

# Evolução das Espécies: ensaios para sala de aula

*Autores:*

*Beatriz Saddy Martins,  
Carolina Nascimento Spiegel  
Filipe Cavalcanti da Silva Porto*

*Organizadores:*

*Daniel Fábio Salvador  
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos*

FORMAÇÃO  
CONTINUADA DE  
PROFESSORES  
DE BIOLOGIA

*Diretoria de  
Extensão da  
Fundação Cecierj*





Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

# **Evolução das espécies: ensaios para sala de aula**

FORMAÇÃO  
CONTINUADA DE  
PROFESSORES  
DE BIOLOGIA

---

*Diretoria de  
Extensão da  
Fundação Cecierj*

*Autores:*

*Beatriz Saddy Martins,  
Carolina Nascimento Spiegel  
Filipe Cavalcanti da Silva Porto*

*Organizadores:*

*Daniel Fábio Salvador  
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos*

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Governador

Luiz Fernando de Souza Pezão

Vice-Governador

Francisco Oswaldo Neves Dornelles

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação

Gustavo Reis Ferreira

**FUNDAÇÃO CECIERJ**

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

---

**PRODUÇÃO DO MATERIAL**

**Elaboração de conteúdo**

Beatriz Saddy Martins

Carolina Nascimento Spiegel

Filipe Cavalcanti da Silva Porto

**Organização**

Daniel Fábio Salvador

Roberta Flavia Ribeiro Rolando

Vasconcellos

**Direção de Design Instrucional**

Cristine Costa Barreto

**Editores(organizadores)**

Daniel Fábio Salvador

**Desenvolvimento Instrucional**

Letícia Terreri Serra Lima

**Revisão de português**

Alexandre Rodrigues Alves

**Coordenação de Produção**

Marianna Bernstein

**Ilustração**

Renan Alves

**Programação Visual**

Núbia Roma

**Produção Gráfica**

Fábio Rapello Alencar

Ulisses Schnaider

Copyright © 2016, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

M386e

Martins, Beatriz Saddy.

Evolução das espécies: ensaios para sala de aula / Beatriz Saddy Martins, Carolina Nascimento Spiegel, Filipe Cavalcanti da Silva Porto; Daniel Fábio Salvador (org.). – Rio de Janeiro : Fundação Cecierj, 2018.(Formação Continuada de professores de Biologia).

ISBN: 978-85-458-0113-9

1. Biologia. 2. Evolução das espécies. I. Spiegel, Carolina Nascimento. II. Porto, Filipe Cavalcanti da Silva. IV. Salvador, Daniel Fábio. 1. Título.

CDD: 574

# Sumário

## Unidade 1

Uma Palavra Antes de Começar .....	7
------------------------------------	---

## Unidade 2

Texto base 1 - Repensando o ensino de evolução: concepções e conflitos em sala de aula .....	11
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Unidade 3

Texto base 1 - Evolução como uma teoria .....	15
Roteiro de ação 1 - Evolução: idas e vindas de uma ideia bem-sucedida .....	29
Roteiro de ação 2 - Por que somos parentes de todos os seres vivos? .....	41
Roteiro de ação 3 - A origem da mitocôndria .....	53
Roteiro de ação 4 - Um presente para Darwin .....	63

## Unidade 4

Texto base 1 - Múltiplos usos da palavra evolução .....	75
Roteiro de ação 5 - Como uma mudança na dieta permitiu que você resolvesse uma equação de 2º grau .....	83
Roteiro de ação 6 - Classificando organismos por suas relações de parentesco .....	95
Roteiro de ação 7 - Quem é nosso primo mais próximo? .....	109

## Unidade 5

Texto base 1 - Amarrando as ideias: a importância da evolução como um eixo integrador da Biologia .....	121
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----



## Unidade 1

# UMA PALAVRA ANTES DE COMEÇAR

“

A estrada da vida é uma reta marcada de encruzilhadas.

Caminhos certos e errados, encontros e desencontros do começo ao fim.

Feliz daquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.

(Cora Coralina em “Exaltação a Aninha”, Vintém de cobre: meias confissões de Aninha.)

”

Seja bem vindo à nossa mesa!

Sim, é dessa forma que imaginamos este curso sobre a Evolução das espécies: uma mesa redonda na qual você possa trocar ideias, experiências e, também, elaborar materiais adequados à realidade da sua sala de aula.

Representando nossas propostas, teremos uma grande árvore. No tronco, está o texto base onde aprofundamos aspectos do conteúdo que podem nortear o estudo para que os seus alunos atinjam os objetivos propostos no estudo da Biologia Evolutiva. Nos ramos, estão os roteiros de ação, com sugestões de atividades relacionadas ao conteúdo do texto base, além de materiais de apoio, como sugestões de leituras, vídeos e *links* para *sites* relacionados ao tema.

As atividades foram baseadas em experiências bem sucedidas em sala de aula, assim como em pesquisa bibliográfica sobre diferentes estratégias de ensino. Você adicionará novos ramos, na medida em que desenvolver seus próprios planos de aulas, baseados ou não nas atividades sugeridas. Esperamos que você inspire-se e aproprie-se dos roteiros para produzir materiais de acordo com a sua forma de lecionar, a sua realidade e a de seus alunos.

No final do curso, teremos uma árvore bem frondosa, regada com seu entusiasmo e dedicação. Você poderá então sentar e, junto com seus alunos, deliciar-se com os frutos do seu trabalho.

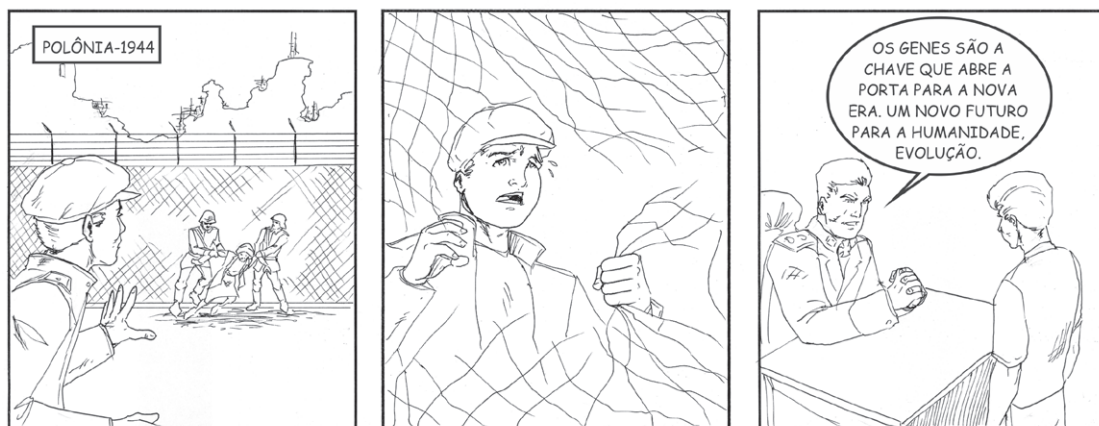
# INTRODUÇÃO

## Qual mutante você quer ser?

### História 1

Polônia, 1944, um garoto é separado de sua mãe por soldados nazistas. Nesse momento, demonstra uma força descomunal, entortando um grande portão de ferro. Ele é levado à presença de um oficial, que diz:

“Os genes são a chave que abre a porta para a nova era. Um novo futuro para a humanidade, evolução”.



### História 2

Inglaterra, 1962. No bar próximo à universidade, o estudante vê a moça com um olho azul e outro verde. Chega perto, diz que ela é linda. A mutante mais atraente que ele já viu.

Ela responde: “Elogia-me e logo depois me chama de deformada”?



### História 3

Estados Unidos, depois de 1962. Um grupo de jovens acaba de se conhecer e conversa em uma sala. Eles demonstram suas habilidades uns aos outros. Na vez do rapaz apelidado de Darwin, ele mergulha a cabeça no aquário e aparecem enormes fendas branquiais na região das orelhas! Ele começa a respirar dentro da água. Aplaudido pelos novos amigos, diz: "Eu me adapto para sobreviver".



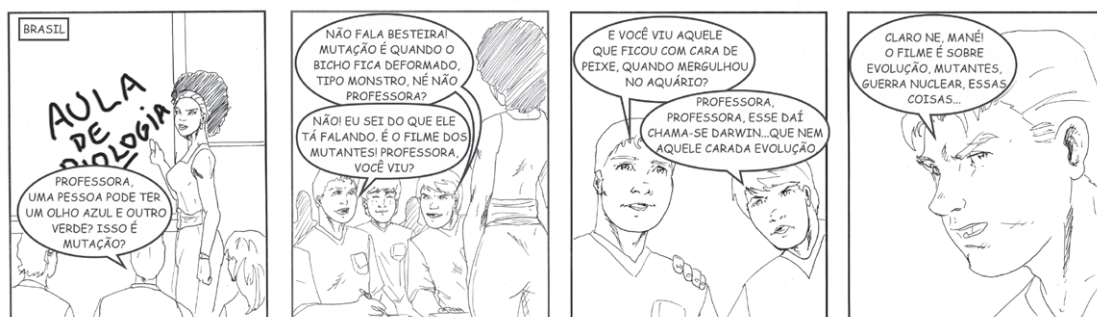
### História 4

Brasil, recentemente. A professora de Biologia entrou na sala de aula. Edson, um aluno que adora filmes, logo perguntou:

- Professora, uma pessoa pode ter um olho azul e outro verde? Isso é mutação? É verdade que a era nuclear acelerou as mutações e vamos ser todos mutantes?

Então, todo mundo começou a falar:

- Não fala besteira! Mutação é quando o bicho fica deformado, tipo monstro, né não professora?
- Não! Eu sei do que ele tá falando. É o filme dos mutantes! Professora, você viu?
- É! Os mutantes evoluem e ficam com superpoderes. Tem um que pode ler pensamentos...
- Ah! Essa mutação eu queria ter!
- Eu não... Eu prefiro a mutação da azul. Ela tem pele azul e transforma-se no que quiser! Ficou toda loura...
- Eu, se pudesse escolher, ia ser o Magneto, fortão cara!
- Você viu aquele que ficou com cara de peixe, quando mergulhou no aquário?
- Professora, professora, esse daí chama-se Darwin... que nem aquele cara da evolução.
- Claro NE, mané! O filme é sobre evolução, mutantes, guerra nuclear, essas coisas...



Imaginação nossa? Nem tudo. Apenas a cena quatro, é inspirada em fatos reais. As outras cenas estão em um filme, chamado “X-Men: primeira classe”. Nessa ficção científica, nós temos um prato cheio de referências à Biologia Evolutiva. Elas não estão sempre corretas. Entretanto, podem ser pretextos para trazermos o assunto à sala de aula, estimulando os alunos a discutir e compreender evolução.

Os conceitos relacionados a esse tema devem permear todo o conteúdo de Biologia, mas em algum momento precisam ser estudados em separado e aprofundados. É assunto complexo, merece toda nossa atenção e pode ser bem interessante! Como também queremos que seja essa conversa que estamos iniciando com você.

Nossa conversa vai se dividir em tópicos. Por meio deles, queremos refletir com você sobre as principais questões em torno do ensino de Biologia Evolutiva ou Evolução Biológica. Acompanhe-nos, analise nossos argumentos, pense junto conosco. Vamos abordar as principais questões que permeiam o ensino de evolução.

## Unidade 2

# REPENSANDO O ENSINO DE EVOLUÇÃO: CONCEPÇÕES E CONFLITOS EM SALA DE AULA

Quando nossos alunos chegam ao ensino médio, eles já deveriam compreender as explicações para certos termos, como: espécie e população biológica, seleção natural, adaptação e evolução. Esses conceitos são indicados, pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, no volume para o terceiro e quarto ciclos (BRASIL, 1998, p. 72), para abordagem no final do ensino fundamental:



Em Ciências Naturais, evidentemente, serão destacadas explicações evolucionistas. Os alunos devem considerar a existência dos fósseis, seus processos de formação, as formas de vida extintas e outras muito antigas ainda presentes no planeta. O fato de os fósseis serem evidência da evolução é algo compreensível ao aluno de terceiro ciclo, mas elementos das teorias lamarckista e darwinista poderão ser introduzidos apenas no quarto ciclo, quando os alunos terão melhores condições para iniciar este debate.

[...] O estudo aprofundado dos mecanismos de diferenciação genética não se faz necessário no ensino fundamental, mas os estudantes podem ser incentivados a perceber a grande variabilidade das populações e a atuação da seleção natural em casos específicos, mesmo que hipotéticos. A seleção natural pode ser estudada por meio das evidências de vantagem adaptativa em exemplos reais. Por exemplo, pode-se mostrar a relação entre o sucesso reprodutivo de uma espécie e sua camuflagem no ambiente ou comparar padrões de coloração em presas e predadores (BRASIL, 1998, p. 138).



Apesar da importância do ensino de Evolução Biológica na educação fundamental, os conceitos são complexos, e é possível que não estejam completamente compreendidos pelos alunos que chegam ao ensino médio. É comum que os alunos tenham visões influenciadas pelos meios de comunicação de massa, em que são veiculadas imagens e noções imprecisas, muitas vezes deturpadas, sobre alguns desses termos, como: evolução, adaptação e seleção natural. O filme X-men primeira classe é um bom exemplo disso, como já comentamos.

De fato, estudos mostram que os alunos explicam questões evolutivas com ideias do “senso comum”. Essas explicações, denominadas de concepções alternativas, são normalmente muito resistentes a mudanças. Por vezes, é necessário causar um conflito cognitivo para que os alunos fiquem insatisfeitos, de fato, com suas explicações e busquem alternativas.



## ATIVIDADE

### Para discutir no AVA

*Assista ao vídeo do professor doutor Charbel Niño El-Hani, do Instituto de Biologia da UFBA, onde coordena o Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia. O vídeo tem duração de cinco minutos e expõe fatos muito interessantes sobre o ensino de evolução. Acesse <[youtube.com/watch?v=TtponS-k7Vs](https://www.youtube.com/watch?v=TtponS-k7Vs)>*

*Agora é a sua vez de opinar sobre o ensino de evolução!*

*O professor Charbel afirma que ensinar evolução na educação básica é uma tarefa difícil. Ele relata a insatisfação de muitos professores quando tentam ensinar evolução e encontram dificuldades devido à complexidade do assunto para os alunos. Você concorda com o professor? Já esteve nessa situação em sala de aula, ensinando evolução? Quais foram as dúvidas dos seus alunos? Quais são as suas sugestões para ajudar os alunos a superarem essas dificuldades?*

*Discuta suas ideias no fórum.*



Depois dessa reflexão, você concorda conosco que a aprendizagem da Biologia Evolutiva pode ser bem trabalhosa para professores e alunos? Por um lado, é necessário desconstruir os conceitos imprecisos e/ou deturpados. Por outro, é preciso ultrapassar barreiras como a falta de domínio da linguagem científica e a dificuldade de entender conceitos abstratos que muitos alunos apresentam.

Sendo assim, o papel do professor de Biologia no ensino médio é importantíssimo. Pois, para a maioria dos alunos, será a última oportunidade de compreender esse tema, considerado o eixo integrador do estudo da vida.

Vamos, então, seguir caminho e ajudar os alunos a ampliar sua compreensão sobre o mundo.

## REVISITANDO A EVOLUÇÃO: O QUE ELA SIGNIFICA?

Quando você ouve a palavra evolução, no que pensa?

A palavra evolução pode provocar, em diferentes pessoas, a lembrança de conceitos muito variados. Se a pessoa leciona na área de Ciências Biológicas, certamente os conceitos relacionados à Biologia Evolutiva estarão presentes em sua memória. Mas, não só eles... Muitas outras ideias podem aparecer. Que ideias seriam essas? Para conhecê-las, uma ótima estratégia é montar esquemas organizados dentro de certo padrão, que revela a forma como a pessoa entende determinados conceitos. Esses esquemas são os mapas conceituais.

Você já ouviu falar nos mapas de conceitos? Já fez algum mapa? Realize a atividade a seguir antes de continuar a leitura e mostre suas ideias. Queremos conhecê-las.



*Para saber mais sobre mapas conceituais e como utilizá-los leia o texto do professor Marco Antônio Moreira da UFRGS no link a seguir: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>*

*Para montar o mapa proposto nessa atividade, sugerimos que você use as ferramentas de desenho de um processador de texto, como as caixas de texto e flechas.*

*Existe um programa gratuito que ajudará você a construir esse mapa. Acesse: <http://cmap.ihmc.us/>*

*Não é preciso usá-lo agora, mas ao longo dos próximos bimestres você fará mais mapas conceituais e esse programa pode ajudar. Para ajudar a baixar, instalar, usar o programa e, também, evitar erros ao fazer mapas, você pode assistir aos vídeos do professor Paulo Correia. Ele faz pesquisa sobre mapas conceituais e trabalha na Universidade do Estado de São Paulo – USP.*

*Para baixar e instalar o CmapTools:*

*<http://www.youtube.com/watch?v=LiSaVWWEp4o&feature=plcp>*

*Para começar a criar suas frases (proposições) e montar mapas:*

*[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=5ZV8SUu1vHI#](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=5ZV8SUu1vHI#)*

*Para ganhar tempo, evitando erros ao montar mapas:*

*[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=BRB7cInWk6g](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=BRB7cInWk6g)*

*Se você quiser conhecer outros vídeos do professor Paulo Correia sobre mapas conceituais, acesse a lista disponível na página:*

*<http://www.youtube.com/user/MapasConceituais>*



Agora que você já montou seu mapa conceitual, vamos voltar a pensar em nossos alunos. Diante de uma turma de ensino médio, antes das aulas sobre evolução, que tipo de resposta você acha que obteria para a pergunta:

“O que vem à sua lembrança quando você ouve a palavra evolução?”

Será que os alunos se lembrariam de alguns conceitos aprendidos no ensino fundamental? Ou responderiam de acordo com o senso comum? Talvez percebessem a necessidade de consultar um livro, ou requisitassem as suas explicações.

Antes de começar a explicar, sugerimos a construção do mapa de conceitos sobre Evolução Biológica com a turma. Nem é preciso ir ao laboratório de informática. Basta lápis e papel. É uma ótima maneira de conhecer as ideias dos alunos relacionadas a um determinado assunto e, também, uma técnica pedagógica muito eficiente. Ela ajuda professores e alunos a organizar as ideias envolvidas com a aprendizagem, estimula a comunicação e a cooperação. Dessa forma, nos auxilia a planejar atividades mais adequadas, a fim de oferecer aos alunos mais oportunidades de aprender.

Na próxima seção, optamos por trazer uma discussão sobre a evolução como uma teoria, trazendo aspectos que costumamos abordar em sala de aula no ensino médio, e que mexem com o senso comum de nossos alunos. Seria Darwin o único pai da Teoria da Evolução? Será que Lamarck estava totalmente equivocado com suas descobertas? Essas são algumas das questões que queremos compartilhar com você.



## Unidade 3

# EVOLUÇÃO COMO UMA TEORIA

É comum a afirmativa de que “a evolução é apenas uma teoria”. Essa frase tem por objetivo desmerecer a teoria evolutiva como explicação para a origem da diversidade e da complexidade do mundo orgânico, apelando para o sentido coloquial da palavra “teoria” que significa “especulação”, “palpite”, “suposição”.

Porém, dentro da linguagem científica, “teoria” significa um conjunto de princípios ou causas gerais, leis que explicam ou predizem um fenômeno. As teorias científicas são hipóteses testadas de acordo com o método científico pela observação comparativa, ou por experimentação. No entanto, todo conhecimento científico é conjectural, não podendo ser concebido como verdade absoluta.

Como todas as teorias científicas, a teoria da evolução é atualmente a melhor explicação para entender a origem da biodiversidade da vida em nosso planeta. Resistiu a incontáveis tentativas de provar o contrário, mas ainda está sendo refinada, modificada à luz de novos conhecimentos e expandida para esclarecer fenômenos de descoberta recente.



No site de divulgação científica da UNESP há uma interessante discussão sobre as polêmicas em torno da Teoria da Evolução Biológica e o ensino desse tema, trazendo à tona, as concepções e os conflitos que aparecem em sala de aula. Um exemplo é o texto Ensino de evolução: concepções e conflitos em sala de aula, disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/biosferas/Art0044.html>> Acesso em: 22 março 2018..



## Evolução não é “obra do acaso”

Infelizmente, a evolução biológica tem sido caracterizada por muitos (ou, principalmente, pelos leigos), como um fenômeno puramente casual. Esse ponto de vista foi explicitado em duas crônicas publicadas no jornal *O Globo* por jornalistas de renome, porém, sem formação específica na área da Biologia Evolutiva. Vejamos os trechos mais significativos.



O curioso é que um tipo bem comum de evolucionista criou um deus para consumo próprio: o acaso. Tudo pode ser explicado pelo acaso – ah, sim, e por quantidades realmente fabulosas de

tempo, tão grandes quanto os pacotes do Obama. Na minha modesta cachola, se fosse tudo produto do acaso, não teríamos diante dos olhos a sinfonia magnífica que aparece no “Planet Earth”, onde tudo é beleza e equilíbrio. Teríamos linhas de evolução que deram certo e outras que não deram. À nossa frente, desfilaríamos espécies bem acabadas (difícil) e outras que trariam a marca dos azares da evolução – coisas meio informes, desproporcionadas (Luiz Paulo Horta, 20 fev. 2009).

Como meu amigo Luiz Paulo Horta, eu também fico deslumbrado quando vejo uma maravilha da Natureza – e nesse momento descreio do acaso e acredito num designer divino (Zuenir Ventura, 25 set. 2009).

”

Os textos parecem ter como objetivo desmerecer a Teoria Evolutiva com afirmações do tipo “tanta complexidade não pode ser obra do acaso”. Porém, não desmerecem e sim, reforçam a Teoria Evolutiva.

Como sabemos, apenas a origem da variação é ao acaso (mutação, permutação e segregação independente). Porém, a seleção natural, uma das muitas contribuições de Darwin ao pensamento evolutivo, é um fenômeno totalmente contrário ao acaso, como sugere o próprio nome “seleção”.



Leia uma crítica ao artigo de Luiz Paulo Horta feita pelo professor doutor Fernando Fernandez, da UFRJ, disponível em <<http://www.oeco.com.br/fernando-fernandez-lista/21272-nos-e-eles-darwin-e-a-conservacao>>. Acesso em 31 jul. 2012.

Se existe uma pressão seletiva que discrimina aqueles que terão maior sucesso reprodutivo daqueles que se reproduzirão menos, é porque a reprodução não está ocorrendo ao acaso. Esse processo seletivo já vinha sendo repetido há dez mil anos por agricultores e criadores de animais, que produziam animais mais fortes (cavalos), com mais leite (vacas), mais lã (ovelhas e lhamas), mais fiéis ao homem (cães), plantas mais resistentes a pragas, etc., quando Darwin e Wallace estenderam essa seleção artificial para o mundo natural.

Esse foi o grande salto desses dois pesquisadores: encontrar um mecanismo natural que pudesse explicar a construção de estruturas biológicas ordenadas sem que se precisasse invocar uma força sobrenatural.

A essa altura, você pode estar se perguntando: e a deriva gênica? Esse é um caso de evolução em que o acaso é o mecanismo principal. De fato, catástrofes naturais como vulcões e maremotos

podem eliminar muitos indivíduos e poupar alguns por mero acaso. Ou seja, os que sobraram não tinham nenhuma adaptação específica para sobreviver. A geração seguinte irá conter apenas as características dos sobreviventes, alterando a constituição genética e fenotípica da espécie. Portanto, houve evolução, mas não se deveu a nenhum efeito seletivo, natural ou sexual.

Esse mesmo tipo de evento pode também ocorrer na colonização de novos ambientes. Repare, porém, que a repetição de eventos de deriva gênica não é capaz de promover a evolução de estruturas funcionais adaptadas à solução de grandes desafios impostos pelo ambiente. Adaptações elaboradas, desde o nível molecular até o comportamental, só podem surgir por *seleção natural* ou *seleção sexual*.

## Evolução: uma síntese de várias teorias

Há uma tradição nos livros didáticos de Biologia que parece estar mudando: a de apresentar a seleção natural como uma teoria evolutiva criada por Charles Darwin, em oposição a uma teoria Lamarckista da evolução, centrada na herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso. Vale a pena analisar essa visão, revisitar essa história e desfazer mal-entendidos.



CHARLES ROBERT

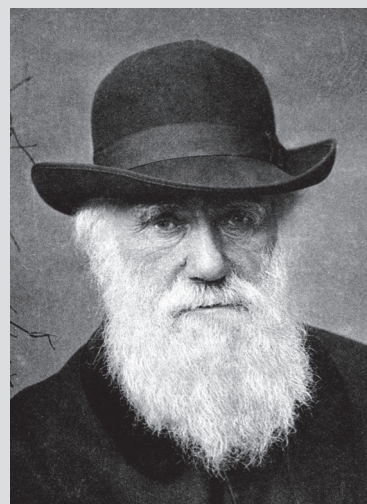
DARWIN

(1809-1892)

Naturalista britânico. Aristocrata, estudou medicina em Edinburgh, tornando-se clérigo em Cambridge. Embarcou, em 1831, no navio HMS Beagle como acompanhante de refeições do comandante do navio em uma viagem de 5 anos ao redor do mundo. Suas observações sobre a fauna, flora e geologia, juntamente com experimentos de cruzamentos em laboratório, o levaram a estabelecer a Teoria da Evolução por Seleção Natural, e foram publicadas no livro *Origem das espécies pela seleção natural*, em 1859.

Fonte: Ferreira Junior, Nelson. *Introdução à zoologia*. v.1 / Nelson Ferreira Junior. – 2.ed. rev. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

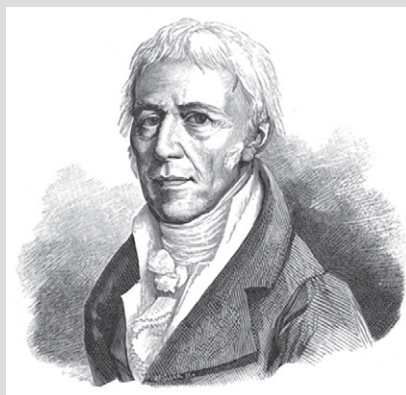
Fonte: [http://mwl.wikipedia.org/wiki/Fexeiro:Charles\\_Darwin\\_1880.jpg](http://mwl.wikipedia.org/wiki/Fexeiro:Charles_Darwin_1880.jpg)





Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Cavaleiro de Lamarck, também conhecido como Jean Baptiste Lamarck, nasceu em 1744 e faleceu em 1829, na França. Trabalhou na academia de ciências francesa e foi professor no Museu Nacional de História Natural. Sua principal obra é a Filosofia Zoológica, onde expõe sua teoria evolucionista, baseada na geração espontânea, no progressivo aumento de complexidade e na herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso. Devemos a ele, e também à Gottfried Treviran, a disseminação do termo Biologia. Lamarck publicou também inúmeros trabalhos em Botânica, Zoologia, Química e Física.

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-baptiste\\_lamarck2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-baptiste_lamarck2.jpg)



## Roteiro de Ação 1

### Evolução: idas e vindas de uma ideia bem sucedida.

Neste roteiro de ação, construído na forma de um estudo dirigido, o aluno conhecerá um pouco da história do pensamento evolucionista. Além disso, terá oportunidade de confrontar a teoria da evolução baseada na ancestralidade comum e na seleção natural com outras hipóteses sobre a origem das espécies, tais como o fixismo.



Para Ernst Mayr (1904-2005), o darwinismo é composto não só de uma, mas de cinco teorias, independentes uma das outras. O que queremos dizer com isso? Cada uma dessas teorias prevê um conjunto de fenômenos diferentes, e a aceitação de uma pode ocorrer independentemente da aceitação de outra.



### ERNEST MAYR

Zoólogo e evolucionista americano. Elucidou a natureza da variação geográfica e da especiação, incorporando princípios genéticos estabelecidos apenas no século XX. Como sistemata, foi um dos maiores expoentes da Escola Evolutiva ou Gradista.

Fonte: Ferreira Junior, Nelson. Introdução à zoologia. v.1/ Nelson Ferreira Junior. – 2.ed. rev. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2012.

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernst\\_Mayr\\_PLoS.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernst_Mayr_PLoS.jpg)



A primeira das teorias diz respeito à evolução em si:

**As espécies não são imutáveis, mas transformam-se ao longo do tempo, como sugere o registro fóssil.**

Essa teoria, que também pode ser considerada um fato, dadas as inúmeras evidências acumuladas até o momento, era defendida por muitos evolucionistas europeus antes de Darwin e Wallace, como Lamarck, Erasmus Darwin (1731-1802) – avô de Darwin, Pierre Louis Maupertuis (1698-1759), Georges Louis Leclerc – Conde de Buffon (1707-1788), James Burnett – Lord Monboddo (1714-1799), Robert Chambers (1802-1871), Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844).

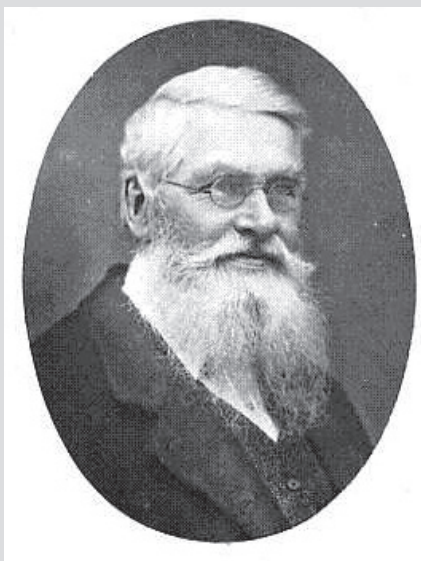


### **ALFRED RUSSEL WALLACE (1823-1913)**

Naturalista britânico, de poucas posses, que observou e colecionou a fauna e flora em expedições à Região Amazônica e à Oceania. A partir destas observações escreveu um trabalho acerca da origem das espécies, enviado a Darwin para uma apreciação. Este trabalho foi apresentado, com modificações, por Darwin como uma colaboração na Linnean Society de Londres em 1858, precedendo, portanto, a publicação do livro clássico de Darwin sobre a seleção natural. Devido a este fato, existem polêmicas quanto à autoria da Teoria da Evolução das espécies atribuída a Charles Darwin. Recentemente, esta teoria tem sido denominada, por diversos autores, de Teoria da Evolução de Darwin-Wallace.

Fonte: Ferreira Junior, Nelson. Introdução à zoologia. v.1/Nelson Ferreira Junior. – 2.ed. rev. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2012.

Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alfred\\_Russel\\_Wallace\\_-\\_Project\\_Gutenberg\\_eText\\_14558.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alfred_Russel_Wallace_-_Project_Gutenberg_eText_14558.jpg)



Em segundo lugar, o darwinismo defende que:

Os seres vivos compartilham ancestrais comuns.

Essa ideia já havia sido levantada, também, por outros cientistas, como James Burnett. Em outras palavras, as espécies de hoje descendem de espécies ancestrais. Por essa razão, as espécies atuais guardam semelhanças entre si, apesar de apresentarem diferenças que acumularam após o período de divergência. Como é possível encontrar semelhanças profundas entre todas as espécies (estrutura celular, código genético, uso do ATP), podemos afirmar que todas elas decorrem de apenas um evento de origem da vida.

## Roteiro de Ação 2

### Por que somos parentes de todos os seres vivos?

Esse roteiro de ação apresenta para os alunos as evidências da ancestralidade comum da espécie humana com todos os seres vivos. A partir daí, o aluno é levado a construir cladogramas que identificam os grupos mais abrangentes.



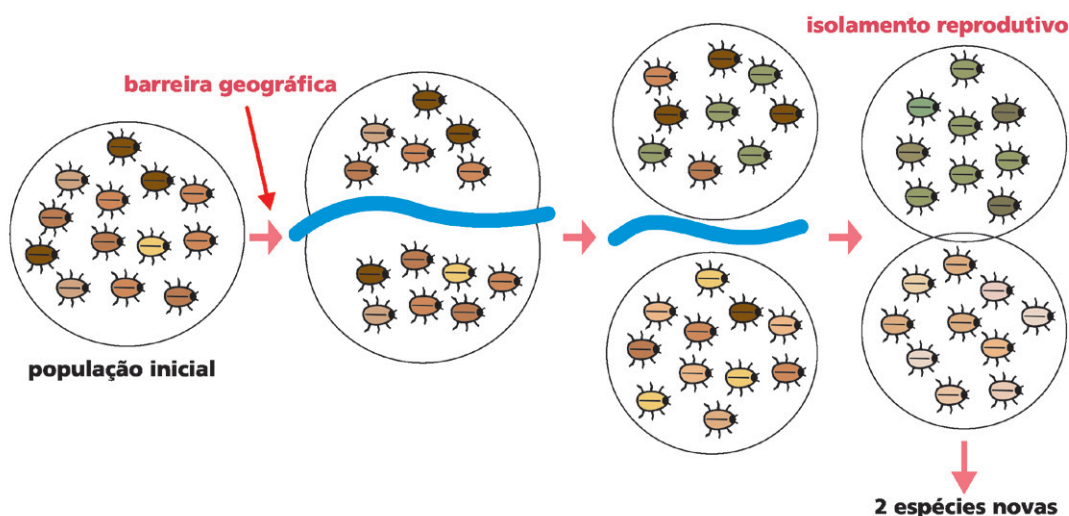
Estreitamente ligada à teoria anterior está a seguinte ideia:

As espécies se originam e se multiplicam a partir de um ancestral comum.

Nesse caso, interessa saber por quais processos as diferentes espécies se originaram de um ancestral comum. Darwin propôs diferentes mecanismos. Hoje se sabe que duas espécies podem derivar de um ancestral por dois processos:

- especiação alopátrica
- especiação simpátrica

Na especiação alopátrica, uma população de uma espécie é dividida em duas por um isolamento geográfico. Na história geológica da Terra, esses isolamentos ocorrem constantemente pelo surgimento de cadeias montanhosas ou mudanças no curso de um rio, por exemplo. Em seguida ao isolamento, essas populações (e não indivíduos isolados) passam a sofrer processos seletivos distintos, visto que em cada um dos ambientes novas pressões seletivas estão operando. As mudanças acumuladas por esse processo evolutivo podem acarretar diferenças reprodutivas entre as populações, ocasionando o isolamento reprodutivo, que configura a formação de duas novas espécies.



**Figura 1:** Representação do processo de especiação alopátrica.

Na especiação simpátrica, o isolamento reprodutivo ocorre sem a necessidade de um isolamento geográfico prévio. Dentro de uma única população surgem interrupções de fluxo gênico entre diferentes grupos, ou seja, pára de ocorrer o intercruzamento dentro de uma população, sem nenhuma segregação espacial. Normalmente, a seleção sexual é uma forte candidata à causa da especiação simpátrica (veja mais adiante).

O *gradualismo* seria mais uma teoria do pensamento darwinista.

**As espécies evoluem lentamente passando por formas intermediárias durante longos períodos de tempo.**

Esse é um dos aspectos mais debatidos nos dias de hoje. Apesar de o registro fóssil mostrar inúmeras formas intermediárias para a evolução de certos grupos, sabemos que há momentos em que grupos pouco mudam, e eventos que levam a mudanças bruscas em determinadas linhagens, como por exemplo, na evolução da célula eucariota.



## Roteiro de Ação 3

### A origem da mitocôndria

Que tal levar um jogo para a sala de aula? Através de uma atividade lúdica, o aluno poderá descobrir a origem da mitocôndria e compreender que sua presença nas células eucarióticas de organismos dos diferentes reinos (animais, fungos e plantas) é explicada pelo compartilhamento de ancestrais comuns. Além disso, você poderá discutir que as relações simbióticas podem ser uma força extremamente importante no processo evolutivo das espécies.



Por fim, temos a *seleção natural*, a principal contribuição de Darwin e Wallace. Essa também não é uma ideia original de Darwin. Na terceira edição de *A origem das espécies*, o próprio Darwin cita autores que descreveram essa teoria antes dele: William Charles Wells (1757-1817) e Patrick Matthew (1790-1874).

**A seleção natural é um mecanismo pelo qual a evolução pode ocorrer e está apoiada no binômio variação hereditária e seleção.**

Darwin percebeu que havia grande variação entre indivíduos e que essa variação era hereditária. As variedades que garantissem o melhor enfrentamento dos organismos com os desafios do ambiente e a consequente reprodução de seus portadores tenderiam a se fixar nas gerações futuras. Ao se repetir por muitas gerações, a *seleção natural* se constitui em um processo que leva ao favorecimento das variedades que tornam os organismos mais bem adaptados a uma condição ambiental.

## Roteiro de Ação 4

### Um presente para Darwin

“Um presente para Darwin” é um jogo de tabuleiro para entender a seleção natural. Utilizam-se materiais de baixo custo e ele pode ser construído pelo professor, pelos alunos ou em conjunto. Brincamos com esse nome porque o tabuleiro desse jogo que propomos é um papel de presente. Através desta atividade lúdica, você poderá trabalhar os conceitos de fenótipo e variabilidade intra-específica. Além desses conceitos, de forma divertida e simples, serão abordados ao longo da partida os conceitos de pressão seletiva, seleção natural e evolução.



Você acreditaria que é possível mostrar alguns dos principais conceitos de evolução de forma humorística, sem uma única palavra? Parece incrível não?

Assista ao vídeo produzido e dirigido por Michael Mills (*National Film Board of Canada*), uma animação que descreve o início e a evolução da vida e o conceito de seleção natural. Disponível em <[http://www.youtube.com/watch?v=T1\\_vnsdgxll](http://www.youtube.com/watch?v=T1_vnsdgxll)>. Acesso em 31 jul. 2012.

Outra opção muito boa é a história em quadrinhos disponível em:

<<http://historiafunbbe.blogspot.com.br/2009/11/origem-das-especies-em-hq.html>>. Acesso em 31 jul. 2012.



Com a *seleção natural*, a complexidade do mundo orgânico foi finalmente explicada sem a necessidade de recorrer a forças sobrenaturais. Isso incomodou, e até hoje incomoda, alguns setores da sociedade, especialmente porque Darwin incorporou a evolução da espécie humana a esse quadro.

Por esse motivo, e porque era difícil observar a *seleção natural* atuando concretamente, essa quinta teoria darwinista foi praticamente abandonada a partir de 1880, e apenas resgatada na primeira metade do século XX.

Como Darwin não conhecia uma teoria de herança que explicasse como as variações eram geradas e passadas para as gerações seguintes, ele continuou sensível à *teoria de herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso*. Essa teoria não é uma criação Lamarckista, mas sim uma das teorias sobre herança mais defendidas por cientistas do século XIX e só definitivamente abandonada na década de 1930. Portanto, não faz sentido marcar a história do pensamento evolutivo por uma dicotomia entre herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso associada exclusivamente a Lamarck, e seleção natural associada exclusivamente a Darwin.

Gostaríamos, também, que você ficasse conectado com as novidades da Teoria Evolutiva que sucederam a publicação de *A origem das espécies*, em 1859. Darwin, por exemplo, voltou às livrarias em 1870, com *A origem do homem e a seleção sexual*. Mas, a seleção sexual foi esquecida por mais de um século e, apenas a partir de 1980, os biólogos evolutivos voltaram sua atenção a ela. Só mais recentemente os livros didáticos têm feito menção a essa teoria, e, às vezes, a consideram como um caso especial de *seleção natural*.

Resumidamente, a *seleção sexual* explica a origem de inúmeras características que a princípio desfavorecem a sobrevivência, mas cumprem o papel de sinalizar para seus parceiros sexuais as qualidades genéticas de seus portadores, como por exemplo, a cauda do pavão. O recado, de forma simplificada, é o seguinte: “venha fazer filhos comigo, pois se posso gastar recursos e energia com estruturas ou comportamentos tão extravagantes é porque tenho genes muito bons, capazes de gerar uma prole bem competitiva”. Muitos casos de especiação simpátrica podem ter origem na *seleção sexual*. Acreditamos que cada vez mais a *seleção sexual* deve ganhar espaço no cenário das explicações evolutivas.



Se você se interessar por aprofundar seus estudos sobre a seleção sexual, leia os livros *A mente seletiva* e o recentemente traduzido *Darwin vai às compras*, ambos de Geoffrey Muller. No primeiro, Muller apresenta



os princípios da seleção sexual e desenvolve a ideia de que a mente humana e as habilidades para o esporte, as artes e a religião podem ter evoluído por seleção sexual. No segundo, o autor identifica as contribuições da seleção sexual na construção do comportamento consumista, sem deixar de comentar a importância dos condicionantes históricos e sociológicos desse fenômeno.





## ATIVIDADE PARA O CURSISTA

Acesse <http://historiafunbbe.blogspot.com.br/2009/11/origem-das-especies-em-hq.html> e identifique qual parte da história retrata a seleção sexual.



Outras descobertas importantes no século XX têm revelado uma série de fenômenos conhecidos por herança neolamarckista ou epigenética. Tais descobertas mostram que mudanças adquiridas podem se perpetuar por gerações seguintes. Esse novo tipo de herança não revoga o poder evolutivo da seleção natural, mas sugere que novos fenótipos podem surgir sem modificações no material genético. Esses novos fenótipos seriam decorrentes de modificações epigenéticas.

Até aí nenhuma novidade, pois sabemos da genética clássica que um fenótipo não é inteiramente determinado pelos genes. Porém, ao que tudo indica, algumas alterações epigenéticas adquiridas ao longo da vida podem se perpetuar ao longo de gerações, mudando o curso da evolução.

Vamos a um exemplo. Os cílios do protozoário *Paramecium* foram invertidos por microcirurgia e essa alteração foi mantida nas gerações seguintes. Ou seja, os paramécios filhos herdaram a inversão de cílios imposta ao paramécio original. Apesar de o mecanismo pelo qual essa herança se propaga ser ainda desconhecido, ele mostra que uma característica adquirida foi transmitida à prole sem que houvesse alteração nos genes e sem que houvesse influência do uso e do desuso. Casos semelhantes já foram identificados em plantas e camundongos.

Esse exemplo foi retirado do livro *Evolução em quatro dimensões*, de Eva Jablonka e Marion Lamb. Se você se interessar pelo assunto, esse livro é leitura obrigatória. Por enquanto, você pode conferir uma entrevista com a primeira autora disponível em:

<http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/33529>

Acesso em 22 março 2018.



O termo epigenética é usado em Biologia para se referir à variação genética sem alteração na sequência de nucleotídeos do DNA, ou seja, as mutações. Essas mudanças são reversíveis e causam alterações na expressão de genes, podendo silenciá-los ou ativá-los. A epigenética inclui o estudo de como esses padrões de expressão gênica são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão de genes durante a diferenciação de um tipo de célula; e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. Daí o nome: Epi (do grego), que quer dizer “acima de, sobre”, que enfatiza a característica dos mecanismos epigenéticos “acima da sequência ou sobre a sequência do DNA”, não envolvendo, portanto, a sequência do DNA.



Além dos aspectos que acabamos de problematizar, relacionados à Teoria da Evolução, conforme comentamos inicialmente, os diversos sentidos que o termo evolução possui costumam ser um desafio em nossa sala de aula, o que, muitas vezes, dificulta nossos objetivos no ensino do tema. Assim, não podemos fugir dessa discussão. É isso que veremos na próxima seção.

# Roteiro de Ação 1

## Evolução: idas e vindas de uma ideia bem-sucedida

**Duração prevista:** 100 minutos

**Assunto:** Evolução

**Objetivos:**

- discriminar teorias evolutivas de noções sobrenaturais sobre a origem das espécies;
- discutir as evidências materiais que reforçam a evolução por seleção natural e descartam as hipóteses fixistas e de evolução independente;
- reconhecer as contribuições de Lamarck, Darwin e outros cientistas para a formação da atual Teoria Sintética da Evolução.

**Pré-requisitos:** Conceito biológico de espécie.


**Material necessário:** Texto impresso do estudo dirigido.

**Organização da classe:** a atividade pode ser feita individualmente, ou em pequenos grupos. Sugerimos trabalhar em grupos de dois alunos, de forma a favorecer a troca de ideias entre eles.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.





Professor, chamamos a atividade deste roteiro de *estudo dirigido*, pois ela é constituída de informações e questões que levam o aluno a raciocinar sobre determinado assunto, de forma que a cada questão respondida sua compreensão aumenta. Após cada questão, mais informações e perguntas propõem um novo raciocínio e levam a um aprofundamento do tema. Essa metodologia provoca um maior envolvimento do aluno com o conteúdo da aula, porque sua participação na forma de leitura, discussão e escrita é continuamente requisitada. As questões são propostas de forma a compor desafios que o aluno possa resolver depois de refletir com seus colegas e professor. Para isso ele usará as informações dadas e seus conhecimentos prévios sobre o assunto.

Como sabemos, é sempre muito importante comentar as respostas dadas pelos alunos. Isso pode ocorrer ao final da atividade (repassando todas as questões) ou de forma parcial (a cada página, ou a cada questão).



## **EVOLUÇÃO: IDAS E VINDAS DE UMA IDEIA BEM-SUCEDIDA**

Para começar esta atividade, considere a seguinte afirmativa, muito comum hoje em dia: qualquer espécie de ser vivo atual pode ser considerada como uma evidência de que a vida no planeta Terra surgiu uma única vez e que, portanto, todas as espécies possuem um ancestral comum. A espécie humana não foge a essa regra.

Êpa! Essas são afirmações muito fortes e precisam ser testadas.

Um bom cientista deve pensar em outras hipóteses antes de buscar cegamente pelas evidências que sustentam sua ideia inicial. É isso o que vamos fazer.

1. Que outras hipóteses podemos elaborar para o surgimento da espécie humana?

---

---

---

---

Provavelmente, os alunos com uma visão literal do Velho Testamento consideram a hipótese fixista em conjunto com a criacionista. Esses alunos diriam que a espécie humana e as demais espécies surgiram no planeta exatamente como são hoje (fixismo) pela ação de uma força divina (criacionismo). Repare que fixismo e criacionismo não são obrigatoriamente interdependentes. É claro que quem acredita em fixismo geralmente é criacionista, porém há várias facetas de um criacionismo que podem aceitar algum tipo de evolucionismo (por exemplo, Deus criou as espécies num dado momento e, a partir daí, a evolução biológica começou). Recomendamos que você discuta apenas a hipótese fixista. Se alguns alunos insistirem em marcar a intervenção divina, sugerimos que você adote a postura de que a ciência não está preocupada em tirar a importância que as pessoas dão a Deus, mas sim de tentar entender o mundo em bases materiais. Qualquer um, inclusive cientista, pode entender e fazer ciência e manter sua fé em forças sobrenaturais. Para maior suporte para esse tipo de questão, veja os textos que indicamos no AVA.

Outra hipótese importante a ser considerada, e que frequentemente os alunos não apresentam, é a da evolução independente. A espécie humana e as demais também seriam fruto de processos evolutivos independentes (isolados). Em outras palavras, cada uma das espécies teria sua história evolutiva independente das demais. Acreditamos que é importante discutir essa hipótese porque ela não se contrapõe à evolução por si, mas sim ao conceito de ancestralidade comum, uma das principais ideias darwinistas.





Durante a maior parte da história da humanidade, a origem das espécies foi explicada por mitos de criação divina. A esse processo chamamos **criacionismo**. A ciência não tem como confirmar nem como descartar o criacionismo já que ele está baseado apenas em fenômenos sobrenaturais, cuja aceitação depende de fé e não de evidências materiais.

Associado ao criacionismo há outra explicação evolutiva para a origem das espécies, que chamamos de **fixismo**. Nesse caso, acredita-se que as espécies, além de criação divina, são imutáveis. Essa afirmação, por ter uma base material, pode ser questionada pela ciência.


2. Pense e discuta um pouco sobre a hipótese fixista. As evidências materiais que você conhece reforçam ou descartam essa hipótese? Justifique sua resposta.

---

---

---

---



Aqui a ideia é dar espaço para as evidências materiais que rejeitam a hipótese fixista. Provavelmente, alguns alunos vão se referir à presença abundante de fósseis de espécies animais, plantas e de microrganismos em diversos lugares do planeta. É importante acrescentar que à medida que mais fósseis são descobertos, a história da mudanças das espécies fica mais rica em detalhes. Se você tiver oportunidade de usar um computador com eles, pode acessar alguns links, tais como:

<http://www.youtube.com/watch?v=NRHzZaQBisE>

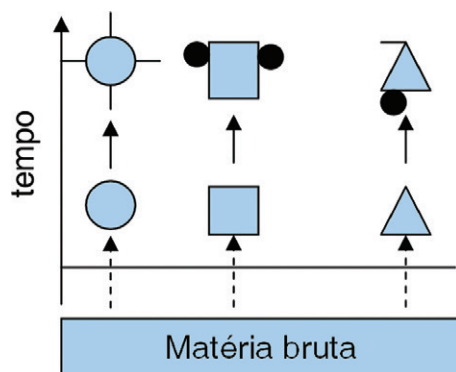
Esse vídeo é uma reportagem do programa Fantástico que trata do achado de um fóssil de tecoldonte no sul do Brasil, um animal que viveu milhões de anos atrás.

<http://www.youtube.com/watch?v=dgfpHi0VoaQ>,

Esse vídeo apresentado na Rede Bandeirantes de Televisão aborda a presença de centenas de fósseis de dinossauros encontrados nas redondezas da cidade de Iturama-MG. A descoberta chamou a atenção de pesquisadores do mundo todo que consideram essa descoberta um fato histórico.



Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) foi um dos primeiros pensadores a perceber que os fósseis são uma forte evidência para a evolução das espécies. Lamarck propôs, no início do século XIX, a seguinte teoria evolutiva: as espécies se originariam por geração espontânea (por transmutação da matéria bruta) de formas bem simples de vida. De acordo com a teoria de Lamarck, ao se depararem com os desafios impostos pelo ambiente à sua sobrevivência, os organismos simples sofreriam modificações sucessivas ao longo do tempo (evolução), adquirindo formas cada vez mais complexas. Vamos chamar essa teoria de Teoria da Evolução Independente. Veja a figura abaixo, que esquematiza essa ideia. Repare que cada espécie evolui de maneira independente das demais.



**Figura 1:** Seres vivos se transmutam da matéria bruta e evoluem com o passar do tempo para formas com maior complexidade, de forma independente.

Neste texto uma história mais fiel a Lamarck é resgatada. Vale a pena conferir, para que não atrelemos essa importante figura histórica apenas à ideia de herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso. Confira:

RODRIGUES, Rodolfo FC; SILVA, Edson Pereira. Lamarck: fatos e boatos. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 285, p. 68-70, 2011.



Rejeitar a hipótese da evolução independente é um pouco mais complicado.


3. Se cada espécie (extinta ou atual) tivesse evoluído independentemente das demais, a chance de haver estruturas corporais semelhantes entre elas seria alta ou baixa? Justifique sua resposta.

---

---

---

---



Talvez seus alunos precisem de um pouco de ajuda aqui. Antes de dar a resposta correta, é interessante pedir que eles pensem na própria ascendência – pai, mãe, avós – e em seus irmãos. Se não houvesse uma herança biológica que passasse dos pais para os filhos, qual seria a chance de irmãos se parecerem entre si e com os pais? Esse exemplo não é uma comparação perfeita com a evolução das espécies por ancestralidade comum, mas serve a nossos propósitos. Provavelmente, depois de analisarem o exemplo, eles vão perceber que em uma evolução independente, a chance de haver semelhanças é bem mais baixa se comparada à evolução por ancestralidade comum.



## **Você sabe dizer qual mecanismo de evolução Lamarck defendia?**

Lamarck afirmava que, após a geração espontânea, cada espécie evoluiria por herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso. Ou seja, se o ambiente exigia que um organismo usasse excessivamente um órgão para sobreviver e que essa mesma exigência se repetisse ao longo de muitas gerações, isso poderia implicar no nascimento de filhotes com órgãos mais desenvolvidos nas gerações seguintes. Da mesma forma, o desuso, ao longo de muitas gerações, de um órgão que favorecesse a sobrevivência de um organismo levaria, no futuro, ao nascimento de filhotes dessa espécie com órgãos atrofiados. Esse mecanismo evolutivo foi batizado de herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso.

Hoje sabemos que o uso e o desuso de um órgão podem levar ao seu aumento ou à sua atrofia ao longo da vida de um indivíduo, mas não podem ser transmitidos biologicamente dos pais para os filhos. Em resumo, a herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso é um mecanismo evolutivo superado.

Vamos agora analisar uma afirmação feita no século XIX por um cientista da época. Essa afirmação se propõe a explicar o fato de que patos domésticos possuem patas mais fortes e asas mais fracas do que patos selvagens. Lembre que patos domésticos andam mais e voam menos do que patos selvagens. Eis a frase. *“Presumo que ninguém duvida que estes fatos decorrem do menor uso das asas e do maior uso das patas.”*

4. Essa frase poderia ser creditada a Lamarck? Justifique.

---

---


---

---


Por nossas experiências em sala de aula, acreditamos que essa é uma pergunta mais fácil. É provável que eles associem a frase a Lamarck, que defendia a herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso como mecanismo de evolução.



Sem dúvida, Lamarck teria dado a mesma explicação. Porém, quem disse a frase em questão foi Charles Darwin. A herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso era uma explicação para a transmissão de características entre gerações defendida não só por Lamarck, mas por vários cientistas da época, inclusive Darwin. Porém, Darwin, junto com Alfred Russel Wallace, propôs outro mecanismo de evolução que foi batizado de *seleção natural*.



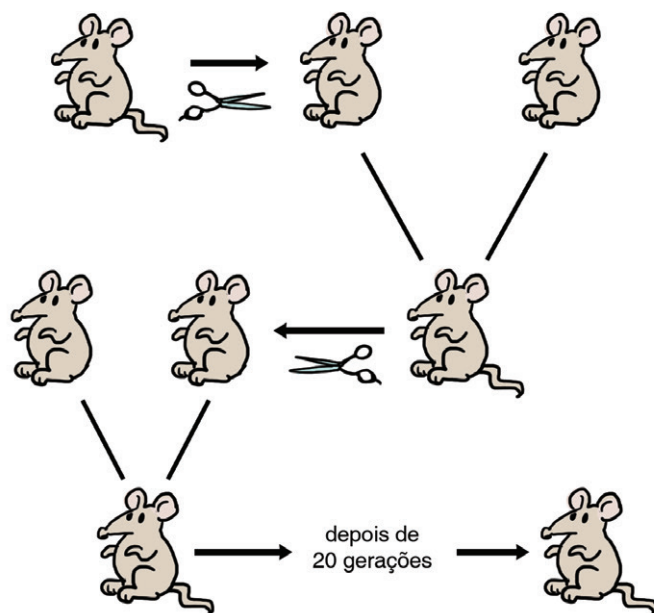
O roteiro de ação “Um presente para Darwin” vai aprofundar o conteúdo relativo à seleção natural.



Darwin foi influenciado pelos criadores de animais (pombos, em especial) e pelo pensamento do economista inglês Thomas Malthus. Os criadores de animais já tinham percebido que havia muita variação entre indivíduos da mesma espécie e que essa variação era herdável, já que os filhotes se pareciam com os pais. Malthus, por sua vez, afirmava que a população humana crescia em progressão geométrica, mas a produção de comida em progressão aritmética. Dessa forma, faltaria comida no planeta para tanta gente. Segundo Malthus, a fome, as doenças e até as guerras restabeleceriam o equilíbrio entre a população humana e os recursos alimentares.

Darwin e Wallace intuíram, de acordo com Malthus, que se os recursos ficam limitados, aqueles indivíduos de uma espécie que tiverem características que lhes permitam usá-los melhor devem conseguir sobreviver e reproduzir mais. Dessa forma, essas características se propagariam para a geração seguinte, tornando-se progressivamente dominantes. Tal processo ocorrendo por muitas gerações poderia levar diferentes variedades de uma mesma espécie a formar novas espécies. Ou seja, duas ou mais espécies se formariam a partir de uma espécie ancestral, pela ação da seleção natural.

Durante a segunda metade do século XIX, a teoria de herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso conviveu com a ideia de evolução por seleção natural. Como vimos, Darwin dava crédito às duas. Em 1883, August Weissmann realizou a seguinte experiência com camundongos em seu laboratório.



**Figura 2** – Experiência com camundongos realizada por August Weissmann.

Toda vez que um camundongo nascia, ele cortava sua cauda. Os camundongos cresciam sem cauda e se reproduziam. A cada nova geração, a cauda era novamente cortada. E isso se repetiu por sucessivas gerações. Weissmann observou, no entanto, que os camundongos das gerações subseqüentes nasciam com caudas do mesmo tamanho da geração anterior antes de serem cortadas.

Hoje em dia, muitas pessoas afirmam que, com o passar do tempo, os futuros seres humanos poderão nascer sem o dedo mínimo do pé, ou sem o dente do siso, porque tanto um como o outro são pouco usados ao longo da vida.

5. Você concorda com isso? De que teoria as pessoas estão lançando mão para fazer esse tipo de previsão? A experiência de Weissmann reforça essa ideia?

---



---



---



---



---

A princípio, o aluno deveria discordar, porque os genes que determinam a construção do dedo mínimo do pé e do dente do siso são transmitidos pelos gametas. Porém, como essas ideias estão muito presentes no senso comum, ele pode acabar concordando. Por isso, é importante explorar esse uso inconsciente da herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso, e reafirmar, usando a experiência de Weissmann, que a falta de uso dessas partes do corpo não modifica a informação genética transmitida pelos gametas.



6. Proponha quais condições deveriam ser satisfeitas para que houvesse uma redução progressiva de dedos mínimos e dentes do siso segundo os princípios darwinistas.

---

---

---

---

---

7. Considerando essas condições, podemos prever se haverá redução/extinção do dedo mínimo ou do dente do siso?

---

---

---

---

---

Neste momento, é importante organizar a cabeça do aluno e sistematizar as condições para que ocorra evolução por seleção natural.

Para que haja seleção natural, lembramos que três condições devem ser satisfeitas:

1. Variação nas características (no nosso caso, pessoas com dedos mínimos de diferentes tamanhos e pessoas com nenhum, um, dois, três ou quatro dentes do siso). Essa condição é observada nas populações humanas.

2. As características devem ser hereditárias. Ao que tudo indica, isso também ocorre, pelo menos em parte. Filhos têm dedos mínimos parecidos com os dos pais. Quando os pais não têm sisos, seus filhos em geral também não têm.

3. Pressão seletiva: para se propagar na população ao longo das gerações, uma característica deve conferir aos seus portadores mais chances de sobrevivência e reprodução. Isso acontece com pessoas cujos dedos mínimos são menores e possuam menos sisos? Parece que não.

Portanto, prever que dedos mínimos do pé e dentes sisos desaparecerão das populações humanas no futuro não tem sentido evolutivo algum. Assim, podemos contribuir para que os alunos re-elaborem suas concepções prévias acerca do uso da herança de características adquiridas por uso e desuso como teoria evolutiva.



Em 1894, o canadense George Romanes cunhou o termo *Neodarwinismo* para exprimir uma teoria evolutiva calcada na seleção natural, sem a influência da herança de características adquiridas pelo uso e pelo desuso. Apesar disso, essa teoria de herança manteve adeptos até os anos 1930. Com o advento da Genética, na virada do século, e, mais tarde, da Biologia Molecular, ficou claro que o veículo da herança biológica era o DNA presente nos gametas (células reprodutivas). Dessa forma, foi possível realizar a síntese evolutiva que integrou em uma só teoria a seleção natural, a herança genética e a origem de novas espécies (especiação).



## Roteiro de Ação 2

### Por que somos parentes de todos os seres vivos?

**Duração prevista:** 100 minutos

**Assunto:** Evolução

**Objetivos:**

- identificar características da espécie humana comuns aos demais seres vivos;
- compreender que a presença dessas características é explicada pelo compartilhamento de ancestrais comuns com os demais animais, organismos eucariontes e procariontes;
- construir cladogramas simples que representem os principais eventos da evolução dos seres vivos;
- relacionar as informações dos cladogramas com a construção de categorias taxonômicas abrangentes.

**Pré-requisitos:** conceito biológico de espécie.


**Material necessário:** texto impresso.

**Organização da classe:** a atividade pode ser feita individualmente, ou em pequenos grupos. Sugerimos trabalhar em grupos de dois alunos, de forma a favorecer a troca de ideias entre os alunos.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos e na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.





Este é mais um *estudo dirigido* que elaboramos com a intenção de contribuir para as suas aulas de evolução. Ele segue a mesma proposta do Roteiro de Ação 1, sendo constituído de informações e questões que levam o aluno a raciocinar sobre determinado assunto, de forma que a cada questão respondida sua compreensão aumenta. Após cada questão, mais informações e perguntas propõem um novo raciocínio e levam a um aprofundamento do tema. Essa metodologia provoca um maior envolvimento do aluno com o conteúdo da aula, porque sua participação na forma de leitura, discussão e escrita é continuamente requisitada. As questões são propostas de forma a compor desafios que o aluno possa resolver depois de refletir com seus colegas e professor. Para isso ele usará as informações dadas e seus conhecimentos prévios sobre o assunto.

Como sabemos, é sempre muito importante comentar as respostas dadas pelos alunos. Isso pode ocorrer ao final da atividade (repassando todas as questões) ou de forma parcial (a cada página, ou a cada questão).

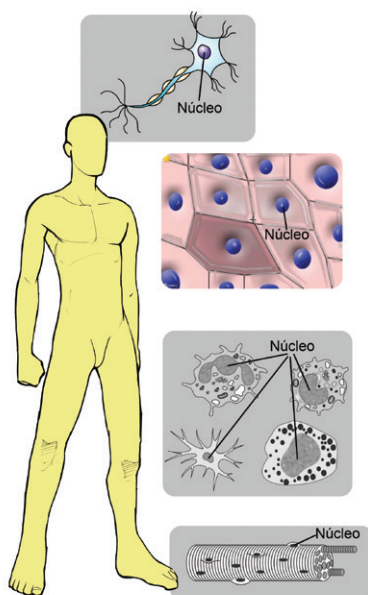


## **POR QUE SOMOS PARENTES DE TODOS OS SERES VIVOS?**

Os biólogos que estudam a evolução biológica afirmam que a espécie humana possui semelhanças com todos os seres vivos e que isso é um sinal de que temos ancestrais comuns com todos os seres vivos. De fato, nosso esqueleto é bastante parecido com o dos símios, especialmente chimpanzés e gorilas. Os registros fósseis sugerem que no passado havia espécies semelhantes a seres humanos e chimpanzés. Esses seriam os ancestrais mais antigos da linhagem humana. São os mais próximos do ancestral comum dos humanos com os chimpanzés. Mas, você pode estar pensando, onde está a semelhança dos seres humanos com as demais espécies? O máximo que eu vejo é uma coluna vertebral igual a do meu cachorro e os bebês humanos também, que são alimentados com leite como um bezerro... Onde estão as semelhanças entre seres humanos, minhocas, plantas e micróbios?

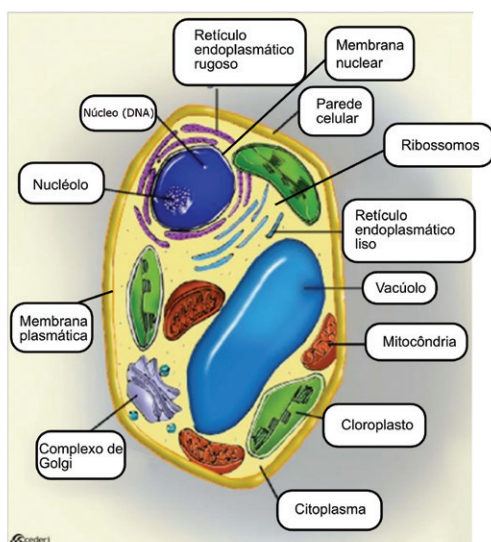
Observe a figura abaixo. O corpo humano é formado por células, assim como o de praticamente todos os seres vivos.

Mas será que as nossas células são parecidas com as células de outros seres?

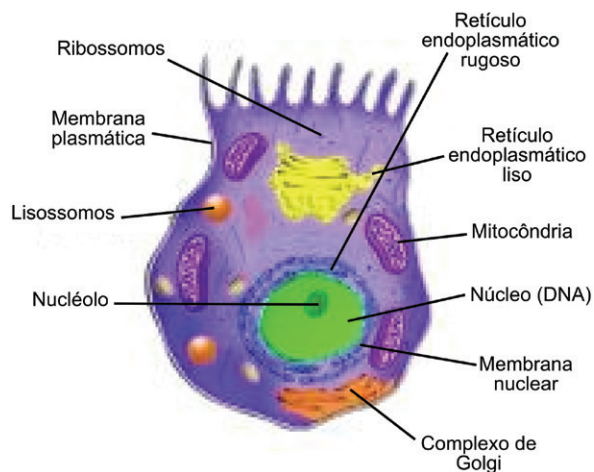


**Figura 1** - Todas as partes do corpo humano são formadas por células. Por exemplo: neurônios (1); células epiteliais, que revestem a pele (2); células de defesa, que circulam no sangue (3); células musculares (4).

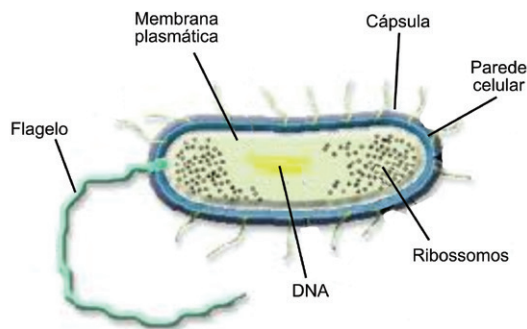
1. Faça uma comparação entre os principais tipos de células de animais, plantas, fungos e de bactérias representados nas imagens a seguir. Em seguida, preencha a tabela que segue.



**Figura 2** - Tipo de célula vegetal e suas organelas.  
[http://teca.cecierj.edu.br/arquivo/imagem/36803\\_th\\_g.jpg](http://teca.cecierj.edu.br/arquivo/imagem/36803_th_g.jpg)

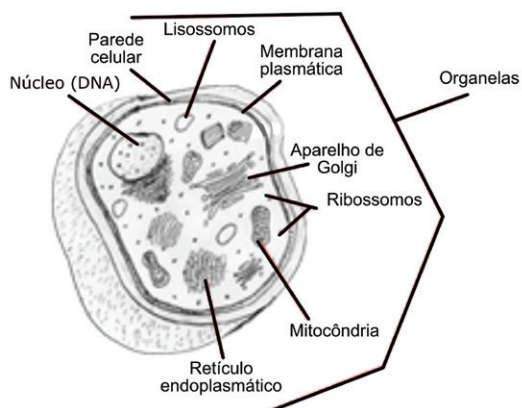


**Figura 3** - Tipo de célula animal e suas organelas.  
[http://teca.cecierj.edu.br/arquivo/imagem/1460\\_th\\_p.jpg](http://teca.cecierj.edu.br/arquivo/imagem/1460_th_p.jpg)



**Figura 4** - Célula de bactéria.

[https://encrypted-tbn2.google.com/images?q=tbn:ANd9GcQQ9sqRjhHEX0hA6FmgGGMHr0PfK6SHU1Qu4HT160qZMGcc\\_Yo8](https://encrypted-tbn2.google.com/images?q=tbn:ANd9GcQQ9sqRjhHEX0hA6FmgGGMHr0PfK6SHU1Qu4HT160qZMGcc_Yo8)



**Figura 5** - Tipo de célula de fungo.

[http://www.peteducation.com/images/articles/ill\\_fungal\\_cell.gif](http://www.peteducation.com/images/articles/ill_fungal_cell.gif)

A partir das imagens observadas acima, preencha a tabela abaixo com as características que você observou em cada tipo de célula.

2. Identifique a célula com maior número de diferenças em relação às demais.

Tipo de célula	Material genético	Membra-na nuclear	Ribossomos	Lisossomos	Retículo	Cloroplasto	Mitocôndria	Envoltórios celulares
Animal								
Plantas								
Fungos								
Bactérias								



Neste momento, consideramos importante trabalhar com o aluno sua capacidade de observação, incentivando-o a perceber as diferenças entre as figuras.


Tipo de célula	Material genético	Membra-na nuclear	Ribossomos	Lisossomos	Retículo	Cloroplasto	Mitocôndria	Envoltórios celulares
Animal	DNA	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Membrana plasmática
Plantas	DNA	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Membrana plasmática e parede celular
Fungos	DNA	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Membrana plasmática e parede de quitina
Bactérias	DNA	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Membrana plasmática, cápsula e parede de peptidoglicanos

Após o preenchimento, ele deve perceber que a célula das bactérias é a que mais se diferencia das outras.



As células das bactérias (chamadas de procarióticas) são as que mais diferem das outras células. Observe: elas são tão distintas das células animais, vegetais e dos fungos (conhecidas genericamente pelo nome de células eucariotas) que poderíamos alegar que sua evolução foi completamente independente delas...

Será mesmo? Ao olharmos com atenção, verificamos que essa célula possui um material genético (DNA). Sabemos que esse material genético controla a produção de proteínas por um processo praticamente idêntico ao de qualquer outra célula, inclusive as nossas. Então, em outras palavras, bactérias fabricam proteínas a partir do DNA do mesmo jeito que qualquer célula eucariota.



Nos artigos disponíveis nos links a seguir, o aluno pode entrar em contato com pesquisas aplicadas que se baseiam nas semelhanças no código genético entre todas as espécies. <http://www.infoescola.com/biologia/engenharia-genetica/> e

<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/evolucao-e-religiao>.

Professor, nossa experiência em sala de aula mostra que os termos procarioto (a), eucarioto (a), procarionte, eucarionte, procariótico (a) e eucariótico (a) causam confusão entre os alunos e, por vezes, dificultam o entendimento do assunto.

Assim, pensamos ser adequada a elaboração de um pequeno glossário com esses termos e suas definições. Por exemplo:

Procarioto ou procariota - Substantivo.

O mesmo que procarionte. É o organismo que não apresenta núcleo. O material genético está no citoplasma.

Procariótico (a) - Adjetivo que se refere ao procarionte.

Exemplo: Procarionte é aquele organismo que possui célula procariótica.

Eucarioto ou eucariota - Substantivo. O mesmo que eucarionte. É o organismo que tem núcleo, organela que guarda o material genético.

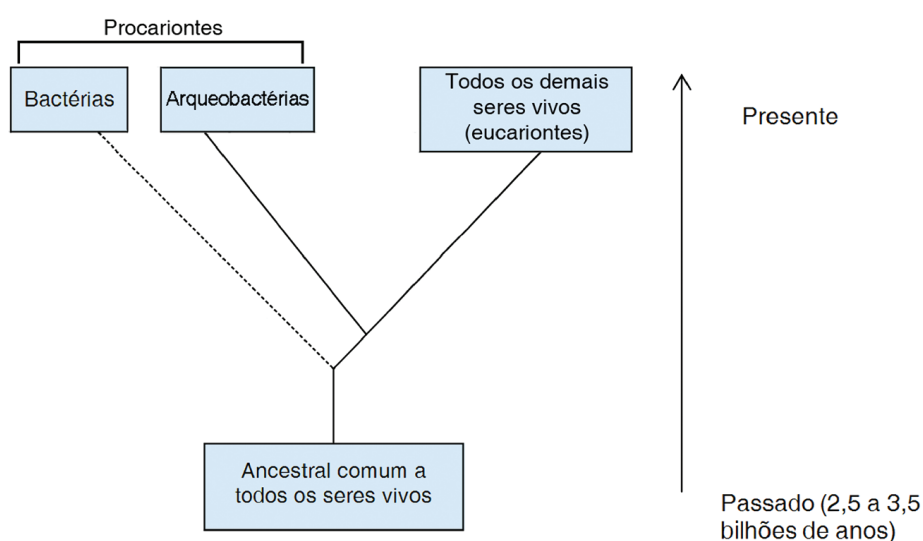
Eucariótico (a) - Adjetivo que se refere ao eucarionte.

Exemplo: Eucarionte é aquele organismo que possui célula eucariótica.



Resumindo, todos os seres vivos são formados por células que possuem um mesmo código genético. Além disso, as bactérias produzem energia (ATP) a partir do alimento por processos também muito semelhantes aos dos demais seres vivos. Essas são evidências de que todos os seres vivos, inclusive a espécie humana, surgiram de apenas um ancestral comum. Portanto, essas evidências sugerem aos cientistas que a vida deve ter surgido na Terra apenas uma vez, e a partir daí acumulou diferenças que deram origem à enorme diversidade de seres vivos que hoje conhecemos. Os registros fósseis indicam que esse ancestral comum deve ter existido entre 3,5 e 2,5 bilhões de anos atrás.

Vamos tentar retratar esses fenômenos usando um gráfico conhecido também como árvore da vida ou cladograma.



**Figura 6** – Cladograma que representa a evolução de bactérias, arqueobactérias e eucariontes.

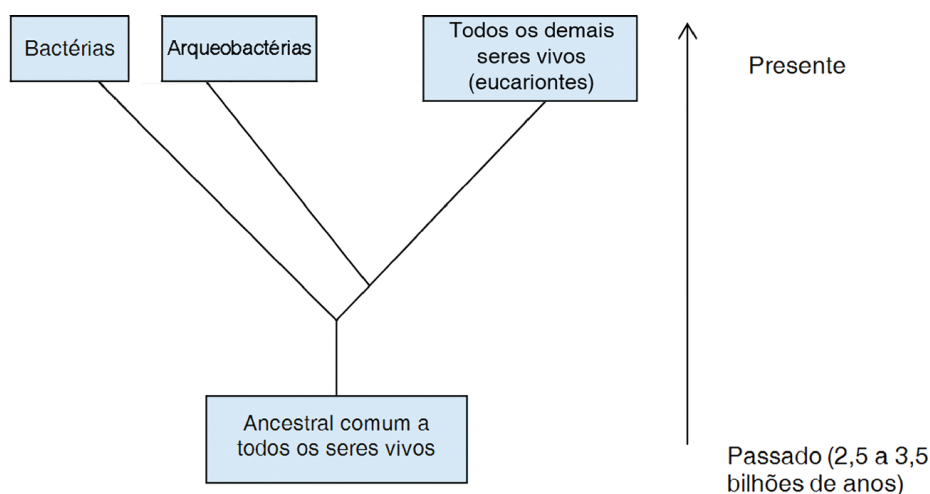
Esse cladograma retrata o ancestral comum a todos os seres vivos, que surgiu entre 2,5 e 3,5 bilhões de anos. Com o passar do tempo, algumas populações dessa espécie ancestral acumularam diferenças, formando duas novas espécies. Uma delas dá origem às bactérias, representada pela linha pontilhada do cladograma. A outra população se diferencia, mais tarde, em dois novos grupos: arqueobactérias e eucariontes. Veja a linha contínua do cladograma.

3. Olhando para a árvore da vida representada na Figura 6, responda: quem tem ancestral comum mais recente com os eucariontes? Bactérias ou arqueobactérias?

Essa pergunta simples tem por objetivo começar a treinar o aluno na análise de um cladograma. Ele deve perceber que as arqueobactérias têm ancestral comum mais recente com os eucariontes.

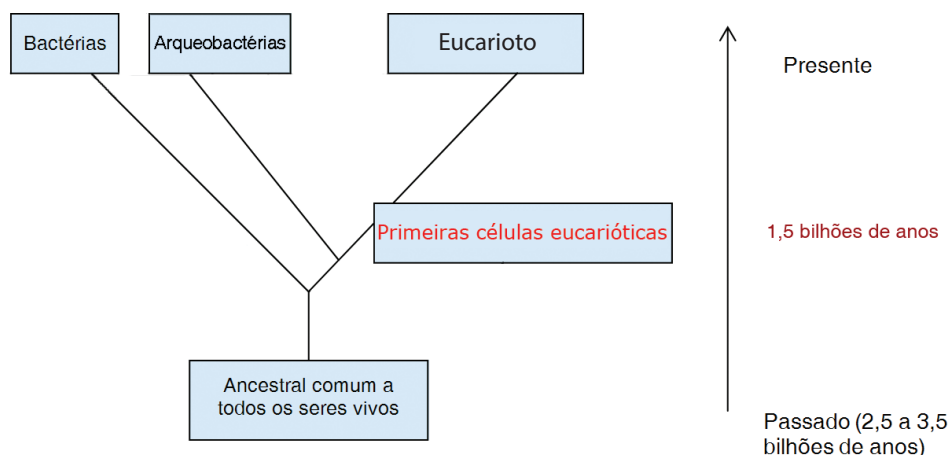


4. As primeiras células eucarióticas aparecem entre os fósseis há mais ou menos 1,5 bilhões de anos. Insira essas informações no diagrama abaixo.



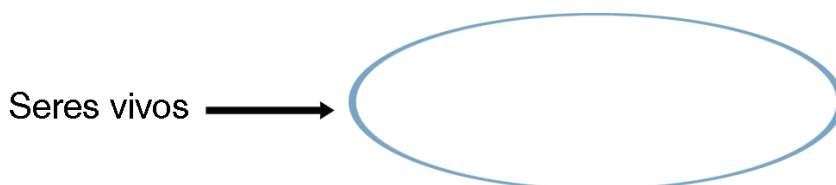


Professor, veja o que esperamos do aluno com esta questão:

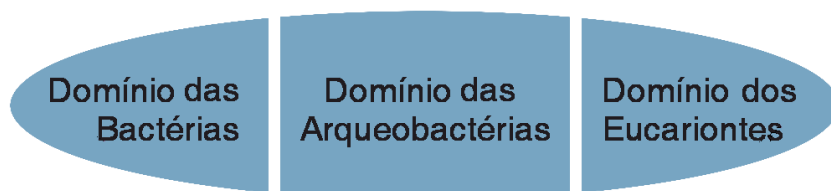


A história evolutiva de bactérias, arqueobactérias e dos demais organismos chamados de eucariontes, que possuem células com membrana nuclear, levou os cientistas a dividir os seres vivos em três domínios: bactérias, arqueobactérias e eucarionte.

5. Represente essa divisão dos seres vivos em um diagrama de conjuntos, indicando os domínios citados acima.

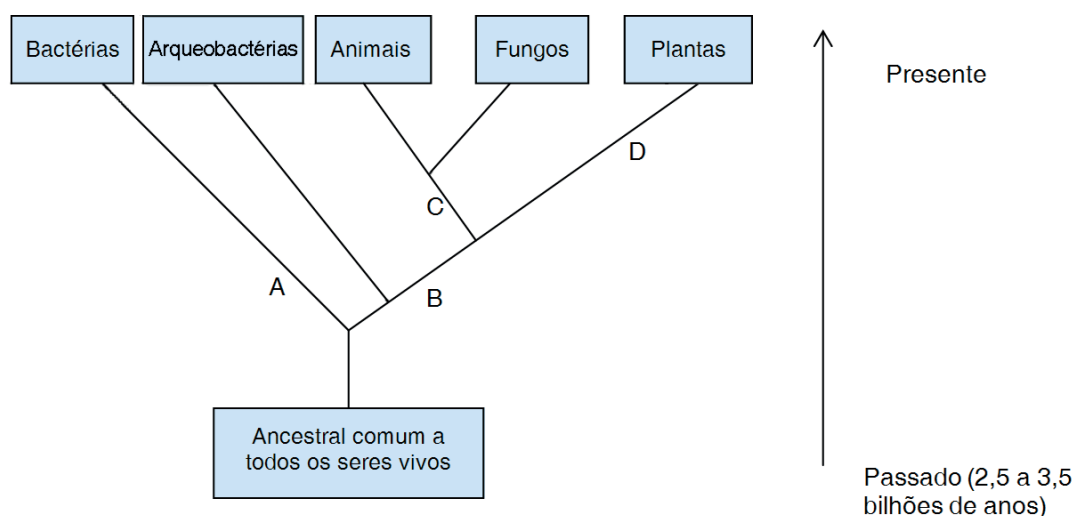


Aqui queremos apenas estimular os alunos a relacionar a diversidade e sua classificação com a teoria dos conjuntos que está na base da ideia de classificação.



Prestemos mais atenção agora às células eucarióticas. Retornemos às imagens e à tabela que você preencheu anteriormente.

As diferenças entre esses tipos celulares levaram os cientistas a aperfeiçoar a árvore da vida, que agora tem a seguinte forma:



**Figura 7** – Cladograma que descreve a evolução e o parentesco de bactérias, archeobactérias e eucariontes. As letras A, B, C e D serão usadas na Questão 6, a seguir.

O domínio dos eucariontes foi dividido em quatro reinos: animais, fungos, plantas e protistas. Excluimos o reino protista da árvore da vida porque uma parte das espécies desse reino tem ancestral comum com as plantas e a outra parte com os animais e fungos. Portanto, a história evolutiva dos protistas é por demais complicada para ser representada no cladograma.

Repare na tabela que a mitocôndria (uma organela celular) está presente nas células de todos os eucariontes.

6. Qual letra presente na árvore da vida acima melhor reflete o momento do surgimento da mitocôndria entre os seres vivos eucarióticos?

---

---



A ideia é trabalharmos bem a análise de um cladograma. Esperamos que os alunos respondam letra B.



7. Faça o mesmo para o surgimento do cloroplasto. Analise os dados da tabela e diga qual letra presente na árvore da vida acima melhor reflete o momento do surgimento do cloroplasto entre os seres vivos eucarióticos?

---

---



A ideia é trabalharmos bem a análise de um cladograma. Esperamos que os alunos respondam letra D.



Dessa forma, verificamos que as células de todos os seres vivos, inclusive as nossas, possuem muitas semelhanças. A única explicação possível, até o momento, que a ciência tem para essas evidências é de que todos os seres vivos compartilham um único ancestral comum.

## Roteiro de Ação 4

### A origem da mitocôndria

**Duração prevista:** 100 minutos

**Área de conhecimento:** Biologia

**Assunto:** Evolução

**Objetivos:**

- compreender a teoria endossimbiótica sobre a origem da mitocôndria na célula eucariótica primitiva;
- compreender que a presença da mitocôndria nas células dos organismos de diversos reinos é explicada pelo compartilhamento de ancestrais comuns;
- mostrar que as relações simbióticas (de cooperação) são uma força extremamente importante no processo evolutivo das espécies;
- identificar a possibilidade de interferência dos seres vivos sobre o meio ambiente e vice-versa;
- exemplificar as interações constantes entre os seres vivos e o meio ambiente.

**Pré-requisitos:** conhecimento introdutório aos diferentes tipos celulares (procariontes e eucariontes) e aos organismos autotróficos e heterotróficos.

**Material necessário:**

- Pacote básico do jogo *Célula adentro*, disponível em: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>, contendo:
- tabuleiro do jogo *Célula adentro* (1 tabuleiro por grupo);
- regras e glossário (1 por grupo);
- caderno do professor (1 por turma);
- 1 caderno de anotações para cada equipe (dupla/trio) (pode ser substituído por uma folha de caderno);

- 1 conjunto de cartões do Caso 2, “Hóspede do Barulho”, por grupo;
- 1 conjunto de cartões de solução ou azar por grupo;
- cartão de solução do caso (1 por turma);
- 4 peões e 1 dado por grupo;
- relógio com cronômetro.

**Organização da classe:** grupos de quatro a doze alunos trabalhando em duplas ou trios.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Jogar em sala de aula é uma ótima oportunidade para ensinar de forma lúdica e estimular o trabalho em grupo, não é verdade? *Célula adentro* é um jogo de tabuleiro desenvolvido por professores da Universidade Federal Fluminense e pesquisadores da Fiocruz, no Rio de Janeiro. É um jogo investigativo que tem por objetivo convidar os alunos a serem mais ativos no processo de aprendizagem.

Este jogo foi formulado baseando-se na abordagem do aprendizado pela solução de problemas (*Problem Based Learning* – PBL). Neste tipo de estratégia, os estudantes devem colaborar para resolver situações-problema. A cooperação em sala de aula pode promover uma aprendizagem mais ativa, estimulando o pensamento crítico, desenvolvendo capacidades de interação, negociação de informações e resolução de problemas.

Para conhecer o jogo em todos os detalhes, você precisa acessar: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>. Lá você encontra um pacote básico contendo as regras do jogo bem especificadas, o tabuleiro e os materiais necessários para a sua realização.

Você verá que o jogo *Célula adentro* é composto por cinco casos distintos. Cada um aborda um tema específico da Biologia Celular. Para nós, o caso que interessa neste momento é o Caso 2 – “Hóspede do Barulho”, que aborda a origem da mitocôndria nas células eucarióticas partindo da teoria endossimbiótica. Assim, esse caso permite explorar aspectos como: a presença da mitocôndria nas células dos organismos de diversos reinos, relações ecológicas (simbióticas; de cooperação) que podem ser uma força importante no processo evolutivo das espécies; interferência dos seres vivos sobre o meio ambiente e vice-versa.

Antes de realizar a atividade é importante ler as regras com bastante atenção. As regras estão disponíveis no pacote básico do jogo, que pode ser baixado em: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>.

Normalmente, existe competição nos jogos. Este jogo, entretanto, propõe uma forma diferente de competição: contra o tempo, e não contra um adversário específico! De forma resumida, cada grupo de alunos será desafiado a resolver um caso, por meio da coleta, interpretação e discussão de pistas. Para isso, os grupos vão se dividir em equipes, que vão movimentar seus peões pelo tabuleiro e coletar cartas de pistas (no total existem dez pistas). Passados trinta minutos, a coleta das pistas estará encerrada e as equipes terão vinte minutos para discutir e chegar a uma solução. A ideia é que os alunos cheguem à conclusão de que a mitocôndria teve origem na simbiose da célula eucariota com uma bactéria.

#### **Como são as regras do jogo:**

- Grupos de quatro a doze alunos, divididos em duplas ou trios (equipes), recebem um tabuleiro. As equipes posicionam seus peões nos locais marcados como *Início* nos tabuleiros;
- Escolhe-se um jogador “banqueiro” para entregar e recolher as cartas de pistas e os cartões

de sorte ou azar às equipes nos momentos adequados;

- O cartão do caso “Hóspede do Barulho” é lido em voz alta para todos os participantes;
- As equipes deverão movimentar seus peões ao longo do tabuleiro para obter as cartas de pistas que estarão nos compartimentos destacados no tabuleiro;
- Cada equipe joga o dado na sua vez e move seu peão por tantas casas quanto forem os pontos sorteados. Não precisa tirar o número exato do dado para poder parar e pegar uma carta de pista;
- A equipe deverá ler e fazer anotações daquela carta de pista e devolvê-la para o aluno banqueiro. É importante lembrar que a carta de pista não tem relação com o local em que foi retirada;
- No tabuleiro encontram-se diversas casas representadas por uma pequena lupa. Ao cair em uma dessas casas, a equipe deverá retirar um cartão de sorte ou de azar (com uma lupa no verso);
- As equipes não estão competindo entre si, mas contra o relógio. Vão ter trinta minutos para coletar o máximo de pistas possível;
- Ao final desse período, as equipes terão mais vinte minutos para relatar às outras o que encontraram em suas pistas e escrever juntas a solução do caso.

Note que nesse modo de jogar não há um jogador ou equipe vencedora. Ou todos ganham ou todos perdem. No entanto, o mais importante de tudo é que os alunos tenham se motivado e raciocinado. O aprendizado será garantido na discussão ao final da partida.

Para o sucesso do jogo, nós professores desempenhamos um papel fundamental antes, durante e após a partida. Como o tempo de aula é normalmente curto, é importante uma rápida separação dos grupos e uma explicação clara das regras do jogo. Sugerimos que a divisão dos grupos seja feita em aula anterior.





## DESVENDANDO UM CASO

O corpo humano possui dentro de suas células evidências da evolução de todos os seres vivos. Isso só é possível porque todos os seres vivos compartilham um ancestral comum. Além disso, dentro das células também há evidências da evolução específica da célula eucariótica (célula com núcleo), como é o caso da mitocôndria. Lembra da mitocôndria, aquela organela capaz de gerar energia?

Hoje vocês serão convidados a resolver uma investigação científica: desvendar a origem e contar a história evolutiva dessa organela. Como? Através do jogo *Célula adentro*. É um jogo de tabuleiro estilo “detetive”, para desvendar os mistérios da célula. O objetivo do jogo é encontrar uma solução para a pergunta do Caso “Hóspede do Barulho”. Para ajudar vocês, no tabuleiro estão escondidas dez pistas. Cada pista só poderá ser fornecida à equipe que ingressar em cada um dos dez compartimentos da célula destacados no tabuleiro. Coletando e discutindo as pistas, as equipes deverão, juntas, elaborar a resposta mais completa baseada nas evidências contidas nas pistas.

A partir de agora, vamos começar uma corrida contra o tempo!

1. Material necessário para a realização do jogo:
  - 1 tabuleiro do jogo *Célula adentro*;
  - 1 ficha de anotações por dupla/trio;
  - 1 conjunto de pistas (atenção: não olhe as pistas antes do jogo começar. Cada pista terá seu momento apropriado de leitura);
  - 1 conjunto de *cartões de solução ou azar*;
  - peões (1 peão por dupla/trio);
  - 1 dado;
  - 1 cartão do caso “Hóspede do Barulho”;
  - regras do jogo/glossário.



### 2. Regras do Jogo:

#### Divisão dos grupos

Você já deve ter formado um grupo de quatro a doze pessoas, de acordo com a orientação do seu professor. Agora, para facilitar o trabalho, dentro do seu grupo, forme uma dupla, ou trio, que será a sua equipe até o fim do jogo. Vocês todos juntos vão tentar encontrar a solução do caso. O inimigo

será o tempo!

Escolham um jogador “banqueiro”, para entregar às equipes e recolher, nos momentos adequados, as *cartas de pistas* e os *cartões de sorte ou azar*.

### **Iniciando**

Um integrante do seu grupo irá ler o *cartão do caso* em voz alta, enquanto os outros prestam atenção. Cada dupla/trio do grupo deverá posicionar seu peão em um dos quatro locais marcados como *início* no tabuleiro. Todas as equipes lançam os dados uma única vez: aquela que obtiver o maior número de pontos começará o jogo. As demais equipes jogarão no sentido horário.

### **Movimentando-se no tabuleiro**

As equipes deverão movimentar seus peões ao longo do tabuleiro para obter as pistas. Cada dupla/trio joga o dado na sua vez e move seu peão por tantas casas quanto forem os pontos sorteados. As trilhas de casas estão marcadas no tabuleiro. Chegando em um compartimento celular (casas coloridas destacadas: Matriz; Mitocôndria; Membrana; Golgi; Retículo; Núcleo; Lisossomo; Peroxissomo; Centríolo e Citoesqueleto), a equipe recebe uma *carta de pista*.

Se o número obtido no lançamento do dado ultrapassar o necessário para entrar no compartimento contendo as pistas, a equipe terá a opção de dispensar os números restantes e consultar sua *carta de pista*.

Uma vez que os alunos só poderão chegar à resposta para a pergunta do caso por meio da análise das pistas que receberão ao longo da caminhada pelo tabuleiro, antes de começar o jogo é importante salientar que eles precisam coletar e ler com atenção o maior número de pistas possível. Muitas vezes, eles ficam ansiosos para encontrar a solução do caso e acabam não pegando as pistas.



### Pistas

Cada compartimento contém uma pista diferente, que deverá ser lida e discutida pela equipe (dupla/trio). As conclusões da discussão de cada equipe deverão ser registradas no *caderno de anotações*. Uma vez lida, a pista tem de ser devolvida para o aluno banqueiro. **Não é permitido aos jogadores consultar mais de uma pista ao mesmo tempo.** Para voltar a consultar uma determinada pista, a dupla/trio deverá se deslocar pelo tabuleiro novamente até o compartimento correspondente.

É importante lembrar que a carta de pista não tem relação ao local em que foi retirada.

Como você pode ver nas regras do jogo, os alunos recebem um caderno de anotações para registrar as pistas e depois poder tirar conclusões. Assim, além da leitura atenta das pistas, é preciso orientar os alunos para que escrevam no caderno de anotações apenas um resumo da pista. Eles não devem copiar a pista, pois isso comprometeria o dinamismo do jogo. Além disso, é importante frisar que ao apresentar uma proposta de solução para cada Caso, os alunos devem incluir explicitamente as evidências, a partir das pistas, que os levaram a formular aquela hipótese.



### Casas de Sorte ou Azar

No tabuleiro encontram-se diversas casas representadas por uma pequena lupa. Ao cair em uma dessas casas, a equipe deverá retirar um *cartão de sorte ou azar* (com uma lupa no verso). Esses cartões podem, de algum modo, oferecer ajuda (avançar casas, consultar mais pistas, etc.) ou atrapalhar (perdendo jogadas, por exemplo). As instruções contidas no cartão devem ser obedecidas, e o mesmo deve ser devolvido ao fim da pilha de *cartões de sorte ou azar*. Caso se trate de um cartão dando direito a consultar o professor, o cartão poderá ser guardado pela equipe até o momento em que decidir usá-lo, quando então será devolvido à pilha de cartões.

É comum os alunos solicitarem sua ajuda para entender as pistas. Procure não responder imediatamente e estimular a discussão dentro do grupo. A menos que eles tenham uma carta de sorte “ajuda do professor”. A busca autônoma das respostas pelos alunos estimula a discussão nas equipes e, em geral, à medida que vão conseguindo outras pistas, suas dúvidas são esclarecidas.



### **Final do Jogo**

Lembrem-se: as equipes não estão competindo entre si, mas contra o tempo. São dez cartas de pista e trinta minutos de jogo!

Ao final desse período, o aluno banqueiro deverá entregar ao professor as pistas, e as equipes terão mais vinte minutos para relatar às outras equipes o que encontraram em suas pistas. O grupo deverá, então, escrever junto a solução do caso no *caderno de anotações* (é necessária apenas uma solução por grupo).

A idéia do jogo é que os alunos tenham tempo para ler, interpretar, discutir e raciocinar para poder elaborar suas próprias conclusões. Os problemas de interpretação que eventualmente permanecerem até o fim da partida serão sanados no momento da discussão, após a partida.

O momento de escrever a solução também é de fundamental importância para que os alunos desenvolvam e pratiquem a interpretação, síntese e articulação de idéias. Mesmo que não cheguem à solução totalmente correta, a discussão em grupo é sempre uma boa oportunidade para organizar, consolidar e estruturar as idéias.



Após esse período de vinte minutos, o grupo deverá entregar a solução do grupo ao professor e ler a solução do caso contida no **caderno de soluções para o seu grupo**. Devem **ver e discutir com o professor se a resposta proposta estava correta, ou se teriam alguma evidência a acrescentar**. Se a resposta estiver correta, o grupo vence o jogo e a *solução* do caso poderá ser lida em voz alta para a turma.

Boa sorte!

É nesse momento que nós, professores, desempenhamos um papel fundamental: discutir as dúvidas dos alunos acerca dos conteúdos das pistas e levantar questões sobre a origem da mitocôndria como um evento único e que é mais uma prova da ancestralidade comum entre os seres vivos. É interessante também trabalhar o conceito de que a competição não é a única força evolutiva. Neste jogo, abordou-se a importância da simbiose na evolução dos seres eucariotos. Para isso, é importante coordenar a discussão, apresentando pista por pista, para garantir que as dúvidas, questionamentos e curiosidades em relação ao vocabulário, aos gráficos, experimentos e o papel de cada pista no caso (quais as pistas-chaves) sejam abordados.

Cabe a você também receber e avaliar as diferentes soluções apresentadas pelos alunos, assim como guiar uma rica discussão ao final do jogo. Em muitas soluções, mesmo corretas, pode aparecer uma visão evolutiva dirigida pela necessidade. Ex: *“Quando a mitocôndria ainda era uma bactéria, ocorreu um acúmulo de  $O_2$  na atmosfera. Mas este se tornou tóxico, pois o  $O_2$  gera radicais livres, que danificam as células e suas estruturas, com isso as células **precisariam de uma organela para a função respiratória, para que não viessem a morrer**”*. Veja que o aluno conseguiu perceber que a mitocôndria era uma bactéria, porém, estabeleceu um raciocínio evolutivo incorreto. O momento da discussão é uma excelente oportunidade de discutir esse problema com a turma.



Como sugestão, após a discussão você poderá passar o Ato I (*Origem da mitocôndria*) do vídeo *A mitocôndria em 3 atos*, produzido pelo grupo da Bioquímica Médica da UFRJ (link para o vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=ReH3ReD0T9M>) acesso em:10/07/2013.



## Roteiro de Ação 4

### Um presente para Darwin

**Duração prevista:** 100 minutos

**Área de conhecimento:** Biologia

**Assunto:** Seleção natural

**Objetivos:** compreender como funciona a seleção natural, por meio de um jogo com representações dos conceitos de fenótipo, variabilidade intraespecífica, pressão seletiva, seleção natural e adaptação.

**Pré-requisitos:** conhecimentos de vocabulário específico (população biológica, fenótipo, genótipo, variabilidade intraespecífica, adaptação, camuflagem).

#### Material necessário por grupo de trabalho:

- 2 copos de vidro ou plástico transparente
- 180 peças de plástico ou papel em seis cores diferentes. São 30 peças de cada cor, divididas da seguinte forma:
  - 1 conjunto com 10 peças de cada cor, totalizando 60 peças;
  - 6 conjuntos com 20 peças de cor única.
- cronômetro (relógio ou celular)
- tabuleiro (uma folha de papel de presente estampado colada sobre cartolina)
- roteiro da aula
- relatório para registro e análise dos resultados

**Organização da classe:** grupos de no mínimo três e no máximo seis alunos.

#### Descritores associados:

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos e na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



*Um presente para Darwin* é um jogo de tabuleiro para entender a seleção natural. Ele pode ser construído pelo professor, pelos alunos ou em conjunto, com materiais de baixo custo.

Os tabuleiros são, na realidade, folhas de papel de presente. Usamos o tamanho comumente encontrado nas papelarias, de 45 X 56 cm. Você pode variar o estampado dos papéis (servem quaisquer papéis que apresentem estampados com desenhos de diferentes cores). Use, por exemplo, três ou quatro estampados diferentes para uma mesma turma (haverá repetição de desenhos, mas isso não é um problema). Cole o papel sobre uma folha de cartolina para deixá-lo mais resistente.



Papéis de presente colados em cartolina são os tabuleiros do jogo.



Cada grupo precisa ter, além do seu tabuleiro feito de papel de presente, o seguinte material:

- **180 peças de plástico ou papel em seis cores diferentes. São 30 peças de cada cor, divididas da seguinte forma:**
  - **1 conjunto com 10 peças de cada cor, totalizando 60 peças;**
  - **6 conjuntos com 20 peças de cor única.**

Para fazer as peças, você pode usar: “confetes” de papel colorido feitos com um furador; miçangas ou contas coloridas (usadas para fazer bijuterias); grãos (arroz, lentilha, ervilha, feijão); pedaços de cartolina recortados em diferentes formas e cores. É importante que as peças sejam de formatos diferentes, algumas mais fáceis de serem pegadas com as pontas dos dedos do que outras. Além disso, é fundamental que pelo menos uma das cores se camufle quando estiver sobre o papel de presente e as outras fiquem mais aparentes.



Peças de papel feitas com o furador.



Exemplo do conjunto de 60 peças, em 6 cores (na bandeja, à esquerda), e dos 6 conjuntos de cor única (dentro dos sacos plásticos, à direita). As peças são contas de plástico para bijuteria e círculos de papel.

Depois do material pronto, sugerimos que você jogue uma partida para testar o jogo antes de aplicá-lo em sala de aula.

Conheça a dinâmica deste jogo, que permite ao professor a oportunidade de trabalhar os conceitos de: fenótipo, variabilidade intraespecífica, seleção natural e evolução.

Veja as regras:

1 – A realização do jogo acontece com duas partidas. Para cada partida, um dos alunos do grupo será o coordenador, outros dois alunos representarão predadores. Como são duas partidas, se forem seis alunos no grupo, eles podem se revezar nesses papéis. Se for um número menor do que seis, alguns podem participar das duas partidas.

2 - O tabuleiro de papel de presente, representando um ambiente, é colocado sobre uma superfície plana. Os predadores ficam em torno do tabuleiro. Suas posições são fixas. Eles devem conseguir alcançar qualquer parte do tabuleiro apenas estendendo os braços. Cada um deles segurará um copo, mantendo-o próximo à sua barriga.

3 - O aluno coordenador espalhará, aleatoriamente, o conjunto de sessenta peças sobre o tabuleiro. São seis cores diferentes, sendo dez peças de cada cor. Além da diversidade de cor, as peças são também de materiais diferentes e apresentam formas diversas. Essas características das peças representam a variabilidade encontrada entre organismos da mesma espécie, a variabilidade intraespecífica. O conjunto de sessenta peças representa a população de uma espécie de organismos que acabou de chegar a certo ambiente. Nesse novo ambiente, a espécie encontrará predadores.

4 - O aluno coordenador prepara-se para marcar o tempo de predação. Isso significa o tempo em que será permitido aos predadores recolherem peças que estão sobre o papel. Essa predação será executada da seguinte maneira: os predadores recolhem as peças durante dez segundos. Cada peça coletada é colocada dentro de um copo. A coleta é realizada com apenas uma das mãos. A outra mão sustenta o copo junto à barriga. Só é permitido coletar uma peça de cada vez. Cada peça é colocada dentro do copo antes de se coletar a próxima. O coordenador avisa quando o tempo estiver terminado.

5 - Ao final dessa primeira partida, as peças que não foram coletadas representam os organismos sobreviventes. Elas permanecem sobre o tabuleiro. Nesse momento, todos os alunos do grupo se ajudam. Eles precisam contar quantos foram os sobreviventes de cada cor e anotar o resultado. A forma mais prática de fazer isso é contar as peças *de cada cor* que estão dentro dos copos (organismos predados, mortos) e subtrair do número inicial de dez peças de cada cor.

6 - Agora, é preciso que os sobreviventes se reproduzam. Para isso, o número de sobreviventes de cada cor deve ser multiplicado por dois. Esse valor representa o número de filhotes *de cada cor* da primeira geração. Os alunos usam as peças dos conjuntos de cor única para acrescentar os filhotes de cada cor da primeira geração no ambiente. Todo o grupo precisa calcular a reprodução desses sobreviventes e esse resultado também deve ser anotado.

7 - Neste momento, é importante somar e anotar o número de sobreviventes com o número dos filhotes. Assim, os alunos saberão quantas peças estão sobre o tabuleiro. Elas representam o número de organismos da segunda geração.

8 – Hora da segunda jogada: o coordenador mistura as peças que ficaram sobre o tabuleiro (sobreviventes) com as que foram colocadas (filhotes da primeira geração). Depois, ele verifica o posicionamento dos predadores, lembra que os copos devem estar vazios e comanda a predação. O tempo e a forma de predar seguem o padrão da primeira jogada.

9 – Novamente, todo o grupo trabalha, calculando e anotando o número de sobreviventes após a segunda jogada. Eles contam quantos foram os sobreviventes *de cada cor* e anotam o resultado. Novamente, a forma mais prática de fazer isso é contar as peças *de cada cor* que estão dentro dos copos (organismos predados, mortos) e subtrair do número de indivíduos da população inicial da segunda geração.

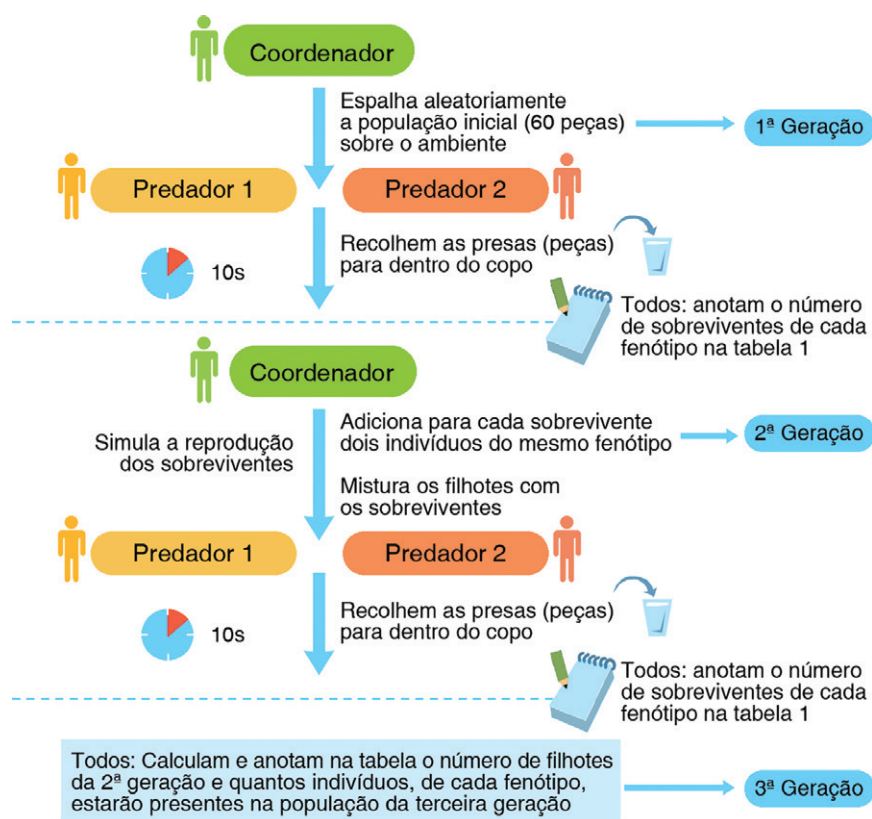
10 – Mais uma vez, é preciso que os sobreviventes se reproduzam. Para isso, o número de sobreviventes *de cada cor* deve ser multiplicado por dois. Esse valor representa o número de filhotes *de cada cor* da segunda geração. Todo o grupo precisa calcular a reprodução desses sobreviventes e esse resultado também deve ser anotado.

11 - Por fim, o grupo calcula e anota o número de organismos da terceira geração, somando o número de sobreviventes com o número de filhotes da segunda geração.

O grupo pode recolher as peças e organizá-las da forma como as recebeu. Mas, o trabalho ainda não terminou.

O grupo utilizará os dados produzidos ao longo das partidas para refletir e relacionar certos acontecimentos observados durante o jogo com a seleção natural e a evolução. É um ótimo momento para descobrir se os alunos entenderam os conceitos. Ajude-os a perceber que a seleção natural não ocorre totalmente ao acaso. Nesse processo, as características (variedades fenotípicas) que garantem a sobrevivência e aumentam as chances de reprodução permanecem presentes na população. Portanto, são positivamente selecionadas, são escolhidas. Os resultados do jogo podem ser usados como exemplo dessa situação.

Visão geral do jogo:



## Um presente para Darwin

A atividade de hoje é um jogo em que o tabuleiro é uma folha de papel de presente. O tabuleiro representa um ambiente que é a nova moradia de um grupo de organismos da mesma espécie, ou seja, uma população. Como você poderá ver, esses organismos são um pouco diferentes entre si. Eles abandonaram sua região de origem porque a comida se tornou escassa. Nesse novo local, eles encontraram boas condições para se alimentar e reproduzir. Mas também encontraram predadores... E agora? Quem sobreviverá?

Para descobrir, você e seu grupo realizarão duas partidas. Para cada partida serão necessários três componentes: um será o coordenador, e os outros dois serão os predadores. O restante do grupo terá a importante tarefa de anotar os resultados.

Os organismos da população que chega ao novo ambiente são representados por sessenta peças de seis cores, formas e texturas diferentes, sendo dez de cada cor. Você recebeu também outros seis conjuntos de peças, separadas por cor, que servirão para representar os filhotes.

O tempo das jogadas deve ser marcado. O cronômetro do relógio, ou do celular, basta.

### **Vamos começar?**

#### **Jogando**

a) Observem a cor, a forma e o tipo de material de que são feitas as peças que representam o grupo de organismos que abandonou sua região de origem, o qual chamaremos de primeira geração. As peças representam indivíduos da mesma espécie com diferentes fenótipos. Confiram o número de peças: devem ser dez de cada cor.

**ATENÇÃO:** É necessário completar a primeira linha das três tabelas do relatório, escrevendo os seis nomes das cores das peças. Tenham o cuidado de colocar os nomes na mesma ordem nas três tabelas. Isso facilitará a comparação final.

#### Primeira partida:

1. Coloquem o papel estendido sobre uma superfície plana.
2. O coordenador eleito pelo grupo espalha, aleatoriamente, as sessenta peças coloridas sobre o papel.
3. Os predadores assumem seus lugares em torno do papel. Cada predador segura o seu copo e não pode sair do seu lugar durante a jogada.
4. O coordenador usa o cronômetro e inicia a partida. Ao seu sinal, os predadores começam a recolher e colocar dentro do copo as peças que estão sobre o papel.

**ATENÇÃO!** Cada predador recolhe uma peça de cada vez e a coloca no copo. Só depois de colocar uma peça no copo, o predador pode recolher outra peça. É importante manter o copo encostado na barriga.

5. A partida dura dez segundos. O coordenador precisa ficar atento para que peças não sejam coletadas depois de terminado o tempo.

Quando acaba a partida, as peças que não foram recolhidas devem permanecer sobre o papel. Elas representam os sobreviventes que conseguiram escapar dos predadores. Vamos descobrir quem e quantos são eles? Façam assim:

1. Separem as peças recolhidas pelos predadores (os mortos) por cor. Depois contem o número de cada cor.
2. Agora, subtraíam de dez o número de mortos de cada cor. Dez era o número inicial de cada cor, lembram-se?
3. Pronto! Vocês agora já sabem quem e quantos são os sobreviventes.
4. Anotem os números dos sobreviventes na tabela que vocês receberam.

Depois do ataque dos predadores, tudo volta à calma... O ambiente tem bastante alimento, água e abrigo. Os sobreviventes começam, então, a ter filhotes!

5. Simulem essa reprodução. Coloquem sobre o papel, para cada peça sobrevivente, duas outras peças da mesma cor. Isso mesmo! Cada sobrevivente teve dois filhotes!
6. Anotem o número de filhotes na tabela.

#### Segunda partida

1. O coordenador mistura os filhotes com os sobreviventes, espalhando aleatoriamente as peças sobre o papel. É hora de somar o número de sobreviventes com o número de filhotes de cada cor. O resultado dessa soma é o número de organismos da segunda geração. Anote na tabela da segunda geração.
2. Repitam as estratégias de contagem do tempo (dez segundos) e captura das peças (predadores sem sair do lugar, copo junto ao corpo, recolhendo uma peça de cada vez).

Agora vocês já sabem como fazer para descobrir quem e quantos são os sobreviventes após essa segunda jogada.

Vamos contar?

1. Contem o número de mortos de cada cor.
2. Subtraíam o número de indivíduos de cada cor da segunda geração *menos* número de mortos de cada cor. Pronto! Já sabemos quem são os novos sobreviventes!
3. Anotem esses números na tabela da terceira geração. Eles representam o número de indivíduos da terceira geração.

Terminou o jogo! Arrumem o material utilizado, deixando o ambiente organizado.

Peguem a folha chamada Relatório, onde estão as tabelas que vocês já preencheram. É hora de todo o grupo se unir para responder as perguntas, se preparando para a discussão final.

## Um presente para Darwin - Relatório para o grupo

As tabelas abaixo foram preenchidas durante as partidas do jogo, certo?

1ª geração (1ª partida)

Fenótipos (cores)						
Número de organismos da 1ª geração	10	10	10	10	10	10
Número de sobreviventes						
Número de filhotes						

2ª geração (2ª partida)

Fenótipos (cores)						
Número de organismos da 2ª geração						
Número de sobreviventes						
Número de filhotes						

3ª geração (Apenas calculamos, não há 3ª partida)

Fenótipos (cores)						
Número de organismos da 3ª geração						

## Análise dos resultados

1. Comparem o número de organismos de cada fenótipo da 1ª, 2ª e 3ª gerações e respondam as questões a seguir.

a) Qual peça apresentou o maior número de organismos sobreviventes na 1ª geração?

---

b) Qual peça apresentou o menor número de organismos sobreviventes na 1ª geração?

---

c) Qual peça apresentou o maior número de organismos sobreviventes na 2ª geração?

---

d) Qual peça apresentou o menor número de organismos sobreviventes na 2ª geração?

---

e) Qual peça apresentou o maior número de organismos sobreviventes na 3ª geração?

---

f) Qual peça apresentou o menor número de organismos sobreviventes na 3ª geração?

---

2. Descubram se:

- há tipos com *maior* número de organismos do que outros na 3ª geração;
- há tipos com *menor* número de organismos do que outros na 3ª geração;
- algum tipo desapareceu.

Anotem suas observações:

---

---

---

---

3. No jogo executado por vocês, existem elementos e acontecimentos que podem ser relacionados com certos conceitos biológicos. Preencham a tabela abaixo, identificando-os.



Conceito biológico	Definição do conceito	Evento ou elemento do jogo que representa o conceito
Variabilidade intraespecífica	São as variações existentes em uma população. Essas variações aparecem como diferentes fenótipos em certa população. Quase todas as populações apresentam variação genética em muitas características.	
Seleção natural	A seleção natural é o mecanismo pelo qual as características (variedades fenotípicas) que garantem a sobrevivência e aumentam as chances de reprodução permanecem presentes na população (porque são hereditárias).	
Adaptação da espécie	Uma adaptação constitui uma característica fenotípica que ajudou a população a se ajustar às condições ambientais.	
Evolução da espécie	A evolução biológica é uma mudança populacional que ocorre entre gerações, podendo levar ou não à formação de novas espécies. No processo de evolução, a espécie vai mudando em função de pressões seletivas.	

Se você preferir, pode criar um só documento, unindo instruções e relatório para cada grupo. Dessa forma, as três tabelas ficariam distribuídas entre as instruções. Isso poderia facilitar as anotações para os alunos. Porém, obrigará você a preparar um documento mais extenso para cada vez que aplicar a atividade. Optamos por sugerir dois documentos, de modo que as instruções possam ser recolhidas e reutilizadas por você em outras turmas. Assim, cada vez que fizer a atividade com seus alunos, você precisará reproduzir apenas o relatório, um documento de duas páginas para cada grupo.

Depois de realizado o jogo, os resultados obtidos podem ser apresentados por cada grupo para a turma. Esse é um bom momento para evidenciar a ocorrência de uma seleção na coleta das peças, representando a seleção natural. Após essa apresentação, os alunos responderiam o item 2 do relatório.

No momento de fazer a Parte 3 do relatório, alguns alunos encontram dificuldades no preenchimento do quadro. Podemos ajudar, lendo com eles e usando esse momento para a discussão final da atividade.

As células preenchidas e aquelas que o seu aluno deve completar na tabela da Parte 3 são mera sugestão. Você pode modificar essa questão, adequando-a aos seus objetivos.

Por exemplo, se quiser oferecer um desafio maior aos alunos, você poderá deixar as duas colunas em branco para seu aluno preencher, ou apenas a coluna da direita.

Conceito biológico	Definição do conceito	Evento ou elemento do jogo que representa o conceito
Variabilidade intraespecífica	São as variações existentes em uma população. Essas variações aparecem como diferentes fenótipos em certa população. Quase todas as populações apresentam variação genética em muitas características.	Representada pelas diferentes cores, materiais e formatos das peças que compõem a população inicial.
Seleção natural	A seleção natural é o mecanismo pelo qual as características (variedades fenotípicas) que garantem a sobrevivência e aumentam as chances de reprodução permanecem presentes na população (porque são hereditárias).	É representada pelo evento em que determinadas peças são menos coletadas do que outras (menos predadas) por causa de certas características que apresentam. Nesse caso as espécies são selecionadas em função da sua capacidade de camuflagem.
Adaptação da espécie	Uma adaptação constitui uma característica fenotípica que ajudou a população a se ajustar às condições ambientais.	Representada pelas características das peças que determinam a sua permanência em maior quantidade sobre o papel.
Evolução da espécie	A evolução biológica é uma mudança populacional que ocorre entre gerações, podendo levar ou não à formação de novas espécies. No processo de evolução, a espécie vai mudando em função de pressões seletivas.	Representada pelos eventos que levaram à composição fenotípica da 3ª geração, diferente das anteriores por causa da coleta diversificada e reprodução maior de alguns fenótipos.

Professor, para elaboração dessa atividade utilizamos como referência o capítulo "Investigating Natural Selection" encontrado no livro:

KENNEDY, Donald et al (Working Group on Teaching Evolution, National Academy of Sciences). *Teaching about evolution and the nature of science*. National Academy Press, Washington, DC, 1998.

Esse livro tem versão gratuita em arquivo pdf para residentes no Brasil. Está disponível em: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=5787](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=5787)

Se você tiver interesse, vale a pena ler!



## Unidade 4

# MÚLTIPLOS USOS DA PALAVRA EVOLUÇÃO

A palavra *evolução* tem significados distintos. Veja, por exemplo, a definição de evolução do dicionário *Aurélio*:



Evolução: s.f. Desenvolvimento ou transformação de ideias, sistemas, costumes, hábitos, seres orgânicos e inorgânicos. / Medicina: sucessão das manifestações de uma doença. / Giro ou circuito de aves ou aviões: a esquadrilha brindou a data com evoluções admiráveis. / Manobra dos navios de uma esquadra. / Movimento do corpo nos exercícios ginásticos. / Bras.: Movimentação coreográfica típica dos blocos carnavalescos ou escolas de samba ao desfilar com seus passistas e pastoras.



Nossa experiência pedagógica (e, provavelmente, a sua também) sugere que antes de ensinar Evolução Biológica é preciso definir esse termo no contexto da Biologia e identificar as diferenças para as outras aplicações da palavra evolução. É isso que buscamos fazer daqui em diante.

## Evolução e desenvolvimento

Diante dos diversos significados do termo evolução, em contextos distintos, no ensino de Biologia, inicialmente, devemos discriminar os termos *evolução biológica* e *desenvolvimento*.

Em Biologia, *desenvolvimento* é a mudança que ocorre ao longo da vida de um indivíduo, enquanto a *evolução biológica* é uma mudança populacional que ocorre entre gerações, podendo levar ou não à formação de novas espécies.

Você pode, em sala, usar o exemplo da altura dos alunos. Ao longo da adolescência eles crescem em tamanho. Isso faz parte de seu *desenvolvimento*: uma *mudança individual*. Por outro lado, a turma tem uma altura média determinada pela altura de cada aluno. Caso a reprodução fosse realizada, preferencialmente, pelos alunos mais altos (ou mais baixos), a média de altura na próxima geração deveria aumentar (ou diminuir): uma *mudança populacional*.

Essa variação na média de uma característica da população (no caso, a altura) ao longo das gerações é o que caracteriza a *evolução biológica*. Repare que com esse simples exemplo nós pode-

mos identificar as três pré-condições da seleção natural, que é o principal mecanismo de evolução biológica:

- a variação dos indivíduos em uma população;
- a hereditariedade da variação (filhos de pais altos tendem a ser altos);
- a pressão seletiva favorecendo a reprodução de alunos mais altos ou mais baixos.

Entre as definições do dicionário *Aurélio*, você deve ter percebido também a associação de *evolução* com a palavra *transformação*. Talvez seja útil reservar a palavra transformação para uma ideia de mudança mais geral.

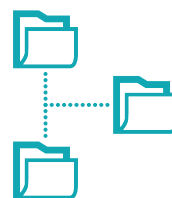
Tudo na natureza se transforma. Mas como? O desenvolvimento é um tipo de transformação, a evolução biológica é outro. A Terra e a cultura humana também se transformam. Porém, cada um desses processos de transformação ocorre em tempos diferentes e obedece a regras próprias. Por outro lado, há interações entre eles.

Em um de nossos roteiros de ação vamos mostrar como a cultura interferiu na evolução biológica da linhagem humana.

## Roteiro de Ação 5

### Como uma mudança na dieta permitiu que você resolvesse uma equação de 2º grau.

Neste roteiro de ação, sugerimos um estudo dirigido que mostra como o domínio do fogo e o cozimento dos alimentos resultaram na diminuição da dentição e no aumento do volume cerebral da linhagem humana ao longo dos últimos dois milhões de anos.



## Evolução, progresso e melhoria

Apesar da definição do dicionário não ter explicitado, a palavra evolução também evoca as noções de progresso e melhoria. É provável que essa noção derive das mudanças tecnológicas a que estamos todos imersos, como, por exemplo, a evolução do computador. Para desfazer essa relação obrigatória entre evolução biológica e melhoria, você pode mostrar que as extinções são o fenômeno evolutivo mais comum ao longo da história da vida no planeta. Estima-se que a quantidade de espécies extintas é mil vezes superior às viventes. Portanto, o que é mais provável de ocorrer com uma espécie é sua extinção. Se a evolução biológica tendesse ao progresso, não haveria extinção das espécies.

Outro argumento importante para desconstruir essa associação comum entre evolução e progresso é que as características selecionadas pelo processo de seleção natural são sempre as mais favoráveis dentro de um conjunto de variações disponíveis numa população, e não características que se mostram perfeitas diante de desafios que o ambiente (que está sempre mudando) apresenta para os organismos. Dessa forma, não há uma condição ótima na qual os organismos e suas características estariam perfeitamente adaptados à vida nessas condições.

Vamos a um exemplo: os animais que conquistaram o ambiente terrestre usam patas para se locomover. Lembrando que as articulações ósseas podem provocar inúmeros problemas, talvez a melhor estrutura para a locomoção fosse algo parecido a uma esteira de trator ou rodinhas. Porém, essas variações não existiam nos ancestrais dos vertebrados terrestres nem dos artrópodes. Permaneceu sobre a terra a melhor estrutura disponível para a locomoção.

## Evolução e aumento de complexidade

Você pode alegar, com razão, que a evolução gera aumento de complexidade. De fato, isso é verificado em várias linhagens evolutivas, como por exemplo, o cérebro na linhagem humana. O problema é que isso nem sempre ocorre.

Animais que passam a viver em ambientes constantes, sem variações nos fatores ambientais, como luz e temperatura, por exemplo, geralmente evoluem para uma redução de complexidade de determinados órgãos de sentido. Manter olhos em um peixe de caverna onde não há luminosidade representa um custo desnecessário para a espécie, pois não manter o olho permitiu aos peixes realocar energia e nutrientes para outras funções, sobrevivendo melhor e deixando mais descendentes.

Incluimos uma oportunidade para discussão do conceito de que o ancestral não necessariamente é mais simples que as outras espécies no roteiro de ação “*Classificando organismos por suas relações de parentesco*”.

## Roteiro de Ação 6

### Classificando organismos por suas relações de parentesco

Neste roteiro, abordamos questões relacionadas à classificação dos seres vivos, e propomos que os alunos identifiquem as relações de parentesco entre animais fictícios e destes com um ancestral comum. A atividade conduz o aluno passo a passo para que, ao final, ele consiga elaborar um cladograma que represente tais relações. Buscamos elaborar uma atividade simples, que dirija os alunos, da melhor forma possível a interpretar e elaborar cladogramas. A partir dessa atividade, pretendemos que os alunos entendam como isso reflete a classificação biológica dos organismos atuais de acordo com suas relações de parentesco. Torcemos para que dê certo com sua turma!



Há também outro roteiro que elaboramos com a intenção de que os alunos tomem intimidade com a linguagem dos cladogramas. Afinal, sabemos que essa não é uma tarefa fácil em nossas atividades de ensino em sala de aula.

## Roteiro de Ação 7

### Quem é nosso primo mais próximo?

Neste roteiro de ação propomos uma atividade simples e bem interessante para discutir a ancestralidade comum, colocando em pauta a famosa confusão: “O homem evoluiu a partir de um macaco ou homens e macacos têm um ancestral comum?” O roteiro permite que o aluno use alguns passos do método científico, buscando formular e testar hipóteses para chegar às suas próprias conclusões. Propomos uma atividade de discussão dessa questão a partir da análise de tabelas e cladogramas e também da construção de modelos com cliques da sequência de genes da hemoglobina de chimpanzés, gorilas e humanos.



A evolução biológica prioriza sempre uma melhor relação custo/benefício, e o aumento de complexidade só será selecionado se, de fato, representar mais benefício em relação aos custos energéticos e nutricionais embutidos. Dessa forma, a seleção natural pode beneficiar diferentes estratégias que mantêm relações custo/benefício equivalentes.

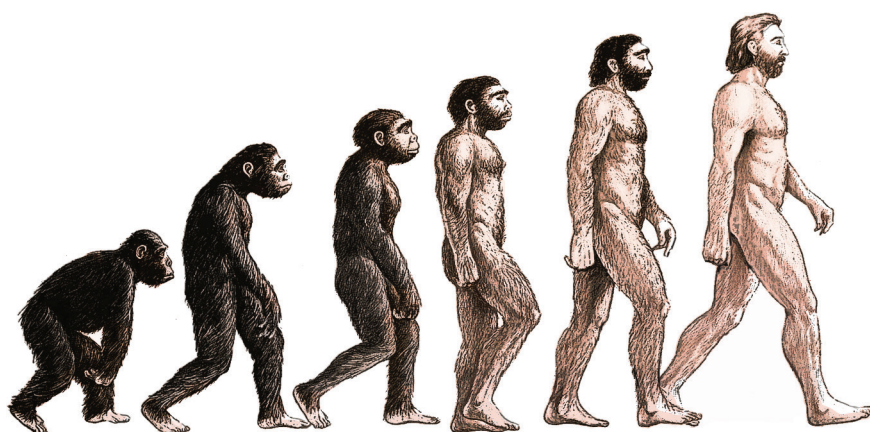
Por exemplo: animais endotérmicos podem viver em ambientes com grande variação de temperatura, mas isso exigirá maior tempo gasto na procura de alimento, enquanto que os ectotérmicos têm uma área de vida mais restrita, mas podem passar mais tempo sem se alimentar. Quem é o mais evoluído? Sob essa ótica essa pergunta deixa de ter sentido, certo?



## ATIVIDADE

### Para discutir no AVA

*Diante dessas reflexões sobre complexidade e progresso, analise a imagem e o texto a seguir:*



**Figura 2:** A imagem representa a “escala natural” para a evolução humana. Esse tipo de desenho faz parte da nossa cultura visual e é amplamente divulgado nos veículos de comunicação de massa.



[...] Além do choque, a tese [de Darwin] obteve sucesso de crítica (dos cientistas), mas não de público, principalmente quando se soube que o desdobramento dessa hipótese levaria à conclusão de que descenderíamos do macaco. [...].

Trecho do artigo de Zuenir Ventura publicado em *O Globo* em 25/02/2009.





*Quais das ideias discutidas em nosso texto estão relacionadas com a imagem e o trecho do artigo? Será que essas representações influenciam as concepções de evolução das pessoas? Discuta suas ideias no fórum.*



SELO UNIVERSIDADE

**evolução  
biológica**

ensino e aprendizagem  
no cotidiano de sala de aula

SILVANA SANTOS

EDUCAÇÃO

FAPESP

ANNA BLUME

Para aprofundar as reflexões, recomendamos a leitura do livro *Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula*, de Silvana Santos. Pelo título já dá para perceber que a autora apresenta diversas questões interessantes que permeiam o ensino de evolução. Além disso, chama o leitor para uma reflexão e avaliação de algumas atividades realizadas em sala de aula sobre o tema e seus desdobramentos. E o melhor é que você pode acessar o trabalho facilmente em:

<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Krf4c6Fb90YC&oi=fnd&pg=PA9&dq=ensino+evolu%C3%A7%C3%A3o&ots=EN8TyI9oD0&sig=pPT0Yh3xQvDzkZi3fTZZWjs8ksA#v=onepage&q=ensino%20evolu%C3%A7%C3%A3o&f=false>

Agora que já vimos aspectos relacionados à Teoria da Evolução e também diversos sentidos que o termo evolução pode ter e que, muitas vezes, tornam nossa prática em sala de aula bastante desafiadora, que tal refletirmos juntos sobre o papel do tema evolução como eixo integrador no ensino de Biologia? É sobre esse papel que nos debruçaremos na próxima seção.

## Roteiro de Ação 5

### Como uma mudança na dieta permitiu que você resolvesse uma equação de 2º grau

**Duração prevista:** 100 minutos

**Área de conhecimento:** Biologia

**Assunto:** Evolução Humana

**Objetivos:**

- identificar modificações ocorridas na dentição, mandíbula e volume cerebral da linhagem humana nos últimos dois milhões de anos;
- compreender a importância que o domínio do fogo e o cozimento dos alimentos tiveram nas modificações orgânicas citadas acima;
- relacionar essa mudança na dieta com a preferência por alimentos doces e macios;
- reconhecer as interações entre aquisições culturais e evolução biológica ao longo da evolução humana.

**Pré-requisitos:** noções de evolução e seleção natural; noções de metabolismo, taxa metabólica e etapas da nutrição animal, como digestão e absorção.

**Material necessário:** texto impresso (estudo dirigido) e vídeo disponível em <<http://teca.ce-cierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=45478>>.

**Organização da classe:** o estudo dirigido pode ser feito individualmente ou em pequenos grupos. Sugerimos, no máximo, quatro alunos, para evitar dispersão.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Professor, temos aqui novamente uma atividade no formato de estudo dirigido. Além do material impresso, recomendamos o uso de uma animação produzida pela Fundação Cecierj sobre evolução humana, disponível em <<http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=45478>>. Nosso objetivo com este roteiro de ação sobre evolução humana é facilitar a compreensão da evolução, pois o interesse dos alunos é maior quando incluímos o ser humano no contexto evolutivo.



Ao longo do estudo dirigido, abordamos a simultaneidade da evolução da dieta, do esqueleto e do cérebro na linhagem humana, que parece ter sido influenciada não só pela seleção natural, mas também por aquisições culturais.

Dessa forma, esse estudo serve como modelo para mostrar aos alunos que dois processos de mudança distintos e com mecanismos próprios (um biológico e outro cultural) podem interagir de forma a esculpir uma única trajetória evolutiva (no caso a evolução da linhagem humana). Podemos dizer que essa é a lição final deste estudo dirigido e recomendamos que você realce esse aspecto.

Como em todo estudo dirigido, é sempre importante comentar as respostas dadas por seus alunos. Isso pode ocorrer ao final da atividade (repassando todas as questões) ou de forma parcial (a cada página ou a cada questão), especialmente se você perceber que os alunos estão encontrando mais dificuldade. A decisão é sua!



## **COMO UMA MUDANÇA NA DIETA PERMITIU QUE VOCÊ RESOLVESSE UMA EQUAÇÃO DE 2º GRAU**



Para iniciar esta atividade, você vai assistir a uma animação, que está disponível em <<http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=45478>>.

1. A partir da animação, você deve ter percebido que há três importantes diferenças entre os crânios de *Australopithecus* e os nossos, os *Homo sapiens*. **Anote-as no espaço abaixo.**

---

---

---

---

---

Professores, esperamos, com essa pergunta, que os alunos listem as seguintes diferenças: aumento do cérebro, diminuição da dentição e diminuição da mandíbula.



Vamos falar inicialmente sobre o cérebro. Você sabia que o cérebro é formado por células que consomem muita energia? Pois é, as células nervosas consomem NOVE vezes mais calorias do que a média das demais células do corpo.

2. Será que isso pode ter sido um problema para os nossos ancestrais, que ao longo das gerações tiveram cérebros cada vez maiores? Como eles poderiam conseguir essa energia extra? Dica: para responder essa questão, pense no que você deveria fazer para obter mais energia.

---

---

---

---

Os alunos provavelmente vão responder que deveríamos comer mais. O dado real é que as células nervosas consomem nove vezes mais quilocalorias por hora por quilo de peso do que a média das outras células do corpo (9,63 contra 1,07).



Comparando chimpanzés e humanos hoje, verificamos que os chimpanzés comem duas vezes mais comida do que nós, apesar de pesarmos até 57% a mais que eles.

3. A partir dessa informação, sua resposta para a questão anterior continua a mesma? Que outra hipótese você pode formular?

**Dica:** pense na qualidade energética dos alimentos.

---

---

Nossa intenção aqui é que os alunos percebam que comer mais não é a resposta mais adequada para explicar o aumento do cérebro ao longo de nossa evolução. Com a dica esperamos que eles pensem que para o cérebro crescer deve ter sido necessária uma dieta baseada em alimentos mais calóricos.



Vamos analisar a tabela a seguir, que lista alguns tipos de alimentos que, provavelmente, estiveram disponíveis aos nossos ancestrais: carnes, frutas, legumes, raízes e verduras.

**Tabela 1** - Calorias dos alimentos (em 100 gramas).

Alimento	Calorias
Carnes	
Peixe assado ou grelhado	292
Peixe cru	211
Alcatra frita	235
Costeleta de porco	483
Coxa de frango	144
Frutas frescas	
Banana-da-terra	117
Goiaba vermelha	43
Mamão maduro	36
Melancia	24
Tangerina	50
Legumes, raízes e verduras	
Abóbora	40
Agrião	28
Batata-doce assada	143
Cenoura crua	45
Cenoura cozida	54

Fonte: Modificada a partir de [http://www.faac.unesp.br/pesquisa/nos/bom\\_apetite/tabelas/cal\\_ali.htm](http://www.faac.unesp.br/pesquisa/nos/bom_apetite/tabelas/cal_ali.htm). Acesso em: 21 jun. 2012.

4. Calcule a média de calorias para cada tipo de alimento (carnes; frutas frescas; legumes; raízes e verduras). Para isso, basta somar as calorias dos alimentos de cada tipo e dividir pelo número de alimentos.

a) Média de calorias das carnes:

b) Média de calorias das frutas:

c) Média de calorias de legumes, raízes e verduras:

5. Considerando os tipos de alimentos disponíveis – carne, frutas, legumes raízes e verduras – qual deles deveria ser o mais usado para obter uma dieta mais calórica para alimentar nosso cérebro, cada vez maior?

Esperamos que os alunos percebam que são as carnes, cuja média de calorias é de 273. Frutas: média de 54 calorias. Legumes, raízes e verduras: média de 62 calorias.



Volte à animação e lembre das demais mudanças no crânio que ocorreram ao longo da evolução humana.

6. A diminuição da dentição e da mandíbula que observamos está de acordo com a mudança na dieta que você propôs na questão anterior?

**Dica:** Lembre que nossos ancestrais não tinham garfos e facas. Pense também nos dentes e mandíbulas de animais estritamente carnívoros como os leões e lobos.

Esperamos que os alunos respondam que não, pois seria muito difícil cortar e mastigar carne crua sem dentes e mandíbulas fortes.



Retornemos à tabela e vejamos se podemos pensar em outra hipótese para a provável mudança na dieta que nos permitiu ter um cérebro maior.

7. Compare agora os valores calóricos da cenoura crua com os da cozida e do peixe cru com o grelhado. Pense também na facilidade de mastigação dos alimentos crus e cozidos. Que outra hipótese você pode formular?

---



---



---

Com essa questão, esperamos que os alunos percebam que os alimentos cozidos são mais calóricos e mais fáceis de mastigar. Portanto, a provável mudança na dieta foi passar a cozinhar os alimentos.



Você sabia que o volume total do tubo digestório humano é quase a metade do que seria esperado para um primata do nosso tamanho. Observe a tabela abaixo:

**Tabela 2** – Valores relacionados ao tubo digestivo de diferentes espécies de mamíferos.

Espécie	Tamanho do tubo digestório em metros (a)	Tamanho do corpo em metros (b)	Tamanho relativo do tubo digestório (a/b)	Dieta principal em ordem de importância
Chimpanzé	4,80	0,75	6,40	Frutas, folhas e animais crus
Orangotango	9,00	0,64	14,06	Frutas, folhas e cascas cruas
Humanos	7,2	1,80	4,00	Omnívora (principalmente cozida)

Fonte: valores de tubo digestório estimados a partir de figura encontrada em Stevens CE, Hume ID (1995) Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System, Cambridge University Press. Dados sobre dieta de orangotangos e chimpanzés retirados de <http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/chimpanzee> e <http://www.orangutan.org.uk/about-orangutans/diet>.



8. Que relações você pode estabelecer entre os dados da Tabela 2, nossa dieta cozida e nosso grande cérebro?

---

---

---

---

---

Professor, essa questão é mais difícil e pode ser pulada se você julgar necessário. A resposta é que com uma dieta cozida – mais calórica e mais fácil de mastigar – pode haver uma redução progressiva do tubo digestório. Com essa economia na manutenção desse órgão, foi possível deslocar mais energia e nutrientes para a formação de mais células nervosas.



9. Que outro importante avanço cultural nossos ancestrais devem ter adquirido para realizar essa mudança na dieta?

---

---

---

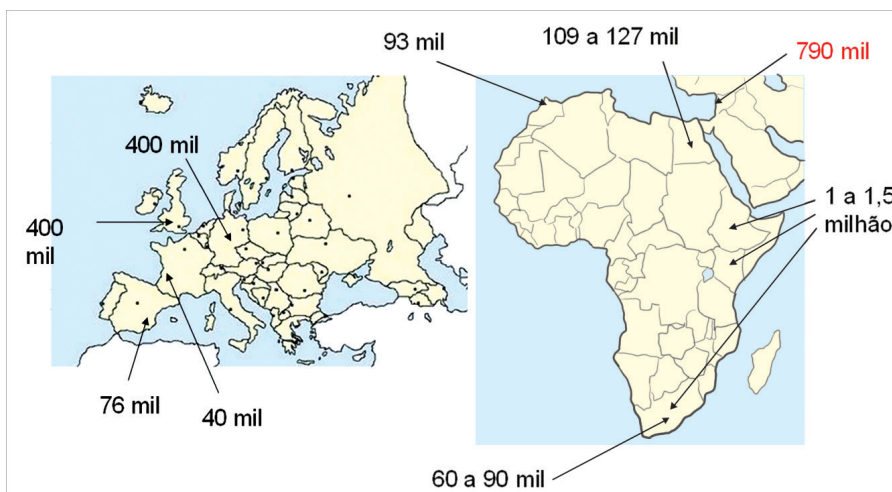
---

---

Controle do fogo.



Observe o mapa e a tabela seguintes.



**Figura 1** - Sítios arqueológicos na Europa, África e Oriente Médio onde há sinais de uso de fogo por ancestrais humanos. As datas se referem há quantos anos esse uso do fogo deve ter ocorrido.

**Tabela 3** – O aumento do tamanho do cérebro dos ancestrais humano ao longo do tempo.

Tempo (anos atrás)	Ancestrais humanos	Volume craniano (cm <sup>3</sup> )
200 mil	<i>Homo sapiens</i>	1400
800 mil	<i>Homo heidelbergensis</i>	1200
1 milhão	<i>Homo erectus tardio</i>	950
1 milhão e 800 mil	<i>Homo erectus primitivo</i>	870
2 milhões	<i>Homo habilis</i> ou <i>Australopithecus habilis</i>	612
4 milhões	<i>Australopithecus</i>	450

10. Analisando a Tabela 3 e o mapa, por qual espécie de nossos ancestrais o controle do fogo deve ter sido adquirido pela primeira vez?

Esperamos que os alunos respondam *Homo erectus*. Professor, os indícios de fogo há 1 e 1,5 milhão de anos são controversos. Porém, como existe um grande aumento do

crânio na transição entre habilíneos e erectus, alguns autores especulam que o fogo e o cozimento dos alimentos deve ter surgido antes disso, provavelmente há dois milhões de anos. Veja a apresentação em PowerPoint, disponível no AVA sob o título “Cozimento e Evolução”, se quiser tirar dúvidas.



Você deve estar se perguntando: por que esses ancestrais iriam preferir comida cozida? Porque eles iriam gastar tempo tentando cozinhar os alimentos? Essas perguntas fazem muito sentido.

É provável que as primeiras fogueiras não tenham sido construídas por nossos ancestrais, mas sim aproveitadas de incêndios espontâneos. Alguém provou a comida cozida por acaso, gostou e passou a ideia adiante. Mas por que gostou? Todos os mamíferos, desde cachorros a gorilas, preferem comidas quentes, macias e doces àsquelas frias, duras e pouco doces. Alimentos à base de amido ficam mais doces quando cozidos. Portanto, temos em nossa mente uma preferência inata para comidas cozidas que herdamos de nosso passado mamífero.

11. Finalizando, podemos dizer que o aumento do nosso cérebro dependeu exclusivamente da seleção natural? Que outros fatores foram importantes para impulsionar essa mudança?

---

---

---

12. De que forma a seleção natural e os fatores que você listou na questão anterior interagem?

---

---

---

---

---

---

Esperamos que os alunos possam responder que a seleção natural não foi a única força a moldar a evolução humana. Além dela, duas aquisições culturais foram fundamentais para que o cérebro crescesse: o controle do fogo e o cozimento dos alimentos. Você pode realçar também que, sem a preferência por comidas quentes, macias e doces que herdamos de nosso ancestral mamífero, o cozimento dos alimentos não teria se propagado. Essas interações podem ficar bem claras com o uso de um mapa conceitual.



A seguir apresentamos duas propostas de questões para avaliação que abordam os conteúdos explorados neste estudo dirigido:


Estima-se que, se os humanos comessem o mesmo tipo de comida crua que os chimpanzés, passariam pelo menos 42% do dia mastigando – cerca de 5 horas por dia. Por que gastaríamos tanto tempo mastigando a comida?

Gabarito: nossos dentes e mandíbula são muito fracos para lidar com a maioria dos alimentos crus.

Explique por que os seres humanos atuais que optam por se alimentar apenas de comida crua tendem a ficar desnutridos. Por exemplo: as mulheres param de menstruar.

Gabarito: porque a comida crua não fornece as calorias e nutrientes necessários à manutenção saudável de nosso corpo.





Professor, esse estudo dirigido foi baseado no livro *Pegando fogo*, de Richard Wrangham, Editora Zahar.

Você pode acessar o resumo das ideias dele nos seguintes sites: <https://super.abril.com.br/ciencia/da-panela-viemos/e> <<http://hypescience.com/25920-cozinhar-nos-tornou-humanos/>>.



## Roteiro de Ação 6

### Classificando organismos por suas relações de parentesco

**Início de Boxe de Ficha Técnica**

**Duração prevista:** 100 minutos

**Área de conhecimento:** Biologia

**Assunto:** Evolução

**Objetivos:**

- compreender que a classificação biológica, de acordo com a sistemática filogenética, além de organizar a diversidade dos seres vivos, mostra as relações de parentesco evolutivo entre diferentes grupos de organismos;
- entender os princípios básicos da classificação usando a sistemática filogenética.

**Pré-requisitos:** habilidades básicas de classificação (observar, comparar e agrupar).

**Material necessário por grupo de trabalho:**

- roteiro com as instruções para o trabalho (um por grupo);
- relatório para registro e discussão dos resultados (individual ou por grupo).










**Organização da classe:** grupos com no mínimo três e no máximo seis alunos.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos e na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Professor, para a realização desta atividade é necessário apenas material impresso com imagens de alguns organismos. Escolhemos trabalhar com animais imaginários. Na tabela a seguir você tem o conjunto completo desses animais. Utilizamos cinco deles nesta aula. O conjunto completo é fornecido para o planejamento de variações desta atividade, se assim você desejar.

Conjunto de animais imaginários	
a 	b 
c 	d 
e 	f 
g 	h 
i 	

O assunto pode ser apresentado na forma de um diálogo com a turma, levando os alunos a refletir sobre a importância e dos métodos de classificação dos seres vivos. O texto abaixo poderá inspirá-lo.

"Quantos tipos de seres vivos você conhece? Cerca de uma centena? Mais? Menos? De fato, a variedade de organismos é muito maior do que uma centena. Os biólogos estimam o número de espécies em dezenas de milhões! E apenas uma pequena parte foi descrita e nomeada pela ciência.

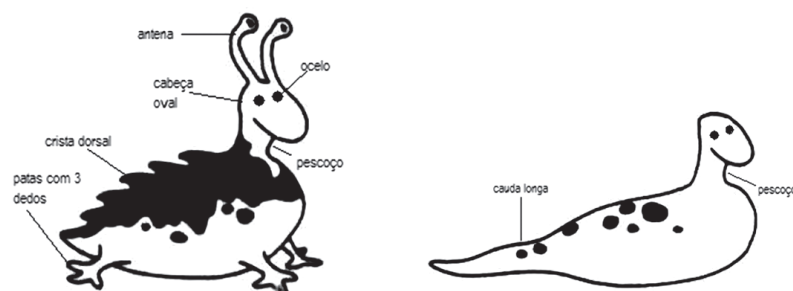
O estudo desse enorme número de organismos exigiu a organização em grupos, ou seja, a classificação desses seres seguindo determinados critérios.

Os primeiros biólogos usavam um método baseado inteiramente na observação da morfologia para classificar os seres vivos: organismos semelhantes em forma ou estrutura eram colocados no mesmo grupo ou em grupos próximos. No entanto, as semelhanças morfológicas nem sempre significam parentesco verdadeiro entre os organismos. Morcegos, besouros e gaivotas, por exemplo, têm asas. Porém, morcegos são mais aparentados com golfinhos, já que ambos são mamíferos; besouros são parentes mais próximos de aranhas, porque ambos são artrópodes; e, gaivotas são mais próximas de galinhas pois as duas são aves.

Em 1858, os trabalhos de Charles Darwin e Alfred Wallace sobre a evolução das espécies foram divulgados, pela primeira vez, para um grupo de cientistas. O reconhecimento de que as espécies podem se modificar com o passar do tempo, originar novas espécies e se extinguir provocaram mudanças no meio científico que possibilitaram o surgimento de outras formas de classificação.

Atualmente, os biólogos usam algumas características morfológicas para estabelecer graus de parentesco entre os organismos, construindo uma história evolutiva para os seres vivos."

Assim, sugerimos que você examine com os alunos as ilustrações dos animais imaginários e mostre as estruturas que serão consideradas para a classificação. Veja as figuras a seguir.



Depois dessa análise, os alunos podem fazer a atividade de forma independente. Assim, a tarefa será também um bom exercício de leitura e compreensão de texto.

Costumamos usar o material para as aulas dividido em dois documentos: introdução e relatório. Dessa maneira, o primeiro documento (introdução) pode ser recolhido e reutilizado em outras turmas. Portanto, cada vez que aplicar a atividade com os



alunos, o professor precisará reproduzir apenas o relatório, um documento menor, para cada grupo. Mas, se você preferir, é possível criar um só documento, unindo introdução e relatório para cada grupo ou para cada aluno. Essa forma, apesar de representar mais gastos, traz a vantagem de entregar para cada aluno o material completo, servindo para estudos posteriores.

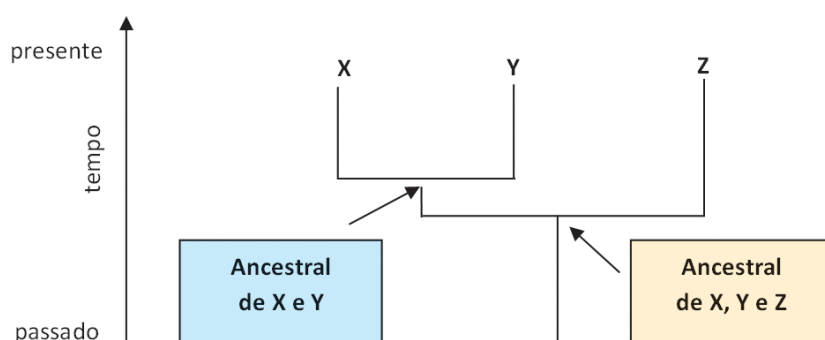
Antes de apresentarmos os documentos, mais um lembrete: se quiser aprofundar sua visão sobre classificação, escolas sistemáticas e sistemática filogenética, você pode consultar o Módulo 1 do Volume 1 do livro *Introdução à Zoologia*, de Nelson Ferreira Junior e Paulo Cesar Paiva. Consórcio Cederj – Fundação Cecierj. 2004.



## **CLASSIFICANDO ORGANISMOS POR SUAS RELAÇÕES DE PARENTESCO - INTRODUÇÃO**

A sistemática filogenética é um método de classificação dos seres vivos que mostra as relações de parentesco entre eles. Por isso, essa sistemática ajuda a contar a história da vida sobre a Terra. Proposta pelo entomólogo (especialista em insetos) alemão Willi Hennig em 1950, ficou mais conhecida no meio científico a partir da década seguinte.

Por meio desse método podemos elaborar esquemas ramificados, chamados cladogramas, que expressam o padrão de semelhanças entre organismos e seu grau de parentesco. Observem o cladograma a seguir:



**Figura 1:** Cladograma representando grau de parentesco entre as espécies X, Y e Z.

As letras X, Y e Z são exemplos de três espécies distintas e aparentadas entre si. Os pontos de ramificação indicados pelas setas significam a formação de novas espécies. O comprimento de cada ramo não mostra quanto tempo se passou. O esquema representa apenas o grau de parentesco entre certo número de organismos.

Assim, esse cladograma nos informa que X e Y têm um ancestral comum não compartilhado com Z, e que este é mais recente do que o ancestral que ambos dividem com Z. Isso significa que X e Y são mais aparentados entre si do que com Z. Portanto, devem ter entre si mais características comuns do que ambos apresentam com Z.

No caso representado na Figura 1, os grupos X, Y e Z são espécies. Mas é importante ter em mente que os cladogramas podem ser utilizados para representar grupos taxonômicos de níveis distintos, tais como: espécies, gêneros, famílias, ordens, classes, filos e reinos.

Preparamos um glossário para que vocês possam lembrar-se de alguns termos importantes para a realização da atividade de hoje. Vejam só:

**Sistemática** – Ramo de estudo da Biologia que busca classificar os seres vivos segundo critérios que variam conforme a escola ou linha de pensamento.

**Especiação** - Conjunto de processos que conduzem ao surgimento de novas espécies.

**Estruturas homólogas** - São aquelas que:

- apresentam formas parecidas (bicos do tucano e do beija-flor);
- apresentam aproximadamente a mesma posição relativa (caudas de sardinhas e tubarões);
- têm a mesma origem embrionária (cérebros de mamíferos).

Afirmar que estruturas de diferentes espécies são homólogas significa dizer que essas espécies têm um ancestral comum, que também apresentava essa estrutura.

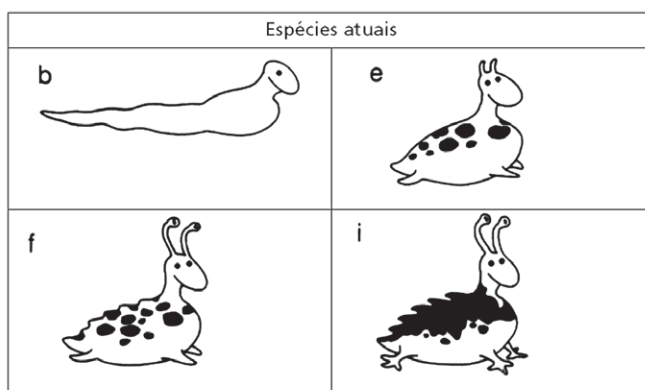
Agora que vocês já leram um pouco sobre sistemática filogenética e a elaboração de cladogramas e relembaram alguns conceitos importantes, estão prontos para elaborar o seu próprio cladograma. Vamos lá!

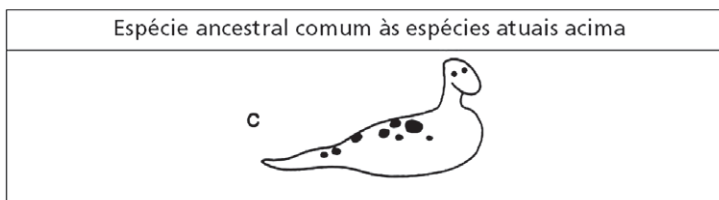
Sugerimos que a atividade seja realizada com, no mínimo, cinco dos modelos de animais apresentados inicialmente, a fim de tornar o trabalho mais diversificado. Nessa proposta, quatro desses animais são considerados espécies atuais (**b, e, f, i**) e um deles é o ancestral comum (**c**). Propositalmente, não indicamos o animal mais simples do grupo como ancestral. Pretendemos provocar uma discussão sobre a noção incorreta, mas muito comum, de que o ancestral de certo grupo é necessariamente mais simples, já que a evolução sempre gera complexidade.



## CLASSIFICANDO ORGANISMOS POR SUAS RELAÇÕES DE PARENTESCO - RELATÓRIO

1. Para construir o cladograma, observem os animais imaginários apresentados a seguir:





A tarefa de vocês é descobrir os graus de parentesco entre esses animais e o seu ancestral. E depois, desenhar um cladograma, mostrando esse parentesco. Para tentar descobrir os graus de parentesco entre eles, a primeira tarefa é fazer uma lista com as características homólogas. Essa lista já está pronta. Vamos continuar.

2. Preenchem com SIM para o caso da espécie possuir a característica, e com NÃO quando a espécie não possuir a característica. Sigam o exemplo.

Animais Características	Espécie atual b	Espécie atual e	Espécie atual f	Espécie atual i	Ancestral comum c
Pescoço	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Cabeça oval com ocelos					
1 par de antenas					
2 pares de patas					
Crista dorsal					
Cauda longa					

Com o preenchimento da tabela, esperamos que o aluno chegue ao seguinte resultado:

Animais Características	Espécie atual b	Espécie atual e	Espécie atual f	Espécie atual i	Ancestral comum c
Pescoço	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Cabeça oval com um grande ocelo	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
1 par de antenas	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
2 pares de patas	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO

Animais Características	Espécie atual b	Espécie atual e	Espécie atual f	Espécie atual i	Ancestral comum c
Crista dorsal	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
Cauda longa	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM



Para prosseguir, devemos formar pares de animais atuais: b - e; b - f; b - i; e - f; e - i; f - i.

3. Contem, na tabela da Questão 2, quantas vezes cada par de animais atuais compartilham uma característica, e preencham a tabela a seguir.

Par de animais atuais	Número de características compartilhadas
b - e	
b - f	
b - i	
e - f	
e - i	
f - i	

4. Observem que os números indicam o grau de semelhança entre esses animais. Quanto maior o número, maior a semelhança entre o par.

a) Qual é o par mais semelhante? \_\_\_\_\_

b) Quais são os pares menos semelhantes? \_\_\_\_\_

Com o preenchimento da tabela, esperamos que o aluno chegue ao seguinte resultado:

Par de animais atuais	Número de características compartilhadas
b - e	3
b - f	2
b - i	2
e - f	5
e - i	5
f - i	6

Para o preenchimento dessa tabela, é importante comentar com os alunos que quando os dois animais de um par não possuem determinada característica, eles compartilham a ausência da característica e isso também precisa ser contabilizado, já que a ausência é a característica que eles têm em comum.

- a) O par f - i é o mais semelhante.
- b) Os pares b - f e b - i são os menos semelhantes.



5. Agora, observem o animal que é o ancestral comum e determinem o grau de parentesco dos outros animais com esse ancestral. Para isso, é necessário comparar cada um deles com o ancestral e estabelecer quantas características eles compartilham. Preencham a tabela a seguir.

Par (animal atual e ancestral)	Número de características compartilhadas
b - c	
e - c	
f - c	
i - c	

6. Considerando que os números indicam o grau de semelhança, respondam:

a) Qual animal atual é mais próximo do ancestral, ou seja, com mais características em comum?

\_\_\_\_\_

b) Quais animais atuais são mais distantes do ancestral, ou seja, com menos características em comum? \_\_\_\_\_



Com o preenchimento da tabela, esperamos que o aluno chegue ao seguinte resultado:

Par (animal atual e ancestral)	Número de características compartilhadas
b - c	6
e - c	3
f - c	2
i - c	2

Nesse momento, é importante reforçar com os alunos a necessidade de contar a ausência de características

a) O animal b é o mais próximo do ancestral.

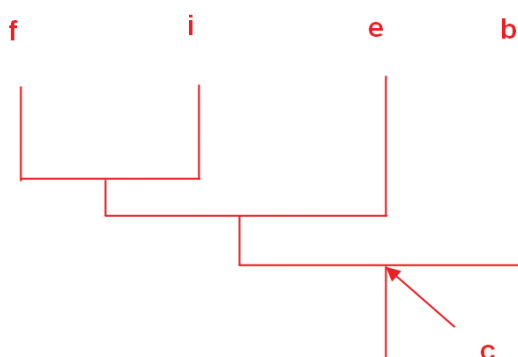
b) O animal f e o animal i são os mais distantes do ancestral.



7. Chegamos ao grande momento! Com as informações das questões que você respondeu acima e baseando-se na Figura 1, construa um cladograma que mostre as relações de parentesco entre os quatro animais atuais e destes com o animal ancestral. Considere o grau de semelhança de cada um deles entre si e com o ancestral comum.

Este cladograma representará as relações de parentesco (relações filogenéticas) entre os cinco animais.

Professor, esperamos que os alunos consigam desenhar o seguinte cladograma:

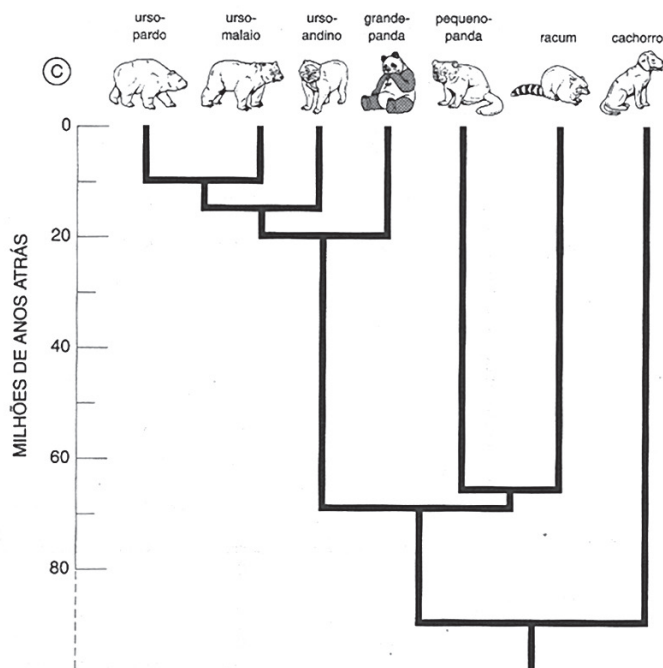


Costumamos orientar os alunos a começar a construção do cladograma pelo par de animais atuais mais semelhantes entre si. Basta uni-los por um colchete. Depois, consultando os dados das tabelas, acrescenta-se o animal atual que mais se assemelha ao par já colocado. E continua-se assim, até terem sido colocados todos os animais atuais. Somente depois, vamos procurar o local para inserir o ancestral. Se a contagem do grupo foi correta, os alunos não errarão as posições dos animais. Sugerimos que seja recomendada aos grupos uma revisão na contagem antes de fazer o cladograma.



8. Para finalizar esta atividade, agora que vocês já construíram seu próprio cladograma, vamos analisar um cladograma pronto.

O grande-panda (A) e o pequeno-panda (B) são animais com nomes vulgares muito parecidos. A grande semelhança entre os nomes vulgares significa um parentesco muito próximo entre esses animais? Justifique sua resposta.



---

---

---

---

Professor, para fechar esse roteiro, tivemos a ideia de trazer essa questão analítica para trabalhar com ideias do senso comum. Você pode escolher se deseja utilizá-la com seus alunos, ou não. Se preferir uma atividade mais rápida, deixe esse exercício para outro momento.

Nessa questão, como podemos observar no cladograma, os dois pandas não são parentes próximos. Quanto mais recente é o ancestral comum entre dois seres, mais próximos eles são. Mas, o ancestral comum entre os dois pandas existiu há 70 milhões de anos, e ambos têm ancestrais mais recentes que não compartilham um com o outro. De acordo com o cladograma, os alunos poderão perceber que o grande-panda é mais aparentado com os ursos e o pequeno-panda com o racum (mão-pelada ou guaxinim).



Professor, para a elaboração desta atividade utilizamos as seguintes referências:

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. *Biologia*, volume 2. São Paulo: Editora Moderna, 2002.

AMORIM, Dalton de Souza. **Fundamentos da sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2002.

EVOLUÇÃO. **Ciência hoje na escola**. vol. 9. Rio de Janeiro: Global / SBPC, 2001.

FERREIRA JUNIOR, Nelson; PAIVA, Paulo C. **Introdução à Zoologia**, vol. 1, mód. 1. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2004.

MORRONE, Juan J.; CIGLIANO, Maria M.; CRISCI, Jorge V. Descobrindo parentesco nos seres vivos. **Ciência hoje**, vol. 17, n. 98, mar. 1984.

RAW, Anthony. Sistemática Biológica no currículo universitário. **Ciência hoje**, jan./fev. 2003.

RELPH, David; PEDDER, Ron; DELACEY, Larry. LifeScience, a Textbook for Senior Biology. Auckland: Heineman Education - Reed Publishing Group, 1998.

Se você tiver interesse, vale a pena dar uma conferida!



## Roteiro de Ação 7

### Quem é nosso primo mais próximo?

**Duração prevista:** 100 minutos

**Área de conhecimento:** Biologia

**Assunto:** Evolução

**Objetivos:**

- compreender aspectos da evolução humana;
- aplicar raciocínio lógico associado às informações recebidas para montar hipóteses sobre a evolução humana;
- construir modelos, gerar dados e montar tabelas a fim de testar as hipóteses enunciadas.

**Pré-requisitos:** conhecimentos básicos de método científico, biologia molecular e genética (DNA, bases nitrogenadas, gene, síntese proteica); compreensão da montagem de cladogramas.

**Material necessário por grupo de trabalho:**

- tabela *Características de chimpanzés, gorilas e humanos*;
- figura *Relações evolutivas estabelecidas a partir dos graus de similaridade morfológica entre os organismos*;
- relatório para registro e discussão dos resultados .

**Organização da classe:** grupos de até quatro alunos.

**Descritores associados:**

- H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
- H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.
- H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e repre-

sentação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Professor, essa atividade sobre evolução humana foi idealizada para ser executada em grupo. Os alunos reunidos apresentam e discutem suas ideias, constroem suas hipóteses e registram suas conclusões em um só roteiro para todo o grupo. Percebemos algumas vantagens nesse tipo de organização. Além da evidente economia de recursos (menos roteiros a serem copiados), o maior ganho está na oportunidade que os alunos têm de exercitar a capacidade de escutar, de considerar opiniões diferentes das suas e de procurar consenso a fim de chegar ao objetivo comum: a boa realização da tarefa. Sugerimos grupos de quatro alunos, mas pensamos que cada professor pode decidir como dividir sua turma. Há casos em que grupos maiores, de até seis alunos trabalham muito bem. Em outras situações, são mais indicados grupos menores, com até quatro alunos.

Podemos iniciar essa atividade com questões para orientar e motivar os alunos. Uma sugestão é começar perguntando:

Quando vocês ouvem a palavra evolução, no que vocês pensam em primeiro lugar? E quando vocês pensam sobre evolução humana?

As respostas dos alunos podem orientar a discussão. Para muitas pessoas, a primeira ideia sobre evolução é algo como “o homem originou-se do macaco”. Se surgir alguma interrogação ou afirmação desse tipo, você pode comentar: “O homem evoluiu a partir de um macaco ou homens e macacos têm um ancestral comum? Vocês conseguem perceber a diferença entre essas duas afirmações?”

A partir desses questionamentos, você pode comentar com a turma que já se sabe que as espécies atuais de macacos e homens têm ancestrais comuns. Chimpanzés,

gorilas e humanos, por exemplo, têm ancestrais comuns. Mas essa relação de parentesco pode comportar diferentes hipóteses. Por exemplo, gorilas podem ter um ancestral comum mais recente com chimpanzés ou com humanos. Afinal, quem é nosso primo mais próximo?

A partir desse momento, em vez de responder, recomendamos que você apresente a atividade deste roteiro como uma oportunidade para que os alunos descubram a resposta para essa pergunta.

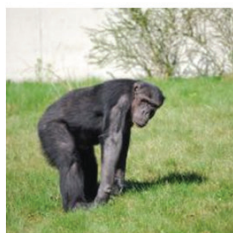
Consideramos importante ler a Tabela 1 com os alunos, apoiando-se em imagens e certificando-se de que todos compreenderam bem as informações. Essa tabela não precisa estar no roteiro. Ela pode ser impressa à parte, distribuída e depois recolhida, permitindo o seu uso em muitas turmas. O mesmo vale para as imagens.



## QUEM É NOSSO PRIMO MAIS PRÓXIMO?

Todos os organismos existentes são parentes. Porém, existem diferentes graus de parentesco entre eles. Quanto maior o grau de parentesco entre dois seres, maior a semelhança que apresentam, pois compartilham um ancestral comum relativamente recente no tempo. Quanto menor o parentesco, menor a semelhança entre eles, pois o ancestral comum estará mais distante no tempo.

A ciência diz, com base nos inúmeros fatos já descobertos, que nós, humanos, e certos primatas atuais, os chimpanzés e os gorilas, temos um ancestral comum relativamente recente em nossa história na Terra. Os gorilas e chimpanzés são atualmente classificados na mesma família dos humanos: a família dos Hominídeos (*Hominidae* em latim). Mas...



a) Chimpanzé



b) Gorila



Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1356009> (chimpanzé); Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1228267> (chimpanzé de corpo inteiro); Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/976803> (gorila); Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1208989> (gorila de corpo inteiro)

Qual deles, chimpanzé ou gorila, é o nosso parente mais próximo?

É isso o que iremos descobrir nesta atividade!

## Parte I – Formulação de hipóteses

1. Para começar, leiam atentamente a Tabela 1, que será fornecida pelo professor. Vejam que algumas das características dos chimpanzés e dos gorilas podem ser visualizadas nas imagens acima.

Professor, a seguir está a Tabela 1 que, como sugerimos, pode ser impressa em uma folha à parte, distribuída aos grupos para consulta e recolhida para uso em outras turmas.



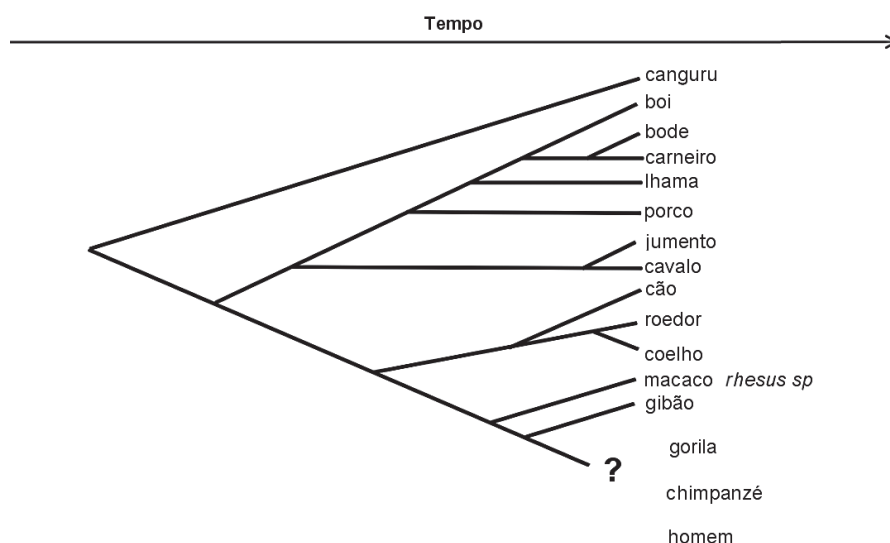
**Tabela 1.** Características de chimpanzés, gorilas e humanos.

CARACTERÍSTICAS	CHIMPANZÉS E GORILAS	HUMANOS
Postura	Inclinada com apoio sobre as mãos ou quadrúpede. São incapazes de manter a postura bípede por longos períodos.	Ereta ou bípede. Têm as mãos livres.
Perna e comprimento do braço	Braços mais longos que as pernas; braços adaptados para o balanço, normalmente entre árvores.	Pernas geralmente mais longas que os braços; pernas adaptadas para a marcha.
Mão	Polegar em oposição aos demais dedos.	Polegar em oposição aos demais dedos.
Pé	Pé chato com polegares oponíveis; adaptado para agarrar.	Pé arqueado com polegares no mesmo lado que os outros dedos; adaptado para andar.
Dentes	Dentes proeminentes; grandes espaços entre os caninos e os dentes vizinhos.	Dentes pequenos com espaços reduzidos ou ausentes entre eles.
Crânio	Inclinado para frente da coluna vertebral; superfície áspera; testa proeminente.	Ereto, apoiado sobre a coluna vertebral; superfície lisa.
Face	Perfil inclinado; mandíbula proeminente; abertura nasal larga.	Perfil vertical; queixo definido; abertura nasal estreita.
Visão	Olhos frontais com visão binocular.	Olhos frontais com visão binocular.
Tamanho do cérebro	280 a 750 cm <sup>3</sup> (espécies atuais) Chimpanzé - 280 a 500 cm <sup>3</sup> Gorila - até 750 cm <sup>3</sup>	400 a 2.000 cm <sup>3</sup> (fósseis até hoje) Homo erectus - 800 a 1.100 cm <sup>3</sup> (um milhão de a.a.)
Idade da puberdade	10 a 13 anos	13 anos ou mais
Época do acasalamento	Cio em determinadas épocas	Contínua

Fonte: Tabela adaptada da atividade “Investigating common descent: formulating explanations and models”, do livro Teaching about evolution and the nature of science, National Academy of Sciences, Washington, 1998.



2. Agora, examinem o cladograma da Figura 1, que representa o parentesco entre determinados mamíferos. O cladograma aponta a posição do ancestral comum em relação aos organismos citados.



**Figura 1** - Relações de parentesco estabelecidas a partir da similaridade morfológica entre os organismos. As relações são obtidas por meio de comparações entre esqueletos e outras características.

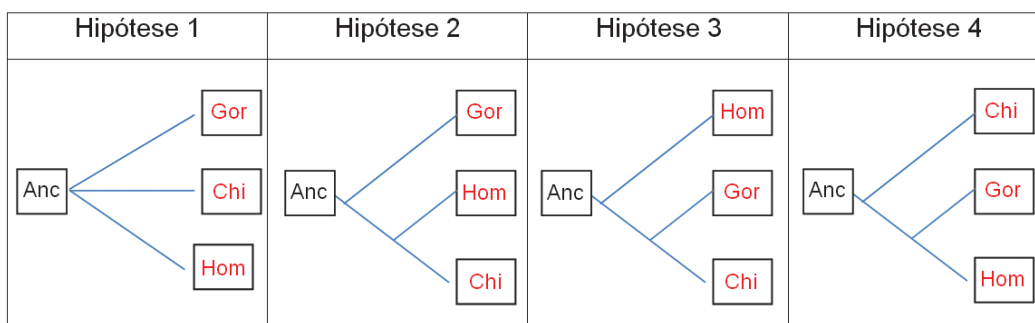
Fonte: Figura adaptada da atividade "Investigating common descent: formulating explanations and models", do livro Teaching about evolution and the nature of science, National Academy of Sciences, Washington, 1998.

Observem a parte do cladograma que cita gorilas, chimpanzés e homens. Notem que não há linhas mostrando quais são as relações de parentesco entre eles, a partir de um ancestral comum.

3. Na tabela a seguir, vocês podem visualizar quatros cladogramas em branco. Cada um deles representa uma hipótese diferente para as relações de parentesco entre o gorila, o chimpanzé, o homem e o ancestral comum. Preencham cada um dos cladogramas com as possíveis relações de parentesco entre eles. Use as siglas Anc, Gor, Chi e Hom (ancestral, gorila, chimpanzé e homem) para representar cada um dos grupos.

Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3	Hipótese 4

Com o preenchimento dos cladogramas, esperamos que o grupo chegue às seguintes hipóteses:



Professor, você pode preparar essa questão colocando os cladogramas para os grupos preencherem. Isso deixa a atividade mais direcionada e rápida.

Mas é possível, também, deixar os espaços das hipóteses em branco e exercitar com a turma a construção dos cladogramas no quadro da sala de aula. Nesse caso, você pode escrever no quadro a parte do cladograma da Figura 1 que relaciona o boi, o bode e o carneiro, por exemplo. Depois, pode interpretar essas relações (bode e carneiro, parentes mais próximos) com os alunos. A partir desse momento, pode interrogar os alunos sobre como seria possível escrever as possibilidades de parentesco para gorila, chimpanzé e homem. Essa seria uma hora de construção coletiva, com o professor mediando as intervenções dos alunos, tornando a atividade mais dinâmica, mais enriquecedora. Ao final, os grupos anotariam os cladogramas propostos.



## Parte II – Análise de modelos para obter dados

Para compreender as relações de parentesco entre os seres vivos, os biólogos têm utilizado modernas técnicas de pesquisa, comparando um trecho da molécula de DNA que codifica certa proteína.

Por meio dessas técnicas, é possível extrair trechos do DNA dos seres vivos para comparação e

fazer previsões sobre as relações entre eles. Como vocês já devem ter estudado, a molécula de DNA é composta por quatro tipos de bases nitrogenadas, que formam sequências distintas. Quanto mais aparentadas são as espécies, mais semelhantes são as sequências dessas bases. Isso ocorre porque as espécies mais aparentadas separaram-se de seu ancestral comum há menos tempo, e assim, menos mutações (alterações no DNA que ocorrem ao acaso) podem ter se acumulado. Espécies que se separaram há mais tempo tendem a acumular mais mutações e, portanto, apresentam DNA mais distintos.

Para testar as hipóteses elaboradas na Parte I, vocês usarão trechos da molécula de DNA de gorilas, chimpanzés, homens e de um hipotético ancestral comum para fazer comparações.

Observem, na tabela a seguir, as bases nitrogenadas das sequências de DNA humano, do chimpanzé, do gorila e do hipotético ancestral comum. Essas sequências de DNA fazem parte de sequências maiores, que codificam a hemoglobina – a proteína vermelha que fica dentro das hemácias.

**Tabela 2** – Sequências de DNA humano, de chimpanzé, gorila e ancestral hipotético.

Posição da base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DNA humano	A	G	G	C	A	T	A	A	A	C	C	A	A	C	C	G	A	T	T	A
DNA chimpanzé	A	G	G	C	C	C	C	T	T	C	C	A	A	C	C	G	A	T	T	A
DNA gorila	A	G	G	C	C	C	C	T	T	C	C	A	A	C	C	A	G	G	C	C
DNA ancestral	A	G	G	C	C	G	G	C	T	C	C	A	A	C	C	A	G	G	C	C

### Parte III – Usando os modelos para testar as hipóteses

4. Comparem a ordem em que as bases nitrogenadas aparecem no DNA humano com as do chimpanzé e do gorila, e preencham a tabela a seguir.

DNA humano comparado com	Número de bases iguais	Número de bases diferentes
DNA do chimpanzé		
DNA do gorila		

Com o preenchimento da tabela, esperamos que os alunos cheguem aos seguintes resultados:

DNA humano comparado com	Número de bases iguais	Número de bases diferentes
DNA do chimpanzé	15	5
DNA do gorila	10	10

É possível que, mesmo sem ter sido pedido, alguns alunos comparem as sequências de gorila e chimpanzé. Encontrarão quinze bases semelhantes e cinco diferentes. Exatamente como na comparação entre a sequência do homem e do chimpanzé. E agora? É hora de mostrar que estamos no meio do caminho, que é necessária mais uma análise para encontrarmos qual a melhor hipótese entre as que construímos.



5. Comparem o DNA do ancestral comum com os três exemplos de DNA (gorila, chimpanzé e homem). Registrem os resultados na tabela abaixo.

DNA do ancestral comum comparado com	Número de bases iguais	Número de bases diferentes
DNA humano		
DNA do chimpanzé		
DNA do gorila		

a) Qual primata tem DNA mais parecido ao do ancestral comum? \_\_\_\_\_

b) Quais primatas apresentam números de bases semelhantes ao ancestral com valores bem próximos entre si? \_\_\_\_\_

Com o preenchimento da tabela, esperamos que os alunos cheguem aos seguintes resultados:

DNA do ancestral comum comparado com	Número de bases iguais	Número de bases diferentes
DNA humano	10	10
DNA do chimpanzé	12	8
DNA do gorila	17	3

O gorila, com dezessete bases semelhantes.

O homem e o chimpanzé, que apresentam, respectivamente, dez e doze bases semelhantes ao ancestral.



Chegamos ao grande momento! Agora você já pode responder à pergunta: “Qual deles, chimpanzé ou gorila, é nosso parente mais próximo?”

6. Para responder a pergunta, analise os dados registrados nas tabelas das Questões 4 e 5. Levando em consideração a semelhança e as diferenças das sequências de DNA, qual das quatro hipóteses elaboradas na Questão 3 é a mais provável? Justifique.

---

---

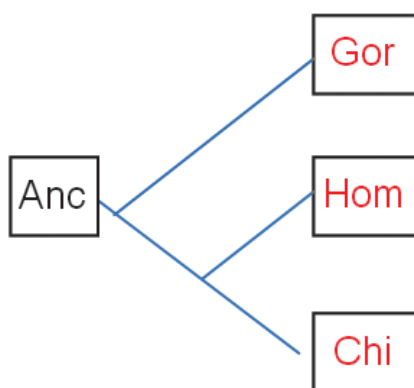
---

---

---

Por meio da tabela preenchida na Questão 4, você pode mostrar para os alunos que o homem é mais aparentado com o chimpanzé do que com o gorila. Essa afirmativa pode ser justificada pelo maior número de bases iguais entre homem e chimpanzé (15 bases) do que entre homem e gorila (10 bases). A análise da tabela da Questão 5 mostra que o gorila é mais próximo do ancestral. Além disso, deixa evidente que homens e chimpanzés apresentam números de bases semelhantes ao ancestral, com valores bem próximos (10 e 12 bases).

Assim, a hipótese mais provável é a seguinte (no nosso exemplo, a Hipótese 2):



E os alunos podem perceber que o nosso primo mais próximo é o chimpanzé.



Professor, esse roteiro foi construído com base na atividade *Investigating common descent: formulating explanations and models*, encontrada no seguinte livro:

KENNEDY, Donald et al (Working Group on Teaching Evolution, National Acade-

my of Sciences). *Teaching about evolution and the nature of science*. National Academy Press, Washington, DC, 1998.

Esse livro tem versão gratuita em arquivo .pdf para residentes no Brasil. Está disponível em: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=5787](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=5787)



## Unidade 5

# AMARRANDO AS IDEIAS: A IMPORTÂNCIA DA EVOLUÇÃO COMO UM EIXO INTEGRADOR DA BIOLOGIA

Parece ser um consenso entre biólogos e professores de Biologia que a evolução é um dos, se não “o” eixo integrador dessa disciplina. Por que se diz isso? Porque, como disse Theodosius Dobzhansky em seu artigo de 1973, “nada faz sentido em Biologia se não for visto à luz da evolução”.



Theodosius Dobzhansky nasceu em 1900, na Ucrânia. Depois de estudar em Kiev, ingressou, aos 27 anos de idade, na Universidade de Columbia, em Nova York, onde trabalhou como geneticista com Thomas Morgan (conhecido como o pai da Genética). Naturalizou-se americano, em 1937, e lá faleceu em 1975. Suas maiores contribuições à Biologia contemporânea vêm do estudo da variabilidade genética e da especiação das moscas do gênero *Drosophila*. O artigo de 1973 foi publicado na revista *The American Biology Teacher*. Você pode ler o texto, em inglês, na íntegra em:

[http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/10/2/text\\_pop/l\\_102\\_01.html](http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/10/2/text_pop/l_102_01.html)

Mas, você deve estar pensando, essa frase sozinha não explica nada. De fato, devemos perguntar: por que nada faz sentido se não for visto à luz da evolução? Porque genes, células, tecidos, sistemas e organismos têm um passado. Esses sistemas biológicos surgiram sobre o planeta em um dado momento e se perpetuaram porque foram capazes de gerar cópias suas ao interagir com o ambiente à sua volta.

Esse ponto de vista nos permite enxergar a Biologia de duas formas. Por um lado, podemos focar nas interações com o ambiente que mantém cada um desses sistemas íntegros. Por exemplo, podemos questionar: como uma célula funciona? Como ela respira e se nutre? Como um pulmão funciona? Repare que as respostas a essas perguntas são descrições de processos que ocorrem com estruturas biológicas.

Por outro lado, podemos perguntar: por que essas estruturas e processos são como são? Por que todos os seres vivos são feitos de células? Por que todos os eucariontes têm mitocôndria e os procariontes não? Por que os tetrápodes possuem pulmão? Repare que as perguntas “por que?” exigem uma resposta que nos remete ao passado.



Todos os seres vivos são formados por células porque, provavelmente, a vida se originou apenas uma única vez, e todos os seres vivos possuem um ancestral comum. Apenas eucariontes têm mitocôndria, porque essa organela é fruto de uma invasão e posterior cooperação de uma célula procariota com uma célula eucariota primitiva que a permitiu metabolizar oxigênio e produzir mais moléculas de ATP. A mitocôndria é uma adaptação dos eucariontes à vida em ambientes ricos em oxigênio. Os tetrápodes herdaram um pulmão primitivo de um ancestral comum com os peixes pulmonados, e isso os habilitou a retirar oxigênio da atmosfera. O pulmão dos tetrápodes é uma adaptação à vida terrestre.

Por isso se diz que “nada em Biologia faz sentido se não for visto à luz da evolução”. Uma consequência pedagógica dessa frase é a de que quase todos os temas em Biologia poderiam ser tratados de forma evolutiva: da teoria celular ao sistema nervoso humano. Portanto, a evolução não deveria ser apresentada apenas em uma unidade específica do ensino médio, mas sim disseminada pelos diversos conteúdos escolares de Biologia, como aconselham as Orientações Curriculares Nacionais para o ensino médio, documento com sugestões para aplicação adequada dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Veja o trecho contido no volume dois (BRASIL, 2006, p. 22,) desse documento. Ele sugere abordar a evolução biológica como um eixo integrador:

“

Um tema de importância central no ensino de Biologia é a origem e evolução da vida. Conceitos relativos a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas. O tema 6 dos PCNs+ – origem e evolução da vida – contempla especificamente esse assunto, mas é importante assinalar que esse tema deve ser focado dentro de outros conteúdos, como a diversidade biológica ou o estudo sobre a identidade e a classificação dos seres vivos, por exemplo. A presença do tema origem e evolução da vida ao longo de diferentes conteúdos não representa a diluição do tema evolução, mas sim a sua articulação com outros assuntos como elemento central e unificador no estudo da Biologia.

”

No entanto, é verdade também que nem sempre essa abordagem é possível, visto que nem todos os tópicos da Biologia tiveram seu enfoque evolutivo revelado.



Na reportagem “Escolas não dão destaque à evolução biológica”, do site *Com Ciência* – Revista eletrônica de divulgação científica – há uma reflexão sobre as dificuldades encontradas pelas escolas em utilizar a evolução como eixo integrador, conforme recomendado pelas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

Disponível em <<http://www.comciencia.br/200407/reportagens/05.shtml>>.

Acesso em 29 jul. 2012.

## Aplicações da evolução em questões práticas

Os alunos perguntam frequentemente: “por que estamos aprendendo essa matéria? Qual a relação disso com a minha vida?”. Essas perguntas refletem um imediatismo de quem não percebe a importância de ter contato com as bases do conhecimento produzido pela humanidade, mesmo que esse conhecimento não tenha aplicação prática imediata. É bom lembrar ao aluno que sem pesquisa básica – aquela que não tem aplicação imediata – a maioria das pesquisas aplicadas não teria se desenvolvido. Por exemplo, será que a insulina humana (transgênica) teria sido produzida pela indústria farmacêutica sem os trabalhos de Mendel?

Dar uma resposta prática aos questionamentos dos alunos pode ajudá-los a se envolver com o tema.

É bom termos em mente que o conhecimento sobre os mecanismos evolutivos pode ter, sim, muitas aplicações práticas. Hoje sabemos que o uso de medicamentos pode facilmente selecionar microrganismos resistentes que tornam mais difícil a cura de determinadas doenças e que a aplicação de agrotóxicos também seleciona pragas resistentes. Por essa razão, novas estratégias para evitar doenças e pragas são desenvolvidas. O conhecimento das relações filogenéticas orienta a busca de novos compostos biológicos na natureza e mostra a importância de garantirmos a preservação da biodiversidade.



A reportagem “Parasita da malária aumenta resistência ao antídoto mais comum”, disponível em <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,parasita-da-malaria-aumenta-resistencia-ao-antidoto-mais-comum,858117,0.htm>>, mostra que o protozoário parasita *Plasmodium* sp, transmitido por mosquitos, aumentou sua resistência ao tratamento com artemisina, antídoto mais comum contra malária. Não deixe de conferir!

Por fim, a evolução permite responder às questões sobre a origem da humanidade e dos seres vivos, alimentando com evidências concretas discussões filosóficas e éticas sobre as relações entre a sociedade e a vida no planeta.



## ATIVIDADE PARA O CURSISTA

*Vamos agora construir novamente um mapa conceitual sobre evolução. Depois do mapa pronto, compare-o com o mapa inicialmente produzido por você. Algo mudou?*

*Fazer essa comparação pode ajudar a perceber se as leituras dos textos, links e roteiros de ação, além dos fóruns de discussão ajudaram na consolidação e reorganização dos conceitos. Portanto, é uma boa forma de auto avaliação.*



## Estratégias de avaliação

Avaliar é tarefa frequente para nós professores. Por isso, muitas vezes apenas repetimos o que estamos acostumados a fazer. Mas, já que estamos refletindo sobre a nossa forma de ensinar, adaptando-a para que nossos alunos aprendam mais e melhor, vamos fazer o mesmo com o nosso estilo de avaliar?

A construção de um mapa conceitual pode ser uma forma de avaliação. Se os alunos já passaram pela experiência de fazer mapas, poderiam responder perguntas relacionadas à evolução biológica usando essa estratégia.

Usar histórias em quadrinhos é outro recurso interessante. Podemos pedir a leitura e interpretação de algumas tirinhas que apresentam conceitos sobre evolução. Posteriormente, o aluno teria que criar a sua própria história, desenvolvendo a ideia com rigor científico, sem apelar para o senso comum e mantendo o humor. Seria um belo desafio.

Ler textos de jornais ou periódicos de divulgação científica também pode funcionar como avaliação. Podemos pedir ao aluno para encontrar e explicar os trechos relacionados à evolução. Uma reportagem sobre a resistência de bactérias a certos antibióticos é um exemplo de texto que pode ser usado.

O que sugerimos é que a avaliação seja contínua, fazendo parte de todo o processo, como uma forma de diagnóstico do ensino-aprendizagem. Dessa forma, podemos evitar descobrir apenas no final da unidade, na famosa “prova”, que os alunos não compreenderam os conceitos sobre o tema.

No entanto, não devemos nos esquecer da importância da prova individual e sem consulta. Nossos alunos precisam conhecer esse tipo de avaliação. Dessa forma, damos a eles a oportunidade de aprender a vencer esse desafio. Afinal, eles irão encontrá-lo se quiserem continuar seus estudos depois da conclusão do ensino médio.

É importante, também, lembrarmos que o momento de avaliação é mais eficiente se oferece ao aprendiz questões com diferentes níveis de dificuldade e oportunidades de usar diversos tipos de raciocínio: memorização, classificação, comparação, aplicação dos conceitos aprendidos em situações novas. Nós, professores, precisamos elaborar nossas avaliações com clareza e precisão, questionando conteúdos relevantes e de acordo com os objetivos estabelecidos.

Os resultados da avaliação podem servir para repensarmos criticamente nossos objetivos, estratégias pedagógicas adotadas, e até mesmo a qualidade da avaliação proposta. Para o aluno, o momento da correção da avaliação pode ser útil, pois a partir do reconhecimento dos erros cometidos é possível melhorar a compreensão dos conteúdos trabalhados.

Use o que já conhece, crie novas estratégias e, certamente, você encontrará formas eficientes de avaliar seus alunos!

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, Dalton de Souza. **Fundamentos da sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2002.
- BOWLER, Peter J.. **Evolution: the history of an idea**. University of California Press, 2009.

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Vol. 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006. 135 p. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 7 mar. 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais – Terceiro e Quarto Ciclos do Ensino Fundamental**. Brasília: MEC /SEF, 1998. 138 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2012.
- CARLETTI, C.; MASSARANI, L. O que pensam crianças brasileiras sobre a teoria da evolução? **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v. 4, n. 2, p. 205-223, nov. 2011.
- CORSI, Pietro. **Jean Baptiste Lamarck: works and heritage**. Disponível em: <<http://www.lamarck.cnrs.fr/?lang=en>>. Acesso em: 4 mai. 2012.
- DOBZHANSKY, T. Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, p. 125-129, mar. 1973.
- ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA. Biografia de Theodosius Dobzhansky. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/167314/Theodosius-Dobzhansky>>. Acesso em: 4 mai. 2012.
- FERREIRA JUNIOR, Nelson; PAIVA, Paulo Cesar. **Introdução à Zoologia**. Volume I. Módulo I. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2004.
- FUTUYMA, Douglas J. **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. Disponível em <<http://www.sbg.org.br/ebooks.html>>. Acesso em: 26 fev. 2012.
- GOULD, Stephen Jay. **Viva o brontossauro**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.
- JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.
- MULLER, Geoffrey. **Darwin vai às compras: sexo, evolução e consumo**. Rio de Janeiro: Best Business, 2012.
- \_\_\_\_\_. **A mente seletiva: como a escolha sexual influenciou a evolução da natureza humana**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- SANTOS, Silvana. **Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. São Paulo: Editora Annablume / FAPESP, 2002.
- WYHE, John van. **The complete work of Charles Darwin online**. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk>>. Acesso em: 26 fev. 2012.
- WRANGHAM, Richard. **Pegando fogo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.

## Leituras recomendadas

- AGÊNCIA FAPESP. **Divulgando a cultura científica**. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br>>. Acesso em 13 mai. 2012.  
Esse informativo da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo dá acesso rápido a informações confiáveis sobre descobertas científicas ocorridas no Brasil e em outros países. A assinatura é gratuita e sua leitura é fácil e agradável. Além disso, o assinante pode consultar as matérias da Revista FAPESP, onde as notícias resumidas do informativo são expostas de maneira mais explicada e profunda.
- COZINHAR FOI O QUE NOS TORNOU HUMANOS, DIZ PESQUISADOR. Texto disponível em <<http://hypescience.com/25920-cozinhar-nos-tornou-humanos/>>.  
Cozinhar foi o que nos tornou humanos, diz o pesquisador Richard Wrangham, professor de antropologia da Universidade de Harvard. Ele estudou chimpanzés na Tanzânia e tem uma opinião única sobre o que fez com que os humanos se tornassem diferentes de todos os outros animais: a nossa habilidade de cozinhar.
- DA PANELA VIEMOS. Texto disponível em: <<http://super.abril.com.br/>>.  
O que nos tornou humanos? O texto apresenta as ideias do cientista Richard Wrangham sobre a evolução humana. Ele defende que somos o que somos graças a um hábito muito simples: o cozimento dos alimentos.
- FUTUYMA, Douglas J. **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/ebooks.html>>. Acesso em: 26 fev. 2012.  
Esse livro permite compreender vários aspectos relacionados à evolução e traz uma síntese de dez instituições norte-americanas envolvidas na pesquisa e no ensino da teoria da evolução. Recomendamos, especialmente, o Capítulo 1, “O que é evolução?” e o Apêndice 1, “Evolução: fato, teoria, controvérsias”.
- MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.  
Para ampliar e aprofundar as reflexões sobre o tema evolução, o livro do professor Mayr é uma ótima indicação. Nele Mayr também discute a história da teoria sintética da evolução.
- MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel. **Evolução**: o sentido da Biologia: São Paulo: UNESP, 2005.

Esse é outro livro importante e de leitura mais fácil. Publicado na coleção de paradidáticos da Universidade do Estado de São Paulo – UNESP, esse livro apresenta “As cinco teorias evolutivas”.

- REVISTA PÁTIO. Disponível em: <<http://www.revistapatio.com.br/default.aspx>>. Acesso em: 7 mar. 2012.

*Pátio* é, na verdade, uma família de três revistas: *Pedagógica*, *Educação Infantil* e *Ensino Médio*. Nenhuma delas tem todo o conteúdo aberto. Mesmo assim, ela oferece uma seleção de valiosos artigos disponíveis. Um exemplo é o texto da última edição da *Pátio Ensino Médio*, que toma o Exame Nacional do Ensino Médio – Enem – para discutir a postura dos professores em aula.

- ROBERTO, Érica C. de Oliveira; Bonotto, Dalva M. Bianchini. **Ensino de evolução:** concepções e conflitos em sala de aula. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/biosferas/0044.php>>. Acesso em: 7 mar. 2012.

No site de divulgação científica da UNESP há uma interessante discussão sobre as polêmicas em torno da Teoria da Evolução Biológica e o ensino desse tema, trazendo à tona, as concepções e os conflitos que aparecem em sala de aula. O artigo citado anteriormente é um exemplo.

- RODRIGUES, RODOLFO F.C.; SILVA, EDSON P. Lamarck: fatos e boatos. Teorias do naturalista francês continuam sendo mal divulgadas. **Ciência hoje**, vol. 48, set. 2011. Disponível em: <[http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/285/pdf\\_aberto/ensaio285.pdf](http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/285/pdf_aberto/ensaio285.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2012.

Esse texto expõe claramente algumas confusões comuns sobre o pensamento de Lamarck. Vale a pena a leitura.

- SANTOS, Silvana. **Evolução biológica:** ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula. São Paulo: Editora Annablume / FAPESP, 2002.

Esse livro é fruto de uma dissertação de mestrado e apresenta uma boa revisão da literatura sobre as questões que permeiam o ensino de evolução. Além disso, a autora mostra e chama o leitor para uma reflexão e avaliação de algumas atividades realizadas em sala de aula sobre este tema e seus desdobramentos. Disponível em:

- <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Krf4c6Fb90YC&oi=fnd&pg=PA9&dq=ensino+evolu%C3%A7%C3%A3o&ots=EN8TyI9oD0&sig=pPT0Yh3xQvDzkZi3fTZZWjs8ksA#v=onepage&q=ensino%20evolu%C3%A7%C3%A3o&f=false>>. Acesso em: 1 ago. 2012.

- SBPC/Labjor. Escolas não dão destaque à evolução biológica. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/200407/reportagens/05.shtml>>. Acesso em: 28 fev. 2012.  
Nessa reportagem há uma reflexão sobre as dificuldades encontradas pelas escolas em utilizar a evolução como eixo integrador, conforme preconizado pelo PCN.
- WYHE, John van. **The complete work of Charles Darwin online**. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk>>. Acesso em: 26 fev. 2012.  
Nesse site, além de todos os manuscritos de Darwin, encontramos uma estante virtual com suas obras. É só clicar para abrir qualquer um dos livros. Além disso, podemos ver as ilustrações das suas obras e sua biografia.

## Sugestões de aulas/recursos educacionais

- ALÔ PROFESSOR. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/alô-professor>>. Acesso em: 4 mar. 2012.  
*Alô, Professor* é um espaço destinado ao diálogo com os professores de Ciências do ciclo básico e do ensino médio. A seção *Intervalo* traz notícias, dicas de atividades e experimentos para uso em sala. Você encontra também informações sobre a coleção de livros *Ciência hoje na escola* e sobre o *Programa ciência hoje de apoio à educação*.
- A ORIGEM DAS ESPÉCIES EM HQ. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs2211200904.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2012.  
Autor das tiras de “Níquel Náusea”, Fernando Gonsales criou uma releitura bem-humorada do livro *A origem das espécies*, de Charles Darwin. Nos quadrinhos, o cientista explica suas teorias, tendo os animais, que conversam ao fundo, questionando suas ideias. A história foi publicada no jornal *Folha de São Paulo*, em 2009.
- CALANGOS. Disponível em: <<http://calangos.sourceforge.net/index.html>>. Acesso em: 2 mar. 2012.  
O jogo *Calangos* é baseado na modelagem de um caso ecológico real relativo às dunas do médio São Francisco, no Estado da Bahia, investigado por pesquisadores brasileiros. O objetivo final do jogo é possibilitar ao estudante um ambiente com suficiente realismo, permitindo uma compreensão adequada dos processos ecológicos e evolutivos. *Calangos* é um jogo de simulação e ação com visualização 3D em primeira ou terceira pessoa, ambientado na região das dunas do rio São Francisco, no qual o jogador controla um lagarto de uma entre três das espécies endêmicas da região.



- **DARWIN. Descubra o homem e a teoria revolucionária que mudou o mundo.** Site da exposição desenvolvida pelo Museu de História Natural de Nova Iorque e adaptada, no Brasil, pelo Instituto Sangari. Disponível em: <<http://www.darwinbrasil.com.br/rj/index.asp>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

O site da exposição, realizada no primeiro semestre de 2008, apresenta diversas informações que podem ser acessadas pelos professores. Entre elas, encontramos o Guia do Educador, material rico em informações e ideias para trabalhar o tema evolução na escola. O guia pode ser encontrado para *download* em: <[http://www.darwinbrasil.com.br/material\\_darwin.pdf](http://www.darwinbrasil.com.br/material_darwin.pdf)>.
- **EVOLUÇÃO. A INCRÍVEL JORNADA DA VIDA.** Série de documentários da *Scientific American*. Disponível em: <<http://videothecalalternativa.blogspot.com.br/2010/10/documentario-evolucao-incrivel-jornada.html>>. Acesso em 13 mai. 2012.

O blog *Videoteca alternativa* (seção científica) é um espaço virtual, criado pelo Coletivo Alternativa, dedicado à democratização do conhecimento científico. Ele disponibiliza *links* para *downloads* gratuitos de documentários científicos.
- **EVOLUTION.** Natural History Museum of London. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/nature-online/evolution/index.html>>. Acesso em: 13 mai.2012.

No site do Museu de História Natural de Londres você encontrará muita informação interessante sobre evolução. Uma árvore da vida interativa e uma animação comparando crânios de homínídeos, bem como seções com perguntas e respostas fazem parte do rico material desse site. A árvore interativa e a animação podem ser utilizadas em sala de aula sem que a língua inglesa seja uma barreira.
- **GENÉTICA NA ESCOLA.** Disponível em: <<http://www.geneticaescola.com.br/>>. Acesso em: 2 mar. 2012.

A revista on-line *Genética na escola* tem como objetivo subsidiar debates e reflexões sobre o ensino e a aprendizagem de genética. O público-alvo são os professores do ensino médio e superior. São muitos os artigos que descrevem atividades práticas que podem ser utilizadas em sala de aula.
- **SCIENCE IN SCHOOL.** Disponível em: <<http://www.scienceinschool.org/>>. Acesso em: 13 mai. 2012.

Revista on-line com traduções feitas por leitores. Ótima fonte de ideias para atividades em sala de aula ou em laboratório. É necessário analisar criticamente as traduções, pois elas não são feitas por tradutores profissionais, mas sim por professores voluntários.