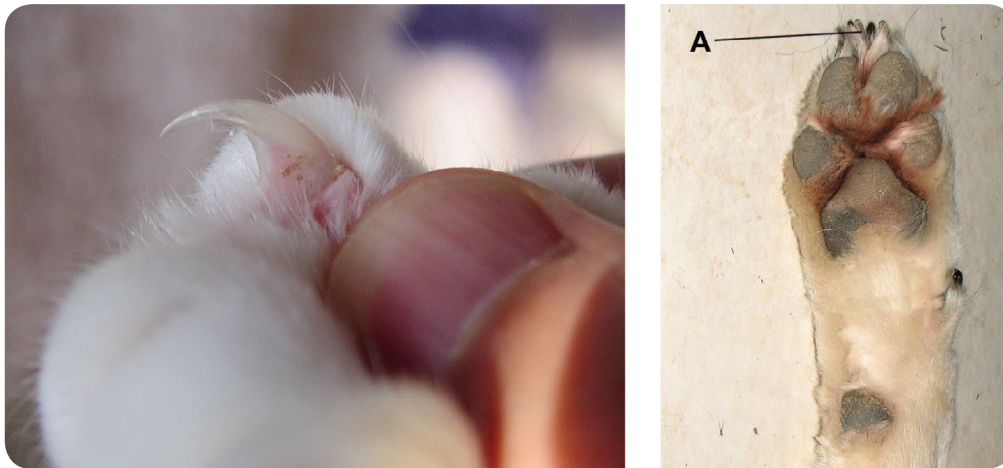


Figura 9: Garras retráteis de um gatinho doméstico (à esquerda) e as não retráteis de um cachorro (apontadas pelo A na foto da direita). Note como as do gato são muito mais afiadas.

Os cachorros e lobos são membros da Família Canidae, que apresenta outras características diagnósticas também vantajosas, mas suas garras não são retráteis (veja Figura 9). O focinho grande, por exemplo, é uma das adaptações dos canídeos que permite que seu cachorrinho saiba que você chegou à casa antes mesmo de vê-lo.



Figura 10: Cães (esquerda) e lobos (direita) também pertencem a uma mesma família – Canidae - e compartilham as mesmas adaptações, como por exemplo, o focinho grande. Características compartilhadas de forma exclusiva marcam a categorização de animais em grupos taxonômicos diferentes.

O cinema não segue as regras taxonômicas...

No filme X-Men, alguns humanos apresentam mutações e são chamados mutantes. Alguns personagens do filme nasceram com habilidades sobre-humanas que os fazem diferentes dos demais.

Os mutantes de X-men geralmente apresentam características vantajosas. Um dos mutantes, por exemplo, apresenta uma visão superpoderosa outro apresenta poderes telepáticos, outro pode ficar invisível.

No filme, um dos principais mutantes é chamado Wolverine. Esse nome vem da palavra *lobo* pois *wolf* em Inglês significa lobo. Wolverine é um mutante que consegue retrair e expor suas garras afiadíssimas, à sua vontade (veja o desenho). Entretanto, apesar do nome, vimos que garras afiadas e retráteis são uma adaptação típica dos felinos, na realidade, e não dos lobos que são canídeos...

Concluindo, Stan Lee e Jack Kirby, os excepcionais escritores de X-men, não conheciam bem a taxonomia de mamíferos! É um filme de ação muito interessante e se você não viu ainda, vale à pena alugar na sua locadora.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Wolverine_por_John_Cassaday.jpg Autor: John Cassaday



2.2. A classificação termina em família?

De maneira alguma a classificação termina por aí! Canidae e Felidae pertencem à ordem dos carnívoros que é uma das ordens da Classe Mammalia. Na Classe Mammalia, estão incluídos todos os mamíferos. Cada uma das espécies de mamíferos apresenta suas próprias características diagnósticas, uma coloração de pelo diferenciada, um tamanho maior de corpo, um focinho mais fino, uma orelha mais pontuda, dentes maiores etc., mas há características que são específicas dos mamíferos em geral.

Além dessas características particulares, portanto, para serem classificadas como mamíferos, todas as (cinco mil) espécies desse grupo apresentam características em comum:

- pelos;
- dentes diferenciados;
- glândulas mamárias.

Estas são as características diagnósticas de mamíferos. Ou seja, se alguma nova espécie for encontrada, por exemplo em Cabo Frio, e apresentar essas três características, a mesma será necessariamente incluída na classe Mammalia ao ser descrita. Sabendo que ela apresenta essas três características, saberemos inferir outras tantas. Por exemplo, como todos os mamíferos apresentam coluna vertebral, a nova espécie de Cabo Frio certamente irá apresentar também a coluna vertebral. E se a nova espécie tiver garras retráteis, em que família você a incluiria? Seria, claro, mais um membro da família Felidae (da Classe Mammalia do Subfilo Vertebrata).

Grupamentos em taxonomia obedecem a um sistema hierárquico de nomenclatura no qual, muitas espécies estão incluídas em um gênero, muitos gêneros em uma família, muitas famílias em uma ordem, muitas ordens em uma classe, muitas classes em um filo e muitos filios em um reino.



Figura 11: Embora muitas pessoas acreditem, a aranha (à esquerda) não faz parte do grupamento dos insetos (à direita). Todos os insetos apresentam seis patas e as aranhas apresentam oito. Insetos e aranhas fazem parte do Filo (grupo maior) dos artrópodos. Um outro grupo de artrópodos são os crustáceos, onde se encontram os caranguejos, camarões, lagostas.

O maior dos grupamentos é o domínio. Existem apenas três domínios nos quais toda a diversidade biológica é incluída. São eles: Bacteria, Archaeae, e Eukarya. Os dois primeiros são domínios compostos apenas por organismos unicelulares (seres constituídos por uma célula apenas), isto é, por micro-organismos bactérias e **arqueas**. O domínio Eukarya é composto por organismos uni e multicelulares. Todos os organismos que podemos enxergar a olho nu estão incluídos no domínio dos eucariontes (Eukarya), incluindo as plantas, os fungos e os animais.

Arqueas

Micro-organismos unicelulares que vivem em condições extremas. Ambientes extremos, por exemplo, podem ser temperaturas altíssimas como próximas de 100° C. Esses organismos também são chamados extremófilos. Um dos três domínios da vida é constituído por arqueas.

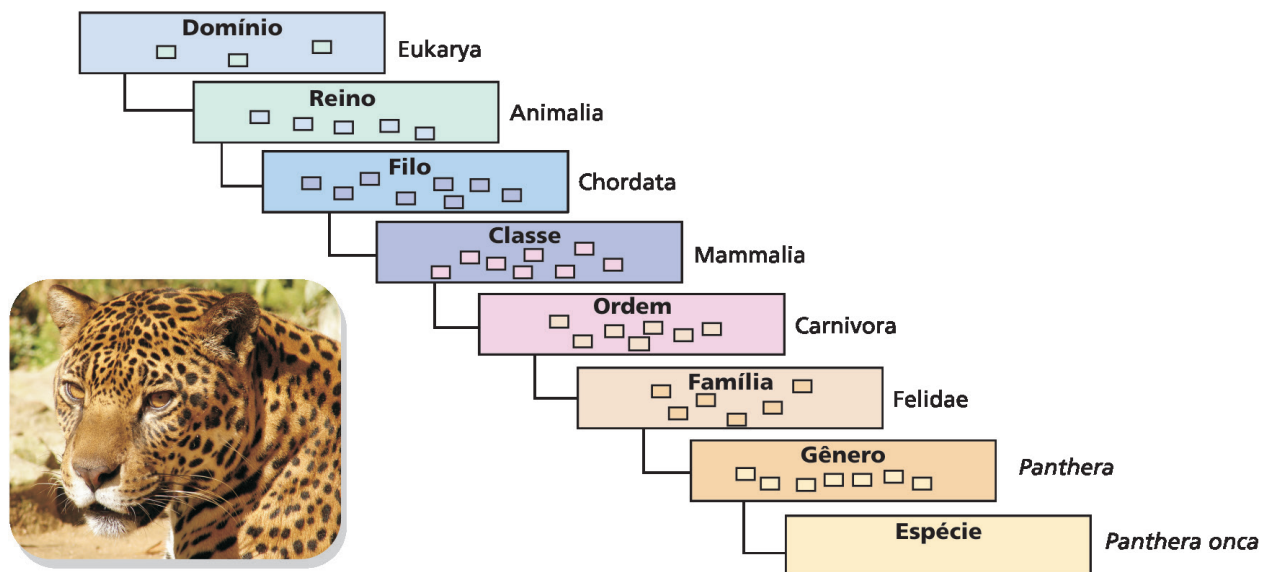


Figura 12: Hierarquia em taxonomia. A onça (*Panthera pardus*) é uma espécie do gênero *Panthera*, que é um gênero da Família Felidae, que é uma família da Ordem Carnívora, que é uma ordem da Classe Mammalia. Mammalia, que, por sua vez, pertence ao Filo Chordata, que é um filo do Reino Animália, que é um reino do Domínio Eukarya que faz parte da diversidade biológica.

Um novo conceito importante, diante do que vimos na taxonomia da onça pintada, por exemplo (Figura 12) é que os nomes em taxonomia obedecem a uma estrutura hierárquica, que vai da espécie ao domínio. Essa estrutura hierárquica reflete uma maior ou menor similaridade morfológica.

Se você tem dificuldade em entender o que é hierarquia, não se preocupe, você não é o único! Vamos deixar mais intuitivo esse conceito complicado, mas central do estudo das Ciências Biológicas. Mais uma vez, vamos simplificar o complicado, dando um exemplo cotidiano.

Endereços, por exemplo, também apresentam uma estrutura hierárquica. Digamos que você more em:

- uma casa, que se localiza em
- uma rua, que fica em
- um bairro de

- uma cidade em
- um dos estados da
- federação brasileira (país).

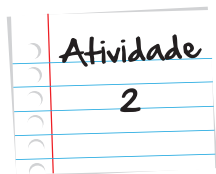
Repare que a estrutura de um endereço também é hierárquica, pois os endereços não são simplesmente iguais ou diferentes. Existe uma gradação entre dois endereços muito similares e dois muito diferentes. Dois endereços muito similares também apresentarão suas diferenças, como o número da casa ou do apartamento. Assim, até endereços muito diferentes apresentam suas similaridades, como o mesmo país ou o planeta Terra.

Se pensarmos sobre a similaridade dos seres vivos, encontraremos um padrão semelhante. Alguns grupos taxonômicos com menos espécies apresentam uma maior similaridade morfológica do que grupos com mais espécies que também apresentam maiores diferenças. Por que existe essa hierarquia na Natureza?

A similaridade entre as características dos indivíduos na Natureza depende de quão próximos ou distantes estão seus antepassados em comum. Como vimos na unidade 1, você se parece com seus irmãos, pois os antepassados em comum são seus pais. Existe apenas uma geração de duplicação do material genético com possibilidade de gerar mutações. O material genético que deu origem a você e a seu irmão era oriundo do mesmo casal, seus pais, apenas uma geração atrás. Você apresenta características que lembram seus avós na mocidade, pois apenas duas gerações separam você e seus avós. O ancestral comum entre você e sua avó é sua própria avó.

Assim, a estrutura reprodutiva das linhagens ancestrais descendentes obedece a um padrão hierárquico ao longo do tempo que gerou a hierarquia na similaridade morfológica.

Um carioca e um chinês apresentam diferenças em suas características fisionômicas, mas ainda são similares, se comparados com as outras espécies do planeta. A similaridade entre o carioca e o chinês advém do fato de que os antepassados em comum dessas duas linhagens são ainda recentes. Em milhares de anos de reprodução e mistura de material genético na população humana, algumas mutações fazem o carioca e o chinês diferentes. Por outro lado, a grande maioria das características desses humanos é compartilhada por todos os humanos. O dedão do pé em alavanca é um exemplo, como já mencionamos na unidade 1, que já estava presente nos ancestrais humanos, pois todos nós o apresentamos.



Verdade ou mentira?

Para as questões a seguir, aponte, nos parênteses, “V”, se elas forem verdadeiras ou “F”, se elas forem falsas.

- () Uma bactéria e um ser humano possuem muitas características em comum, por isso ambos são classificados na mesma espécie.
- () Coleoptera é uma ordem de insetos. Os membros dessa ordem estão mais relacionados entre si do que com os membros da ordem Carnivora de mamíferos.
- () Bufo Bufo é o registro correto do nome científico de uma espécie de sapo.
- () Domínio é o menor grupo de classificação dos organismos.
- () *Canis lupus* e *Canis latrans* são grupos de animais mais parecidos morfologicamente do que *Canis lupus* e *Elephas maximus*.

Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 3

Ciência e perguntas

A principal tarefa de um cientista é tentar dividir perguntas grandes e complexas em perguntas pequenas e mais simples de encontrar respostas. Assim, a pergunta “por que a biodiversidade é da forma que ela se apresenta em nosso planeta” é uma pergunta muito grande e complexa. Então vamos dividi-la em perguntas menores, que podem ser entendidas mais claramente pelo que vimos até agora.

3.1. Primeira pergunta: qual a causa das diferenças entre os seres vivos?

Mesmo entre membros de uma única família, os indivíduos não são iguais. Pais e mães não dão origem a **clones**, quando se reproduzem. As diferenças que observamos entre as espécies são resultado da mistura do material genético do pai e da mãe, e também do processo de mutação que pode acontecer nas multiplicações das células de um indivíduo.

Clone

É o nome que damos a indivíduos que possuem material genético idêntico ao de outro indivíduo. Podem ser gerados por divisão de um ser em dois (reprodução assexuada, ou seja, sem sexo), o que acontece com alguns micro-organismos, por exemplo, ou por reprodução sexuada quando são gerados gêmeos idênticos, como acontece com os humanos.

Indivíduos mutantes (cuja mutação afete as células reprodutivas) vão produzir filhotes com a mesma característica mutante. Os filhotes mutantes também irão crescer e reproduzir-se, produzindo mais e mais filhotes também com a característica mutante. Em outras palavras, pelo cruzamento (reprodução), essa mutação vai sendo passada de tal forma que, daqui a algumas gerações, estará presente em muitos indivíduos. Assim, o cruzamento é uma ferramenta poderosa para promover a *mistura* do material genético na população ao longo das gerações.

Esse é o princípio da primeira resposta importante sobre biodiversidade no planeta

3.2. Segunda pergunta: Qual a causa das semelhanças?

Por outro lado, os organismos são semelhantes. Afinal, glândulas mamárias não são uma particularidade dos humanos, pois são compartilhadas pelas mais de cinco mil espécies de mamíferos.

Mas as semelhanças não param aí. Vamos falar de atitudes. Chimpanzés, coçando a cabeça, leões espreguiçando-se, atobás, mergulhando no mar. Quer outros exemplos? Vamos falar sobre doenças. Veja, na Figura 13, exemplos de que o albinismo é uma doença que afeta todos os mamíferos, aves, répteis e muitos outros organismos.



Figura 13: Albinismo, uma doença que acomete humanos, também pode ser encontrada em outros animais, como em cangurus e jacarés. Isso porque compartilhamos não apenas características, mas também podemos ser acometidos pelas mesmas doenças de outros animais do planeta.

Indivíduos da mesma espécie apresentam uma maior parcela das características iguais do que quando comparamos espécies diferentes, pois uma espécie está em constante homogeneização de suas características por meio da reprodução. Membros de uma mesma espécie não são mais semelhantes apenas morfologicamente, mas em outros aspectos de sua fisiologia, de seu comportamento, enfim, de todas as características herdáveis presentes no material genético.

No caso dos humanos, por exemplo, os antepassados em comum entre eles viveram há algumas centenas de milhares de anos apenas. Isso pode parecer muito para você, que irá viver algumas dezenas de anos. Entretanto, se pensarmos que a vida na Terra tem 4 bilhões de anos, não é exagero dizer que todos os humanos são irmãos.

Por essa lógica, podemos dizer também que os chimpanzés são nossos primos. Mas antes de chegarmos aí, há um assunto que a gente ainda não falou...

Vamos falar, então. Falaremos agora sobre especiação.

3.3. Terceira pergunta: como explicar as grandes diferenças e semelhanças entre as diferentes espécies?

Se os membros de uma espécie estão em constante mistura de material genético pela reprodução, então é impossível que exista uma diferenciação real em uma mesma espécie, como a que encontramos entre macacos e tigres. Portanto, deve existir um mecanismo que impeça a reprodução, rompendo com o processo de mistura em uma parcela da população.

Sim, esse mecanismo existe e é chamado de *especiação*. A especiação é o único mecanismo que permite que linhagens diferenciem-se de fato. A especiação possibilita que mutações acumulem-se dentro de um grupo de organismos, diferenciando linhagens inteiras ao longo dos anos.

Quando a especiação acontece, o cruzamento entre dois grupos ou mais de indivíduos é parcialmente interrompido, gerando duas novas espécies. Isso é chamado isolamento reprodutivo. Ele é, geralmente, antecedido pelo isolamento geográfico. Isso significa que, antes de existir uma barreira biológica, ou seja, um impedimento no cruzamento entre grupos de indivíduos, os grupos devem estar separados em diferentes regiões do território.

Isolamento reprodutivo e isolamento geográfico são dois conceitos fundamentais para a compreensão do fenômeno da especiação.

O isolamento reprodutivo: acontece quando duas populações não conseguem mais se cruzar. Isso pode acontecer de formas diversas: quer porque anatomicamente se torna inviável, quer porque o espermatozoide de uma população não mais fecunda o óvulo da outra, quer porque os descendentes gerados são estéreis.

Já o isolamento geográfico se trata de uma barreira geográfica que impede que as populações troquem seus materiais genéticos. Geralmente, o isolamento geográfico precede o isolamento reprodutivo, pois caso não haja barreira geográfica, impedindo o cruzamento, as populações continuarão a trocar material genético e não irão se diferenciar. Com a barreira, o isolamento geográfico impede o cruzamento, confinando novas mutações a apenas uma parcela da população, possibilitando a especiação.



Vamos dar um exemplo de forma que você consiga compreender o fenômeno especiação. Para isso, pense em uma espécie de roedores com machos e fêmeas se reproduzindo em uma população. Essa população habita uma área específica de uma densa floresta. Agora, ao invés de nos preocuparmos com cor, cheiro, número de patas, vamos pensar em características ligadas à reprodução e à compatibilidade reprodutiva.

Imagine que tanto os machos como as fêmeas apresentem uma época de cio em junho. Nesse mês, portanto, todos os indivíduos da população estão aptos à reprodução. Tanto machos como fêmeas apresentam, em seu material genético, o tipo “período fértil em junho”. Vamos imaginar machos e fêmeas, acasalando em junho, dando origem a filhотinhos e filhotinhas que receberiam dos gametas dos seus pais material genético do mesmo tipo “período fértil em junho”.

No curso dessa história, gerações e gerações se passam...

Em determinado momento da história dessa espécie, um pequeno tremor de terra mudou o curso de um rio. O rio agora atravessou a área onde a espécie habitava e dividiu a população em duas partes: uma na margem direita do rio e outra na margem esquerda. Como os indivíduos não conseguem atravessar o rio, o novo curso do rio isola geograficamente as duas novas populações.

Mais e mais gerações e gerações se passam...

Em um dos lados do rio, durante as duplicações do material genético de um dos indivíduos, a molécula duplicadora, cometeu um erro. Uma mutação ocorreu. A mutação não teria maiores consequências caso tivesse sido em qualquer outra célula, mas o erro foi em uma das células que deu origem a um gameta, que seria fecundado.

Mas qual foi o erro?

O erro foi justamente no período de fertilidade, pois o mutante teria “período fértil em outubro”, diferente de seus pais.

O que acontecerá com ele?

Esse material genético mutante está condenado a morrer junto com o organismo mutante, pois este morrerá sem se reproduzir. Enquanto todos os indivíduos de sua população estão acasalando, ele não poderá fazê-lo. Em outubro, quando ele estiver pronto para reproduzir-se, ninguém mais estará e ele ficará sem parceira para a reprodução. Assim, a mutação “período fértil em outubro” será perdida.

Mais gerações e gerações passam-se...

Eventualmente, uma nova mutação ligada ao período fértil ocorreu na população da margem esquerda do rio. Desta vez, a mutação era “período fértil em início de junho”. Essa mutação permite que o indivíduo mutante reproduza-se com os organismos com “período fértil em junho”. Assim, a mutação “período fértil em início de junho” pode ser mantida na população.

Gerações e gerações passam-se novamente...

O processo de homogeneização fez com que, em um determinado momento, todos os indivíduos da margem esquerda apresentassem material genético “período fértil em início de junho”. Nesse momento, os indivíduos das duas margens exibem diferença no que se refere ao momento do cio. Por outro lado, mesmo se o rio secar, indivíduos das duas populações poderão se cruzar, pois “período fértil em junho” é compatível reprodutivamente com “período fértil em início de junho”.

Ok, nenhuma especiação até o momento!

Mas e se, na margem direita, a molécula errasse na duplicação novamente, em um outro indivíduo, em uma outra geração? Com o erro, um mutante “período fértil no final de junho” surgiu.

E se essa mutação acabasse se espalhando para todos os membros da margem direita em algumas dezenas de gerações? O que aconteceria então?

Se isso acontecesse, teríamos duas populações isoladas geograficamente e, mais importante, elas estariam isoladas reprodutivamente!

A população da margem esquerda seria do padrão “período fértil no início de junho” e não poderia cruzar com a população da margem direita que teria “período fértil no final de junho”. O isolamento reprodutivo será o responsável pela ruptura no processo de mistura, típico das espécies biológicas, mesmo caso elas voltem a se encontrar. Assim, as populações de ambas as margens vão começar a se diferenciar em todas as outras características: cor, cheiro, velocidade, alcance visual, altura, peso.

Com o passar do tempo, acumularão cada vez mais diferenças até que um taxonomista repare em uma certa mancha amarela nas costas da população da margem direita e decida que essa é uma nova espécie de roedor.

A partir de então, apenas os mecanismos de isolamento e diferenciação estão operando entre as duas populações que, agora, podemos chamar espécies diferentes. As mutações vão continuar acontecendo em ambas, mas, como estão isoladas reprodutivamente, mesmo que o rio não mais exista, a homogeneização não irá mais acontecer. Repare que, mesmo recebendo nomes diferentes, as espécies serão ainda semelhantes e naturalmente estarão alocadas no mesmo gênero, mas nunca mais irão trocar material genético.

Dessa forma, uma outra propriedade importante sobre as espécies é que elas delimitam as fronteiras para onde as mutações podem ser espalhar nas próximas gerações.

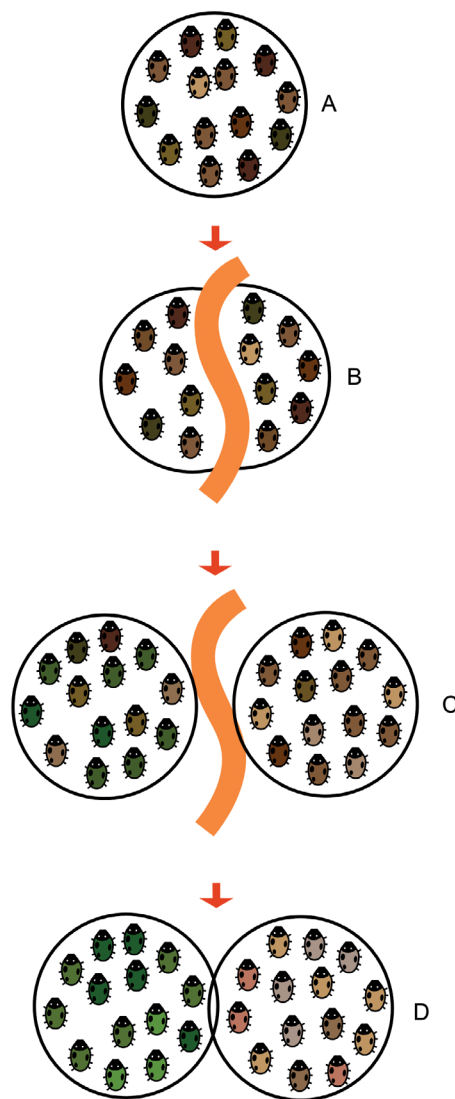
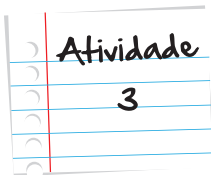


Figura 14: Especiação biológica. O que representava uma única unidade reprodutiva (em A), com o passar dos anos e com o isolamento geográfico (em B), tornaram-se duas unidades reprodutivas. Ou seja, duas espécies descenderam (em C e D) de uma espécie ancestral em comum. Repare que a coloração dos indivíduos varia com o tempo. A especiação está completa apenas em D.



A sorte está lançada (parte II)?

Lembra-se da Atividade 4 da Unidade 1? Entre de cabeça em um novo desafio, parecido com aquele!

Você vai precisar de 20 grãos de feijão preto. 20 grãos de feijão branco. 20 grãos de milho e um dado de seis lados. Os três tipos de grãos ilustram indivíduos **de uma mesma espécie** que são diferentes em uma característica. Essa atividade está formalmente descrita em um artigo científico de autoria de Claudia Augusta de Moraes Russo e de Carolina Moreira Voloch. *Beads and dice in a genetic drift exercise*.

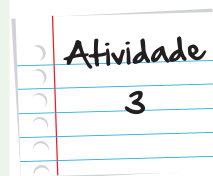
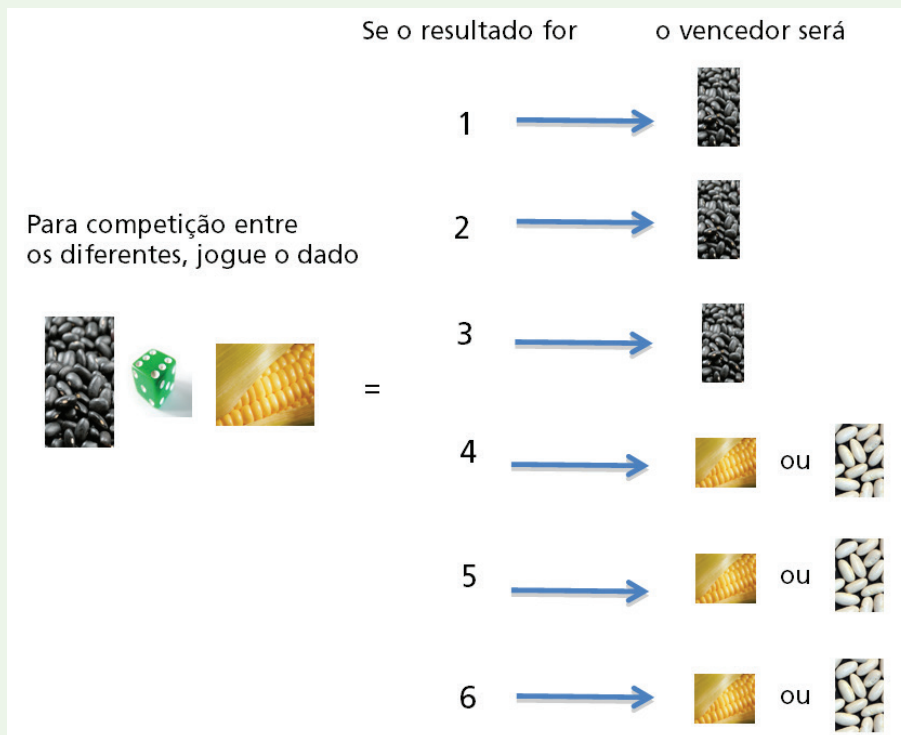
Vamos imaginar que você tem uma população de 10 indivíduos, representados, nessa atividade, por 10 grãos. Como na atividade da Unidade 1, cada um desses indivíduos dará origem a dois indivíduos como eles.

O ambiente no qual sua população de grãos vive só tem comida para alimentar 10 indivíduos, mas depois de um tremor de terra, um rio divide a população de 10 indivíduos em duas populações de cinco indivíduos cada. Uma de cada lado do rio.

Em cada lado, nascem 10 indivíduos em uma geração. Como cada lado do rio pode alimentar 10 indivíduos, na primeira geração, todos os filhotes sobrevivem. Entretanto, na próxima geração, os 10 de cada margem irão se reproduzir e os 20 filhotes irão competir por recursos e novamente apenas 10 irão sobreviver em cada margem.

Comece na margem direita com nove grãos de feijão preto e um grão de milho e na margem esquerda todos são de feijão preto, ou seja, inicie a sua atividade na geração em que ocorreu um primeiro mutante-milho. Na segunda geração, na margem esquerda, acontece uma nova mutação.

Em ambas as margens, cada um dos 10 indivíduos vai produzir dois filhotes idênticos a eles. Agora, na competição, existem 18 feijões pretos e dois milhos (margem direita) e 18 feijões pretos e dois feijões brancos (margem esquerda). Quais irão sobreviver? Use o dado para descobrir, como aponta a figura (ilustrando a competição na margem direita) a seguir:



Você só deve rolar o dado caso a competição seja entre indivíduos diferentes, ou seja, entre feijão preto e milho ou entre feijão preto e feijão branco. Assim, nessa primeira geração, você rolará o dado duas vezes para saber quais sobreviveram para formar a próxima geração.

Considere sempre que a competição irá ocorrer entre grãos diferentes, preferencialmente. Se o resultado for 1, 2 ou 3, o feijão preto sobrevive. Se for 4, 5 ou 6, o milho (margem direita) ou o feijão branco (margem esquerda) sobrevivem.

Faça a competição por 10 gerações e verifique o resultado. O que aconteceu? Repare que as proporções de sobrevivência são iguais para os dois variantes; portanto, qualquer um pode sobreviver à competição com chances iguais!

A cada geração, conte o número de sobreviventes de cada tipo. Anote seus resultados em uma tabela como a que apresentamos a seguir e compare as proporções de feijões e milhos entre seus colegas também. O que aconteceu com o mutante?

A primeira geração já está especificada: são nove feijões e um milho que irão produzir 18 feijões e dois milhos. Na segunda geração, vai existir a competição.

Atividade 3

Margem direita	Feijão preto	Milho	Margem esquerda	Feijão preto	Feijão branco
Primeira	9	1	Primeira	10	0
Segunda			Segunda	9	1
Terceira			Terceira		
Quarta			Quarta		
Quinta			Quinta		
Sexta			Sexta		
Sétima			Sétima		
Oitava			Oitava		
Nona			Nona		
Décima			Décima		

As duas características conferiam ao indivíduo a mesma probabilidade de sobrevivência (50%). Agora pense se uma característica desse uma vantagem ao indivíduo que a carregasse. Uma vantagem adaptativa. O que aconteceria com as probabilidades de sobrevivência?

Anote suas respostas em seu caderno

Resumo

- Taxonomia é a ciência de dar nomes às espécies e aos grupamentos nos quais as espécies são incluídas.
- O nome científico de uma espécie é binomial, sendo o primeiro nome, o gênero (sempre iniciado em maiúscula) ao qual a espécie está associada e o segundo nome é o específico (sempre iniciado em minúscula). O nome científico deve sempre vir destacado do texto, em itálico geralmente, e obedece às regras do Latim.
- O processo de descrever uma espécie acontece quando o taxonomista encontra um grupo de organismos com uma característica diagnóstica exclusiva. Ao descrever uma nova espécie, o taxonomista irá associar um nome novo e único à nova espécie, descrever de forma completa e detalhada dos indivíduos dessa nova espécie e designar um espécimen (tipo), que será depositado em um museu e ficará disponível para consulta por outros pesquisadores.

- Ao descrever uma nova espécie, o taxonomista irá incluí-la em grupos maiores com outras espécies.
- Os grupamentos obedecem a um sistema hierárquico de nomenclatura no qual, muitas espécies estão incluídas em um gênero, muitos gêneros em uma família, muitas famílias em uma ordem, muitas ordens em uma classe, muitas classes em um filo e muitos filos em um reino.
- O maior dos grupamentos é o domínio. Existem apenas três domínios nos quais toda a diversidade biológica é incluída. São eles: Bacteria, Archaeae, e Eukarya.
- Os domínios Bacteria e Archaeae são compostos apenas por organismos unicelulares, isto é, por micro-organismos bactérias e arqueas.
- O domínio Eukarya é composto por organismos uni e multicelulares. Dentre os eucariontes, estão as plantas, os fungos e os animais.
- Especiação é o processo que gera duas espécies descendentes a partir de uma única espécie ancestral.
- O tipo mais comum de especiação envolve o isolamento geográfico, no qual existe uma barreira geográfica (um rio, uma montanha, um vale). A barreira impede a passagem de indivíduos de um lado para outro e, portanto, o cruzamento entre duas populações. A impossibilidade de cruzamento irá diferenciar as populações gradualmente até que mutações ligadas ao isolamento reprodutivo culminem na especiação biológica.
- A especiação é o único processo capaz de promover a diferenciação real entre as linhagens, como a que observamos entre mamíferos e aves, por exemplo.

Veja ainda

- Lineu fez muito pelas ciências biológicas ao criar o sistema binário de nomenclatura. Ele organizou tal sistema, facilitando o estudo dos seres vivos. Quer saber mais sobre isso? Então leia: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=4583&bd=2&pg=1&lg>
- Muitas espécies ainda não foram descritas pelos taxonomistas, pois não foram sequer descobertas na Natureza! Para saber mais sobre a Biodiversidade, acesse: <http://www.biodiversidade.rs.gov.br/portal/index.php>
- Para saber um pouco mais sobre a diversidade dos besouros, visite: <http://www-man.blogspot.com.br/2011/06/besouro-caracteristicas-dos-besouros.html>
- Quer saber mais sobre o processo de especiação? Olhe essa reportagem: http://www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao15/materia6_detalhe.php

- No planeta Terra, existem ambientes bastante diferentes. Há regiões muito frias, muito quentes, muito secas, úmidas, aquáticas, terrestres. As diferentes características das espécies possibilitam que todas as regiões sejam, de alguma forma e em algum nível, ocupadas. Veja o vídeo e saiba mais sobre isso: <http://www.youtube.com/watch?v=wsYD7wXJH7s>

Bibliografia consultada

Futuyama, Douglas. **Biologia Evolutiva**. Editora Sinauer. 3ª edição, 1998

Ridley, **Mark**. **Evolução**. Editora Blackwell 3ª edição. Editado no Brasil por Artmed, 2003

Imagens



• André Guimarães



• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Elephant_breastfeeding.jpg • rkimpeljr.



• <http://www.sxc.hu/photo/1282782>; 1282782; 534023; 1389295; 855254; 742636; 1140199; 1394407; 994219; 548555; 175034; 762628; 1182581; 1184942; 261037; 1198861; 1228722



• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Capivara_ST.jpg • Silvio Tanaka



• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Apodemus_sylvaticus_bosmujs.jpg • Rasbak.



• <http://www.flickr.com/photos/threefishsleeping/3338491579/> • threefishsleeping



• Wikimedia Commons. • Luc Viatour/www.Lucnix.br



• Wikimedia Creative Commons. • Olegivvit; Domínio público. • Hollingsworth, John and Karen



• Domínio Público. Wikimedia Commons.



• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Lion_waiting_in_Namibia.jpg; <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:AfricanWildCat.jpg>; <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ocelot.jpg> -Tom Smylie



• Wikimedia Commons. • Howcheng; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cat_claw_closeup.jpg • Amos T Fairchild http://en.wikipedia.org/wiki/File:Paw_and_pads.jpg



• <http://www.sxc.hu/photo/1372031> Autor: Andrzej Pobiedziński; http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Canis_lupus_laying.jpg



• Wikimedia Commons (insetos); http://en.wikipedia.org/wiki/GNU_Free_Documentation_License • Fir0002/Flagstaffotos.



• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Albino_Macropus_rufogriseus_rufogriseus.jpg • JJ Harrison; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Albino_Alligator_2008.jpg • Brocken Inaglory. Respostas comentadas

Atividade 1

As borboletas estão depositadas em uma coleção no museu de forma que taxonomistas de todo o mundo possam analisar aquelas espécies, devidamente identificadas. As coleções de museus em todo o mundo armazenam e catalogam a diversidade biológica local e não local, também.

Atividade 2

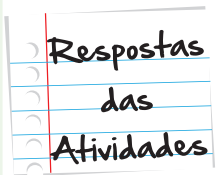
F – bactérias e humanos não são da mesma espécie, nem do mesmo domínio.

V – membros de uma mesma ordem estão mais relacionados entre si do que com qualquer espécie de uma outra ordem taxonômica.

F – o nome correto é *Bufo bufo*.

F – O domínio é o maior grupo de classificação, à exceção do grupamento vida.

V – duas espécies do mesmo gênero apresentam mais características morfológicas em comum do que um deles com outra espécie de outro gênero.



Atividade 3

Nesta atividade, você irá registrar o número de “sobreviventes” ao processo de competição a cada geração. Mais uma vez, a tabela a seguir não representa o gabarito, pois você irá rolar o dado e terá seus resultados que seguramente serão diferentes.

Na margem direita, vamos supor que, da primeira para a segunda geração, os dois filhotes de milho sobreviveram à competição com filhotes de feijão preto. Por isso, a proporção de milhos aumentou. Na margem esquerda, a mutação ocorre apenas na segunda geração.

Em ambas as margens, ao longo das gerações, a frequência de feijão preto aumenta ou diminui ao acaso, pois a probabilidade de sobrevivência dos dois variantes é exatamente a mesma (50% milho sobrevive, 50% o feijão preto sobrevive). Em alguns casos, o mutante será eliminado da população. Isso deverá acontecer, principalmente, quando ele ainda estiver em frequência baixa. Compare seus resultados com os de seus colegas e você verá.

Margem direita	Feijão preto	Milho	Margem esquerda	Feijão preto	Feijão branco
Primeira	9	1	Primeira	10	0
Segunda	8	2	Segunda	9	1
Terceira	6	4	Terceira	6	4
Quarta	5	5	Quarta	5	5
Quinta	4	6	Quinta	4	6
Sexta	5	5	Sexta	3	7
Sétima	5	5	Sétima	4	6
Oitava	5	5	Oitava	3	7
Nona	6	4	Nona	2	8
Décima	7	3	Décima	2	8

Se aparecer uma passagem entre as margens do rio, na décima geração, as duas populações ainda terão variantes em comum e ainda podem cruzar. Entretanto, se o isolamento geográfico permanecer por muitas gerações, o mais provável é que as populações venham a se especiar.



O que perguntam por aí?

(ENEM 2011) Questão 87

“

Os Bichinhos e O Homem

Arca de Noé

(Toquinho & Vinicius de Moraes)

Nossa irmã, a mosca

É feia e tosca

Enquanto que o mosquito

É mais bonito

Nosso irmão besouro

Que é feito de couro

Mal sabe voar

Nossa irmã, a barata

Bichinha mais chata

É prima da borboleta

Que é uma careta

Nosso irmão, o grilo

Que vive dando estrilo

Só pra chatear

”

MORAES, V. **A arca de Noé**: poemas infantis. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 1991.

O poema acima sugere a existência de relações de afinidade entre os animais citados e nós, seres humanos. Respei-

tando a liberdade poética dos autores, a unidade taxonômica que expressa a afinidade existente entre nós e estes animais é

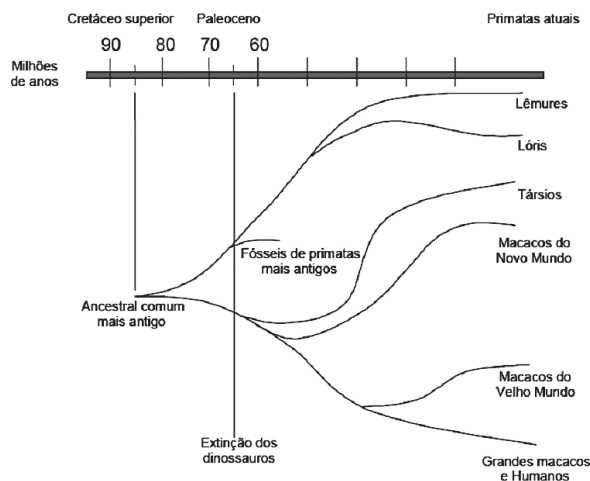
- a. o filo.
- b. o reino.
- c. a classe.
- d. a família.
- e. a espécie.

Gabarito: Letra B.

Comentário: A letra da música fala sobre a afinidade entre humanos e os insetos. Em termos de grupos taxonômicos, compartilhamos apenas o reino animal com os insetos, descritos na letra da música. Nós pertencemos ao filo Chordata, que inclui os vertebrados, à Classe Mammalia com todos os mamíferos, à Família Hominidae e à espécie *Homo sapiens*. Nenhum desses grupamentos taxonômicos é compartilhado com insetos, exceto o Reino Animalia.

(ENEM 2005) Questão 50

Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo, o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito.



(Fonte: Raquel Aguiar, *Ciência Hoje on-line* 13/05/02.)

Examinando esta árvore evolutiva, podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há, aproximadamente:

- a. 10 milhões de anos.
- b. 40 milhões de anos.
- c. 55 milhões de anos.
- d. 65 milhões de anos.
- e. 85 milhões de anos.

Gabarito: Letra B.

Comentário: A figura é uma representação gráfica dos processos de especiação que ocorreram na linhagem dos primatas. Cada ponto de interseção de linhas (onde duas delas se encontram) é um evento de especiação.

Os humanos e os macacos do Velho Mundo (macacos africanos, como os babuínos) divergiram há 40 milhões de anos, segundo a figura. Repare ainda que todos os primatas apresentam um ancestral comum que viveu há 85 milhões de anos.



Atividade extra

Questão 1

Na nomenclatura descritiva na Biologia, o maior dos agrupamentos é o domínio. Existem apenas três domínios nos quais toda a diversidade biológica é incluída.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Estes domínios são denominados:

- a. Bactéria, Archeae e Eukarya.
- b. Animalia, Bactéria e Plantas.
- c. Archeae, Animalia e Chordata.
- d. Mammalia, Archeae e Eukarya.

Questão 2

A floresta tropical é um ambiente típico encontrado na região costeira do Brasil. Tal ambiente já foi devastado desde a chegada dos portugueses, há mais de 500 anos.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Essa floresta tropical também é conhecida como Mata

- a. Brasileira.
- b. Atlântica.

- c. Tropical.
- d. Nativa.

Questão 3

A pele é considerada o maior órgão do corpo humano. Ela possui diversas camadas que juntas representam cerca de 15% de seu peso corporal.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

A pele, o cabelo, os pelos e algumas glândulas, inclusive a glândula mamária, são características morfológicas da classe dos:

- a. répteis.
- b. insetos.
- c. anfíbios.
- d. mamíferos.

Questão 4

Na classe dos mamíferos, é dada como algumas das características morfológicas, a presença de dentes diferenciados e pelos no corpo.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Dos animais citados, os que se encontram nesta classe são:

- a. aves.
- b. cobras.
- c. baleias.
- d. pinguins.

Questão 5

Especiação é o processo que gera duas espécies descendentes a partir de uma única espécie ancestral.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Em relação à especiação geográfica:

- a. Para que ocorra a formação de uma nova espécie, é necessário o isolamento reprodutivo, seguido pelo isolamento geográfico.
- b. A barreira que leva ao isolamento geográfico pode ser física ou etológica.
- c. As populações geograficamente isoladas sofrem alterações nos seus conjuntos gênicos, o que pode conduzir à formação de uma nova espécie.
- d. A especiação não é capaz de promover diferenciações reais entre as linhagens.

Questão 6

Carl Von Linné ou Carlos Lineu nasceu na Suécia, em 1707. Ele é considerado o pai da taxonomia moderna. O sistema proposto por Lineu foi tão bem recebido que perdura até os dias de hoje e é chamado de sistema binominal.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Por que este sistema é chamado de binomial?

Questão 7

Características morfológicas são aquelas anatomias diferenciadas que são observadas pelo pesquisador que a descobre.

Qual é a classe relacionada aos animais que apresentam como características glândula mamária, pelos no corpo e dentes diferenciados no seu corpo?

- a. Aves
- b. Repteis

- c. Anfíbios
- d. Mamíferos

Questão 8

O tipo mais comum de especiação envolve o isolamento geográfico, no qual existe uma barreira geográfica (um rio, uma montanha, um vale).

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Duas populações de uma mesma espécie, vivendo isoladas geograficamente e em ambientes diferentes...

- a. Nunca poderão formar raças diferentes.
- b. Terão obrigatoriamente o mesmo conjunto gênico (genético).
- c. Poderão formar duas espécies, se persistir o isolamento.
- d. Não poderão alterar seus conjuntos gênicos com o passar do tempo por estarem isoladas.

Questão 9

Especiação é o processo que gera duas espécies descendentes a partir de uma única espécie ancestral.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

São condições necessárias ao aparecimento de novas espécies:

- a. A não ocorrência de mutação e seleção natural.
- b. A não ocorrência do isolamento reprodutivo e mutação.
- c. A existência de recombinação gênica e a ação da seleção natural.
- d. A existência de diferenças genéticas dentro das populações e o isolamento reprodutivo.

Questão 10

“Os grupamentos obedecem a um sistema hierárquico de nomenclatura no qual, muitas espécies estão incluídas em um gênero...”

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Se reunirmos as famílias Canidae (cães), Ursidae (ursos), Hienidae (hienas) e Felidae (leões), veremos que todos são carnívoros; portanto, pertencem à(ao) mesma(o).

- a. Ordem.
- b. Espécie.
- c. Família.
- d. Subespécie.

Gabarito

Questão 1

- A** **B** **C** **D**
- ☒ ☐ ☐ ☐

Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 3

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 4

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

Questão 5

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

Questão 6

O nome científico de qualquer espécie apresenta dois nomes, ambos em itálico ou em destaque. O primeiro nome é o nome do gênero em letra maiúscula e o segundo é a parte específica da espécie, sempre em letra minúscula.

Questão 7

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 8

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

Questão 9

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 10

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐



Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética

Fascículo 1
Unidade 3

Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética

Para início de conversa...

Desde a unidade 1, estamos construindo um conhecimento importante sobre o campo da Biologia, sobre como essa grande área do saber estruturou explicações para fenômenos que observamos na Natureza. Muitas das explicações que você viu e continuará vendo aqui foram construídas por estudos de uma área em especial da Biologia, chamada Genética.

A Genética, em comparação com outras áreas da Biologia, é um campo relativamente novo e tem crescido de maneira notável nas últimas décadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Por meio dela, temos compreendido o que nos faz, ao mesmo tempo, parecidos e diferentes em relação a outros seres vivos (e isso se refere às mais diversas características, aquelas que vemos e mesmo as que não vemos!).

A Genética nasceu e cresceu a partir de estudos cada vez mais aprofundados sobre a hereditariedade. Em outras palavras, sobre como e por que as características de seres vivos, em geral, são transmitidas dos pais para seus filhos através da reprodução. E, depois, passadas adiante, geração após geração.

Criadores de animais e agricultores da antiguidade já trabalhavam com a possibilidade de “direcionar” cruzamentos entre indivíduos à sua disposição para conseguir novas linhagens. Estas deveriam exibir determinadas características que lhes fossem úteis (por exemplo, vacas que dessem mais leite ou galinhas que colocassem mais ovos e que fossem maiores). No entanto, eles não sabiam muito (ou mesmo nada) sobre mecanismos e processos genéticos.

Por volta da metade do século XIX, um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra. Ele estava interessado em pesquisar as características e a reprodução de certos grupos de plantas. Embora tenha trabalhado com diferentes grupos de plantas ao longo de sua vida, os estudos mais importantes de Mendel foram feitos com ervilhas, desenvolvidos entre os anos de 1856 e 1863, nos jardins do mosteiro onde vivia.



Figura 1: Mendel (1822–1884) era um monge que dedicou grande parte de sua vida ao estudo da transmissão de características de uma geração para outra. Assim, chegou a importantes achados, sendo, por isso, considerado o “pai da genética”. Em seus estudos, ele usou sementes de ervilha, de cor verde; elas ficam no interior de uma vagem, como você vê à direita.

Objetivos de Aprendizagem

- Aplicar as leis de Mendel;
- construir um heredograma.

Seção 1

Gregor Mendel e suas ervilhas...

Embora tenha trabalhado com diferentes grupos de plantas ao longo de sua vida, os estudos mais importantes de Mendel foram feitos com ervilhas, desenvolvidos entre os anos de 1856 e 1863, nos jardins do mosteiro onde vivia.

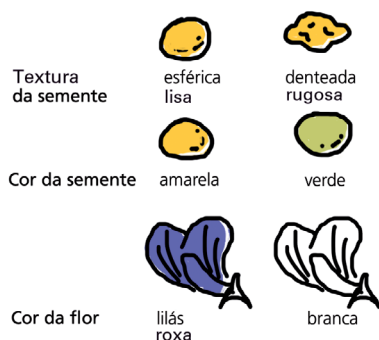
Por que ervilhas?

Mendel percebeu que, para o sucesso de suas experiências, algumas características da planta que seria estudada eram importantes – e que as ervilhas apresentavam essas características.

Primeiramente, as ervilhas eram relativamente fáceis de cultivar e produziam muitas sementes. Assim, ele teria sempre muitos descendentes a cada geração, o que garantia um número sempre grande e confiável de observações.

Além disso, as principais características que variavam entre os indivíduos eram simples de serem notadas e registradas. Por exemplo:

- a altura de cada planta (alta ou baixa);
- a cor das flores (roxa ou branca);
- a cor das sementes (amarela ou verde);
- a textura da semente (lisa ou rugosa).



Durante os anos de trabalho com as ervilhas, Mendel cultivou e estudou detalhadamente cerca de 30.000 plantas.

Saiba Mais

Em um de seus experimentos mais importantes e conhecidos com ervilhas, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas verdes. Esse grupo inicial de plantas, constituído por linhagens “puras” (isto é, cada tipo jamais havia sido cruzado com outro de cor diferente de semente), foi o ponto de partida dos cruzamentos. Essa é a chamada “geração parental”, P.

Depois de cruzar as plantas dos dois tipos entre si, ele observou, então, que todas (sim, todas!) as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Em outras palavras, as sementes amarelas haviam “dominado” a nova geração de plantas, que, por ser a primeira, foi chamada de F1.

Por que isso tinha acontecido? Ora, se metade das plantas da geração parental tinha sementes verdes, para onde teria ido a característica “cor verde” das sementes? Será que não havia mais possibilidades de surgirem novas plantas com sementes verdes?

Determinado a buscar respostas para essas perguntas, Mendel começou, então, uma nova etapa de trabalho. Ele cruzou as plantas filhas entre elas (lembre-se de que todas possuíam sementes amarelas) e o resultado foi ainda mais interessante!

A maioria das novas plantas nascidas nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Mas surgiu uma novidade: uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.

A “cor verde” das sementes, então, não havia desaparecido completamente das plantas! Era como se ela estivesse “escondida”, ou tivesse sido “desativada”, em plantas da primeira geração. Ela foi completamente “dominada” pela cor amarela, mas reapareceu (porém em menor proporção) ou foi novamente “ativada”, na segunda geração (chamada de F2).

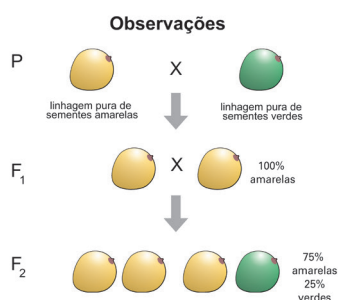


Figura 2: Esquema mostrando a característica “cor da semente” nas diferentes gerações de ervilhas trabalhadas por Mendel, e os resultados gerais obtidos após os cruzamentos. Observe que, em F1, não houve aparição da característica “semente verde”. Esta só surgiu novamente na F2, em menor proporção (1 semente verde para cada 4 sementes).

Intrigado com o resultado, Mendel, repetiu esse experimento usando outras características das ervilhas (por exemplo, a textura das sementes e a cor das flores) e obteve sempre resultados que confirmaram aqueles primeiros.

Seção 2

A “Primeira Lei de Mendel”

No nosso exemplo, a coloração amarela das sementes é o fator dominante (que será representado mais adiante por letras maiúsculas). Por outro lado, aquela característica que foi completamente dominada na primeira geração, mas que reapareceu em número reduzido na segunda geração (a cor verde das sementes), representa o “fator recessivo” (que será representado por letras minúsculas). A coloração verde das sementes, dessa forma, é o fator recessivo.

Vale a pena assistir a uma animação sobre os experimentos de Mendel. Indicamos a que está disponível em: <http://goo.gl/NFLwY>.



Tal observação nos leva a uma conclusão muito importante: *aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica*. Um deles é herdado do pai, e o outro, da mãe.

No entanto, esses fatores, *embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam, mas, sim, se somam*. No exemplo das ervilhas de Mendel, quando:

- *os dois fatores herdados pela planta de seus pais são dominantes*, ela obviamente desenvolverá a *característica dominante* (no caso, a semente amarela);
- *um fator herdado de um dos pais é dominante, e o outro é recessivo*, a planta também exibirá a *característica dominante* (novamente, nesse caso, a semente será amarela). Isso significa que o fator recessivo permanece “escondido”;
- *os dois fatores herdados forem recessivos*, a *característica recessiva* irá, finalmente, se desenvolver e será exibida (no caso, as sementes verdes).



Zigoto é o nome que se dá à célula formada pela união do gameta do pai com o gameta da mãe. Nesses gametas, existem diversos fatores que são responsáveis pela promoção de uma série de características.

Analisando uma característica, como a cor das sementes, por exemplo, podemos dizer que:

- Se a planta apresenta os dois fatores dominantes, ela é *homozigota dominante* (homo = igual).
- Se a planta apresenta os dois fatores recessivos, ela é *homozigota recessiva*.
- Se a planta apresenta dois fatores diferentes, um dominante e um recessivo, ela é *heterozigota* (hetero = diferente).

Essa denominação serve para qualquer característica de qualquer ser vivo. Muita atenção a esses termos, pois eles serão usados não só aqui nas aulas, mas também são muito mencionados em provas de vestibular.







Através de um estudo detalhado das quantidades de plantas com sementes amarelas ou verdes obtidas em cada uma das gerações que cultivou, Mendel compreendeu definitivamente essa explicação. Observe, a seguir, um esquema de como se deram os cruzamentos e como os resultados deles foram interpretados por Mendel.

Geração parental:

Plantas amarelas puras – fator dominante: representaremos por VV (costumamos falar “vezão-vezão”);

Plantas verdes puras – fator recessivo: representaremos por vv (costumamos falar “vezinho-vezinho”).







Cruzamento entre elas: VV x vv (representaremos separadamente e numerados cada um dos fatores para facilitar a visualização do cruzamento).

		Verdes 	
		v(3)	v(4)
Amarelas 	V(1)	Vv  (resultado de 1-3)	Vv  (resultado de 1-4)
	V(2)	Vv  (resultado de 2-3)	Vv  (resultado de 2-4)

Resultado: a geração filha, F1, é toda composta por plantas Vv, que apresentam coloração amarela.

Geração F1: Plantas amarelas - Vv

Cruzamento: Vv x Vv

		Amarelas 	
		V(3)	v(4)
Amarelas 	V(1)	VV  (resultado de 1-3)	Vv  (resultado de 1-4)
	v(2)	Vv  (resultado de 2-3)	VV  (resultado de 2-4)

Resultado: Três plantas apresentam cor amarela (VV, Vv e Vv), e uma apresenta cor verde (vv). Ou seja, a chance de se ter uma ervilha com semente verde, nesse caso, é 1 em cada 4 cruzamentos.

E ainda há mais a ser concluído.

Como você viu na Unidade 1, cada célula reprodutora, ou gameta (masculino ou feminino), contém apenas metade do material genético existente em uma célula original. Assim, durante o processo de formação dos gametas (chamado de gametogênese), a partir de células originais, aquele par de fatores presente nas células dos indivíduos adultos (como vimos, ambos dominantes ou recessivos, ou um de cada) precisa ser separado entre si. *O resultado é que cada gameta terá sempre apenas um único fator (dominante ou recessivo) para cada respectiva característica.*

Com relação aos experimentos de Mendel, no caso específico da cor das sementes, cada gameta formado pode conter apenas o fator dominante (“amarelo”), ou o fator recessivo (“verde”). A partir da união de um gameta masculino com um feminino, na fecundação, fica determinada a combinação entre fatores dominantes e recessivos (que, como vimos, podem variar) e que irá caracterizar aquele novo indivíduo que será formado.

Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou ainda “Lei da Pureza dos Gametas”.



A reprodução entre indivíduos é algo que possibilita que a combinação gênica aconteça de tal forma que a diversidade seja favorecida. A pureza dos gametas, identificada por Mendel, é um mecanismo genético que permite, por exemplo, que de duas sementes de ervilha amarelas lisas se tenha uma semente verde rugosa.

Em outras palavras, a segregação dos gametas contribui para a biodiversidade!

2.1. “Genótipo” e “Fenótipo”: nomes estranhos, mas fáceis de entender

Outra conclusão importantíssima pode ser feita a partir das observações de Mendel. Voltemos ao exemplo das ervilhas e das diferentes possibilidades de colorações das sementes.

Na geração parental, onde as plantas eram “puras”, os fatores hereditários herdados dos pais são iguais. Assim, nas plantas “puras” com sementes amarelas temos dois fatores “amarelos” (dominantes), enquanto nas plantas “puras” com sementes verdes temos dois fatores “verdes” (recessivos).

Mas e quanto às plantas da primeira e segunda gerações, resultantes de cruzamentos entre tipos diferentes, onde ocorreu a mistura de fatores hereditários distintos?

Nesses casos, vimos que quando temos plantas com fatores diferentes a característica que irá aparecer será aquela representada pelo fator dominante (isto é, uma planta com um fator “amarelo” e um “verde” terá sempre sementes amarelas). Note bem: as plantas “puras” da geração parental e que têm sementes amarelas, embora similares na aparência àsquelas “cruzadas” das gerações seguintes, são diferentes na sua composição genética. As plantas “puras” têm os dois fatores dominantes, enquanto as “cruzadas” têm um fator dominante e um recessivo. Ou seja, embora sejam iguais na aparência, geneticamente elas são diferentes.

A compreensão desse fato nos leva a dois conceitos fundamentais em Genética:

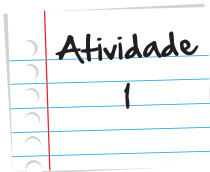
Genótipo é a composição genética de um indivíduo; e fenótipo é a “aparência” de um indivíduo.

Importante

Pés de ervilhas com sementes amarelas (um único fenótipo), como vimos, podem ter genótipos diferentes. Por outro lado, um mesmo indivíduo pode exibir fenótipos diferentes ao longo de sua vida, embora seu genótipo não seja alterado. Para ilustrar isso, imagine uma lagarta que, em um dado momento da sua vida, transforma-se em borboleta; ou um bebê que, com o passar dos anos, torna-se um indivíduo adulto.



Figura 3: Esquema exibindo, de maneira resumida, o ciclo de vida de uma borboleta e indicando as transformações dramáticas na aparência do indivíduo (isto é, seu fenótipo) ao longo do tempo. Da lagarta para a borboleta, quantas diferenças! Mas, acredite, o seu genótipo é sempre o mesmo.



É possível saber, antes do nascimento, se seu filho possuirá uma doença?

Na época de Mendel, somente fazendo-se os cruzamentos com a geração parental e esperando o nascimento da prole para observá-la seria possível saber quais características a geração F1 teria. Atualmente, um ramo da genética (a Genética Molecular) é capaz de, por meio de experimentos com o material genético da geração parental, descobrir a probabilidade de determinado genótipo ou fenótipo acontecer na geração F1.

Há empresas que fornecem consultoria genética para pais que gostariam de saber a probabilidade de terem filhos com essa ou aquela característica/doença.



O albinismo é um distúrbio caracterizado pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, no cabelo e nos olhos. Os indivíduos albinos sofrem muito na presença do sol, pois sua pele é muito propensa a queimaduras e ao câncer de pele. Além disso, é comum que apresentem uma série de problemas na visão e, por não apresentarem pigmento nos olhos também, são muito sensíveis à luminosidade, tendo fotofobia. É conhecido que o albinismo é uma característica recessiva, ou seja, pode ser representada

por “aa”.

Imagine um casal que decide procurar uma consultoria desse tipo para saber qual a probabilidade de terem um filho albino.

Em testes genéticos, foi verificado que os dois membros do casal apresentam genótipo Aa.

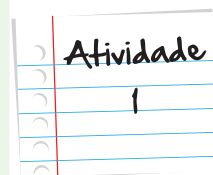
- a. É possível que eles tenham filhos albinos? Por quê?

- b. Realize o cruzamento entre os fatores desse casal. Use a tabela a seguir para orientar-se:

Mãe	Pai	

- c. Qual é a chance de eles terem filhos albinos?

Anote suas
respostas em
seu caderno



Seção 3

A “Segunda Lei de Mendel”

Mas Mendel não parou por aí e, em outro experimento famoso, resolveu complicar um pouco as coisas. Em vez de continuar estudando suas ervilhas examinando, por exemplo, apenas a coloração das sementes ou das flores separadamente, desta vez ele selecionou plantas para poder pesquisar mais de uma característica de uma vez só.

Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (“cor amarela” e “textura lisa” são fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (“cor verde” e “textura rugosa” são fatores recessivos; lembrando mais uma vez que as plantas da geração parental são sempre “puras”). O resultado?







Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas. Isso significa que os fatores dominantes e recessivos foram misturados entre si e as características desenvolvidas referem-se aos fenótipos dominantes. Observe a seguir:

Geração Parental:

Plantas amarelas lisas puras – VVRR

Plantas verdes rugosas puras – vvrr

Cruzamento entre elas – VVRR x vvrr

		Verdes rugosas (vvrr) 	
		vr(3)	vr(4)
Amarelas lisas (VVRR) 	VR(1)	VvRr  (resultado de 1-3)	VvRr  (resultado de 1-4)
	VR(2)	VvRr  (resultado de 2-3)	VVRr  (resultado de 2-4)

Resultado do cruzamento: todas as plantas têm sementes amarelas e lisas (todas apresentam fator dominante V e R).

















Como feito anteriormente, Mendel cruzou entre si as plantas da primeira geração e obteve, mais uma vez, resultados novos bastante interessantes:

- A maioria das plantas da segunda geração (mais precisamente, 9 em cada dezesseis, ou cerca de 56%) tinha sementes amarelas e lisas;
- três em cada dezesseis (ou pouco mais de 18%) exibiam sementes amarelas e rugosas;
- uma quantidade igual (pouco mais de 18%) tinha sementes verdes e lisas;
- somente pouco mais de 6% (ou seja, uma em cada dezesseis) tinham sementes verdes e rugosas.

Observe:

Geração F1 cruzada entre si: VvRr.

Gametas gerados: VR, Vr, vR e vr.

		Amarelas lisas			
		VR	Vr	vR	vr
Amarelas lisas	VR	VVRR 	VVRr 	VvRR 	VvRr 
	Vr	VVRr 	VVrr 	VvRr 	Vvrr 
	vR	VvRR 	VvRr 	vvRR 	vvRr 
	vr	VvRr 	Vvrr 	vvRr 	vvrr 

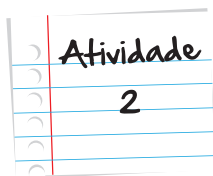
Resultados obtidos:

- 9 de 16 plantas com sementes amarelas lisas;
- 3 de 16 plantas com sementes amarelas rugosas;
- 3 de 16 plantas com sementes verdes lisas;
- 1 de 16 plantas com semente verde rugosa.

Como previsto, tais resultados confirmaram várias observações e conclusões do experimento anterior de Mendel sobre a coloração das sementes das ervilhas. Também reafirmou a “Lei da Pureza dos Gametas”, como apresentada anteriormente.

Mais importante, porém, foi a constatação de que aquelas características das ervilhas, escolhidas por Mendel e que estavam juntas nas plantas originais (semente amarela + textura lisa; ou semente verde + textura rugosa), foram separadas entre si quando da realização dos cruzamentos, ou seja, não permaneciam juntas nas gerações seguintes.

Mais uma vez, o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão, também fundamental no início do estabelecimento dos estudos sobre Genética, ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.



A genética do sangue

Muito provavelmente, você já ouviu alguém falando que tem sangue A⁺ (A positivo) ou O⁻ (O negativo), ou qualquer outro tipo. Os tipos sanguíneos são determinados por fatores genéticos, assim como a coloração e a textura das sementes das ervilhas, e como basicamente quase tudo nos seres vivos.

Nós temos duas características independentes, no que se refere ao tipo sanguíneo, mas que acabam sempre sendo faladas juntas:

- O tipo propriamente dito (A, B, AB ou O);
- o fator Rh (positivo ou negativo).

Assim, as possibilidades são essas:

A+	A-	B+	B-	AB+	AB-	O+	O-
----	----	----	----	-----	-----	----	----

O tipo (A, B, AB ou O) é determinado por fatores denominados I. Os tipos A, B e AB são compostos por fatores dominantes (I) e os indivíduos com sangue tipo O são compostos por fatores recessivos (i).

Assim:

- o indivíduo tipo A tem o genótipo I^AI^A ou I^Ai;
- o indivíduo tipo B tem I^BI^B ou I^Bi;
- o indivíduo tipo AB tem I^AI^B;
- o indivíduo tipo O tem ii.

O fator Rh pode ser positivo ou negativo:

- Indivíduos Rh⁺ têm fator dominante (RR ou Rr);
- indivíduos Rh⁻ têm fator recessivo (rr).

Se ainda estiver com dúvidas até esse ponto da atividade, vale a pena você dar uma paradinha e assistir a esse vídeo, sobre sistema ABO:

<http://goo.gl/WIoVK>

Agora, continuando... Considere um casal. O pai tem sangue A⁺, e a mãe, B⁺. Faça o que se pede:

- a. Marque quais as possibilidades de genótipo do casal:

Mãe (A⁺):

() I^AI^Arr () I^AI^ARR () I^AI^ARr () I^AiRR () I^AiRr () I^Ai rr

() iiRR () iirr

Pai (B⁺):

() I^BI^Brr () I^BI^BRR () I^BI^BRr () I^BiRR () I^BiRr () I^Bi rr

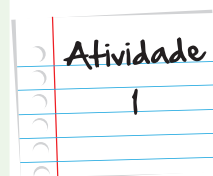
() iiRR () iirr

- b. Imagine que a mãe tenha genótipo I^AiRr, e o pai tenha genótipo I^BiRr. Realizando o cruzamento entre esses fatores, quais possíveis tipos sanguíneos os filhos poderiam ter? Use o quadro para realizar os cruzamentos.

		Pai			
		I ^B R	I ^B r	iR	ir
Mãe	I ^A R				
	I ^A r				
	iR				
	ir				

Resultados:

Anote suas respostas em seu caderno



Seção 4

Aprendendo mais com Árvores Genealógicas: os “Heredogramas”

Nem sempre temos à disposição material vivo ou em condições adequadas para tentar pesquisar diretamente a história dos cruzamentos entre indivíduos. Tal procedimento permitia-nos buscar compreender que caminhos seguiram os vários “fatores hereditários” desde gerações mais antigas até as atuais.

No entanto, podemos realizar esse levantamento de maneira mais simples: por meio de um esquema que nos ajude a mostrar como determinada característica foi sendo passada entre gerações, por exemplo, desde os bisavós até os bisnetos, em uma dada família. Podemos organizar essas informações em uma folha de papel. Como?

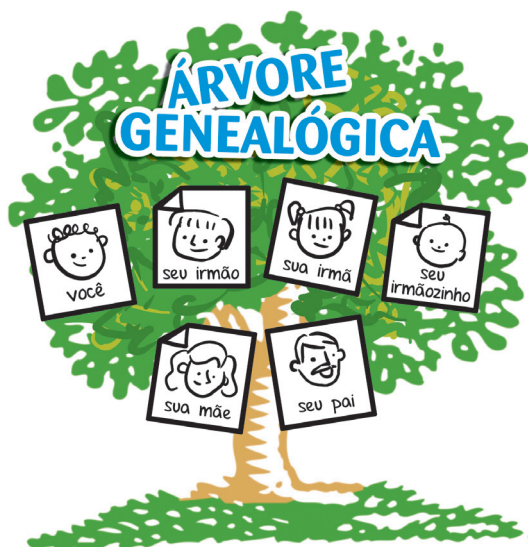


Figura 4: Estudando as características dos indivíduos e suas relações de parentesco, podemos aprender muito sobre como elas são passadas entre gerações.

Bem, sabendo quem formou par com quem (ou seja, quais foram os cruzamentos) em uma determinada família, podemos indicar, nesse esquema, por exemplo, a cor dos olhos exibida por cada um dos filhos de um casal. Depois, indicamos a cor dos olhos de cada um de seus pais; a seguir, dos avós paternos e maternos, dos bisavós, e assim por diante. É claro que só podemos seguir adiante na medida em que temos certeza da maioria das informações disponíveis.

Uma vez que tal esquema esteja completo, ou pelo menos o mais completo possível, tentaremos compreender como tal característica foi sendo transmitida entre as gerações. Dessa forma, podemos saber se ela é de fato hereditária ou não, e a maneira (ou maneiras) como se dá sua herança.

Pesquisadores da área da Genética referem-se a esses esquemas como “heredogramas”, que nada mais são do que representações básicas de genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.

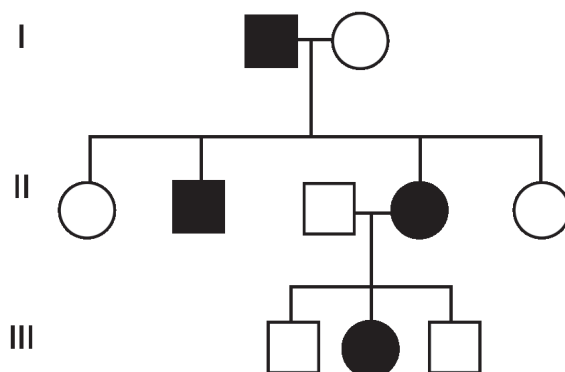
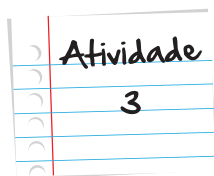


Figura 5: Exemplo de heredograma (os números romanos, à esquerda, referem-se a cada uma das gerações estudadas). A primeira geração é composta por um casal (geração I); nesta, o pai (quadrado escuro) exibe uma característica que está sendo estudada e, por isso, é representado em preto. Note que a mesma foi transmitida a dois de seus filhos (um homem e uma mulher na geração II) e a uma neta (geração III).

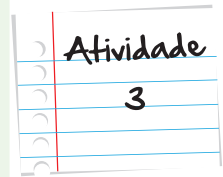
Observe, na Figura 5, que há algumas regras para a construção de heredogramas em trabalhos mais formais de Genética. Homens são representados por quadrados, enquanto mulheres aparecem como círculos. As linhas horizontais indicam casamentos (ou “cruzamentos”), enquanto as verticais indicam a descendência. Quando há mais de um filho em um casamento, estes são organizados em uma sequência da esquerda para a direita, por ordem de idade. Quando aquela característica que queremos estudar aparece em um indivíduo, seu símbolo respectivo é pintado de preto. Isso facilita as observações.



Montar um heredograma não é difícil. Tente fazer o seu!

Você mesmo pode tentar montar um heredograma simples para estudar algumas de suas características e de seus parentes.

Em uma folha de papel, represente, por exemplo, os indivíduos da sua família, desde a geração de seus avós até a sua. Vamos tomar o exemplo da característica “formato do lóbulo (ou lobo) da orelha”: você já notou que, entre as pessoas, ele pode ser “solto” (isto é, livre, como na figura à direita) ou preso na base (figura à esquerda)?



Agora tente entender como essa característica se distribui na sua família e como deve ter sido passada entre as gerações. Pergunte a seus parentes sobre essa característica em cada um deles. Lembre-se de que no seu heredograma as pessoas com lóbulo da orelha preso terão seus símbolos respectivos pintados de preto.

O que você percebeu? Com base nos resultados, você acha que “lóbulo da orelha preso na base” é uma característica dominante ou recessiva?

Anote suas
respostas em
seu caderno

Assim como no exemplo da orelha, outras coisas do nosso dia a dia podem ser explicadas por meio da hereditariedade. De um lado, mais simples, é o caso da “canoinha” (uma dobra) com a língua que algumas pessoas conseguem fazer e outras não. De outro, mais complexo e relevante, é o caso de propensão a doenças cardíacas, diabetes e cânceres.

Como você deve perceber, a genética tem muito mais relação com nossas vidas do que você poderia imaginar quando começou a ler sobre ervilhas lá no início da unidade, não é mesmo?

Resumo

- A Genética nasceu e cresceu a partir de estudos cada vez mais aprofundados sobre a hereditariedade.
- Um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra.
- Em um de seus experimentos, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas verdes. Ele observou que todas as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Depois, cruzou as plantas filhas entre si. A maioria das novas plantas nascidas nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.
- A observação das diferenças de proporções da característica “cor da semente” na F2 nos leva a uma conclusão muito importante: aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica. Um deles é herdado do pai e o outro da mãe.
- No entanto, esses fatores, embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam; ao contrário, eles se somam. Isso porque, na formação dos gametas, eles se separam independentemente. Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou, ainda, “Lei da Pureza dos Gametas”.
- Genótipo é a composição genética de um indivíduo. Fenótipo é a “aparência” de um indivíduo.
- Mendel continuou seus estudos selecionando plantas a fim de pesquisar mais de uma característica de uma vez só. Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (fatores recessivos). Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas.
- Como nos primeiros experimentos, Mendel cruzou as plantas da primeira geração entre si e obteve como resultados: 9 em cada 16 tinham sementes amarelas e lisas; 3 em cada 16, amarelas e rugosas; 3 em 16, sementes verdes e lisas; 1 em 16 era verde rugosa.
- Mendel constatou que aquelas características das ervilhas que estavam juntas nas plantas originais não permaneciam juntas nas gerações seguintes.

- Ele concluiu que o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.
- Heredogramas são representações básicas de genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.

Veja ainda

- A National Geographic fez um programa sobre o Mendel, chamado Mendel e a ervilha, contando um pouco de sua vida e das experiências que ele realizou. Esse documentário está disponível no youtube, dublado, em 3 partes:
 1. Mendel e a ervilha (parte 1 de 3) – A estranha ervilha na vagem:
<http://goo.gl/RQ7N8>
 2. Mendel e a ervilha (parte 2 de 3) – A simples ervilha:
<http://goo.gl/m2bd8>
 3. Mendel e a ervilha (parte 3 de 3) – Minha hora chegará:
<http://goo.gl/jzekR>

Imagens



- André Guimarães



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregor_Mendel.png;



- <http://www.sxc.hu/photo/568041>



- <http://caterpillars.unr.edu/outreach/Metamorphosis%20of%20monarch%20butterfly.jpg>.



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albinistic_man_portrait.jpg



- <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Earlobefreephoto.jpg>; <http://en.wikipedia.org/wiki/File:TattooedAttachedEarlobe.png>

Atividade 1

- Sim, pois ambos possuem um alelo recessivo "a" e podem gerar um gameta recessivo que, se conjugados pelo cruzamento, darão o genótipo aa.
- Com os pais apresentando genótipo Aa, os gametas formados são A e a para cada um deles. Assim, o cruzamento ficaria:

		Pai	
		A	a
Mãe	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

- As chances de eles terem um filho albino são expressas pelas chances de eles formarem o genótipo aa pelo cruzamento de seus gametas. Assim, como podemos observar no quadro da letra b, a chance é 1 em 4.

Respostas
das
Atividades

Atividade 2

a.

Mãe (A⁺):

Se a mãe tem sangue A⁺, ela tem pelo menos um fator dominante I: I^AI^A ou I^Ai.

Se ela é RH⁺, ela tem pelo menos um fator dominante R: RR ou Rr.

Assim, os possíveis genótipos para ela, dentre essas opções, são:

() I^AI^Arr (x) I^AI^ARR (x) I^AI^ARr (x) I^AiRR
(x) I^AiRr () I^AiRR () iiRR () iirr

Pai (B⁺):

Se o pai tem sangue B⁺, ele tem pelo menos um fator dominante I: I^BI^B ou I^Bi.

Se ele é RH⁺, ela tem pelo menos um fator dominante R: RR ou Rr.

Assim, os possíveis genótipos para ele, dentre essas opções, são:

() I^BI^Brr (x) I^BI^BRR (x) I^BI^BRr (x) I^BiRR
(x) I^BiRr () I^Bi rr () iiRR () iirr

b. Sabendo que a mãe é I^Ai Rr e o pai é I^Bi Rr, os gametas gerados são:

Mãe: I^AR, I^Ar, iR e ir.

Pai: I^BR, I^Br, iR e ir.

Assim, o cruzamento fica:

		Pai			
		$I^B R$	$I^B r$	$i R$	$i r$
Mãe	$I^A R$	$I^A I^B RR$	$I^A I^B Rr$	$I^A i RR$	$I^A i Rr$
	$I^A r$	$I^A I^B Rr$	$I^A I^B rr$	$I^A i Rr$	$I^A i rr$
	$i R$	$I^B i RR$	$I^B i Rr$	$ii RR$	$ii Rr$
	$i r$	$I^B i Rr$	$I^B i rr$	$ii Rr$	$ii rr$

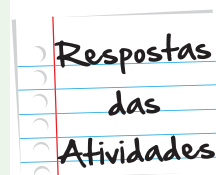
Resultados:

Traduzindo os genótipos encontrados no cruzamento, temos:

		Pai			
		$I^B R$	$I^B r$	$i R$	$i r$
Mãe	$I^A R$	AB^+	AB^+	A^+	A^+
	$I^A r$	AB^+	AB^-	A^+	A^-
	$i R$	B^+	B^+	O^+	O^+
	$i r$	B^+	B^-	O^+	O^-

Em chances, temos:

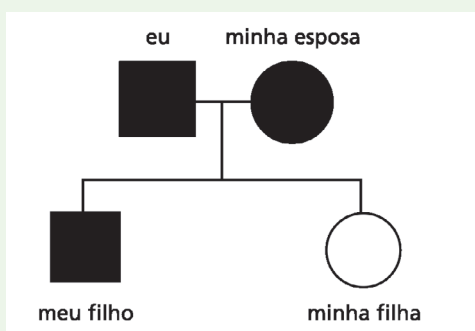
- 3 em 16 de o filho ser A^+ ;
- 1 em 16 de ser A^- ;
- 3 em 16 de o filho ser B^+ ;
- 1 em 16 de o filho ser B^- ;
- 3 em 16 de o filho ser AB^+ ;
- 1 em 16 de ser AB^- ;
- 3 em 16 de ser O^+ ;
- 1 em 16 de ser O^- .



Atividade 3

É impossível que eu consiga dar uma resposta a essa atividade, considerando que o enunciado pedia para que você avaliasse os lóbulos das orelhas da sua família. O que posso fazer é lhe mostrar como é na minha, para que você tenha um exemplo.

Eu tenho lóbulo preso. Minha esposa também. Temos dois filhos: um tem lóbulo solto; e a outra tem lóbulo preso. No heredograma, representamos o lóbulo preso pelas figuras pretas:



Repare que, apesar de eu e minha esposa termos o lóbulo preso, nossa filha tem lóbulo solto. Isso significa que a característica lóbulo solto estava “escondida” em nós (minha esposa e eu) e que, na formação dos gametas, ela pôde se expressar.

Podemos concluir que essa característica que ficou escondida (lóbulo solto) é recessiva (aa), enquanto o lóbulo preso é dominante (AA ou Aa).

Outra conclusão é que, se nossa filha tem lóbulo solto (ou seja, aa), minha esposa e eu temos que ter passado para ela um alelo recessivo (um a do pai e um a da mãe). Assim, só podemos ser heterozigotos para essa característica, ou seja, Aa.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2009)

Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação solar natural e outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas.

Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram:

- a. os genótipos e os fenótipos idênticos.
- b. os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.
- c. diferenças nos genótipos e fenótipos.
- d. o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.
- e. o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.

Gabarito: Letra B.

Comentário: Essa pergunta se responde em duas partes.

Na primeira, vamos analisar o início do enunciado. As plantas foram preparadas por clonagem. Embora não esteja aqui na nossa aula, você já deve ter ouvido falar muitas vezes na mídia sobre clonagem. Houve até uma novela sobre isso (*O Clone*, Rede Globo, 2001). Um clone é um indivíduo que apresenta genótipo exatamente igual a outro. Para se fazer um clone, os cientistas pegam uma célula de um indivíduo e provocam a multiplicação dessa célula muitas e muitas vezes, em condições especiais e controladas. Assim, o indivíduo novo é igual ao doador da célula que foi clonada. Na natureza, isso acontece naturalmente com os gêmeos idênticos. Eles têm genótipos iguais.

Como você viu na nossa unidade, genótipo é o material genético, e fenótipo é a aparência. Se um rapaz raspa a cabeça, seus filhos não nascerão carecas por causa disso! Em outras palavras, ele mudou seu fenótipo, mas não alterou seu genótipo.

Assim, privar algumas plantas de luz fazendo com que umas fiquem com folhas amarelas e outras com folhas verdes é análogo à mulher que pintou o cabelo: tem alteração no fenótipo, mas não no genótipo.

Bom, então vamos à resposta: clones têm genótipos iguais. Plantas com folhas de cor diferentes têm genótipos diferentes. Por isso, a resposta certa é a letra B.



Atividade extra

Questão 1

Um monge britânico dedicou grande parte de sua vida ao estudo da transmissão de características de uma geração para outra, sendo considerado o “pai da genética” até os dias de hoje.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Qual é o seu nome?

- a. Lineu.
- b. Mendel.
- c. Darwin.
- d. Thomas.

Questão 2

Em toda reprodução sexuada, um par de fatores é responsável pelo desenvolvimento de uma determinada característica.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

O nome que se dá à célula formada pela união do gameta do pai com o gameta da mãe é

- a. cromossomo.
- b. cromatina.

- c. carioteca.
- d. zigoto.

Questão 3

Uma doença que causa um distúrbio caracterizado pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, nos cabelos e nos olhos, faz com que os portadores sofram muito quando estão expostos ao sol, pois ficam propensos a queimaduras ou ao câncer.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Essa doença é conhecida com o nome de

- a. hemofilia.
- b. albinismo.
- c. hanseníase.
- d. tripanossomíase.

Questão 4

Você já ouviu alguém falando que tem sangue A+ (A positivo) ou O- (O negativo), ou qualquer outro tipo de grupo sanguíneo.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Os tipos sanguíneos são:

- a. A, B, C ou O.
- b. CD, A, B ou C.
- c. AB, O, B ou C.
- d. A, B, AB ou O.

Questão 5

Alguns tipos de bactérias podem causar doenças capazes de nos levar à morte e o seu cultivo é importante para conhecermos suas características e forma de vida.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Como é o nome de uma preparação química que serve para cultivo de células vivas?

Questão 6

Através das observações de Mendel, vimos que quando temos plantas com fatores diferentes, a característica que irá aparecer será aquela representada pelo fator dominante. As plantas “puras” têm os dois fatores dominantes, enquanto as “cruzadas” têm um fator dominante e um recessivo. Ou seja, embora sejam iguais na aparência, geneticamente elas são diferentes.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Complete as lacunas com os termos adequados:

A forma pela qual se manifesta uma característica no indivíduo é chamada de _____ e pode variar ao longo do tempo, pois sofre influência do ambiente, enquanto o _____ é a constituição genética de um indivíduo e, normalmente, não varia ao longo da vida do indivíduo.

- a. Heterozigoto e Homozigoto.
- b. Genótipo e Fenótipo.
- c. Homozigoto e Heterozigoto.
- d. Fenótipo e Genótipo.

Questão 7

A pureza dos gametas, identificada por Mendel, é um mecanismo genético que permite, por exemplo, que de duas sementes de ervilha amarelas lisas se tenha uma semente verde rugosa.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Em outras palavras, a segregação dos gametas contribui para a:

- a. Manutenção genética.
- b. Biodiversidade.
- c. Conservação do genótipo.
- d. Conservação do Fenótipo.

Questão 8

Genótipo é a composição genética de um indivíduo e fenótipo é a aparência de um indivíduo.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia

Podemos dizer que o fenótipo de um indivíduo é dado por suas características:

- a. Hereditárias.
- b. Morfológicas e fisiológicas apenas.
- c. Estruturais, funcionais e comportamentais.
- d. Herdáveis e não herdáveis.

Questão 9

A partir da união de um gameta masculino com um feminino, na fecundação, fica determinada a combinação entre fatores dominantes e recessivos (que podem variar) e que irá caracterizar aquele novo indivíduo que será formado. Esta conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da segregação” ou ainda “Lei da pureza dos gametas”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

A 1ª Lei de Mendel considera que:

- a. O gene recessivo manifesta-se unicamente em homozigose.
- b. A determinação do sexo dá-se no momento da fecundação.

- c. Os gametas são puros, ou seja, apresentam apenas um componente de cada par de fatores considerado.
- d. Os gametas são produzidos por um processo de divisão, chamado meiose.

Questão 10

Os tipos sanguíneos são determinados por fatores genéticos, assim como a coloração e a textura das sementes de ervilhas, e como basicamente quase tudo nos seres vivos.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Em 1940, o ator Charlie Chaplin foi processado por uma mulher que dizia que ele era pai de seu filho. Sabendo que o suposto filho era do grupo sanguíneo B, a mãe do grupo A e o ator do grupo O, qual deve ter sido a sentença do juiz?

Gabarito

Questão 1

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 3

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 4

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 5

Meio de cultura.

Questão 6

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

Questão 7

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 8 – C

Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☐

Questão 9 – C

Questão 10

O juiz deve retirar a acusação sobre o ator, pois sendo o pai do grupo O (ii) e a mãe do grupo A (IAIA ou IAi) eles nunca poderiam ter um filho do grupo B (IBIB ou IBi).

