



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS – MESTRADO PROFISSIONAL

Caderno Didático

Biodiversidade Genética



Elson Silva de Sousa
Mestrando

Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida
Professora Orientadora

AUTORES



Elson Silva de Sousa

É professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), lecionando disciplinas biológicas em Cursos Técnicos e no Curso de Licenciatura de Biologia do IFMA, Campus Buriticupu. Aluno do mestrado profissional do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGDOC). Possui graduação em Ciências Biológicas com especialização em Metodologia de Ensino em Ciências Biológicas (UNIASSELVI/SC), Especialização em Ensino de Genética (UEMA) e em Gestão Interdisciplinar do Meio Ambiente e Educação Ambiental (IESFMA). Dedicar-se a

investigações educacionais sobre o ensino-aprendizagem de conteúdos biológicos com enfoque Ciência Tecnologia-Sociedade (CTSA) na educação básica.



Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida

É professora efetiva do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) e do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGDOC), ambos do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI), da Universidade Federal do Pará (UFPA). É vice coordenadora do Grupo de Estudos em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (GECTSA/PPGECM). Lidera o Laboratório de Ensino de Atividades Lúdicas (LUDLAB) e coordena o Grupo de Estudos de Ludicidade (GELUD). Possui graduação em Educação Física (UFRRJ - 1984), Especialização em Psicologia dos

Distúrbios de Conduta (1986) e em Psicomotricidade Relacional Sistêmica (1998). Mestrado em Educação Física (UFSC - 2000) e Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (UFPA - 2005), com obtenção do título de Doutora em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental. Disciplinas e Temas de atuação na Educação em Ciências (Meio Ambiente e Formação Docente, Estudo de Caso, Relações entre Ciência, Sociedade e Cidadania, Prática antecipada à docência em espaços formais de ensino de ciências, matemática e linguagens, Tendências de pesquisa).

REALIZAÇÃO



BELÉM, 2017

APRESENTAÇÃO

Este Caderno Didático é um produto educacional, fruto de um estudo científico desenvolvido no Programa de Pós-graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGDOC), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI), da Universidade Federal do Pará (UFPA) e integrante da Dissertação de Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática do professor-pesquisador Elson Silva de Sousa, orientado pela Prof.^a Dr.^a Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida.

O caderno foi experimentado, em contexto de sala de aula, com estudantes do terceiro ano do ensino técnico integrado ao Ensino Médio no município de Buriticupu, abordando conteúdos de biodiversidade e genética, destas com a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Assim, o objetivo deste material é servir como convite ou guia norteador para o desenvolvimento de cursos pautados no ensino-aprendizagem de conhecimento científico para a formação cidadã de educandos.

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| MÓDULO 1 ▪ A perda da biodiversidade genética e a extinção das espécies..... | 122 |
| 1.1 – A Exuberância e a Diversidade da Vida..... | 123 |
| 1.2 – A Extinção da Vida..... | 124 |
| 1.3 – A Diversidade Genética e a Extinção de Espécies..... | 129 |
| | |
| MÓDULO 2 ▪ O progresso tecnológico e sua relação com a diversidade genética..... | 132 |
| 2.1 – Engenharia Genética..... | 133 |
| 2.2 – Sequenciamento de DNA..... | 135 |
| | |
| MÓDULO 3 ▪ As fontes da biodiversidade sob o foco da genética molecular..... | 138 |
| 3.1 – Biodiversidade Genética e a Biologia Molecular..... | 139 |
| 3.2 – Fontes de Variabilidade Genética..... | 143 |

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do Instituto de Educação Matemática e Científica – Belém-PA

S725c Sousa, Elson Silva de, 1989-

Caderno didático: biodiversidade genética [Recurso eletrônico] /
Elson Silva de Sousa, Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida.
– Belém, 2017.

4,07 Mb : il. ; ePUB.

Produto gerado a partir da dissertação intitulada: Ensino-aprendizagem de conteúdos de biodiversidade e genética com ênfase em ciências, tecnologia e sociedade, defendida por Elson Silva de Sousa, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida, defendida no Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, em Belém-PA, em 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12428>

Disponível somente em formato eletrônico através da Internet.

Disponível em versão online via:

<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/572610>

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Tecnologia – aspectos sociais. 3. Genética. 4. Biodiversidade. I. Almeida, Ana Cristina Pimentel Carneiro de. II. Título.

CDD: 23. ed. 507



Módulo 1

A perda da biodiversidade genética e a extinção das espécies

A biosfera é um mosaico exuberante da diversidade de formas de vida entrelaçadas entre si. Neste capítulo, é abordada uma visão geral sobre a biodiversidade e como estamos rapidamente alterando os ambientes que garantem a diversidade biológica. Assim, você poderá explorar questões de como e por que as espécies estão sendo extintas, tendo como foco a genética.



No centro do **Salão da Biodiversidade do Museu Americano de História Natural**, há uma exposição embutida no chão. A exibição está montada em torno de uma placa central, que informa a existência de cinco grandes eventos de extinção desde a evolução dos animais complexos, ao longo de quinhentos milhões de anos. Segundo a placa, a mudança climática global e outras causas, que provavelmente incluem a colisão de objetos extraterrestres com a Terra", foram responsáveis por esses eventos. E o texto afirma ainda: "Neste exato momento, estamos no meio da Sexta Extinção, agora causada apenas pela transformação efetuada por uma humanidade na paisagem ecológica".

Extraído do livro A sexta extinção: Uma história não natural

1.1 A EXUBERÂNCIA E A DIVERSIDADE DA VIDA

A vida é realmente incrível. E o que a torna ainda mais surpreendente é a infinita diversidade de formas em que ela aparece. Essa variedade pode ser contemplada desde os animais gigantes como as baleias-azuis até as criaturas vivas que são tão pequenas que só podem ser vistas com o uso de um microscópio como, por exemplo, os espermatozoides.

A vida invadiu nosso planeta e atingiu os lugares mais distantes da Terra. Ela se adaptou às mais diversas situações. Há organismos que vivem nas regiões polares extremamente geladas, outros vivem nos desertos áridos. Há aqueles que vivem na escuridão das profundezas dos mares, outros nos mais altos lugares do nosso planeta.

Essa riqueza de formas da vida é chamada de **biodiversidade** e pode ser estudada em três níveis principais: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas.

A **diversidade genética** dentro das espécies permite que as espécies se adaptem às mudanças no ambiente ao longo do tempo. Enquanto que a **diversidade de espécies** oferece uma variedade de interações que contribuem para o fluxo de energia e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas. Já a **diversidade de ecossistemas** fornece um conjunto de serviços ecológicos que mantêm a biosfera, incluindo purificação de água e ar, estabilidade do solo e controle de microclima, por exemplo.

BIODIVERSIDADE

A biodiversidade é uma palavra composta derivada da expressão “diversidade biológica” e corresponde à variedade da vida no planeta e seus processos biológicos. Inclui a totalidade dos recursos vivos, ou biológicos, e, em especial, dos recursos genéticos e seus componentes, propriedade fundamental da natureza e fonte de imenso potencial de uso econômico.

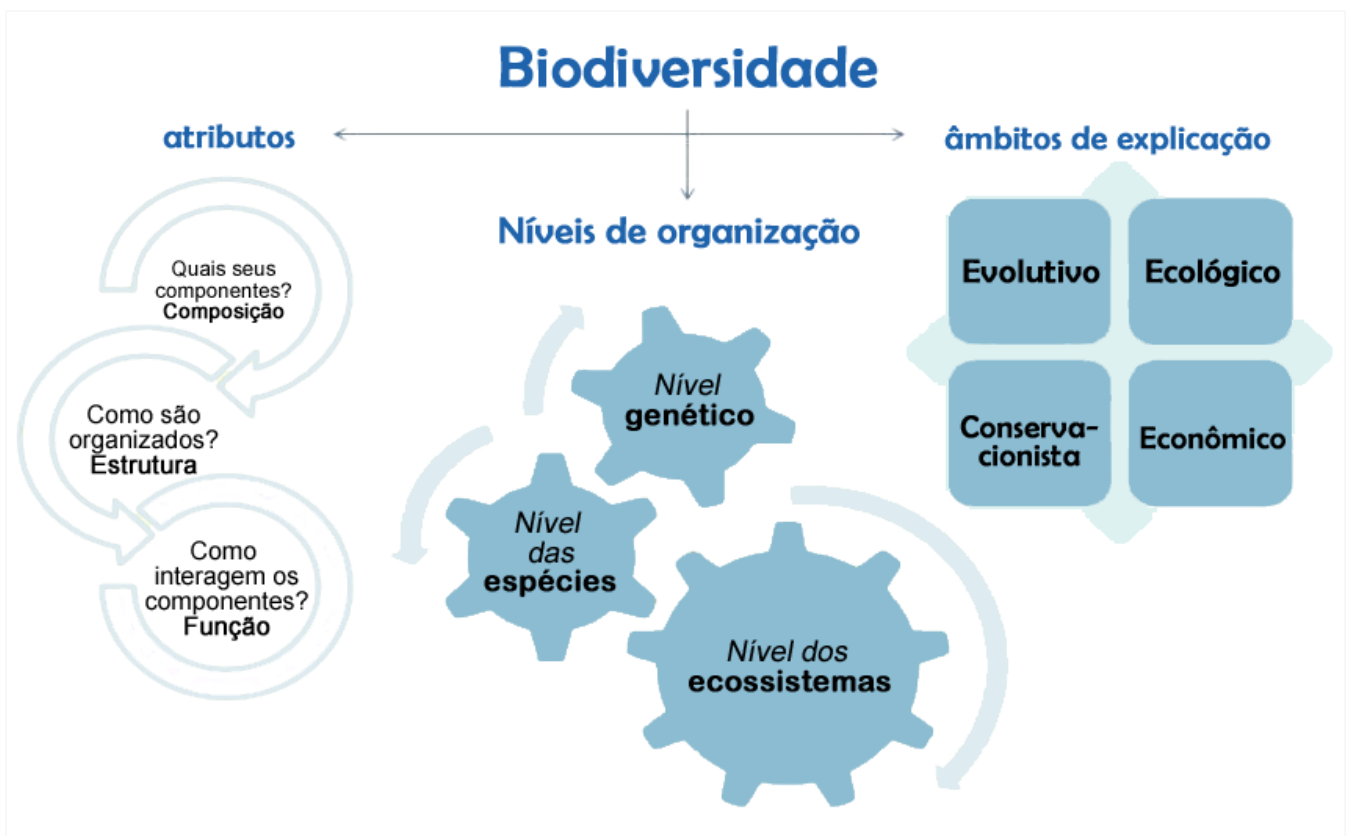


Figura 1.1 O Representação conceitual da biodiversidade: níveis de organização, atributos e âmbitos de explicação.

1.2 A EXTINÇÃO DA VIDA

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Palavra originária do latim *evolutione*, 'ação de desenrolar'. Sucessão de fenômenos por que passaram os seres vivos, desde a instalação da vida na Terra, com um imenso número de espécies e tipos já extintos. Os mecanismos associados à evolução compreendem as mutações, a seleção natural, o isolamento e outros mais que integram as diversas hipóteses e teorias que deram corpo ao Evolucionismo.

A extinção é um processo evolutivo natural dos seres vivos que vem acontecendo desde o início da evolução da vida e que leva ao desaparecimento de uma espécie ou de uma população, geralmente, decorrente da não adaptação daquela espécie às novas condições ambientais.

Quando uma espécie se torna extinta, toda sua herança genética é perdida para sempre. Assim, a extinção natural de uma espécie em si não deve ser interpretada como um evento negativo ou positivo, mas deve ser considerada pelo que é, ou seja, uma expressão da **evolução biológica**.

No entanto, a taxa de extinção atualmente não é considerada natural porque, nos últimos anos, tem se observado uma rápida e drástica queda na biodiversidade, sendo consensual entre os pesquisadores que o mundo enfrenta uma grave crise da biodiversidade.

Apesar de não ser possível determinar a taxa precisa de perda de espécies devido à falta de precisão do número de espécies existentes, as estimativas revelam claramente que a taxa de extinção é alta e, ao que tudo parece, são as atividades humanas que têm ameaçado a biodiversidade em todos os níveis.

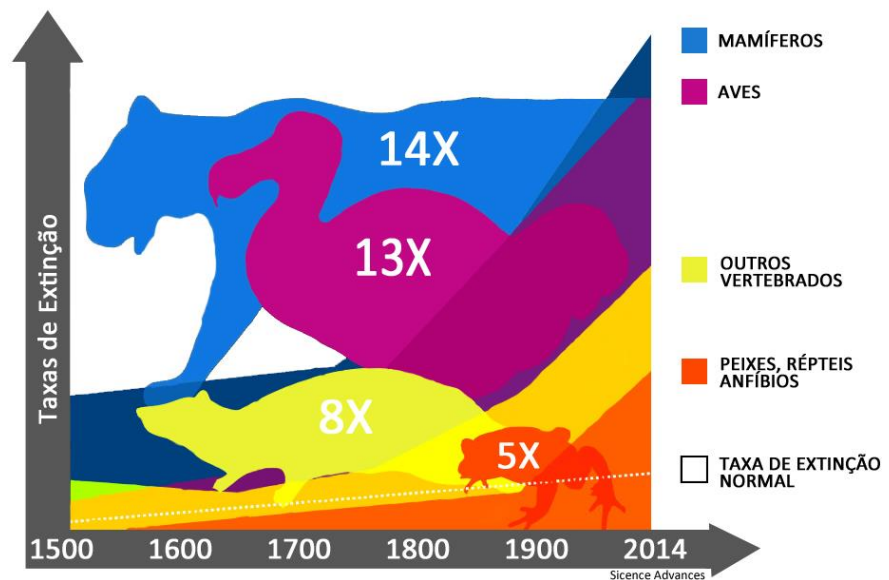


Figura 1.2 O gráfico mostra a crescente perda de mamíferos, aves, peixes, répteis e anfíbios desde 1500. Observa-se que as taxas de extinção aumentaram subitamente após a Revolução Industrial iniciada na segunda metade do século XVIII.

ESPÉCIE EXÓTICA

O termo exótico vem do grego *exotikos*, que quer dizer 'estrangeiro'. Assim, uma **espécie exótica** é aquela que, de origem, provém de terra estrangeira. Enquanto a **espécie autóctone** é o tipo natural / primitivo do local em que se encontra.

Dentre os diversos impactos ambientais negativos provocados pelo homem, podem-se citar a destruição do hábitat, o aumento da emissão dos gases de efeito estufa, a exploração excessiva de recursos com um estilo de vida não sustentável, a poluição e a introdução de **espécies exóticas**.

As evidências de estudos científicos têm argumentado a favor de que ações sérias precisam ser adotadas urgentemente e que os esforços de conservação devem se intensificados. Caso contrário, uma extinção em massa, provavelmente, ocorrerá nos próximos séculos.

A problemática é tão séria que, atualmente, se fala na **sexta extinção**, que tem potencial para ser a mais devastadora da história da Terra como aponta o livro *A sexta extinção: uma história não natural*, de Elizabeth Kolbert, publicado no ano de 2015.

De fato, cerca de 26% dos mamíferos (22-37%), 13% das aves (13-14%) e 42% dos anfíbios (32-56%) são consideradas em perigo segundo a versão 2016.3, da **Lista Vermelha** de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN¹⁸.

Diversas espécies estão ameaçadas de extinção, outras já foram extintas no Brasil e no Mundo, e tantas podem ser extintas sem, ao menos, chegarmos a conhecê-las, eliminando assim opções para o uso de recursos inexplorados para a produção de alimentos, indústria e medicina e outros.

“*A diminuição da diversidade biológica da Terra tem consequências muito mais profundas do que outros dilemas ambientais, por vezes mais amplamente reconhecidos. Como a perda de biodiversidade é irreversível – as espécies perdidas perdem-se para sempre – o impacto potencial sobre a condição humana, sobre o tecido dos sistemas vivos da Terra e sobre o processo de evolução é imenso.*

Painel sobre Prioridades de Pesquisa em Biodiversidade, 1992.

A extinção de espécies é algo que vale a pena combater. Além do aspecto moral e ético em garantir os **direitos à existência da vida** e a perpetuação das mais diferentes formas de seres vivos do planeta, a biodiversidade proporciona uma ampla gama de benefícios à humanidade e fornece muitos outros **serviços ambientais** indispensáveis à produtividade e a estabilidade dos ecossistemas.

Devemos aos serviços ecossistêmicos os alimentos, a água doce, os recursos medicinais, o clima local, a roupa, a qualidade do ar, a polinização, o controle biológico, a prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, os habitats para as espécies, o turismo, a recreação, dentre tantos outros.

Assim, as motivações para se valorizar a biodiversidade são diversas. As razões estéticas, científicas, morais, espirituais, educacionais, econômicas, recreativas, tecnológicas são algumas delas.

A biodiversidade garante o ar que respiramos, os alimentos que comemos, ajuda a controlar doenças e nos presenteia com a impressionante beleza natural.

Atividade 1.1 Navegue nos sites abaixo indicados ou em outros para encontrar informações relevantes sobre as espécies observadas em “Flora e Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção”. Registre um resumo no quadro branco, ressaltando o nicho ecológico, as principais causas que têm levado a espécie ao risco de extinção e as medidas conservacionistas adotadas.

Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora) - <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal>

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) - <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira>








EXTINÇÕES EM MASSA

Confira um infográfico sobre o assunto.

Link: <https://goo.gl/1z1hp1>

LISTA VERMELHA

É o maior inventário do mundo sobre o estado de conservação global de plantas e animais atribuindo para cada espécie avaliada uma das seguintes categorias.

-  Extinto
-  Extinto na natureza
-  Criticamente em perigo
-  Em perigo
-  Vulnerável
-  Quase ameaçada
-  Pouco preocupante

PARA REFLETIR

Não é apenas a espécie humana que depende de uma biodiversidade sadia para continuar a existir.

PARA SABER MAIS

Navegue no site do Ministério do Meio Ambiente e veja mais sobre espécies ameaçadas de extinção.

Link: goo.gl/63jbF4

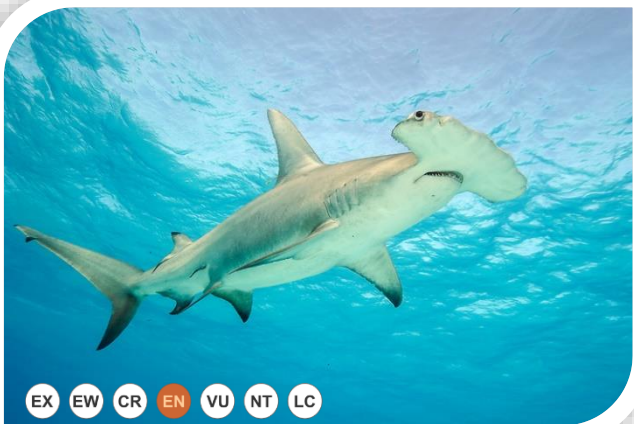
¹⁸ Fonte: <http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics>

Flora e Fauna Brasileira



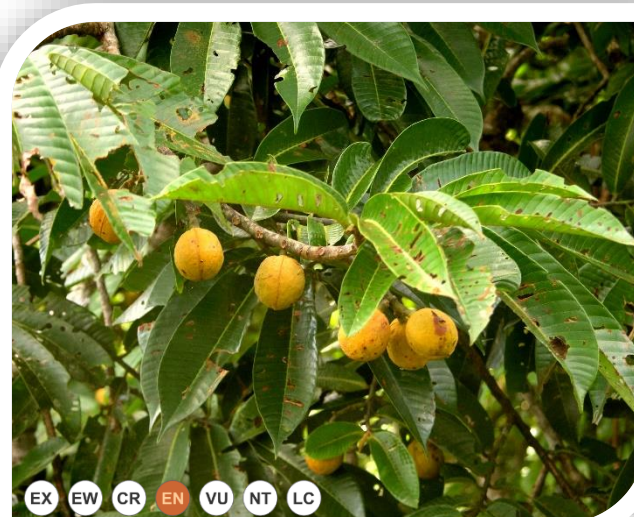
goo.gl/images/6wyRJ3

Arara Azul de Lear - *Anodorhynchus leari*



goo.gl/images/T338Pa

Tubarão-martelo-grande - *Sphyrna mokarran*

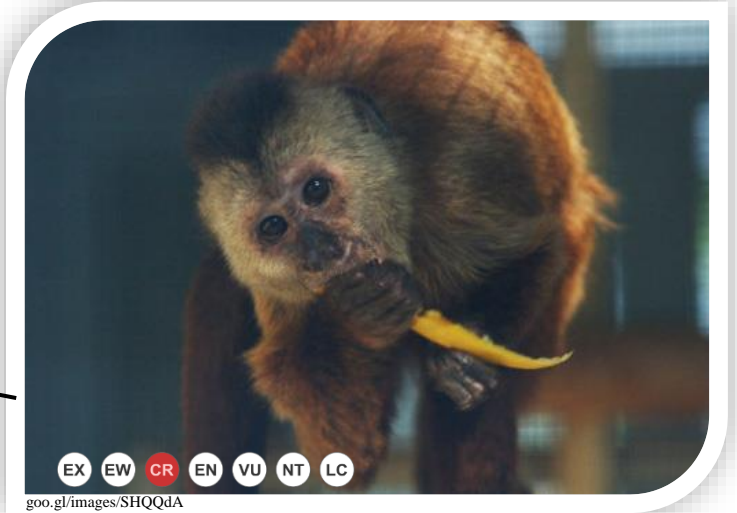


goo.gl/images/KNxBSS

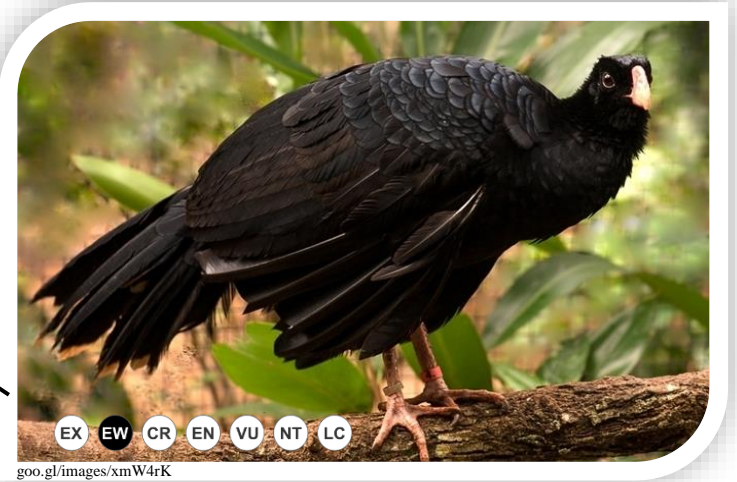
Ucuúba - *Virola surinamensis*

Ameaçadas de Extinção

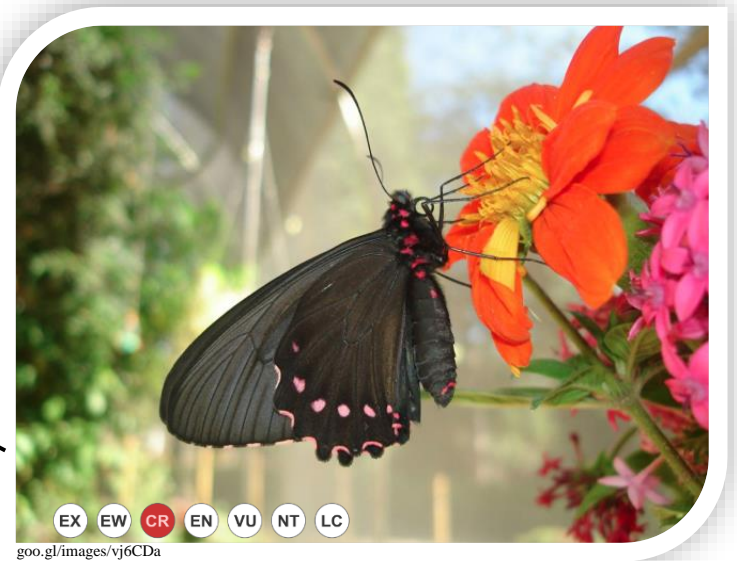
Caiarara - *Cebus kaapori*



Mutum-do-nordeste - *Pauxi mitu*



Borboleta - *Parides burchellanus*



Atividade 1.2 São várias as questões que podem afetar a biodiversidade: a monocultura, o aumento da temperatura, o uso de pesticidas, a eutrofização e assoreamento dos rios, o desmatamento, a caça ilegal, são alguns exemplos. Para essa tarefa, você deverá escolher uma questão e preparar uma carta persuasiva, endereçada a um político. Em sua carta, você deve incluir:

- Informações relevantes sobre o assunto;
- O problema ou assunto que você está preocupado;
- A forma como a biodiversidade está sendo ameaçada;
- As possíveis consequências se nenhuma ação for tomada;
- Possíveis soluções para a situação atual;
- Suas recomendações.

PRIMAVERA SILENCIOSA

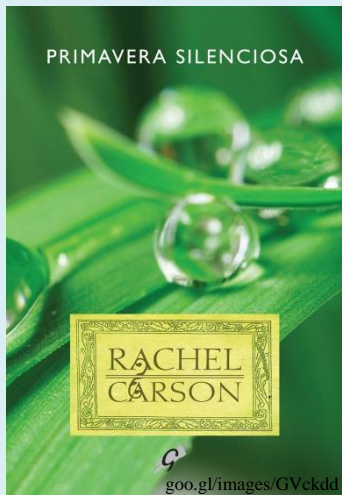


Figura 1.9 Capa do Livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson. O livro foi publicado originalmente em setembro de 1962, retrata um panorama do uso indiscriminado de defensivos agrícolas como o DDT (dicloro difenil tricloroetano), causador de sérios danos a animais selvagens, pássaros, abelhas, animais agrícolas, animais domésticos e até aos seres humanos. Carson sugeriu que o amplo uso de DDT poderia ser a causa principal da redução populacional de diversas aves, o que remete ao título do livro: em plena primavera, estação de acasalamento e reprodução das aves, elas não mais cantavam.

Area for writing a persuasive letter, containing horizontal lines for text.

Atividade 1.3 Todos nós podemos fazer coisas para ajudar a proteger a biodiversidade. O conjunto de pequenas mudanças em nossos hábitos diários e pequenos gestos pode ser uma grande ajuda. Partindo dessa premissa, liste algumas ações/atitudes que você faz/tem ou possa vir a fazer/ter.

1.3 A DIVERSIDADE GENÉTICA E A EXTINÇÃO DE ESPÉCIES

ALELO

A palavra alelo vem do grego *allelon*, ‘um e outro’ e diz-se de um ou outro gene responsável pelo mesmo caráter hereditário que se encontram em cromossomos (*locus*) distintos de um mesmo par chamados de homólogos.

A diversidade genética é a variedade de diferentes genes – **alelos** – dentro de uma determinada população e é a responsável por dar aos organismos vivos traços únicos que os distinguem dos seus parentes mais próximos.

A diversidade genética pode ser entendida de forma simplificada ao considerarmos os cães. Todos os cães fazem parte da mesma espécie – *Canis lupus familiaris*, mas são os seus genes quem determina se são Poodle ou um Labrador.



Figura 1.10 As raças de pombo apresentam diferenças fenotípicas significativas. Considerando apenas o bico, conforme destacado na figura acima, é notável que o tamanho, a textura, a cor e a sua forma são bastantes variáveis.

Assim, há uma vasta diversidade da variação nos alelos gênicos dos cães que resulta em todas as cores, formas e tamanhos desses animais. Ainda, podemos citar como exemplos as diferenças nas características faciais humanas, raças de gatos, a variedade de rosas e milho, o tamanho e a altura das plantas e muitas outras variações.

Mas o que a diversidade genética tem a ver com a extinção?

Uma espécie depende da diversidade genética para continuar a viver, posto que a baixa diversidade resulta em menor capacidade de a espécie sobreviver, isto é, adaptar-se a mudanças no ambiente em que vive.

Logicamente, a explicação é que se os indivíduos de uma dada espécie possuem quase idêntica composição genética, então há de se considerar que a probabilidade dessa espécie sobreviver num evento ambiental adverso às características presentes, é reduzida. Tal população poderia ser subitamente eliminada.

Por outro lado, se uma alteração ambiental desfavorável sobrevém numa população com alta diversidade genética, haverá maior chance de ter pelo menos alguns indivíduos com uma composição genética que lhes permitam sobreviver diante das novas condições ambientais, garantindo, assim, a sua persistência em longo prazo na natureza.

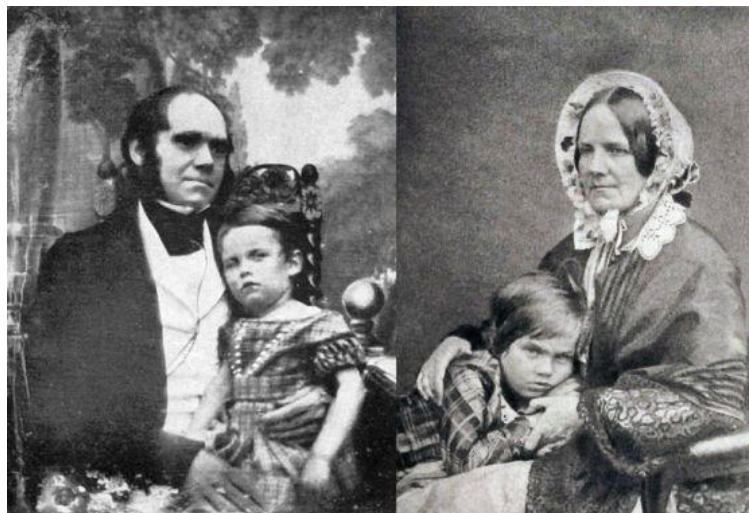
FIQUE LIGADO

Os ecossistemas com uma grande variedade de espécies, isto é, maior biodiversidade, tendem a ser mais resistentes à mudança do que aqueles com poucas espécies.

PARA PENSAR

Casar-se com um parente próximo é um risco para a saúde?

A baixa diversidade numa determinada espécie é geralmente resultado da **endogamia** que é o acasalamento de indivíduos ou organismos intimamente relacionados por ascendência comum. A endogamia promove o aumento da **homozigose**, o que, geralmente, leva a uma diminuição da aptidão biológica porque as chances de a prole ser afetada por traços recessivos e deletérios tornam-se muito maiores.



goo.gl/images/KYMTzu

Figura 1.11 Charles Darwin, considerado o pai da evolução, e seu primogênito William, e sua mulher, Emma, abraçando Leonard. Os estudos de Darwin sobre a fertilização das orquídeas levaram-no a se preocupar com a endogamia em sua própria família. Emma era prima de primeiro grau de Darwin. Sendo um pai devotado sentiu muito a perda de três dos seus dez filhos, além de se preocupar com doenças de seus outros filhos.

A perda da diversidade genética é complexa de medir ou ver. Em oposição, a redução e extinção de populações é muito mais simples de ver. A extinção não é apenas a perda de espécies inteiras, mas também é precedida por uma perda de diversidade genética dentro da espécie.

“ Pelo menos 40% da economia mundial e 80% das necessidades dos pobres são provenientes de recursos biológicos. Além disso, quanto mais rica a diversidade de vida, maior a oportunidade para descobertas médicas, desenvolvimento econômico e respostas adaptativas a novos desafios como as mudanças climáticas.

Convenção sobre a Vida na Terra, *Convenção sobre Biodiversidade*.

PARA REFLETIR

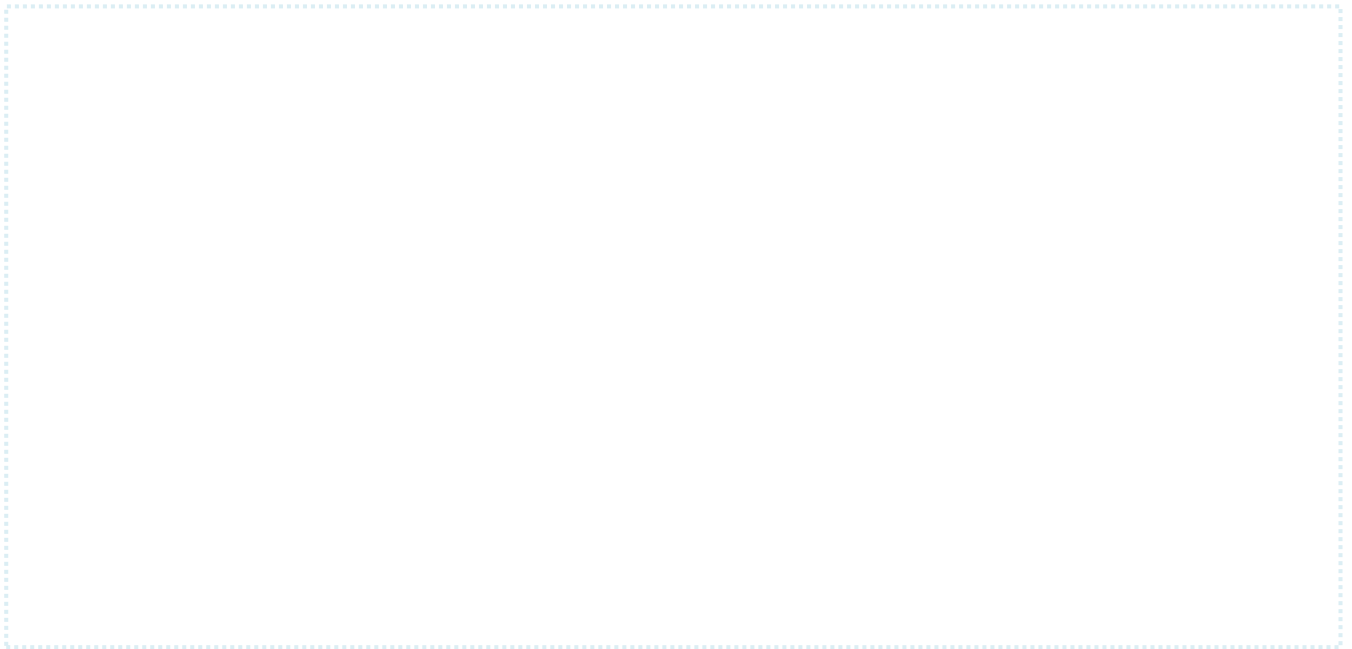
Existem muitas questões econômicas, políticas, e sociais inter-relacionadas que se apresentam como resultado do impacto humano na biodiversidade.

Os problemas socioambientais associados à perda de biodiversidade nem sempre afetam de forma negativa todas as pessoas de uma determinada região. Muitas vezes, a população mais afetada são as comunidades de baixa renda. As questões de biodiversidade envolvem conflitos de valores e crenças, por isso, as pessoas podem desempenhar um papel importante na resolução de problemas e questões de biodiversidade.

Nos dias de hoje, existem diversos mecanismos e meios científicos e tecnológicos para gerir e proteger a biodiversidade, como será abordado no próximo capítulo, contudo, a ciência e a tecnologia nem sempre são adequadas para resolver problemas e questões de biodiversidade.

Nesse sentido, os processos e instituições sociopolíticos (educacionais | legais | culturais | econômicos | políticos) podem ser bastante úteis para a resolução de questões de biodiversidade.

Atividade 1.4 Explore o ar livre. Visite um ecossistema próximo (por exemplo, quintal, bosque da cidade, jardim, ou qualquer outro lugar natural) para explorar e coletar dados sobre as diferentes espécies que vivem lá. Registre suas observações sobre os diferentes organismos que você encontrou, buscando fazer qualquer inter-relacionamento entre essas diferentes espécies (animais e vegetais) e o meio em que vivem. Você pode colar, no espaço abaixo, fotografias tiradas do ecossistema que você visitou.



Atividade 1.5 (Enem 2001) Várias estratégias estão sendo consideradas para a recuperação da diversidade biológica de um ambiente degradado, dentre elas, a criação de vertebrados em cativeiro. Com esse objetivo, a iniciativa mais adequada, dentre as alternativas a seguir, seria criar:

- a) machos de umas espécies e fêmeas de outras, para possibilitar o acasalamento entre elas e o surgimento de novas espécies.
- b) muitos indivíduos da espécie mais representativa, de forma a manter a identidade e a diversidade do ecossistema.
- c) muitos indivíduos de uma única espécie, para garantir uma população geneticamente heterogênea e mais resistente.
- d) um número suficiente de indivíduos, do maior número de espécies, que garanta a diversidade genética de cada uma delas.
- e) vários indivíduos de poucas espécies, de modo a garantir, para cada espécie, uma população geneticamente homogênea.

Atividade 1.6 Neste capítulo, foi apresentado a temática sobre a perda da biodiversidade genética e o risco para a extinção das espécies. Com base nas leituras e reflexões desenvolvidas no decorrer do estudo, assinale “V” para as afirmativas verdadeiras e “F” para as afirmativas falsas.

(XX) A interferência do homem no meio ambiente tem feito com que espécies de seres vivos desapareçam muito mais rapidamente do que em épocas anteriores.

(XX) O enfoque ecológico em questões da biodiversidade é mais importante que o social, pois as necessidades das populações não devem constituir preocupação para ninguém.

(XX) Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de atividades antrópicas, tais como mineração, construção de barragens, desvio do curso natural de rios, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, superexploração dos recursos pesqueiros, entre outros.

(XX) No tratamento da questão da biodiversidade, há diferentes visões em jogo, tanto as que só consideram aspectos ecológicos, quanto as que levam em conta aspectos sociais e econômicos.

(XX) A diversidade é um elemento fundamental na sobrevivência de qualquer ser vivo. Sem ela, perde-se a capacidade de adaptação ao ambiente, que muda tanto por interferência humana como por causas naturais.



Módulo 2

O progresso tecnológico e sua relação com a diversidade genética

O foco deste capítulo será estudar a influência dos seres humanos sobre os resultados genéticos na seleção artificial, tais como modificação genética e terapia genética; os impactos que essas tecnologias têm sobre a sociedade, bem como sobre as tecnologias que levam a essas descobertas científicas.

Foto do livro da sequência do código de DNA do genoma humano retirada no museu da Universidade de Tóquio. Este é apenas um livro, o genoma completo é muito maior. A coleção completa está inscrita em pouco mais de 100 livros semelhantes.

2.1 ENGENHARIA GENÉTICA

A engenharia genética refere-se principalmente à manipulação direta de material genético para alterar as características de um organismo de uma maneira particular. Envolve a aplicação de um conjunto de técnicas usadas para cortar e ligar o material genético de uma ou mais espécies de organismo e introduzir o resultado, sobretudo o DNA recombinante, em outro organismo geneticamente modificado – OGM.

Na década de 80, surgiram os primeiros organismos geneticamente modificados a partir de bactérias contendo gene de rã, de camundongos ou de seres humanos. De lá para cá, muitos organismos tiveram seus genótipos modificados, entre os quais a soja, o milho, peixe, feijão, algodão, mosquito e outros.

Apesar de a Engenharia Genética ser anunciada com expectativa de futuro melhor e sob a perspectiva da promessa de resolver a fome no mundo e de melhores terapias médicas, há forte evidência de que a engenharia genética pode, potencialmente, danificar irreversivelmente a biodiversidade e trazer sérios prejuízos para a sociedade.

Atualmente, existe um debate caloroso entre a comunidade científica e a sociedade civil, envolvendo temas controversos, principalmente de natureza moral, ética e cultural, ligados ao desenvolvimento tecnocientífico da Engenharia Genética. A reprodução humana e eugenia, a produção de alimentos transgênicos, os bancos de DNA, a clonagem, a manipulação genética em embriões humanos, a disputa empresarial por patentes genéticas, são apenas alguns exemplos de temas que não possuem resoluções simples.

Atividade 2.1 – Montando uma molécula

Você receberá um conjunto de cartas do professor que devem ser organizadas em duas fileiras paralelas. Sendo que as cartas na mesma posição das fileiras devem ser correspondentes às informações contidas nelas, do tipo “*chave-fechadura*”. Depois de realizar a atividade em grupo na turma, registre nos, espaços abaixo, o que se pede.

a) Que registros (semelhanças e diferenças) você pode fazer ao observar com atenção a estrutura formada?

b) Como você descreveria a estrutura linear disposta pelas cartas?

PARA SABER MAIS

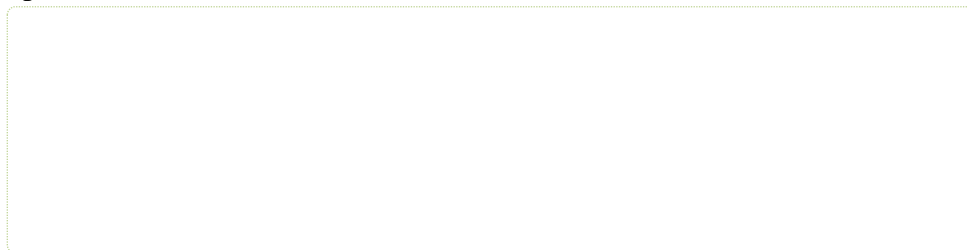
Assista ao vídeo Engenharia Genética no link abaixo que aborda a tecnologia CRISPR e a possibilidade de manipulação genética em embriões humanos

Link: youtu.be/6PZz7CH4e1M

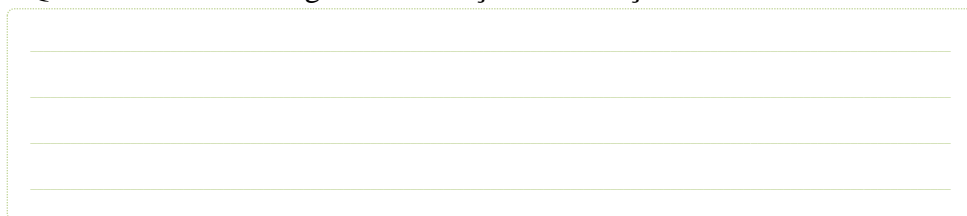
PARA REFLETIR

Os recentes avanços nas tecnologias genômicas permitiram, por exemplo, a sequenciação genômica, a previsão de doenças hereditárias, a concepção assistida, a manipulação gênica, a formulação de um novo conceito de espécie/raças e a produção de organismos geneticamente modificados. Esses avanços levaram a sociedade a questionar as complexas formas pelas quais o uso do conhecimento científico-técnico molecular pode impactar a humanidade (negativa ou positivamente). Partindo dessa instigação, pense e comente a seguinte afirmação “**As ciências biológicas, as tecnologias e a sociedade estão entrelaçadas até o ponto de serem coproduzidas**”.

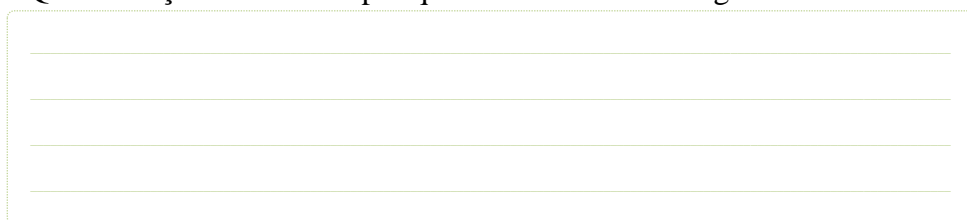
Atividade 2.2 – Veja o seu DNA. O DNA é extraído de células humanas por uma variedade de razões. Com uma amostra pura de DNA você pode testar, por exemplo, um recém-nascido para uma doença genética, analisar provas forenses, ou estudar um gene envolvido no câncer. Nessa atividade, você irá visualizar no microscópio óptico células da sua bochecha e depois realizar procedimento para a extração e visualização do DNA dessas células. Desenhe aqui o que você observou na lâmina vista com o uso do microscópio óptico.



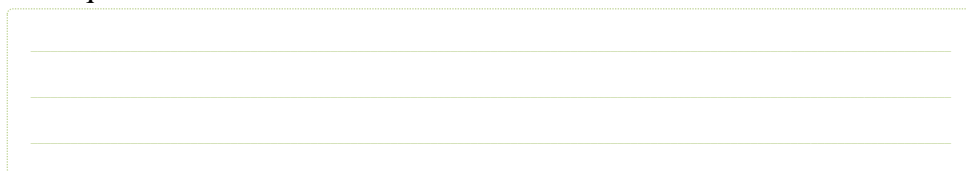
- Qual o efeito do detergente na solução de extração de DNA?



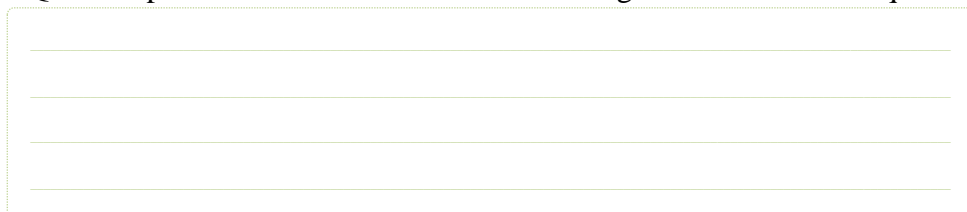
- Qual a função do álcool e por que se utiliza o mesmo gelado?



- Por que foi necessário adicionar sal à mistura?



- Qual o aspecto do DNA extraído? Você consegue observá-lo? Por quê?



2.2 SEQUENCIAMENTO DE DNA

A tecnologia de sequenciamento de DNA permite identificar a ordem das bases nitrogenadas no DNA, podendo fornecer informações úteis para questões sócio-biológicas importantes, por exemplo, a determinação de anomalias genéticas, o aconselhamento genético, a biologia forense, a classificação de espécies e a conservação da biodiversidade.

Uma das ferramentas que faz uso de sequenciamento de DNA atualmente existente é o Sistema de Dados de Código de Barras da Vida - BOLD, que é um banco de dados abrangente de sequência dedicado ao código de barras de DNA.

O Bold Systems é uma plataforma global on-line de acesso aberto, desenvolvida pelo *Centre for Biodiversity Genomics in Canada* (CBG) e consiste na coleta, no armazenamento e na análise comparativa de sequências específicas de DNA.



Figura 2.1 – Tela inicial do Bold Systems na internet.

Essa ferramenta da bioinformática permite realizar a comparação entre uma sequência de nucleotídeos desejada com todas as outras sequências de diversos organismos armazenadas na base de dados. Assim, através da utilização de um ou mais **marcadores genéticos** é possível identificar a espécie correspondente à amostra consultada baseada numa comparação com a biblioteca de referência.

Os marcadores genéticos são qualquer alteração em uma sequência de ácidos nucleicos ou outro traço genético que possa ser prontamente detectado e usado para identificar indivíduos, populações ou espécies ou para identificar genes envolvidos em doenças hereditárias. Os marcadores genéticos consistem principalmente em Polimorfismos, que são variações genéticas descontínuas que dividem indivíduos de uma população em formas distintas.

Atividade 2.3 - Identificação de espécies. O corte ilegal de madeira ainda é uma prática muito comum no país, trazendo sérias implicações na dinâmica e estrutura de populações em florestas, além de serem atividades consideradas imorais por destruírem o meio ambiente e causarem a extinção de diversas espécies. Uma das dificuldades na elucidação dos crimes contra a flora é a existência de provas conclusivas sobre a espécie objeto, já que, em muitos casos, são apreendidos apenas amostras da madeira já processada o que dificulta sua identificação. Nesses casos, uma das formas para identificar a espécie é o uso do conhecimento científico e tecnológico de marcadores moleculares.

Genética na escola, v.8, n.1, p. 28-33, 2013. (texto adaptado)

BOLD SYSTEMS

O Bold Systems permite sequências de mais de 150 marcadores genéticos incluindo os 4 marcadores de código de barras de DNA principais: COI (identificação animal), ITS (identificação fúngica), matK e rbcL (identificação de planta).

PARA SABER MAIS

O Ministério do Meio Ambiente possui uma lista de espécies ameaçadas. A mais recente publicação, de dezembro de 2014, aponta que, 7.880 espécies de árvores catalogadas até agora no País, 2.113 espécies estão na “Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção”. Atualmente, a Castanheira (*Bertholletia excelsa*), a Seringueira (*Hevea spp*), e o Mogno (*Swietenia macrophylla*) estão proibidas de corte.

PARA SABER MAIS
Assista ao vídeo Código de Barras da Vida no link.
Link: youtu.be/ZImiXgU6bCk

Um órgão de fiscalização ambiental recebeu uma denúncia de que uma empresa de beneficiamento de madeira estaria utilizando em seus processos industriais madeira de corte proibido em via de extinção. Assim, o órgão recolheu amostras que o dono da empresa afirmava ser de madeira sem nenhuma proibição de corte para verificar se realmente o empresário falava a verdade. As amostras de madeira apreendida foram então enviadas para um laboratório especializado em análises genéticas. No laboratório, foi realizada a extração de DNA das diferentes amostras encaminhadas, amplificação de gene *rbcL* pela técnica de PCR e leitura em sequenciador automático de DNA. Agora, de posse das sequências de cada espécime, você irá identificá-las no site Barcode of Life Data Systems.

>seq1

```
CTCCTCTTTACATTTATTACGGTTCCTTCTCCACGAGCATTTTCATTGGAATAGTCTTATT
ATTCCAAAGAACTCCATTTCCATTTTTTCAAAAAGGAATCCAAGATTCTTATTGTTTCTA
TATAATTCTCATGTATATGAATATGAATCCATCTTCTTTTTTCTCTGTAACCAATCTTCTC
ATTTACGATCAACATCCTCTGGAGTCCTCGTTGAGCGAATATATTTCTATAGAAAAGTCG
AACATCTTGTCGAAGTCTTTTCTAATGATTTTCAGGACATCTTATGGTTGTTCAAGGATC
CTTTTATGCATTATGTTAGATATCAAGGAAAATCCATTCTGGCTTCAAAGATACGCCTC
TTCTGATGAATAAATGGAAATATTACCTTGTCATTTAGGGCAATGGCATTTCGCGTGT
GGTCTGAACCAGGAAGGGCTCATATAAACCACTTAGACAAGCACTCTATCAACTTTCTG
GGCTATCTTTCCAGTGTGCGATTAAATCTTTTGGTGGTACGGAGTCAAATGCTAGAAAAT
TCATTTATAATAGATAATACTATGAAGAAGGTGATACAACCGTTCCAATTATTCATCTG
ATTGGATCATTGACTAAGGCACGGTTTTGTAATGCGTTAGGGCATCCCATCAGTAAGCC
GACCTGGGCCGATTTACGGATTCTCATATTATCGACCGATTTTTGGGTATATGCAGAAA
TCTTTCTCATTATTACAGTGGATCCTCAAAAAACAGGGGTTGTATCGAATAAAAATA
```

>seq2

```
ATGGAGGAAAGATATTTAGAATTAGATAGATCTCGAAAAACGACCTCCTATACCCATT
TATCTTTTCGGGAGTATATTTATAACATTCGCTCATGATCATAGTTTAAATAGATCTATTTG
TTGGAAAATGTAGGTTATGACAATAAATCTAGTTTTTTAATTGTAAAACGTTTAATTACT
CGAATGTATCAACAGAATCATTGATTATTTCTGCTAATGATTCTAACCAAAAATCCATTT
TTTAGATAACAACAAGAATTTGTATTATCAAATGATATCAGAGGGCTTTGCAGTTATTGTG
GAAATTCCATTTTCCCTACGATTAGTATCTTCTTTAGAAAGGTCAGAGATAGTAAAATCT
CATAAATTACGATCAATTCATTCAATATTTCTTTATTAGAGGACAAATTTCCACATTTA
AATTATGTGTCAGATATATTAATACCTTACCCCATCCATCTAGAAAAATTGGTTCAAACC
CTTCGCTATTGGGTGAAAGATCCCTCTTCTTTGCATTTATTACGGCTCTTTCTTCATGAGT
ATTGGAATTTGAACAGTCTTATTATCCAAAGAAATCTATTATTATTTTTATAAAAAGGA
ATCCAAGATTTTTCTTGTTCTATATAATTCTCATGTATATGAATACGAATCCATCTTCTT
TTTTCTCCGTAACCAATCCTTTCAATTTACGATCAATATTTTNGCGAGTCCTTCTTGAACGA
ATTTTTTTCTATGGAAAAATAGAACATTTTGCGGAAGTCTTTGCTAATGATTTTCAGGCC
ACCCTGTGGTTGTTCAAGGATCCTTTTCATGCATTATGTTAGATATCAAGGAAAATCAATT
TTGGCTTCAAAAAATAGGCCTTTTCTGATGAAAAAATGGAAATAT
```

a) Quais espécies correspondem às amostras sequenciadas?

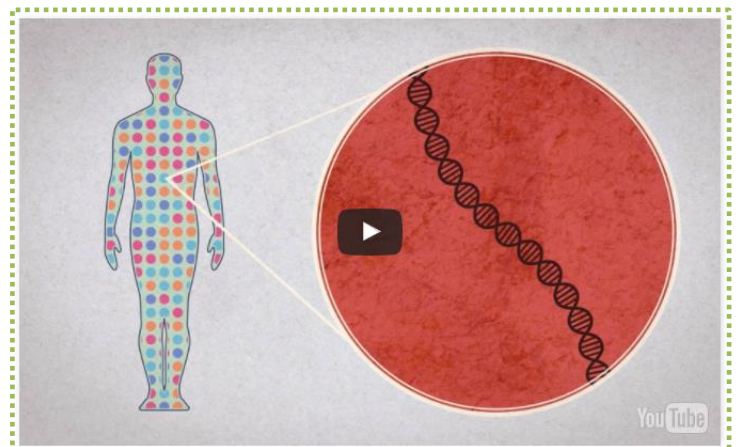
b) Por que foram utilizadas sequências do gene **rbcL** para a identificação taxonômica das espécies abordadas nesta atividade?

c) A técnica de Código de Barras de DNA permite a identificação molecular de espécies a partir de uma pequena quantidade de amostra de DNA, com base na atividade e em seus conhecimentos da técnica. Qual o papel do Código de Barras de DNA no estudo da biodiversidade?



Antes de avançar para o próximo capítulo, assista a dois vídeos que abordam como o genoma humano é sequenciado e como os genes estão relacionados à biodiversidade.

O DNA é verdadeiramente uma molécula fascinante. É incrível pensar que 4 pequenas letras podem explicar não só toda a diversidade humana, mas todas as diferenças entre todas as formas de vida na Terra - das bactérias às borboletas até as baleias! Assista o vídeo Ted-Ed e veja como o genoma humano é sequenciado.
Link: youtu.be/MvuYATH7Y74



A diversidade é importante ao nível dos genes e dos ecossistemas, bem como das espécies. Assista o vídeo disponibilizado na Khan Academy e descubra como o conjunto de genes contribuem para a biodiversidade e saiba como a diversidade genética dentro das populações contribui para a sobrevivência das espécies.
Link: youtu.be/29oCgwwv-4M



Módulo 3

As fontes da biodiversidade sob o foco da genética molecular

Em abril de 1953, James Watson e Francis Crick abalaram a comunidade científica com um belo modelo de dupla hélice para a estrutura do ácido desoxirribonucleico – DNA. Hoje, a palavra DNA é tão popular que até mesmo as crianças no começo da vida escolar já ouviram falar. Neste capítulo, você poderá aprender sobre a estrutura e características do DNA e, ainda, como a informação hereditária do DNA controla o desenvolvimento das nossas mais diversas características e sobre os processos biológicos que origina a biodiversidade na Terra.



Da esquerda para direita: James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin desempenharam papel fundamental na descoberta da estrutura do DNA, o ácido desoxirribonucleico – a molécula que codifica os genes em todos os seres vivos.

3.1 A BIODIVERSIDADE GENÉTICA E A BIOLOGIA MOLECULAR

Um dos aspectos mais fascinantes da vida é a imensidade de seres vivos diferentes, vivendo nos mais diversos ecossistemas da Terra. As estimativas preveem que existam ~ 8,7 milhões de espécies eucarióticas em todo o mundo ($\pm 1,3$ milhões), dos quais somente um pouco mais de 1,2 milhões foram catalogadas.

As diferenças presentes entre todos esses organismos vivos do planeta são resultantes da **biodiversidade genética** que compreende o total das variações genéticas acumulada durante o processo evolutivo geradas das mutações, da recombinação genética e do fluxo gênico.

Essas diferenças podem ser facilmente observadas por suas características fenotípicas visíveis ou sentidas, por exemplo, sua cor, sua forma, seu tamanho, seu sabor. Muitas vezes os organismos têm características semelhantes e, em geral, quanto mais características tiverem em comum, maior o grau de parentesco.

Todos os seres vivos são feitos de um ou vários pequenos blocos de construção como se fossem os tijolos em uma construção, denominados de **células**. Praticamente todas as células de um organismo vivo eucarionte têm um "centro de controle" chamado **núcleo** que contém os **genes** dispostos em **cromossomos**.

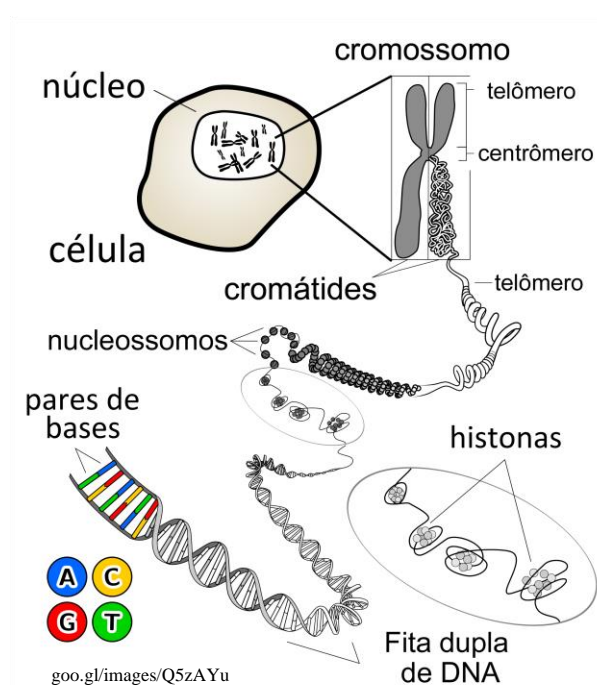


Figura 3.1 O esquema apresenta um panorama organizacional entre o cromossomo, DNA e outros elementos. O nucleossomo é a unidade básica de empacotamento do DNA nas células eucarióticas, na qual um segmento de DNA linear se enrola em torno de um octâmero globular proteico de histona. Observar que a figura destaca um cromossomo duplicado constituído por dois filamentos de DNA iguais (cromátides irmãs) interligados na região do centrômero.

O cromossomo, na verdade, é uma cadeia de **DNA** semelhante a um fio que contém as informações genéticas de uma célula – os genes. O DNA é essencial para a vida, assim como outros produtos químicos, como água, minerais, vitaminas, glicídios, proteínas e lipídios. Os alimentos e bebidas que consumimos reabastecem as necessidades da nossa célula para esses produtos químicos. Com poucas exceções, muitos produtos químicos, incluindo DNA, são encontrados em cada célula viva e, portanto, em muitos alimentos que comemos.

FENÓTIPO E GENÓTIPO

Fenótipo é uma palavra originada do grego *phainein* que significa 'fazer aparecer' e do termo *typos*, 'modelo'. O **fenótipo** se constitui como resultado aparente, visível ou simplesmente de alguma forma detectável, da atividade do genótipo, e está sujeito a influências ambientais, enquanto o **genótipo** representa a composição dos genes que o organismo possui, e, por isso, não é manifesto à visão.

GENE

Os genes são como receitas que compõem um livro de receita usado para criar todo tipo de refeição, por exemplo, o aperitivo, o prato principal e uma sobremesa.

CURIOSIDADE

O DNA tem apenas dois nanômetros de diâmetro, mas se pudéssemos arrumar todos os fios de apenas uma única célula e alinhá-los de ponta a ponta, formaria um fio de dois metros de comprimento!

FATORES AMBIENTAIS

Outros fatores, além da genética, podem contribuir para a variação de um caráter. Por exemplo, os fenótipos podem ser afetados pelo ambiente. Quando você passa muito tempo no sol, a sua pele torna-se mais escura do que foi pre-determinado pelo seu genótipo.

Os genes são segmentos de nucleotídeos de DNA que possuem as informações para a produção de um produto gênico funcional. Dentre esses produtos estão as mais diversas proteínas necessárias ao funcionamento do organismo, assim sendo, os genes direcionam as características particulares de um organismo, respondendo pela hereditariedade de um determinado caráter – traço genético. Você é biologicamente diferente das outras pessoas, porque os seus genes determinam que seja assim.

O DNA de todos os organismos vivos, eucariontes e procariontes, são constituídos das mesmas unidades químicas, **os nucleotídeos**. Estes, por sua vez, são formados pela associação de uma pentose chamada de desoxirribose com uma base nitrogenada (A, C, G ou T) combinado com um radical fosfato.

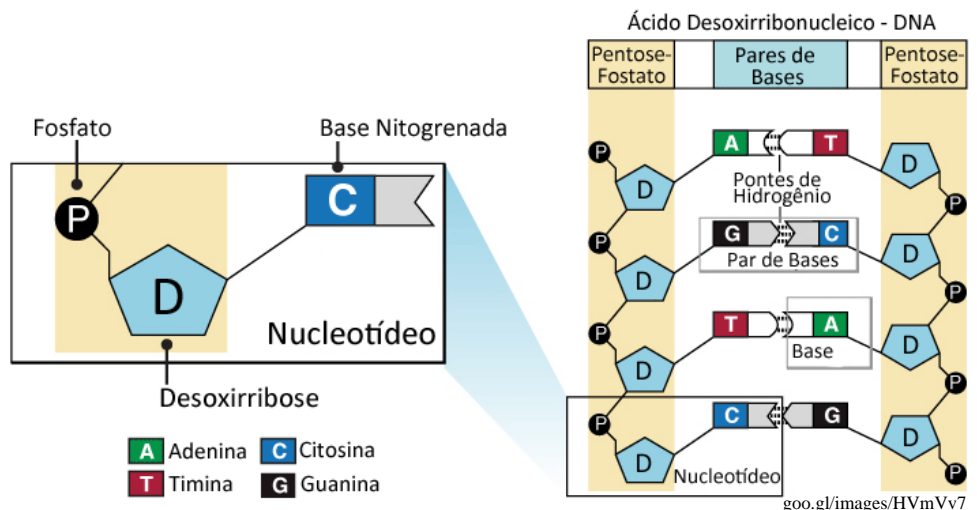
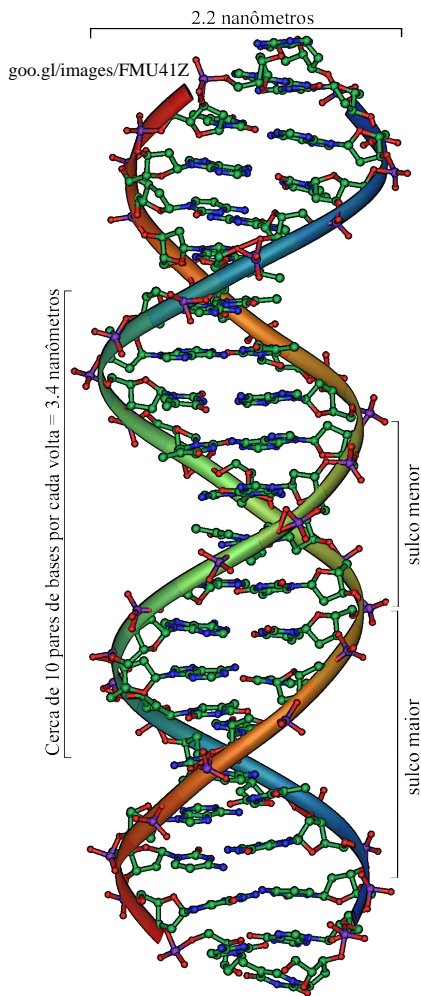


Figura 3.2 O esquema revela a estrutura linear simplificada do DNA que é constituído por dois filamentos antiparalelos de nucleotídeos. Os filamentos são ligados um ao outro por meio de pontes de hidrogênio estabelecidas entre os nucleotídeos complementares (A=T e C≡ G). A ligação entre os nucleotídeos da espinha-dorsal da cadeia de DNA é do tipo covalente e ocorre entre a desoxirribose de um nucleotídeo com o grupo fosfato de outro.

Apesar da composição do DNA ser igual para todo ser vivo, **a das bases nitrogenadas nos nucleotídeos** é diferente e exclusiva para cada organismo. De forma semelhante a dois poemas escritos na mesma língua que podem ser completamente diferentes um do outro devido à sequência das letras, palavras e frases.

Figura 3.3 Dupla hélice

DNA E ARTE – No mercado brasileiro e internacional existem empresas que estão a fazer Arte com o DNA de seus clientes. Funciona assim: a pessoa depois de fazer o pedido pela internet recebe um kit de coleta de DNA que inclui um cotonete e um manual de informações; a amostra de células da bochecha coletada é então enviada para o laboratório da empresa; lá, os técnicos realizam a eletroforese – separação de pedaços de DNA de acordo com o tamanho e peso – e transformam o código genético em arte única e exclusivamente pessoal.

Veja uma animação sobre a eletroforese em <https://goo.gl/iMUYJI>



goo.gl/images/egYArq

As unidades químicas são organizadas em um código, denominado de **código genético**, isto é, um conjunto de regras pelas quais a sequência de bases no DNA é transcrita no RNA mensageiro para depois ser traduzida na sequência de aminoácidos de uma determinada proteína.

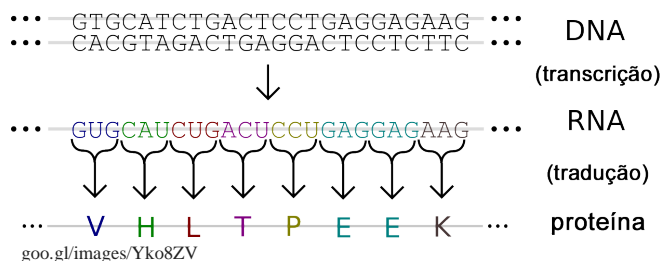
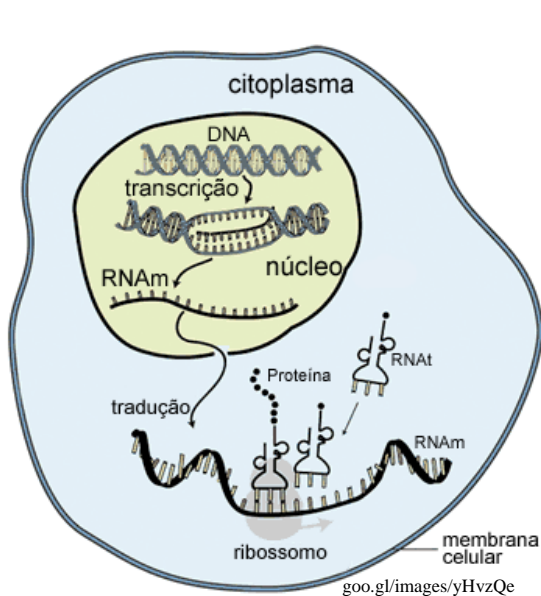


Figura 3.1 Demonstração da correlação entre o DNA, RNA e proteína.
a. No diagrama ao lado, um determinado gene específico responsável pela produção de certa proteína se desenrola a partir de seu cromossomo. Daí, é produzida uma cópia simples do gene conhecido como RNAm, que deixa o núcleo da célula e se encontra com os ribossomos (RNAr) no citoplasma da célula. O RNAm contém uma sequência de bases que determina, junto ao ribossomo, a ordem particular dos aminoácidos que compõem a proteína. Os aminoácidos são trazidos ao local de produção da proteína pelos RNAt.
b. O esquema superior é uma ilustração do fluxo de informação genética, do DNA ao RNA à proteína.

As proteínas são componentes extremamente essenciais para a vida das células e dos organismos. Quase todas as funções orgânicas dependem das proteínas. Por exemplo, algumas proteínas são usadas para dar ao organismo sua forma, enquanto outras dão energia para a realização de trabalho. Em plantas, algumas proteínas determinam a forma e o tamanho das folhas. Outras promovem essas características para os frutos, flores e sementes. Outras proteínas ajudam a planta a capturar energia do sol e transformá-lo diretamente em alimento para a planta e indiretamente para os seres humanos.

Elas são constituídas de muitas unidades químicas individuais chamadas **aminoácidos**, que são as moléculas orgânicas essenciais para a fabricação das proteínas.

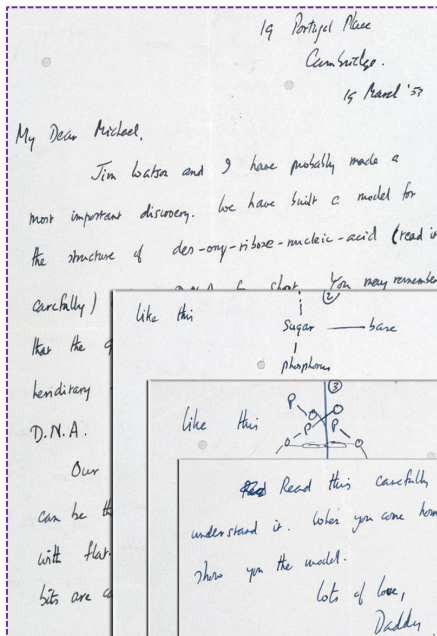
Existem pelo menos vinte aminoácidos diferentes, dos quais doze são denominados de **aminoácidos naturais** porque o organismo humano consegue produzi-los, os outros oito **aminoácidos essenciais** precisam ser obtidos pela alimentação. Quando comemos arroz, carne e feijão, por exemplo, nosso corpo quebra as proteínas contidas nos alimentos em aminoácidos e os utiliza para fazer novas proteínas que o corpo precisar.

Atividade 3.1 Simulação da diversidade entre indivíduos de mesma espécie.

Essa atividade tem o objetivo de analisar as diferenças morfológicas de indivíduos de uma determinada espécie de borboleta além de refletir sobre a variabilidade genética dos seres vivos. Para tanto o professor, dividirá a turma em grupos de cinco integrantes. Cada grupo irá montar uma borboleta descendente de uma fecundação aleatória escolhida pelos estudantes com base num conjunto de alelos predeterminado. A borboleta de cada grupo será montada com o uso de peças de EVA recortadas (asas, antenas, corpo, abdômen etc.). Outras informações serão repassadas pelo professor.

OS AMINOÁCIDOS

| Abrev. | Nome |
|--------|---------------------|
| A | Ala Alanina |
| C | Cys Cisteína |
| D | Asp Ácido aspártico |
| E | Glu Ácido glutâmico |
| F | Phe Fenilalanina |
| G | Gly Glicina |
| H | His Histidina |
| I | Ile Isoleucina |
| K | Lys Lisina |
| L | Leu Leucina |
| M | Met Metionina |
| N | Asn Asparagina |
| P | Pro Prolina |
| Q | Gln Glutamina |
| R | Arg Arginina |
| S | Ser Serina |
| T | Thr Treonina |
| U | Sec Selenocisteína |
| V | Val Valina |
| W | Trp Triptofano |
| Y | Tyr Tirosina |



Meu caro Michael, nós descobrimos o DNA

Em 19 de março de 1953, o biólogo inglês *Francis Crick* escreveu uma carta a seu filho Michael de 12 anos, descrevendo a provável descoberta que ele e seu colega, James Watson haviam feito. Na carta, Crick esboça o que hoje é talvez um dos mais famosos diagramas científicos do mundo – a estrutura do DNA. Um mês depois Crick e Watson publicaram oficialmente a descoberta na revista *Nature*. Confira abaixo fragmentos da carta de sete páginas.

*Meu querido Michael,
Jim Watson e eu provavelmente fizemos uma descoberta muito importante... Nosso modelo é muito bonito... Acreditamos ter encontrado o mecanismo de cópia básico da vida... Leia tudo isso cuidadosamente para ter certeza que você entende. Quando chegar em casa, ele vai mostrar o modelo. Muito amor, papai.*

Atividade 3.2 DNA e Matemática

Entre 1944 e 1952, o bioquímico austríaco Erwin Chargaff, como resultado dos seus estudos, utilizando as recém-desenvolvidas técnicas de cromatografia em papel e espectrofotometria ultravioleta, formulou regras matemáticas quantitativas conhecidas como regras de Chargaff que contrariaram a *hipótese do tetranucleotídeo* proposta por volta do ano 1910 pelo bioquímico americano Phoebus Levene. Chargaff conheceu Francis Crick e James Watson em Cambridge, em 1952, e, apesar de não se ter dado bem com eles pessoalmente, explicou-lhes as suas descobertas, o que mais tarde, ajudaram Watson e Crick a deduzir a estrutura de dupla hélice do DNA em 1953. Partindo desse contexto, marque as opções que apresentar incorretamente a relação quantitativa entre as bases segundo as **regras de Chargaff**.

TETRANUCLEOTÍDEO

A hipótese do tetranucleotídeo afirmava que a ordem das bases do DNA era uma sequência repetitiva fixa, por exemplo,

ACGTACGTACGTACGT.

Assim o DNA era composto de quantidades iguais de adenina, guanina, citosina e timina.

- a) $G = A = C = T$ c) $T = A$ e) $A + T + C = G$
b) $T + C = A + G$ d) $C = G$

Atividade 3.3 Sabendo que numa molécula de DNA 30% das bases nitrogenadas são adenina, qual é a percentagem de citosina?

- a) 20% c) 30% e) 45 %
b) 25% d) 35%

SOBRE OS OMBROS DOS GIGANTES

Sem dúvida, James Watson e Francis Crick desempenharam um papel muito importante na descrição da estrutura e função do DNA. No entanto, é importante destacar que esta descoberta dedutiva se deu graças ao trabalho de muitos outros cientistas antes deles.

Friedrich Miescher, que identificou pela primeira vez, na década de 1860, o DNA; Albrecht Kossel, que isolou as cinco bases nucleotídicas do DNA e do RNA; Walter Sutton e Theodor Boveri, que apresentaram a ideia de que o material genético transmitido de pai para filho estava dentro dos cromossomos; Erwin Chargaff, que estudou a relação entre as bases nitrogenadas; Martha Chase, que mostrou experimentalmente que era o DNA e não as proteínas o material genético da vida; Rosalind Franklin, que realizou estudos com difração dos raios-X para determinação da estrutura da molécula do DNA e tantos outros destacados ou não na história da ciência merecem ser reconhecidos por seus trabalhos que forneceram as bases para os avanços na compreensão da ciência genômica.

3.2 FONTES DE VARIABILIDADE GENÉTICA

A informação genética especificada pelo código é como as informações gravadas nas receitas do livro de receitas. As receitas e o DNA servem para manter a informação. Assim como o alfabeto é usado para comunicar ideias em uma receita através de palavras, as bases nitrogenadas que formam o DNA comunicam as informações sobre as características de um organismo.

Substituir uma letra por outra, inserir ou excluir uma letra em uma palavra pode não ter nenhum efeito no significado da sentença ou pode mudar dramaticamente seu significado.

Por exemplo, excluir uma letra na frase a seguir muda seu significado. “Ele esperou a sexta” certamente é diferente de “Ele esperou a seta”. Inserir uma letra na frase “Ele agradeceu pelo carinho” pode alterar o sentido para “Ele agradeceu pelo carrinho”. Outro exemplo, agora sem alteração de significado, é a exclusão de uma letra na frase a seguir. “Andas triste”, “Anda triste”.

A mesma situação ocorre com o DNA. A alteração em uma única unidade química do gene origina uma mutação. A **mutação** poderá não ter efeito nenhum ou causar um efeito profundo, dependendo da localização da mudança no genoma e da tradução da nova sequência de leitura.

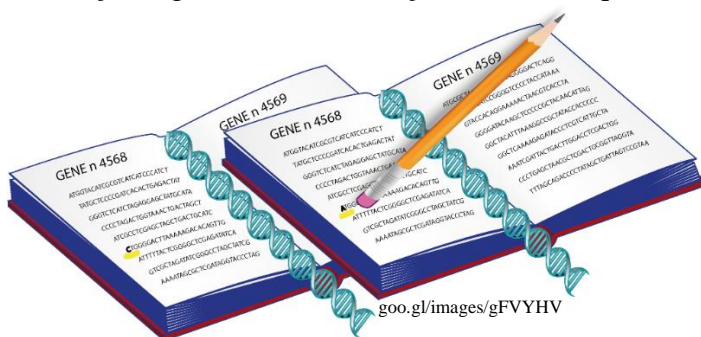


Figura 3.4 Ilustração artística de uma mutação fictícia no Gene n 4568.

As mutações podem ocorrer quando o DNA é duplicado para gerar novas células, isto é, a duplicação celular que garante o crescimento e a renovação dos tecidos, desde o embrião até o final da vida do organismo. No entanto, somente quando as mutações ocorrem em **gametas** é que elas desempenham um papel fundamental na evolução e contribuem para o aumento da variabilidade genética.



goo.gl/images/UmUZDI

Atividade 3.4 Mulheres portadoras de mutações nos genes BRCA1 e BRCA2 têm um risco de cerca de 80% de desenvolver câncer de mama e um risco aumentado para câncer de ovário. Testes no DNA de Angelina Jolie revelaram que ela era portadora da mutação nesses dois genes, o que a levou à decisão de se submeter à mastectomia preventiva e a ooforectomia. O caso despertou uma discussão acalorada com crítica diversificada sobre qual é a melhor escolha para portadores de mutações. Com base nas discussões em sala de aula e em outras leituras que você possa fazer, responda aos seguintes itens:

a) Qual sua opinião sobre a decisão de Angelina Jolie de ter retirado os seios mesmo sem câncer?

HÁBITO TÓXICO

Levantamento genômico, publicado na revista Science em novembro de 2016, mostra como fumantes têm mais chances de ser acometidos por cânceres.

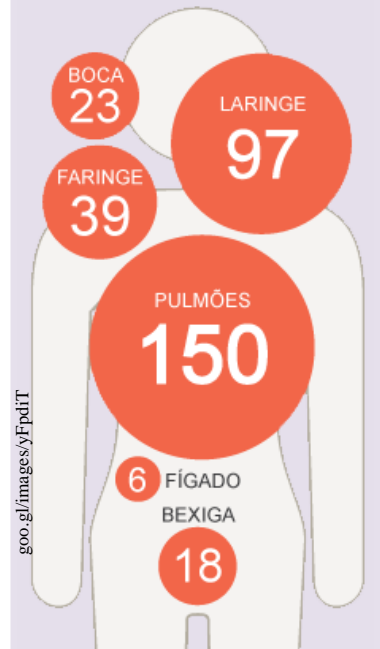


Figura 3.3 Quantidade média de mutações produzidas anualmente em cada célula ao fumar um maço de tabaco por dia.

GAMETAS

A palavra tem origem no grego *gamétes*, ‘o que se casa’, variação de *gamos*, ‘casamento’. São células germinativas especializadas para a reprodução sexual.

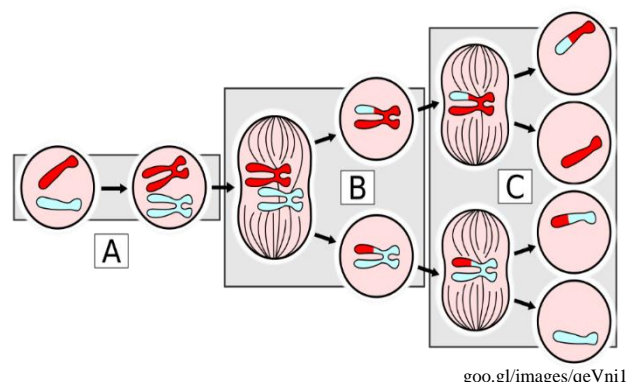
PGH E ÉTICA

Acesse o artigo Projeto Genoma Humano e Ética e conheça outros exemplos de questões éticas relacionadas aos avanços das tecnologias do DNA. Link: goo.gl/7InJo5

b) Os testes em questão devem ser feitos na população feminina em geral, sabendo que é dez vezes mais provável que, se uma mulher vier a desenvolver um câncer de mama, ele não esteja associado a mutações nos genes BRCA1 e BRCA2? Será que uma pessoa cujo teste não apontou mutações nos genes BRCA1 e BRCA2 vai ficar tranquila achando que está livre do risco de ter câncer de mama? Dê sua opinião sobre essas questões.

Outro processo que aumenta a variabilidade genética é o crossing-over – **recombinação gênica** – que ocorre durante o processo de divisão celular, na qual os cromossomos homólogos podem, às vezes, trocar partes entre si, criando, assim, novas combinações genéticas.

Figura 3.6 Visão geral dos principais eventos da meiose, considerando uma célula parental com dois cromossomos homólogos. A: Replicação do DNA; B: Meiose I; C: Meiose II. A meiose é um mecanismo responsável pelo aumento da variação genética através da recombinação independente entre os pares de cromossomos homólogos. Somado à recombinação genética, existe também a fertilização aleatória, uma vez que a reprodução sexual é uma forma eficaz de gerar descendente com variação genética significativa. Isso é possível graças ao fato de que milhões de combinações genéticas diferentes são possíveis num gameta masculino, e um número igual no feminino. Por exemplo, na hipótese de um casal humano terem um filho, o número de combinações genéticas únicas seria enorme quando um esperma e um óvulo unirem-se aleatoriamente para formar um zigoto.



Ainda, pode ocorrer o **fluxo gênico** que é o movimento de material genético de uma população para outra, podendo moldar e alterar a frequência de alelos de determinados genes em uma população.

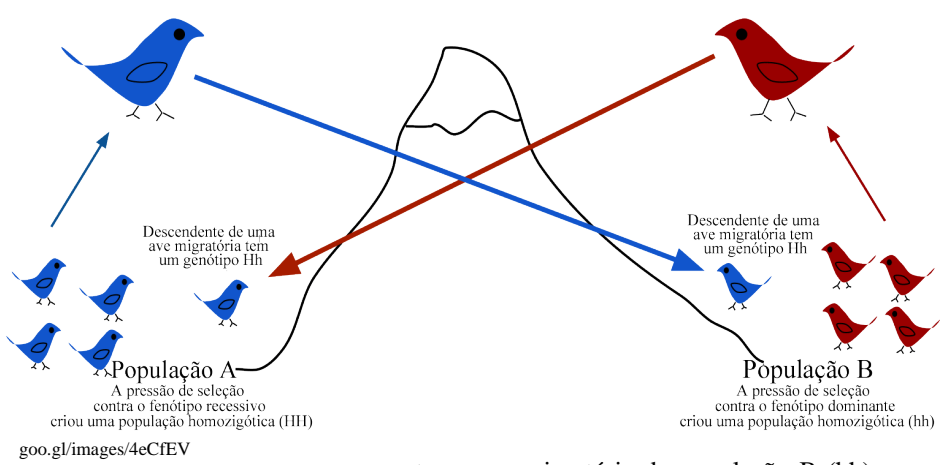


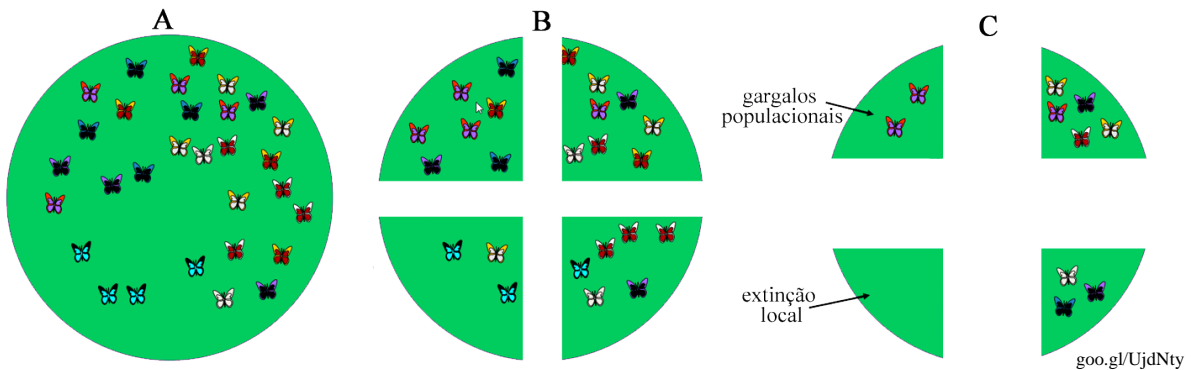
Figura 3.7 O fluxo gênico é a transferência de alelos de uma população para outra através da migração de indivíduos. Neste exemplo, uma das aves da população A migra para a população B, que é homozigota recessiva para um certo caráter, e através da reprodução sexual incorpora aos seus alelos o gene dominante da outra população. Por sua vez, a população A também tem sua frequência de alelo alterada com a migração da ave da população B. Com o acasalamento

entre a ave migratória da população B (hh) e uma ave homozigota dominante (HH) da população A, é gerado um descendente heterozigoto (Hh).

Atividade 3.5 Texto 1 - A abertura e a pavimentação de rodovias em zonas rurais e regiões afastadas dos centros urbanos, por um lado, possibilita melhor acesso e maior integração entre as comunidades, contribuindo com o desenvolvimento social e urbano de populações isoladas. Por outro lado, a construção de rodovias pode trazer impactos indesejáveis ao meio ambiente, visto que a abertura de estradas pode resultar na fragmentação de habitats, comprometendo o fluxo gênico e as interações entre espécies silvestres, além de prejudicar o fluxo natural de rios e riachos, possibilitar o ingresso de espécies exóticas em ambientes naturais e aumentar a pressão antrópica sobre os ecossistemas nativos.

BARBOSA, N. P. U.; FERNANDES, G. W. A destruição do jardim. *Scientific American Brasil*. Ano 7, número 80, dez. 2008 (Retirado da Prova do Enem, 2009).

Texto 2

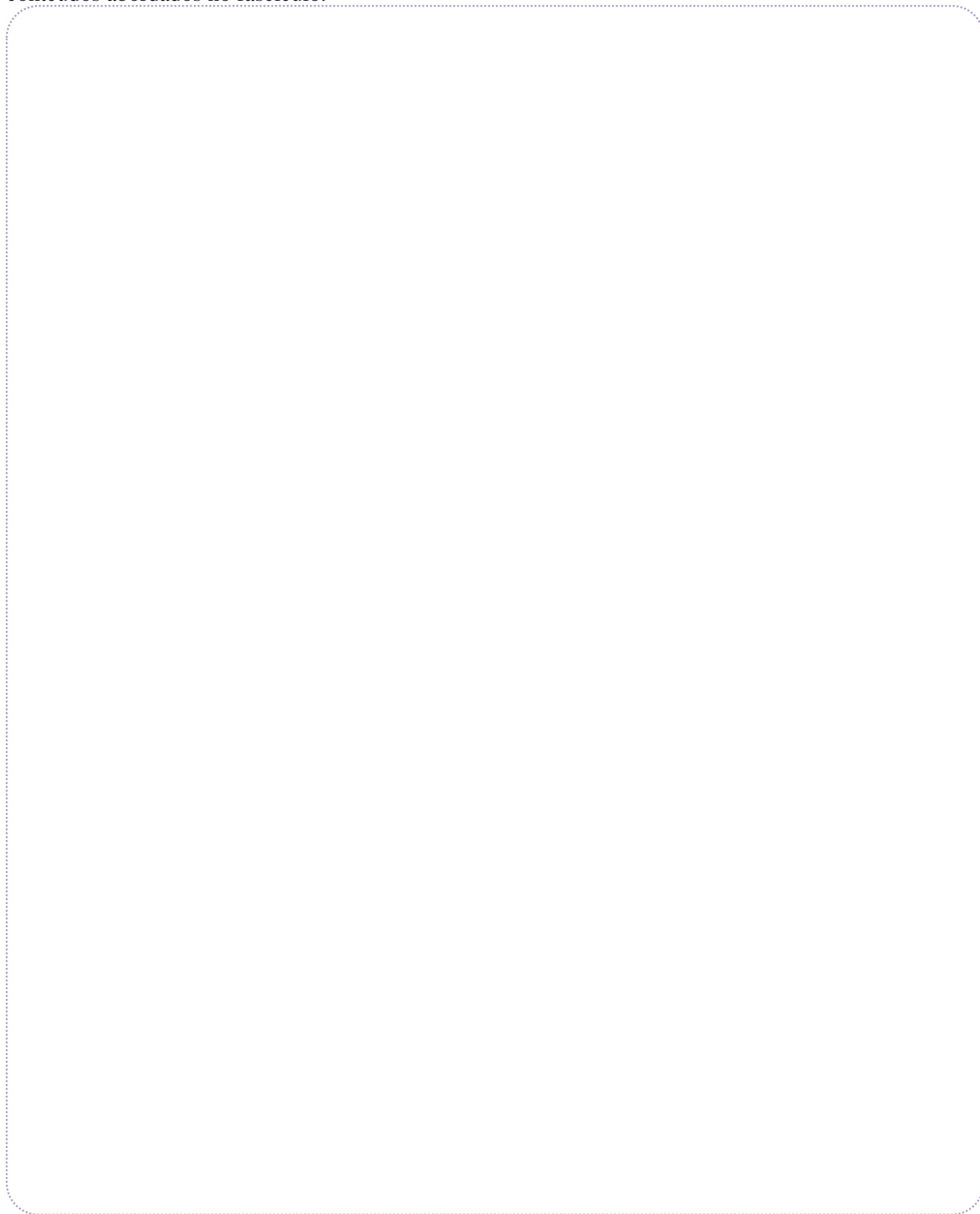


A - Habitat preservado | B - Fragmentação do habitat a | C - Extinção local e gargalos populacionais.

Considerando que foi comprovada a real necessidade da abertura e a pavimentação de rodovias e, sabendo que a fragmentação de habitats pode alterar significativamente a vida nos ambientes fragmentados, conforme ilustrado no texto 2, busque propor uma possibilidade de contornar ou compensar os impactos ambientais antropológicos.

Área reservada para a resposta do aluno, com linhas horizontais para escrita.

Atividade 3.6 Os mapas conceituais ¹⁹ são estratégias gráficas para representar e organizar o conhecimento. Os mapas contêm conceitos, geralmente inseridas em caixas de algum tipo, e relações entre os conceitos marcados por uma linha de ligação que liga dois conceitos. Partindo desde conceito, elabore um mapa conceitual, certificando-se de que seu produto reflete seu conhecimento das relações dos conteúdos abordados no fascículo.



¹⁹ Para saber mais sobre mapas conceituais consulte TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 72-85, 2007.

REFERÊNCIAS

- BIZZO, N. **Biologia: novas bases**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- GODOY, L.; OGO, M. **#CONTATO BIOLOGIA**. 1. ed. São Paulo: Quinteto, 2016.
- JUNQUEIRA, L. C. U. et al. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Guanabara-Koogan, 2012.
- KOLBERT, E. **A sexta extinção: Uma história não natural**. Editora Intrínseca, 2015.
- LOPES, S. ROSSO, S. **Bio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- REECE, J. B. et al. **Biologia de Campbell**. Artmed Editora, 2015.
- SOARES, J. L. **Dicionário Etimológico e Circunstanciado de Biologia**. São Paulo: Scipione, 1993.
- ZAHA, A.; FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M. P. **Biologia Molecular Básica**. 5. ed. Artmed Editora, 2014.