



# Estratégia enem

Aula 00 - Origem e evolução da vida

**Biologia p/ ENEM 2018 (Com videoaulas)**

Professor: Daniel dos Reis Lopes

## **AULA 00: Biologia como Ciência; Método científico; origem do Universo, da Terra e da vida; teorias evolutivas.**

<b>SUMÁRIO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Saudação e apresentação do professor	01
2. Breve apresentação do curso	02
3. Cronograma das aulas	03
4. A Biologia como Ciência	05
5. O Método Científico	06
6. Origem da Vida	10
7. Teorias Evolutivas	17
8. Questões comentadas	32
9. Bibliografia consultada	50

### **1. Saudação e Apresentação do Professor**

Fala rapaziada! É chegado o momento de juntos, iniciarmos o estudo da **BIOLOGIA** focado no **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**. Amada por muitos, mas também muito odiada, a Biologia é, sem dúvidas, uma das disciplinas mais fascinantes do ensino básico (preciso vender meu peixe, né galera...). Se você sofreu (ou ainda sofre) nos três anos do Ensino Médio para aprender Biologia, eu garanto que com este curso, você conseguirá aprender as maravilhas dessa matéria. Por outro lado, se você já manda bem, estarei aqui pra tirar as suas dúvidas e consolidar o conhecimento no seu cérebro! Ou seja, apesar de cada um de vocês partir de pontos diferentes, o objetivo final será atingido: a **APROVAÇÃO** na Universidade que você deseja!

Antes de prosseguirmos, vamos à minha apresentação. Meu nome é Daniel Reis, graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Fui aprovado em 2º lugar na Escola de Formação Complementar do Exército em 2009 na área

de Magistério Ciências Biológicas, onde obtive a primeira colocação na área de Magistério durante o Curso de Formação de Oficiais. Nessa escola desenvolvi monografia sobre o Oficial de Controle Ambiental no Exército Brasileiro, através da qual obtive o grau de Especialista em Aplicações Complementares às Ciências Militares. Exerci a função de Oficial de Meio Ambiente na Companhia de Engenharia de Força de Paz – Haiti, fui professor de Biologia do Colégio Militar de Brasília e do Colégio Militar do Rio de Janeiro e atualmente sou assessor pedagógico na Diretoria de Educação do Exército.

Agora aproveita que você está aí morrendo de vontade de olhar suas redes sociais e segue a gente lá!



[www.facebook.com/danielreisbio](http://www.facebook.com/danielreisbio)



[www.youtube.com/oreisdabiologia](http://www.youtube.com/oreisdabiologia)



@oreisdabiologia

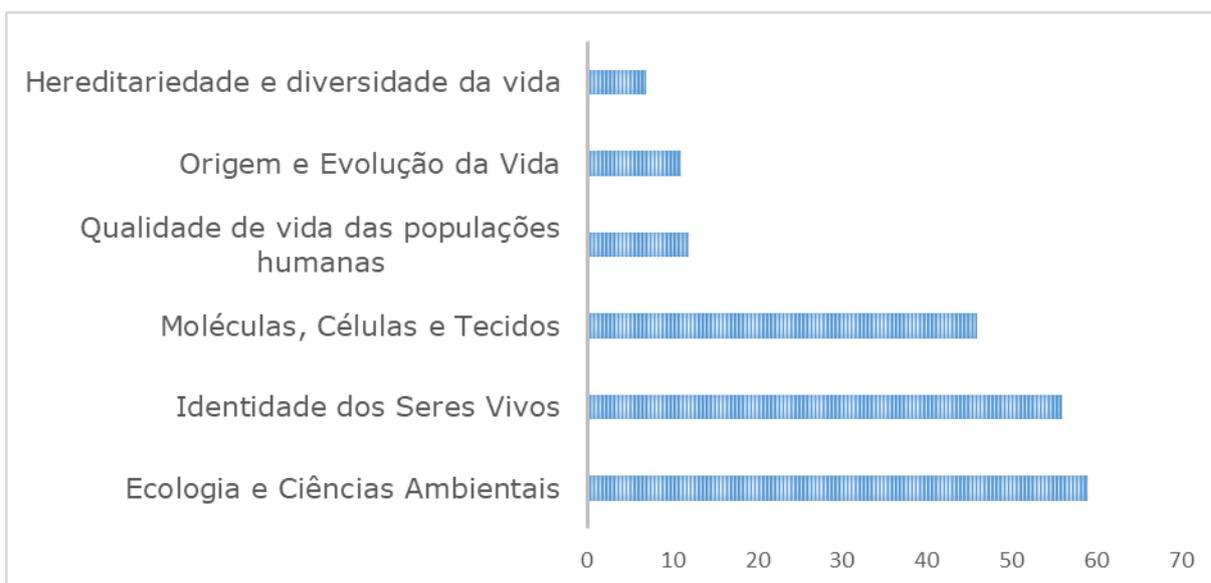
## 2. Breve Apresentação do Curso

O ENEM surgiu em 1998 com o intuito de avaliar os conhecimentos dos alunos do Ensino Médio no Brasil. Ao longo dos anos, ele começou a ser utilizado como forma de ingresso para o Ensino Superior e hoje já existem até universidades de outros países aproveitando suas notas para admissão em seus cursos.

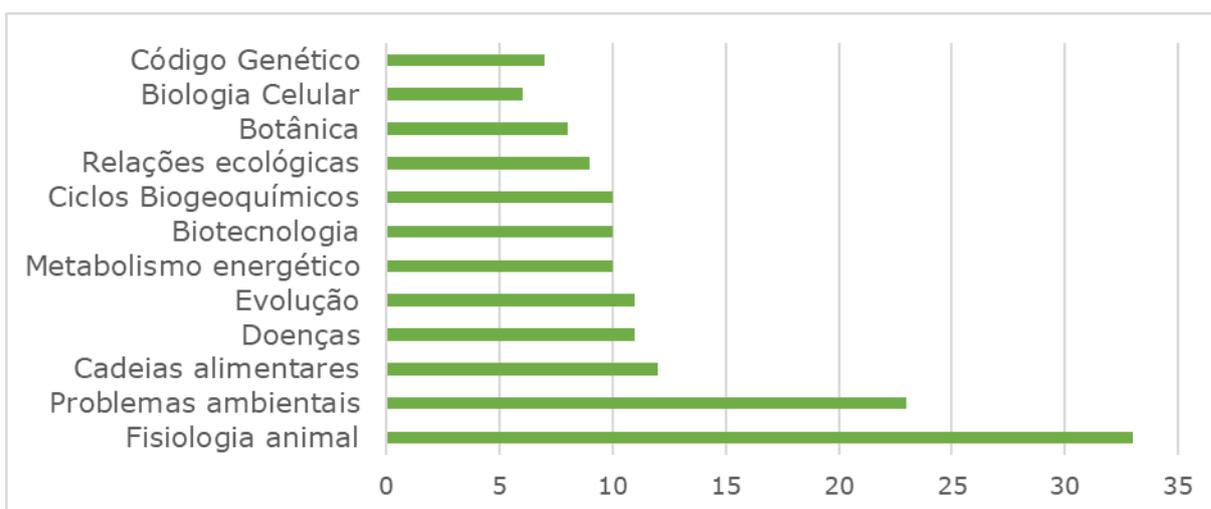
Ele apareceu com uma proposta diferente dos vestibulares normais pois foca menos na chamada “decoreba” e mais na capacidade de raciocínio dos alunos. Além disso, ele é visto como uma prova transdisciplinar onde as questões abordam, muitas vezes, conteúdos de mais de uma matéria. Isso exige uma **nova abordagem** nas aulas pois não faz mais sentido ficar decorando aqueles milhões de nomes de estruturas reprodutivas vegetais (só algumas dezenas...).

Nesse sentido, vamos focar nosso estudo nos Objetos de Conhecimento da Matriz de Referência que constam no Edital do exame. Os PDFs serão recheados de imagens e gráficos pra facilitar a sua vida. Além da teoria, teremos também questões comentadas e vídeo-aulas pra que você possa sonhar com a Biologia todas as noites!

O gráfico abaixo mostra a distribuição de questões nos eixos temáticos da Biologia desde a remodelação do ENEM ocorrida em 2009.



No entanto, sob uma análise mais detalhada, vemos que dentro desses eixos temáticos, os assuntos mais cobrados estão apresentados conforme o gráfico abaixo.



Esse curso foi elaborado levando em consideração esses dados, para que você otimize seu tempo e aumente sua eficiência na prova!

Vimos também que em 2017 o ENEM surpreendeu cobrando conteúdos nunca antes cobrados. Não se preocupe! Nosso curso aborda todos os assuntos possíveis de caírem no exame.

Algumas outras características do curso:

- Teoria contextualizada com situações do cotidiano;
- Linguagem descontraída;
- Foco maior nos conteúdos mais cobrados;
- Alertas para possíveis pegadinhas;
- Contato constante com os alunos através da internet (fórum e redes sociais).

### 3. Cronograma das aulas

Seguiremos a sequência que julgo ser a mais didática para o estudo da Biologia.

<b>AULA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>CONTEÚDO</b>	<b>DATA</b>
Aula 00	Origem e evolução da vida	Biologia como Ciência; Método científico; origem do Universo, da Terra e da vida; teorias evolutivas.	05/01/2018
Aula 01	Ecologia e ciências ambientais	Conceitos básicos de ecologia; cadeias e teias alimentares; pirâmides ecológicas; ciclos biogeoquímicos; dinâmica de populações; relações ecológicas; sucessão ecológica.	15/01/2018
Aula 02	Ecologia e ciências ambientais	Biogeografia; Biomas brasileiros; problemas ambientais; medidas de conservação; noções de legislação ambiental.	25/01/2018
Aula 03	Moléculas, células e tecidos	A química da vida; Origem e evolução das células; Uma visão geral da célula, Membrana Plasmática; Citoplasma; Aspectos gerais do metabolismo	04/02/2018

		celular (enzimas).	
Aula 04	Moléculas, células e tecidos	Metabolismo Energético: Respiração Celular e Fotossíntese, Núcleo interfásico e código genético. Síntese proteica.	14/02/2018
Aula 05	Moléculas, células e tecidos	Ciclo celular, Divisão celular, Principais tecidos animais e vegetais, Biotecnologia.	24/02/2018
Aula 06	Identidade dos Seres Vivos	Características dos seres vivos; classificação dos seres vivos; ciclos de vida; análise adaptativa dos seres vivos (vírus, bactérias, protoctistas).	06/03/2018
Aula 07	Identidade dos Seres Vivos	Análise adaptativa dos seres vivos (Botânica, Fungos).	16/03/2018
Aula 08	Identidade dos Seres Vivos	Análise adaptativa dos seres vivos (Zoologia).	26/03/2018
Aula 09	Identidade dos Seres Vivos	Fisiologia Humana: sistema digestório, circulatório, respiratório, urinário.	05/04/2018
Aula 10	Identidade dos Seres Vivos	Fisiologia Humana: sistema nervoso, sensorial, endócrino e reprodutor. Embriologia humana. Evolução humana.	15/04/2018
Aula 11	Hereditariedade e diversidade da vida	Genética Mendeliana; Polialelia; Grupos sanguíneos; Interação Gênica; Pleiotropia.	25/04/2018
Aula 12	Hereditariedade e diversidade da vida	Herança sexual; ligação gênica; alterações cromossômicas; genética de populações.	05/05/2018
Aula 13	Qualidade de vida das populações humanas	Principais doenças que afetam a população brasileira. DST's. Métodos contraceptivos. Drogas.	15/05/2018

#### 4. A Biologia como Ciência

Alô juventude pensante desse Brasil! Como diria o filósofo, vamos começar pelo começo! Não tem como estudar Biologia sem saber do que ela trata. Sendo assim, permitam-me fazer as devidas apresentações:

**BIOLOGIA**  
Vida                      Estudo

A palavra **BIOLOGIA** significa **ESTUDO DA VIDA** e, por isso, essa linda matéria vai tratar de tudo que envolve direta ou indiretamente os seres vivos do nosso planeta.

A Biologia é uma disciplina muito vasta, incluindo muitas outras, como por exemplo: Anatomia, Bioquímica, Botânica, Citologia, Ecologia, Evolução, Fisiologia, Genética, Zoologia etc. Ao longo do nosso curso, vamos passear por todas essas áreas, sempre buscando entender como elas se relacionam para construir o conhecimento amplo da nossa matéria de estudo.

A Biologia, por sua vez, faz parte de um conjunto ainda maior de disciplinas às quais damos o nome de **Ciências**. A Ciência trata de todo o conjunto de conhecimentos que podem ser testados através do **Método Científico**. Dessa forma, a Biologia, por ser uma Ciência, também vai utilizar o Método Científico na sua construção. É preciso lembrar que as Ciências estão em constante mudança à medida que novos conhecimentos vão surgindo em decorrência da utilização do Método Científico.

Essa é a diferença básica entre Ciência e Religião. Enquanto que a primeira dispõe de um método próprio para a produção de conhecimento, a segunda não pode usar esse mesmo método, uma vez que seus princípios não são passíveis de serem testados.

## 5. O Método Científico

O **Método Científico** é, portanto, o conjunto de etapas utilizadas pela Ciência na construção de novos conhecimentos. Ele se baseia nas **observações** dos fenômenos naturais e se propõe a realizar **testes** para explicar esses fenômenos. No entanto, esses **testes** são limitados pela **tecnologia** disponível para a sua realização. Um exemplo claro disso foi a invenção do microscópio. Essa inovação tecnológica possibilitou aos cientistas obter informações que antes eram desconhecidas e, por isso, puderam explicar vários novos fenômenos.

Didaticamente, o Método Científico segue 06 etapas. Vamos ver quais são elas:

- 1. Observações**
- 2. Perguntas**
- 3. Hipóteses**
- 4. Experimentação**
- 5. Resultados**
- 6. Conclusões**

Tudo começa com a **observação** de algum fenômeno natural que desperta o interesse de algum cientista. Essa **observação** leva a uma **pergunta**. Para essa pergunta o cientista formula, indutivamente, possíveis respostas. Essas possíveis respostas são chamadas de **hipóteses**. Para que uma **hipótese** seja válida, ela precisa ser **testável**. É aí que entra a **experimentação**. Essa etapa vai incluir os testes necessários para confirmar ou negar uma hipótese. Um experimento pode ser **comparativo** ou **controlado**. O experimento comparativo vai utilizar os dados fornecidos diretamente pela natureza. Já no experimento controlado, o cientista cria um ambiente artificial de modo a isolar a variável que ele quer testar, no sentido de obter resultados mais fidedignos. Nessa situação são criados **grupos controle**, onde a variável a ser testada não está presente; e **grupos experimentais**, sujeitos às

condições que se quer testar. (Não se preocupe pois mais à frente darei alguns exemplos que vão facilitar a compreensão desse assunto.) Após a **experimentação** o cientista obtém os **resultados** que nada mais são do que dados frios que dependem da interpretação cuidadosa para que, enfim, tenhamos nossas **conclusões**. É por isso que a Ciência é algo tão incrível e que, por vezes, gera muitas polêmicas, já que mesmos resultados podem ser interpretados de maneira diferente por diferentes cientistas, levando a conclusões totalmente diferentes também.

Vamos a alguns exemplos:

**Exemplo 01:** A partir de **observações**, verificou-se que após a instalação de uma fábrica próximo a um rio, houve uma diminuição na quantidade de peixes encontrados no local.

Seguindo as etapas do Método Científico vamos tentar chegar a algumas conclusões. Após as **observações**, surge uma **pergunta**, que nesse caso seria: O que está causando a diminuição na quantidade de peixes? Para essa pergunta, podemos associar o fato da instalação de uma fábrica no local e formular a **hipótese** de que há relação entre os resíduos jogados por ela no rio e a morte dos peixes. Essa hipótese é testável e, por isso, é válida. Vamos passar à **experimentação** pois precisamos testar a nossa hipótese. Vamos fazer um experimento **comparativo**, analisando amostras de água em diversos pontos do rio e com diferentes distâncias da fábrica, e, ao mesmo tempo vamos fazer um estudo populacional nesses mesmos pontos para verificar a quantidade de peixes em cada um deles. A ideia é cruzar os dados de concentração de poluentes na água com a distância da fábrica e com a quantidade de peixes para saber se existe alguma relação. Finalmente, após todas as análises, nossos **resultados** apontam que a quantidade de peixes é inversamente proporcional à quantidade de poluentes na água do rio e que, quanto mais próximo da fábrica maior essa poluição. Ou seja, existe uma clara relação entre a presença da fábrica, a quantidade de poluentes

e a diminuição dos peixes no rio. Podemos tirar como **conclusão**, dessa forma, que a causa da diminuição dos peixes é a liberação de resíduos tóxicos pela fábrica nas águas do rio.

**Exemplo 02:** Uma planta amazônica faz parte da farmacopeia indígena e, segundo esse povo, possui efeitos analgésicos poderosos.

Bom, já temos nossa **observação** e partiremos para a **pergunta**: Essa planta tem mesmo efeitos analgésicos? Uma vez que temos um bom registro histórico do uso dessa planta em populações indígenas, vamos assumir como nossa **hipótese** que a planta realmente é eficaz. No entanto, para que ela possa ser transformada em remédio e comercializada é necessário passar por vários testes que comprovem o seu efeito. Normalmente os testes são realizados em cobaias não-humanas e, posteriormente, caso tudo dê certo, passam para humanos. Vamos simplificar o processo e passar para a **experimentação** em humanos. Nesse caso, vamos fazer um experimento **controlado**. Para isso teremos dois grupos de pessoas. Um será o **grupo controle** e o outro será o **grupo experimental**. Todas essas pessoas sofrem de dor de cabeça crônica. O grupo experimental receberá o comprimido feito a partir da planta a ser testada. O grupo controle receberá um comprimido de formato idêntico ao do grupo experimental, porém feito de farinha. Um detalhe importante é que as pessoas não saberão a qual grupo pertencem e, por isso, não saberão se estão tomando o remédio verdadeiro ou o comprimido de farinha. Isso é importante para se eliminar o efeito **placebo**, pois o simples fato de a pessoa acreditar que está tomando um remédio já pode ser suficiente para que algum efeito seja percebido. A ideia então é verificar se existe alguma diferença significativa entre aqueles indivíduos que tomaram o remédio de verdade e aqueles que tomaram um comprimido de farinha mesmo acreditando que poderia ser um remédio. Após a administração dos comprimidos, cada pessoa relatou se sentiu diminuição na dor de cabeça em uma escala de 0 a 10. Com esses dados temos os nossos **resultados** que podem ser colocados em

uma tabela e analisados estatisticamente para saber se houve uma diferença significativa entre os grupos e, conseqüentemente, saber a eficiência do remédio. Descobrimos então que, em algumas situações, aqueles indivíduos que tomaram o comprimido de farinha relataram efeitos muito maiores do que aqueles que tomaram o comprimido feito da planta. Os testes estatísticos apontam que não há diferenças que comprovem a eficiência desse fármaco para a analgesia. Sendo assim, **concluimos** que a comercialização desse remédio não é viável e não se justifica.

Com esses dois exemplos, acredito que tenha ficado mais claro de que maneira a Biologia trabalha usando o Método Científico.

É importante lembrar também que o raciocínio usado no Método Científico pode se mostrar muito útil no nosso cotidiano, uma vez que nos induz a sempre questionar os fatos e não apenas aceitar aquilo que outras pessoas nos dizem sem apresentar nenhum argumento lógico. Sendo assim, em última análise, estudar o Método Científico vai te ajudar a perceber quando alguém está tentando te enganar! Fica esperto, camarada!

## 6. Origem da Vida

Agora que já estudamos como a Biologia trabalha através do Método Científico, podemos passar para uma das questões mais incríveis, polêmicas, importantes e fantásticas de todas as Ciências: De onde viemos? Ou seja, como a vida surgiu no nosso planeta? Para isso, precisaremos voltar no tempo, bem antes do surgimento do primeiro ser vivo para ter noção de como o Universo e o planeta Terra se formaram.

### ORIGEM DO UNIVERSO, DO SISTEMA SOLAR E DO PLANETA TERRA

A teoria mais aceita sobre a origem do Universo nos diz que ele se formou há cerca de 13,7 bilhões de anos com uma grande explosão chamada *Big Bang*. Pouco se sabe a respeito dos momentos logo após ou antes do *Big Bang*. Contudo, sabe-se que toda a matéria e a energia do universo estavam concentradas em um pequeno ponto de densidade infinita e que, após a explosão, o universo começou a se expandir em todas as direções, fato que continua a ocorrer.

Há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, o nosso Sistema Solar começou a se formar a partir de uma nuvem de gás e poeira fina. No centro dessa nuvem em rotação, e pela ação da gravidade, o Sol se formou. A gravidade foi também responsável pela agregação de matéria orbitando ao redor do Sol, o que ocasionou a formação dos planetas, entre eles a Terra.

No início, o nosso planeta era bem diferente do que é hoje. Era um lugar extremamente hostil, tão quente que não havia rochas sólidas e constantemente bombardeado por outros corpos. De fato, as condições para o surgimento da vida ainda não estavam presentes. No entanto, o gradativo resfriamento da superfície possibilitou a solidificação das rochas e o aparecimento de água no estado líquido. Por volta de 4 bilhões de anos atrás, a atmosfera terrestre era constituída principalmente por dióxido de carbono, vapor de água, amônia, metano e óxidos de enxofre. Definitivamente uma atmosfera malcheirosa! Mas foi nesse ambiente que

os primeiros organismos tiveram condições de surgir e se desenvolver e é aí que a coisa fica mais interessante para o nosso estudo.

### ABIOTOGÊNESE X BIOTOGÊNESE

A origem da vida na Terra sempre foi uma questão central a ser respondida pela humanidade. Há mais de 2000 anos, filósofos da Grécia antiga, como Aristóteles, já procuravam explicar esse fenômeno.

Aristóteles, assim como muitos outros, defendia que os seres vivos poderiam surgir não apenas pela reprodução, mas também a partir da matéria inanimada. Essa teoria, conhecida como **geração espontânea** ou **abiogênese** foi bem aceita até o século XIX e considerava que a matéria não-viva, em determinadas condições, poderia dar origem a seres vivos. Isso explicaria como larvas de insetos surgiam em alimentos depois de um tempo, por exemplo. A **abiogênese** contava até com uma “receita” para produzir camundongos a partir de camisas sujas e sementes de trigo. De acordo com essa receita, se esses ingredientes fossem deixados em um canto escuro, após 21 dias camundongos surgiriam espontaneamente a partir deles. Hoje parece muito claro que os camundongos eram apenas atraídos de outros lugares e não surgiam a partir da matéria inanimada. No entanto, no século XVII, quando o Método Científico ainda não era usado com os critérios atuais, muitos cientistas julgavam que isso realmente fosse possível.

Ainda no século XVII, um cientista italiano chamado **Francesco Redi**, elaborou um experimento para mostrar que a abiogênese não era uma maneira possível para o surgimento de novos seres vivos. Redi organizou uma série de frascos de vidro e, dentro de cada um, colocou um pedaço de carne crua. Os frascos foram então divididos em três grupos: 1 – fechados com uma tampa (Grupo experimental 1); 2 – sem tampa, porém cobertos com gaze (Grupo experimental 2); 3 – abertos (Grupo controle). Após algum tempo, ele percebeu que nos frascos abertos havia larvas se alimentando da carne, bem como a presença de moscas. Nos frascos cobertos com gaze, não havia larvas na carne, porém havia

moscas do lado de fora (possivelmente atraídas pelo cheiro da carne). Nos frascos fechados com tampa, não havia nem larvas nem moscas. Com isso, Redi demonstrou que o surgimento das larvas dependia do acesso das moscas à carne para colocar seus ovos e, sendo assim, elas não surgiriam espontaneamente. Esse experimento fortaleceu a ideia de que os seres vivos apenas surgem a partir da reprodução de outros seres vivos, teoria essa chamada de **biogênese**. Na figura abaixo está um esquema do experimento de Redi.

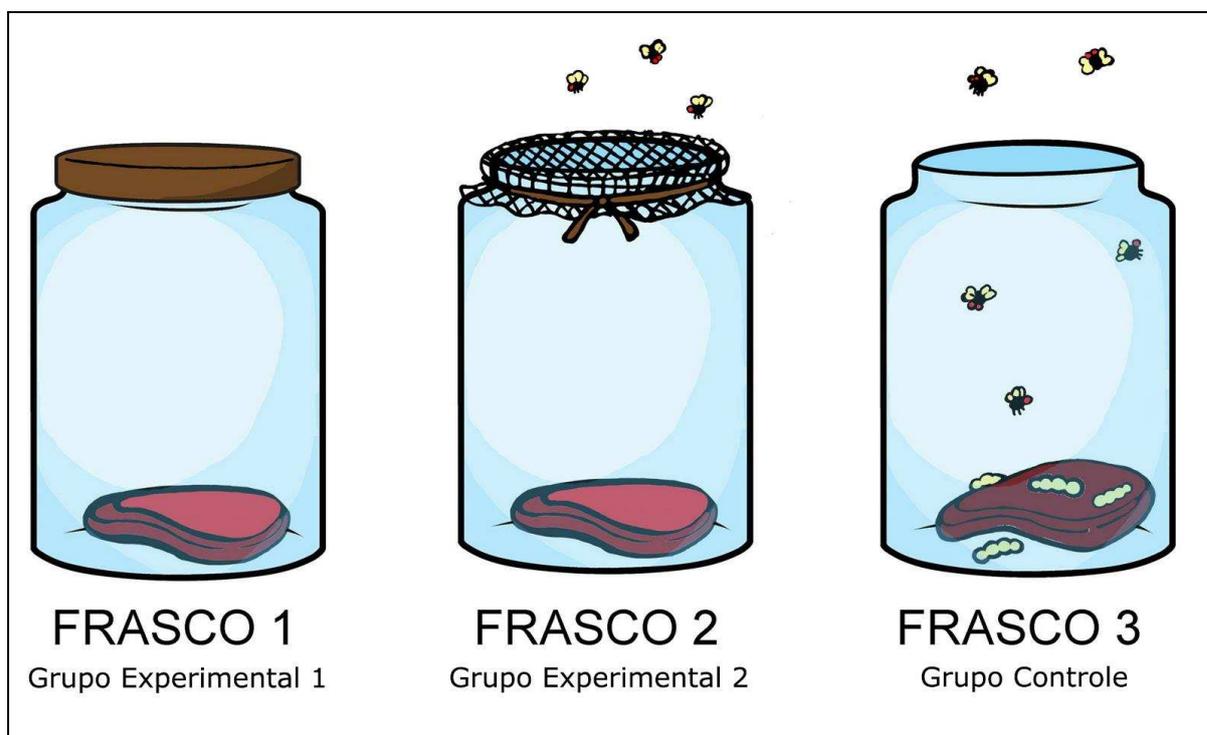


Fig. 1: Experimento de Francesco Redi.

A história poderia estar resolvida aqui, porém, **a invenção do microscópio** no fim do século XVII colocou lenha na fogueira e reacendeu a discussão. Acontece que os cientistas começaram a enxergar organismos desconhecidos até então por serem muito pequenos. As bactérias, por exemplo, podiam ser observadas em praticamente qualquer lugar. Isso levou ao pensamento de que, para seres “superiores”, como os animais, apenas a **biogênese** fosse válida. Enquanto que para seres “inferiores”, como as bactérias, a **abiogênese** seria válida. Na verdade, isso gerou mais confusão do que outra coisa.

Outros experimentos foram realizados no século XVIII, como os de Needham (defendendo a abiogênese) e os de Spallanzani (defendendo a biogênese). No entanto, quando as evidências apontavam para a biogênese, os seus críticos apelavam para a existência de uma “força vital” presente no ar, que estava sendo destruída nos experimentos e, por isso, impedia que a geração espontânea ocorresse.

Foi então que, no século XIX, **Louis Pasteur** conseguiu dar fim a essa discussão. Utilizando as ideias de Spallanzani, ele elaborou um experimento que derrubou de vez a geração espontânea tanto para seres microscópicos quanto para macroscópicos. Nesse experimento, Pasteur colocou um caldo nutritivo dentro de um recipiente (assim como fizeram Needham e Spallanzani). No entanto, o recipiente de Pasteur tinha, em sua extremidade, um prolongamento em forma de pescoço de cisne, como mostra a imagem abaixo. Pasteur ferveu o caldo, eliminando quaisquer microrganismos nele presentes e, mesmo estando em contato com o ar (repare que a extremidade do recipiente era aberta), não houve o surgimento de novos microrganismos nesse caldo. O que acontece é que as bactérias e outros seres presentes no ar ficavam retidos na curvatura do pescoço de cisne e não conseguiam atingir o caldo e nem o contaminar. Após um tempo, Pasteur quebrou o pescoço de cisne, permitindo o acesso dos organismos presentes no ar ao caldo nutritivo e, dentro de algum tempo, eles se reproduziram dentro do recipiente. Com isso, Pasteur provou, finalmente, que a geração espontânea não poderia ocorrer, ainda que houvesse contato com o ar e com a tal “força vital” defendida pelos cientistas que acreditavam na abiogênese.

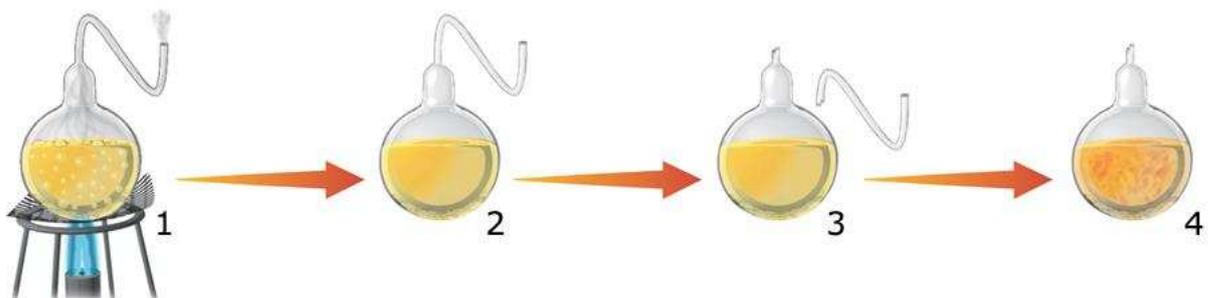


Fig. 2: Experimento de Pasteur. (1 – fervura do caldo; 2 – ausência de microrganismos; 3 – quebra do pescoço de cisne; 4 – aparecimento de microrganismos)

Após esse experimento, não havia mais dúvidas a respeito do surgimento de novos seres vivos. Ou seja, todos os organismos se originam a partir da reprodução de outros seres vivos, conforme a teoria da **biogênese**. Contudo, uma pergunta ainda restava: e os primeiros seres vivos? Como eles surgiram? Algum outro processo deve ter ocorrido, já que não havia seres vivos antes para se reproduzir e dar origem a outros. Para responder essa pergunta, teremos que voltar pelo menos 3,8 bilhões de anos e considerar as características do planeta Terra naquela época.

### TEORIA DA EVOLUÇÃO QUÍMICA OU MOLECULAR

Como já vimos, há cerca de 4 bilhões de anos, as características do planeta Terra eram totalmente diferentes das atuais. A atmosfera era formada principalmente por dióxido de carbono, vapor de água, amônia, metano e óxidos de enxofre, as temperaturas eram muito mais altas, havia intensa atividade vulcânica e choques de meteoritos. No entanto, foi nessas condições que, muito provavelmente, os primeiros seres vivos se formaram.



Fig. 3: Representação da Terra há 3,5 bilhões de anos. (Ilustração de Peter Sawyer, Smithsonian Institute)

Na década de 20 do século passado, dois cientistas (Alexander Oparin e J.B.S. Haldane) formularam a hipótese de que, em algum momento na história da Terra, e numa atmosfera sem gás oxigênio, os primeiros seres vivos podem ter surgido a partir da matéria inorgânica (não viva). Essa hipótese é conhecida como **Evolução Química ou Molecular** e fornece a base para o que temos de mais aceito atualmente sobre a origem da vida no nosso planeta. Segundo a hipótese de Oparin-Haldane, a Terra primitiva possuía uma atmosfera quimicamente redutora e, nela, moléculas inorgânicas expostas a várias formas de energia, reagiriam para formar moléculas orgânicas simples que precipitariam e acumulariam nos oceanos e demais depósitos de água na superfície. Nessa “sopa primordial”, as moléculas orgânicas se combinariam para formar moléculas mais complexas (polímeros) e, por fim, dar origem aos primeiros seres vivos.

Na década de 1950, Stanley Miller e Harold Urey realizaram um experimento em que simularam as condições da Terra primitiva propostas por Oparin e Haldane. Em um circuito fechado, eles criaram um sistema de aquecimento e resfriamento da água, simulando o seu ciclo entre a atmosfera (na forma de vapor) e os oceanos. No recipiente que simulava a atmosfera eles adicionaram os gases propostos por Oparin e Haldane. Os raios foram reproduzidos com descargas elétricas geradas por eletrodos.

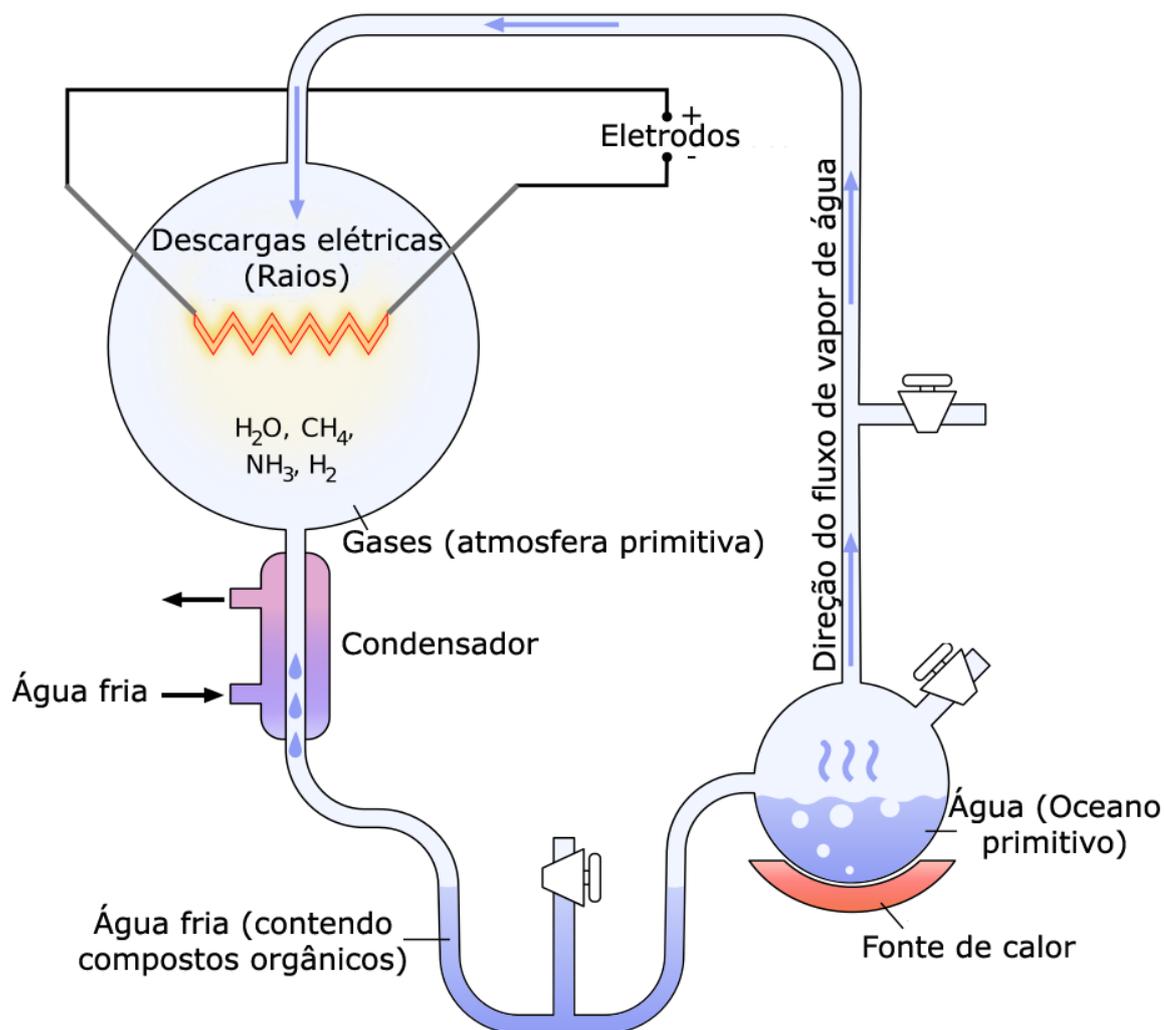


Fig. 4: Experimento de Miller-Urey, provando que é possível obter compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos nas condições da Terra primitiva.

Depois de algum tempo, ao analisar a água depositada no sistema, eles verificaram a presença de moléculas orgânicas simples como aminoácidos. Com isso, a hipótese de Oparin-Haldane sobre a origem da vida foi fortalecida, pois ficou comprovado que nas condições da Terra primitiva, compostos inorgânicos poderiam dar origem a compostos orgânicos simples, um passo essencial na formação dos primeiros seres vivos.

Oparin também propôs que aglomerados de moléculas orgânicas formados espontaneamente na água (os **coacervados**) seriam o próximo passo no surgimento da primeira célula, uma vez que constituem um compartimento individualizado do meio externo. Esse compartimento, por

sua vez, facilitaria as reações entre as substâncias no seu interior, fornecendo proteção dos agentes externos e possibilitando concentrações diferentes de moléculas entre a parte de dentro e a parte de fora do coacervado. A partir do momento em que um **coacervado** incorporou uma molécula com a capacidade de se autorreplicar (RNA ou DNA), teríamos então a primeira célula e, conseqüentemente, o primeiro ser vivo.

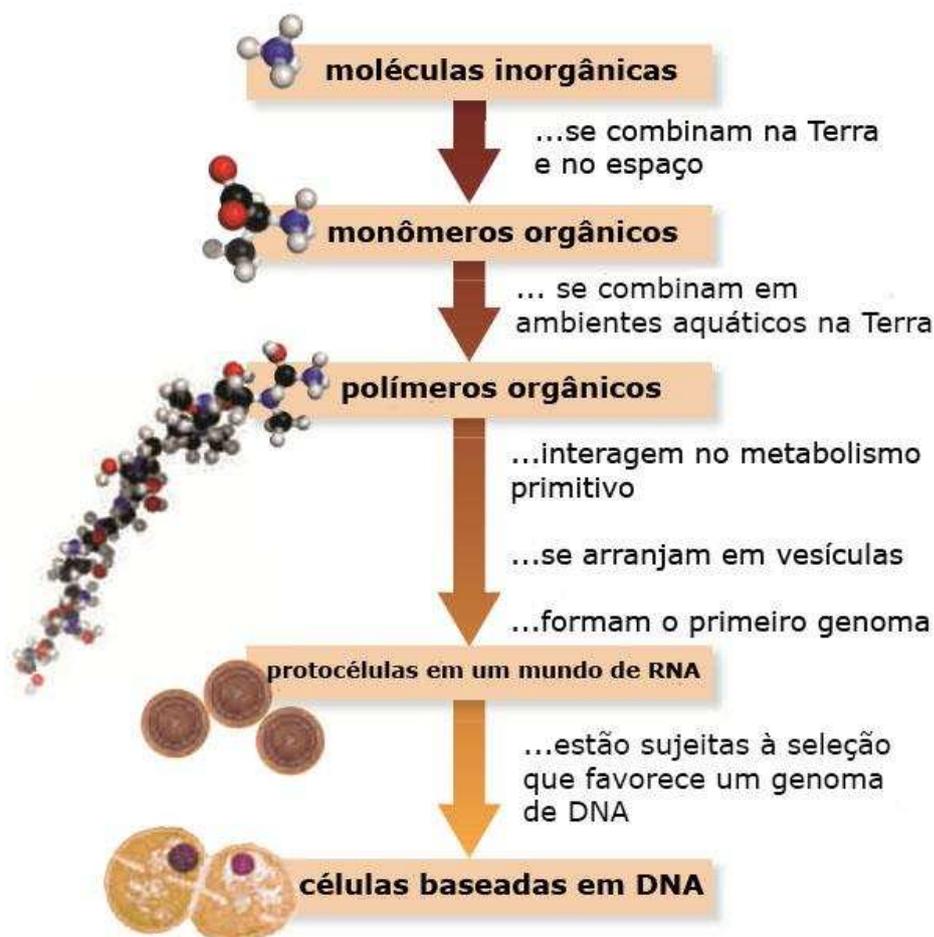


Fig. 5: Provável sequência de eventos até o surgimento das primeiras células.

Existem duas hipóteses a respeito do metabolismo dos primeiros seres vivos. A **hipótese autotrófica** considera que esses seres, semelhantes a arqueobactérias, realizavam quimiossíntese extraíndo energia de compostos inorgânicos, de modo a produzir moléculas orgânicas como a glicose. Essa hipótese baseia-se no fato de que não haveria matéria orgânica disponível suficiente para manter ecossistemas inteiramente formados por seres heterotróficos. Em um segundo momento

teriam surgido os seres heterotróficos anaeróbicos (que não utilizavam oxigênio), depois os seres fotoautotróficos e, por fim, os seres heterotróficos aeróbicos.

Outros autores consideram que a **hipótese heterotrófica** é que seria a mais provável. Nela, os primeiros seres vivos seriam **heterotróficos**, ou seja, precisavam extrair energia de moléculas orgânicas presentes no ambiente. Essa hipótese trabalha com a lógica de esse tipo de metabolismo ser mais simples do que o autotrófico. Com o tempo, a falta do “alimento” já pronto no ambiente acabou por selecionar organismos capazes de, a partir de outras fontes de energia (como a luz do Sol), produzirem suas próprias moléculas orgânicas. E aí teriam os seres **quimioautotróficos** e **fotoautotróficos**, sendo estes últimos responsáveis pelo grande aumento nos níveis de gás oxigênio presente na atmosfera.

Não há, contudo, um consenso na comunidade científica a respeito de qual hipótese estaria certa. No entanto, o que é certo, é que a respiração aeróbica só surgiu após o aparecimento da fotossíntese, uma vez que o gás oxigênio não existia na atmosfera antes das primeiras bactérias começarem a utilizar a energia do sol, o gás carbônico e a água para sintetizarem moléculas orgânicas.

Falaremos melhor sobre os tipos de metabolismo energético na Aula 04.

Na próxima parte dessa aula veremos como a ciência explica que esses primeiros seres vivos tenham dado origem a todos os outros seres do nosso planeta, incluindo EU e VOCÊ!

## 7. Teorias Evolutivas

### INTRODUÇÃO

A **Evolução** dos seres vivos é um dos temas centrais da Biologia e também um dos que geram mais polêmicas. Não é à toa que esse assunto já vem sendo debatido desde a época dos filósofos gregos há mais de dois mil anos. Nesta aula vamos fazer uma breve recapitulação sobre como as

concepções sobre a evolução foram mudando ao longo do tempo e conheceremos “os pais da criança”, ou seja, quem foram os grandes cientistas que abordaram esse assunto. Além disso, vamos focar no que temos de mais aceito hoje em dia e compreender quais mecanismos são responsáveis pelos processos evolutivos. Por fim vamos ver algumas questões do ENEM que trataram desse incrível tema!

Bora lá?

### TEORIAS EVOLUTIVAS

Como foi citado na introdução, alguns filósofos da Grécia Antiga já se interessavam pela origem da vida na Terra. No entanto, um deles se destacou. Seu nome era Aristóteles (384a.C. – 322a.C) e ele considerava que os seres vivos não sofriam modificações ao longo do tempo (**fixismo**).

Outro **fixista** foi Lineu (1707 - 1778), que é considerado o pai da **taxonomia** moderna. Mas isso é assunto para a aula de **Classificação Biológica**. O que interessa pra gente agora é que Lineu, por ser fixista, acreditava que os seres vivos não sofriam modificações ao longo do tempo e, além disso, era também **criacionista**, pois acreditava que todos os seres vivos haviam sido criados por Deus. Por não haver modificação, também não haveria o surgimento de novas espécies, uma vez que todas teriam surgido como fora determinado pelo seu criador.

Entretanto, motivados pela descoberta de vários **fósseis**, alguns cientistas no fim do século XVIII começaram a defender a ideia de que os seres vivos sofrem modificações ao longo das gerações e, portanto, **evoluem**.

Um dos grandes nomes dessa nova linha de pensamento foi **Jean Baptiste Lamarck** (1744 – 1829). Ele acreditava que os primeiros seres vivos surgiram através da matéria não viva (**geração espontânea**) e que, ao longo de sucessivas modificações, deram origem aos seres atuais.

O mecanismo pelo qual ele explicou essas modificações baseia-se em duas leis:

- **A lei do uso e do desuso**
- **A lei da transmissão de caracteres adquiridos**

Pela **lei do uso e do desuso**, Lamarck tentava explicar, por exemplo, por que animais que vivem em cavernas com pouca luz tendem a ter a visão pouco desenvolvida. Segundo ele, por não haver necessidade, os olhos desse animal teriam se atrofiado. Assim, quanto mais usada fosse uma estrutura no corpo de um ser vivo, mais desenvolvida ela se tornaria, e vice-versa. Essas características seriam então passadas de geração em geração, caracterizando a **lei da transmissão de caracteres adquiridos**. Mais tarde ficou provado que nem uma lei nem outra estavam corretas, mas Lamarck contribuiu muito para o estudo da evolução e influenciou bastante o trabalho do próximo cientista que vamos estudar.



Fig. 6: Representação de Lamarck com o corpo de uma girafa

Nesse momento, respira fundo e prepara que o melhor está por vir. Falamos até agora de Aristóteles, Lineu e Lamarck. Mas “o cara” da evolução é o próximo. Respirou? Então vai!

**Charles Darwin** (1809 - 1882) revolucionou o estudo da evolução biológica com a publicação de sua afamada obra **A Origem das Espécies** de 1859. Nesse livro, Darwin introduziu o conceito de **Seleção Natural** ou a **sobrevivência do mais apto**. Deixa eu explicar como isso funciona.

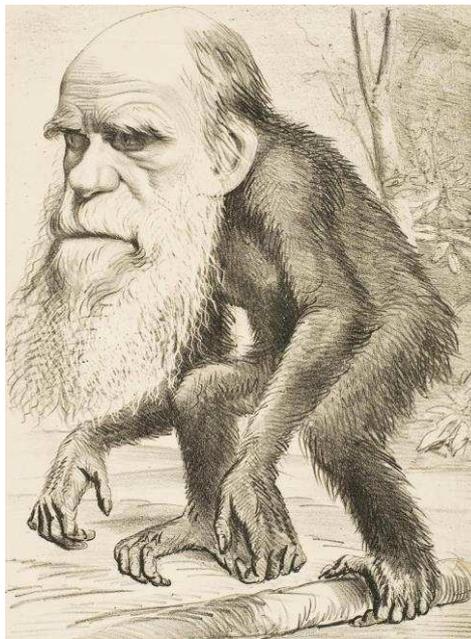


Fig. 7: Charge de crítica às ideias evolucionistas de Darwin

Imagina uma população de sapos vivendo em um local com bastante umidade. Em um determinado momento, esse local começa a sofrer mudanças climáticas que o levam a, gradativamente, ser mais seco. Aqueles sapos naturalmente mais dependentes de água vão morrendo e deixando menos descendentes. Por outro lado, aqueles sapos naturalmente mais resistentes à seca vão se reproduzir mais em comparação com os outros. Isso vai levar a uma gradativa mudança nas características dessa população onde vão predominar, cada vez mais, esses indivíduos resistentes à seca. É a **seleção natural** atuando.

Ou seja: o planeta sofre mudanças constantes e com isso os habitats também se modificam. Logo, os seres vivos que possuam características favoráveis às novas configurações ambientais sobreviverão e deixarão descendentes que, por sua vez, também possuirão essas características favoráveis. Podemos dizer então que os mais aptos foram selecionados.

**Agora presta atenção!!** Repara que essas características favoráveis não apareceram *durante* a vida do sapo. **Elas não foram adquiridas.** Elas já estavam lá e são fruto de variações presentes dentro dos indivíduos de uma população. Para que isso fosse válido, Darwin também previa que essas características deveriam ser herdadas, apesar de desconhecer esse mecanismo de herança.



Fig. 8: Em um ambiente predominantemente marrom, insetos dessa cor serão menos predados pelas aves e, com isso, terão maior sucesso reprodutivo. Com o tempo, esses indivíduos vão predominando nas populações.

Uma simulação da **seleção natural** controlada pelo ser humano é a chamada **seleção artificial** e foi amplamente utilizada na domesticação de várias espécies de animais e plantas para se atingir um objetivo desejado. Por exemplo, os ratos de laboratório são da mesma espécie dos ratos de esgoto, mas além de serem brancos são muito mais dóceis. O que acontece é que as linhagens dóceis foram sendo selecionadas artificialmente pelos pesquisadores e colocadas para cruzarem entre si, produzindo assim cada vez mais indivíduos com essa característica. Isso também aconteceu com as diferentes raças de cachorros, por exemplo. Sendo assim, fica provado que a seleção natural é um processo não só possível como presente na história evolutiva dos seres vivos.

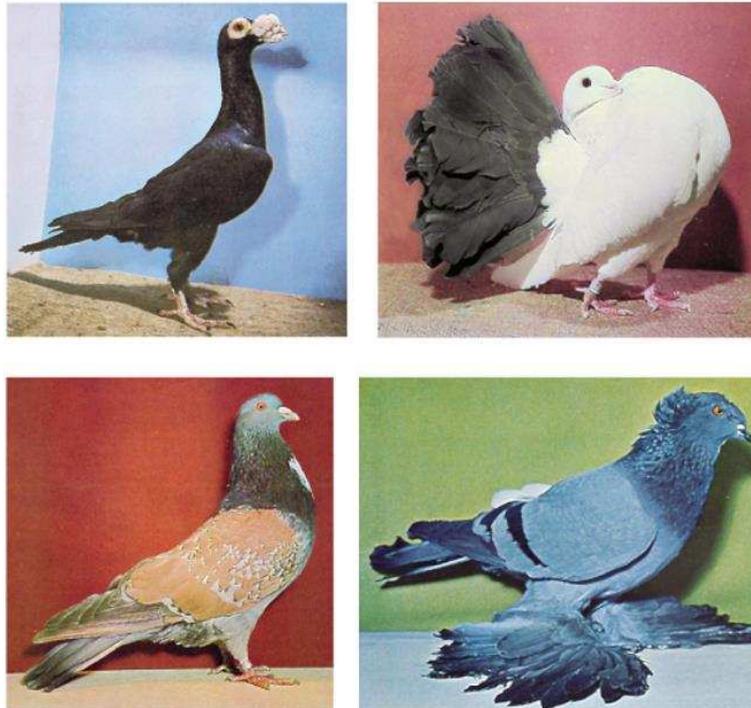


Fig. 9: Muitos tipos de pombos foram produzidos por seleção artificial.

Outra coisa importante é que as variações presentes nas populações podem ser vantajosas ou não para os indivíduos. Em caso positivo, essa característica se torna uma **adaptação** àquele ambiente naquele momento. Quando dizemos então, por exemplo, que o urso polar está **adaptado** a ambientes frios, queremos dizer que ele tem características evolutivas que conferem a ele vantagens em ambientes frios. E por isso, essas características foram **selecionadas** ao longo da evolução desse animal. Do mesmo modo, caso uma modificação não seja vantajosa naquele ambiente e naquele momento, os indivíduos que a carregam terão menos chances de sobreviver e de passar essa característica para os seus descendentes.

**ATENÇÃO!** É errado dizer que um ser vivo é mais ou menos evoluído do que o outro. Podemos dizer sim que um ser vivo é mais ou menos **adaptado** a determinado tipo de ambiente de acordo com as características que ele apresenta. Outro erro muito comum é achar que a evolução é linear e que tem um objetivo final (onde quase sempre se considera que a espécie perfeita é o ser humano). Essa visão está

completamente errada! O que vai ditar o caminho evolutivo que uma espécie vai sofrer depende das pressões seletivas originadas pelas condições ambientais impostas num determinado momento.

*Uma pausa para um momento "choque de realidade": Jovem, por mais que você seja uma pessoa incrível, nem você e nem a sua (nossa) espécie são a "imagem da perfeição" ou "o objetivo da evolução". Se você pensa dessa forma, então não leu direitinho o que eu escrevi aí em cima, ok? (Eu disse que esse tema era polêmico.)*

É importante lembrar que a escala de tempo evolutiva é um pouco difícil para que nós, seres humanos, a visualizemos, já que no geral nossa expectativa de vida não chega a 100 anos. A evolução, por sua vez, trabalha com grandezas de milhares a milhões de anos para que modificações significativas nos seres vivos sejam percebidas. É por isso que muitas pessoas acham que estruturas complexas como o olho humano não podem ter sido originadas simplesmente por modificações aleatórias nos seres vivos que foram selecionadas pelo ambiente. No entanto, se considerarmos que os vertebrados surgiram há mais de 400 milhões de anos, qualquer estrutura, por mais complexa que ela seja, teria tempo suficiente para se originar e ser gradativamente aperfeiçoada.

### TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO (NEODARWINISMO)

Agora que você já entendeu como a evolução é guiada pela seleção natural, é preciso lembrar que Darwin não conseguiu explicar de que forma a diversidade surge nas populações e como funcionam os princípios da hereditariedade. É aí que aparece a **teoria moderna da evolução** ou **teoria sintética da evolução**.

Com os avanços no estudo da **Genética**, principalmente a partir da década de 1930, os mecanismos responsáveis pelo aparecimento das modificações nos seres vivos foram então identificados. São eles:

- **Mutação gênica**

- **Recombinação gênica**

As **mutações** são alterações **aleatórias** no código genético de um ser vivo. Elas podem ocorrer espontaneamente ou induzidas por agentes externos como radiações ou algumas substâncias. (Falaremos sobre elas mais detalhadamente na aula 12.) Essas modificações no material genético do indivíduo, caso sejam passadas para os seus descendentes, podem representar uma vantagem adaptativa e, nesse caso, podem ser selecionadas. Caso essa mutação não represente uma vantagem, a tendência é que os indivíduos que a possuem deixem menos descendentes, fazendo com que a sua incidência na população diminua. As **mutações** acontecem o tempo todo no **genoma** de um indivíduo e, na maioria das vezes, não se manifestam na alteração de alguma característica. Portanto, não pense que ao sofrer uma **mutação**, você vai virar um *X-men* e sair por aí voando ou algo do gênero. Apenas o acúmulo de várias mutações sofrendo ação da seleção natural ao longo de muito tempo é que podem representar alguma mudança mais significativa em um organismo.

A **recombinação gênica** acontece quando há a mistura de fragmentos de material genético entre dois indivíduos durante a **reprodução sexuada**. Ela também ocorre aleatoriamente e aumenta drasticamente a variabilidade genética nos descendentes, uma vez que gera uma infinidade de novas combinações genéticas dentro dos **cromossomos**.

Esses dois fenômenos somam-se à seleção natural proposta por Darwin e compõem a teoria vigente para a evolução das espécies, na qual as variações mais vantajosas surgidas aleatoriamente através de **mutações** e **recombinações** prevalecerão através da **seleção natural**.

É por isso que a diversidade biológica tem um papel fundamental no sucesso evolutivo das espécies. Imagine, por exemplo, duas áreas de plantio. Na primeira, as plantas se reproduzem sexuadamente, através da polinização. Na segunda, todas as plantas são clones, reproduzidas assexuadamente através de técnicas como a micropropagação, onde

pequenos fragmentos de uma planta são colocados no solo gerando novos indivíduos. Caso ocorra uma mudança ambiental, como o aparecimento de uma praga, a primeira área terá maiores chances de resistir, uma vez que seus indivíduos são mais diversos e, naturalmente, alguns deles apresentarão maior resistência a essa praga. Já na segunda área, todos os indivíduos são geneticamente iguais. Assim, ou todos são resistentes à praga, ou nenhum é.

### CONCEITO DE ESPÉCIE

Antes de aprendermos como novas espécies surgem através da **evolução**, é preciso saber o que é uma **espécie**.

Existem vários conceitos diferentes (mais de 20) dependendo dos critérios utilizados. O mais comum e mais cobrado nos vestibulares é o **conceito biológico de espécie**. Nele, uma espécie é um conjunto de indivíduos muito semelhantes, capazes de reproduzirem entre si naturalmente e gerarem descendentes férteis, ou seja, que também possam gerar descendentes. Quando digo naturalmente, quero dizer que isso ocorre sem a interferência do ser humano, uma vez que esses seres vivem na mesma região geográfica. Existem casos em que indivíduos de espécies diferentes podem se reproduzir, mas seus descendentes não são capazes de gerar outros descendentes. Um exemplo disso é o cruzamento entre um jumento e uma égua gerando um burro (macho) ou uma mula (fêmea). Ambos são animais estéreis e isso, segundo o conceito biológico de espécie, indica que jumento e égua pertencem a espécies diferentes. Existem ainda casos em que indivíduos de espécies diferentes conseguem se reproduzir e gerar descendentes férteis, como o cruzamento entre tigres e leões de ambos os sexos. Porém, na natureza esses cruzamentos não acontecem, uma vez que esses animais não compartilham os mesmos territórios.

O conceito biológico de espécie só é válido, portanto, para aqueles seres vivos que realizam **reprodução sexuada**. No caso de bactérias, por exemplo, que realizam **reprodução assexuada**, não é possível aplicar

esse conceito. Também não é possível utilizá-lo para **espécies fósseis**. Apesar disso, como eu disse antes, esse é o conceito mais utilizado por ser mais didático e de fácil compreensão.

Outros conceitos incluem o **morfológico**, que leva em consideração apenas as diferenças na forma entre os indivíduos e, por isso pode considerar organismos de reprodução sexuada ou assexuada e também aqueles apenas presentes no registro fóssil. No entanto, a subjetividade dos critérios considerados pode levar a divergências entre os taxonomistas e sistematas.

Um conceito de espécie muito interessante é o **filogenético**, que considera uma espécie como o menor grupo de indivíduos que partilham um ancestral comum diferente de outro grupo. Para isso são utilizadas características morfológicas e moleculares. No entanto, é difícil estabelecer a quantidade de diferenças que é suficiente para definir o limite entre uma espécie e outra.

## ESPECIAÇÃO

O acúmulo das modificações selecionadas pelas condições ambientais leva, normalmente, uma população a ser cada vez mais diferente ao longo do tempo. Chega um momento que as diferenças acumuladas são tão grandes que se pode considerar o surgimento de uma ou mais espécies novas.

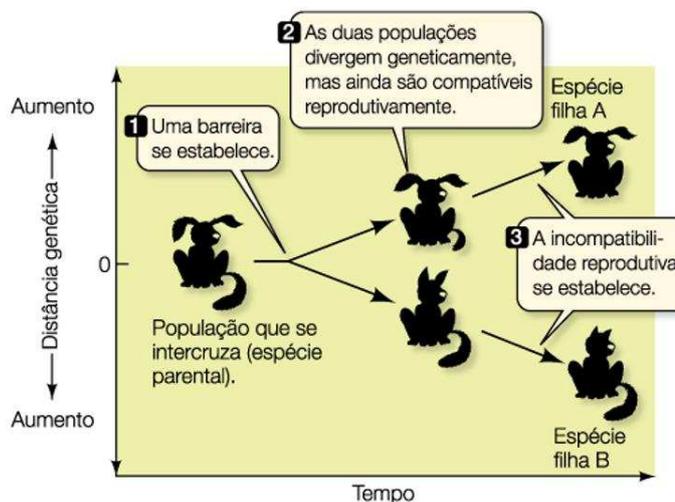


Fig. 10: Processo de especiação.

Esse processo é chamado **especiação** e ocorre basicamente através de dois processos:

- **Anagênese**
- **Cladogênese**

A **anagênese** acontece quando as modificações acumuladas em uma população são suficientes para que essa nova população seja considerada de uma espécie diferente daquela que a originou, agora extinta.

Na **cladogênese** ocorre uma ramificação decorrente de um isolamento entre duas partes de uma população levando, gradativamente a diferenças suficientes para que essas partes se tornem espécies diferentes. Essas diferenças surgem como consequência das diferentes pressões seletivas sofridas por essas novas populações num processo chamado de **irradiação adaptativa**.



Fig. 11: Anagênese e cladogênese no processo evolutivo.

## EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO

Nesse momento você pode estar pensando: “Ok, já sei um monte de teoria e tal... Mas eu quero provas de que essa tal de evolução acontece mesmo!” Então, meus jovens, vamos a elas!

**Fósseis:** São talvez a mais forte evidência do processo evolutivo. Os restos de seres vivos preservados (ossos, dentes, pegadas, conchas, fezes e até mesmo animais inteiros preservados no gelo) nos mostram o registro de várias espécies já extintas e, muitas vezes, formas intermediárias entre elas. É possível traçar claramente padrões de modificações ao longo do tempo e relacioná-los com os dados paleoambientais fornecidos.

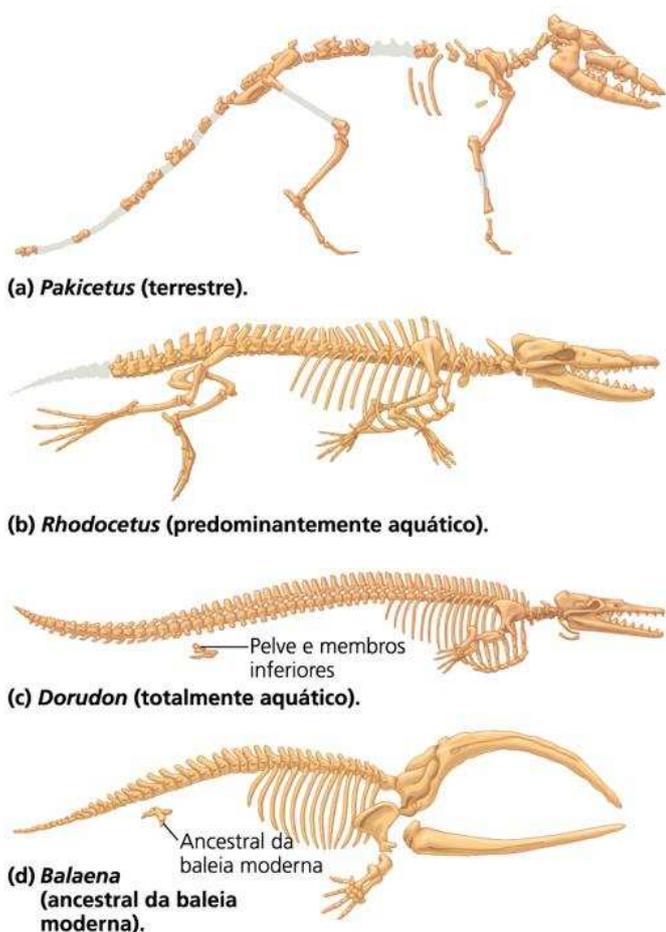


Fig. 12: Evolução da baleia a partir de um ancestral terrestre.

**Evidências morfológicas:** É muito visível a semelhança entre um ser humano e um chimpanzé e isso, obviamente, reflete a proximidade evolutiva entre essas duas espécies. No entanto, os pés de um ser humano são significativamente diferentes dos pés de um chimpanzé, fato que se explica pelas pressões seletivas sofridas por esses organismos de acordo com o ambiente onde eles vivem. Podemos dizer que houve uma **irradiação adaptativa** ocasionada pelas diferentes adaptações selecionadas nessas duas espécies. Nesse caso, temos estruturas de mesma origem **embriológica**, mas com funções diferentes (O pé do chimpanzé que o permite agarrar em galhos e o pé do ser humano adaptado ao andar bípede). Estruturas que possuem a mesma origem embriológica são chamadas de **homólogas** e possuem relevância na hora de reconstruir as relações evolutivas entre diferentes espécies.

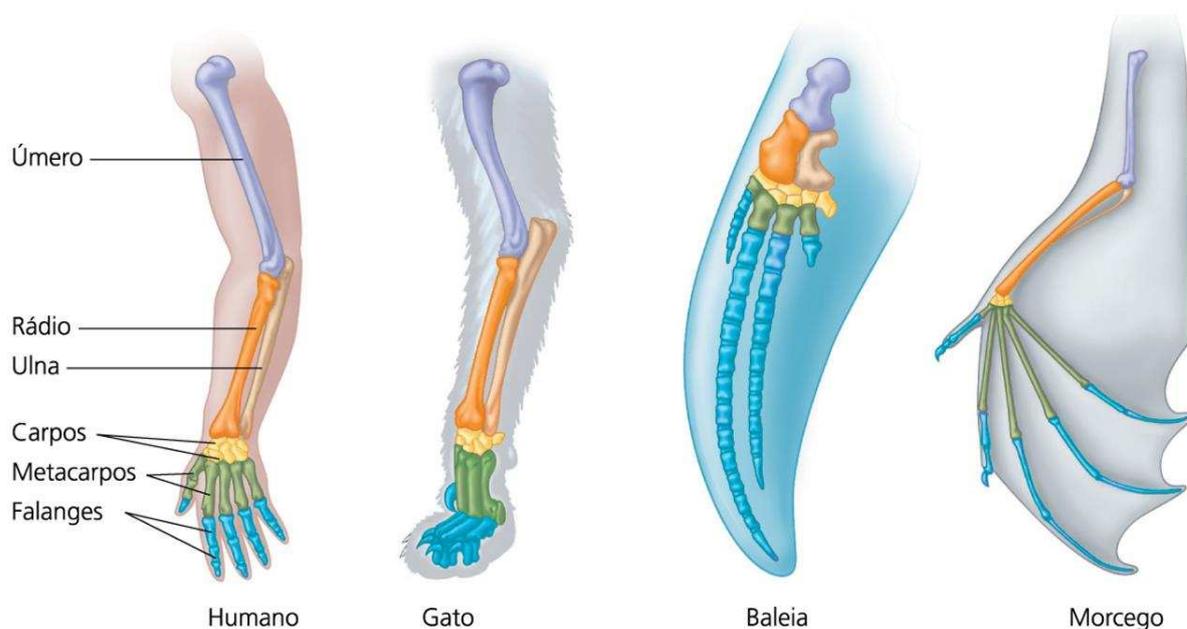


Fig. 13: Membros anteriores de mamíferos – Estruturas Homólogas.

Existem, por outro lado, estruturas de função semelhante em diferentes espécies, mas que não possuem a mesma origem embriológica. É o caso, por exemplo, da asa de um inseto e da asa de uma ave. Apesar de ambas servirem para fazer o animal voar, possuem diferentes origens embriológicas e, por isso, são chamadas de estruturas **análogas**. As estruturas análogas são fruto de **convergências evolutivas**, em que

seres vivos pouco relacionados evolutivamente sofrem pressões seletivas semelhantes e acabam por prevalecer com características de mesma função. Um outro exemplo clássico disso é a forma hidrodinâmica dos tubarões e golfinhos. Sabemos que isso é fruto da convergência evolutiva, já que os tubarões são peixes e os golfinhos são mamíferos, cujos ancestrais eram terrestres.

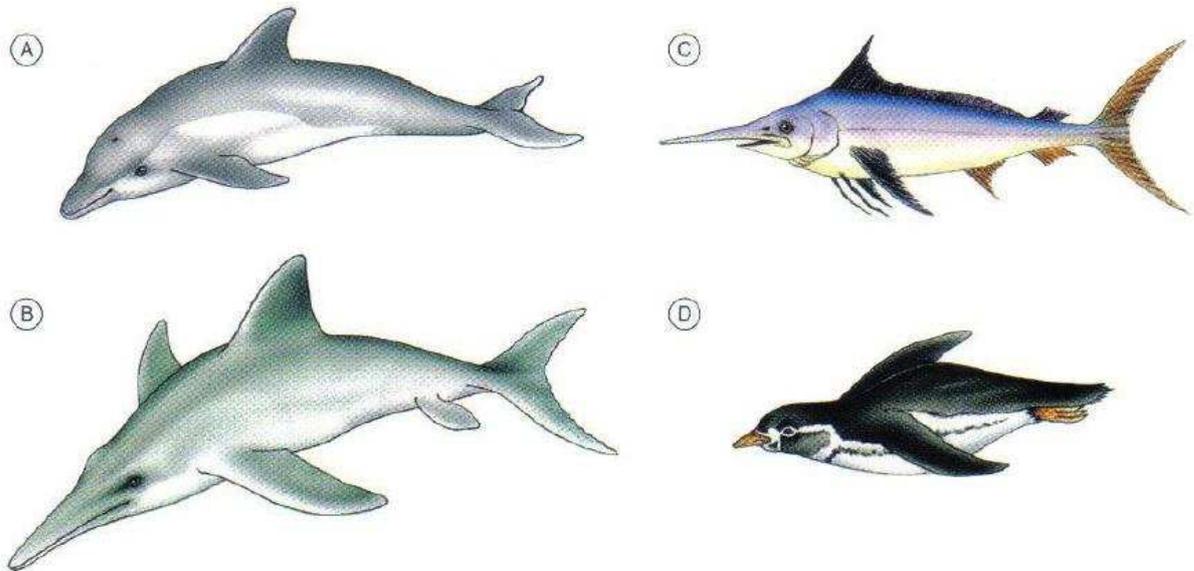


Fig. 14: Convergência evolutiva. A: golfinho, B: Ictiossauro, C: Peixe, D: Pinguim.

**Biogeografia:** A distribuição geográfica das espécies ao redor do planeta, associada aos conhecimentos de deriva continental, nos permitem traçar associações em que espécies que se separaram geograficamente há mais tempo são menos semelhantes entre si.

**Órgãos vestigiais:** São estruturas presentes em seres vivos que possuem pouca ou nenhuma função adaptativa atualmente, mas refletem características passadas por ancestrais. Por exemplo, os esqueletos de algumas serpentes que possuem ossos associados à locomoção de seus ancestrais com quatro patas. Outro caso é o apêndice cecal nos seres humanos (aquilo que muita gente diz que só serve pra inflamar e dar problema na sua vida). Ele é o resquício de nossos ancestrais que possuíam uma dieta predominantemente herbívora.

## FILOGENIA

As **árvores filogenéticas** ou **cladogramas** são diagramas utilizados para representar a história evolutiva de um grupo de organismos. Eles podem mostrar não só que grupos estão mais relacionados evolutivamente, como também apontar que características definem esses grupos e fornecer noção temporal a respeito dessas modificações. Saber analisar um **cladograma** é algo simples e muito útil para resolver questões sobre evolução.

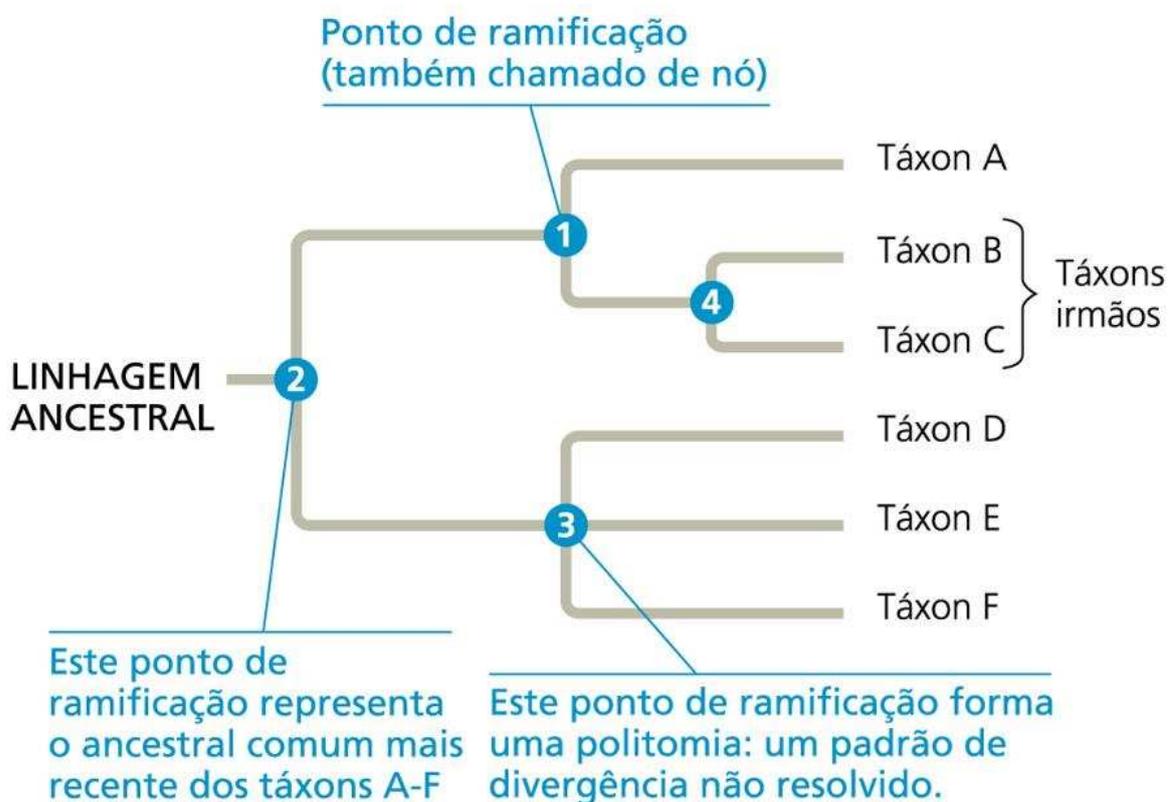


Fig. 15: Como ler uma árvore filogenética. Nesse caso o tempo corre da esquerda para a direita.

As **árvores filogenéticas** são criadas buscando-se a organização das espécies em grupos **monofiléticos**, ou seja, aqueles que incluem um ancestral e todos os seus descendentes, sem exceção. A sistemática filogenética não trabalha, por exemplo, com grupos **parafiléticos**, onde nem todos os descendentes de um ancestral comum são incluídos.

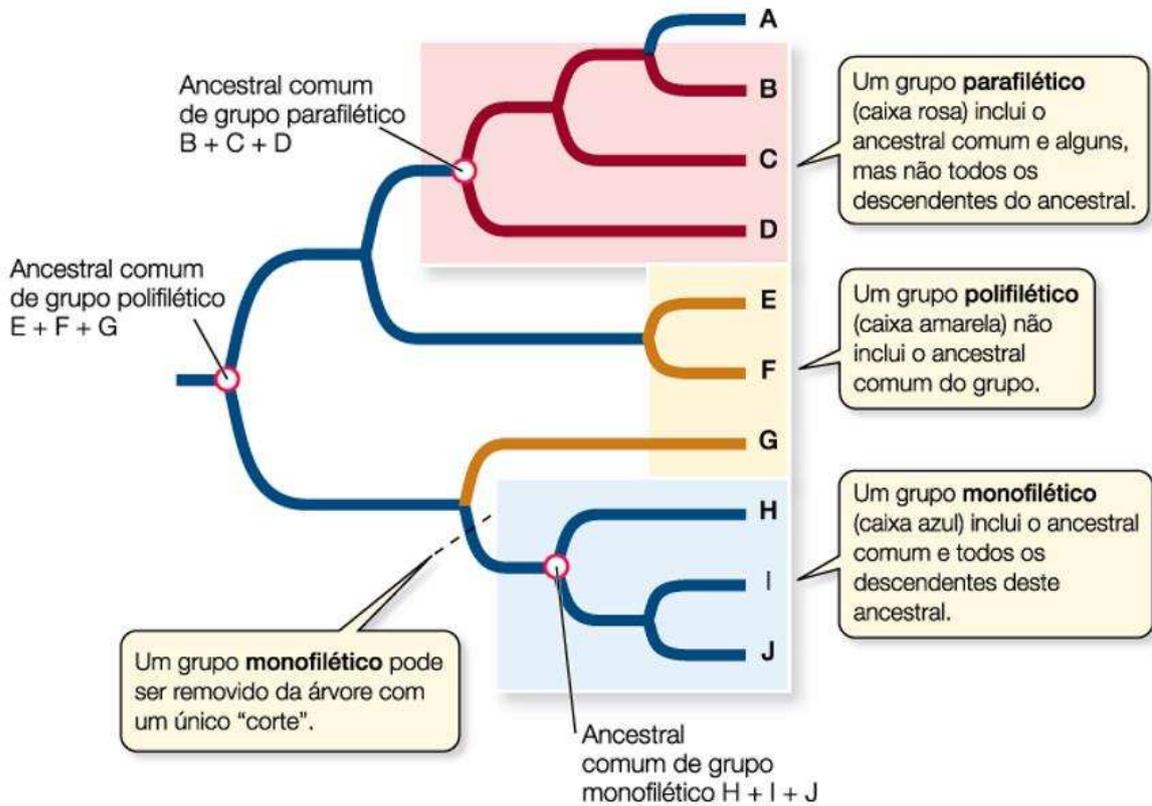


Fig. 16: Grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos.

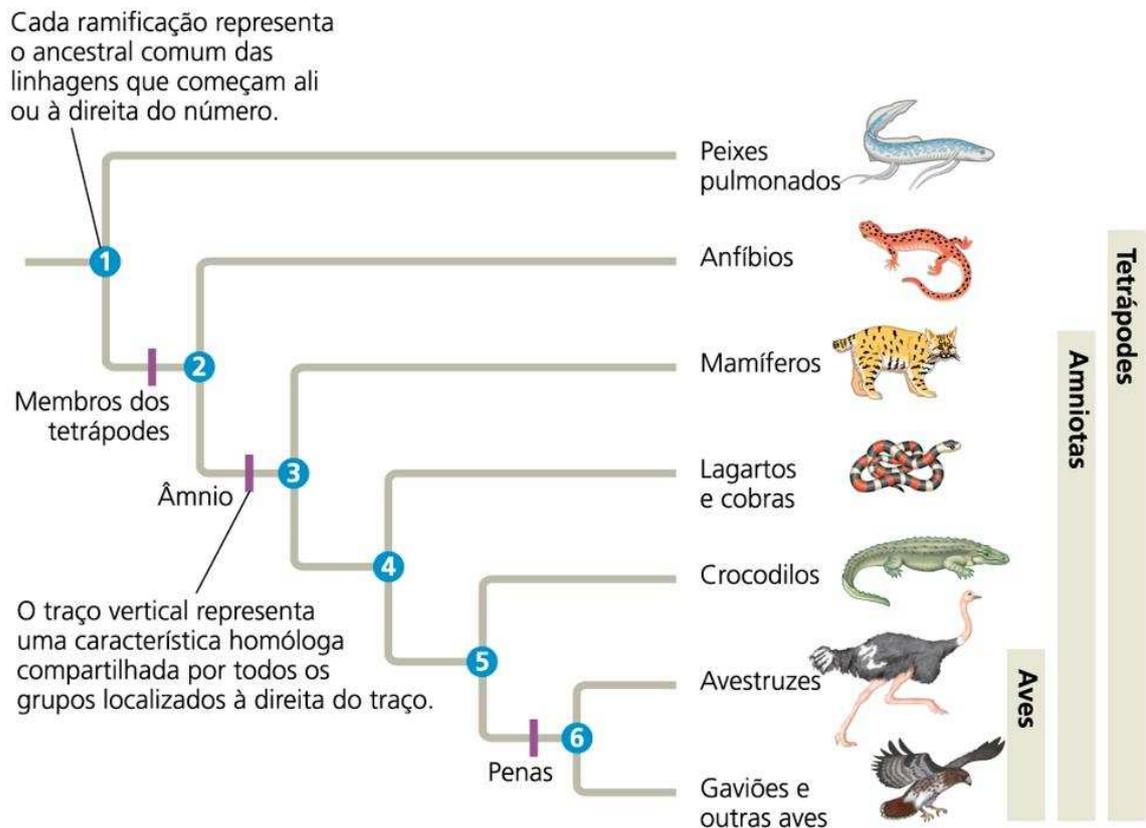


Fig. 17: Exemplo de árvore filogenética.

**Bem amigos, ficamos por aqui na nossa primeira aula! No nosso próximo encontro falaremos sobre a vida no planeta Terra de uma maneira mais ampla, estudando as relações entre os organismos e como eles interagem com o ambiente em que vivem. Até lá um bom estudo a todos e que Darwin esteja com vocês!**

## 8. QUESTÕES COMENTADAS

**1. (ENEM – 2015 Azul Q56)** Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação). Essa especiação não ocorre devido ao(à)

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

**2. (ENEM – 2014 Azul Q53)** Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas. Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- a) Modificação de características.
- b) Incremento no tamanho corporal.
- c) Complexificação de seus sistemas.
- d) Melhoria de processos e estruturas.
- e) Especialização para uma determinada finalidade.

**3. (ENEM – 2012 Branca Q55)** Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural. (Terra da Gente, ano 4, n. 47, mar. 2008 adaptado) Sem controle, esses animais podem invadir lagos e rios naturais, se reproduzir e:

- a) Originar uma nova espécie poliploide.
- b) Substituir geneticamente a espécie natural.
- c) Ocupar o primeiro nível trófico no habitat aquático.

- d) Impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
- e) Produzir descendentes com o código genético modificado.

**4. (ENEM – 2012 Branca Q79)** Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea. Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que:

- a) seres vivos podem ser criados em laboratório.
- b) a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
- c) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente.
- d) seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
- e) vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

**5. (ENEM – 2010 2ª Aplicação Azul Q68)** Experimentos realizados no século XX demonstraram que hormônios femininos e mediadores químicos atuam no comportamento materno de determinados animais, como cachorros, gatos e ratos, reduzindo o medo e a ansiedade, o que proporciona maior habilidade de orientação espacial. Por essa razão, as fêmeas desses animais abandonam a prole momentaneamente, a fim de encontrar alimentos, o que ocorre com facilidade e rapidez. Ainda, são capazes de encontrar rapidamente o caminho de volta para proteger os filhotes.

VARELLA, D. Borboletas da alma: escritos sobre ciência e saúde. Companhia das Letras, 2006 (adaptado).

Considerando a situação descrita sob o ponto de vista da hereditariedade e da evolução biológica, o comportamento materno decorrente da ação das substâncias citadas é

- (A) transmitido de geração a geração, sendo que indivíduos portadores dessas características terão mais chance de sobreviver e deixar descendentes com as mesmas características.
- (B) transmitido em intervalos de gerações, alternando descendentes machos e fêmeas, ou seja, em uma geração recebem a característica apenas os machos e, na outra geração, apenas as fêmeas.
- (C) determinado pela ação direta do ambiente sobre a fêmea quando ela está no período gestacional, portanto todos os descendentes receberão as características.
- (D) determinado pelas fêmeas, na medida em que elas transmitem o material genético necessário à produção de hormônios e dos mediadores químicos para sua prole de fêmeas, durante o período gestacional.

(E) determinado após a fecundação, pois os espermatozoides dos machos transmitem as características para a prole e, ao nascerem, os indivíduos são selecionados pela ação do ambiente.

**6. (ENEM – 2010 Azul Q64)** Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos. Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

a) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.

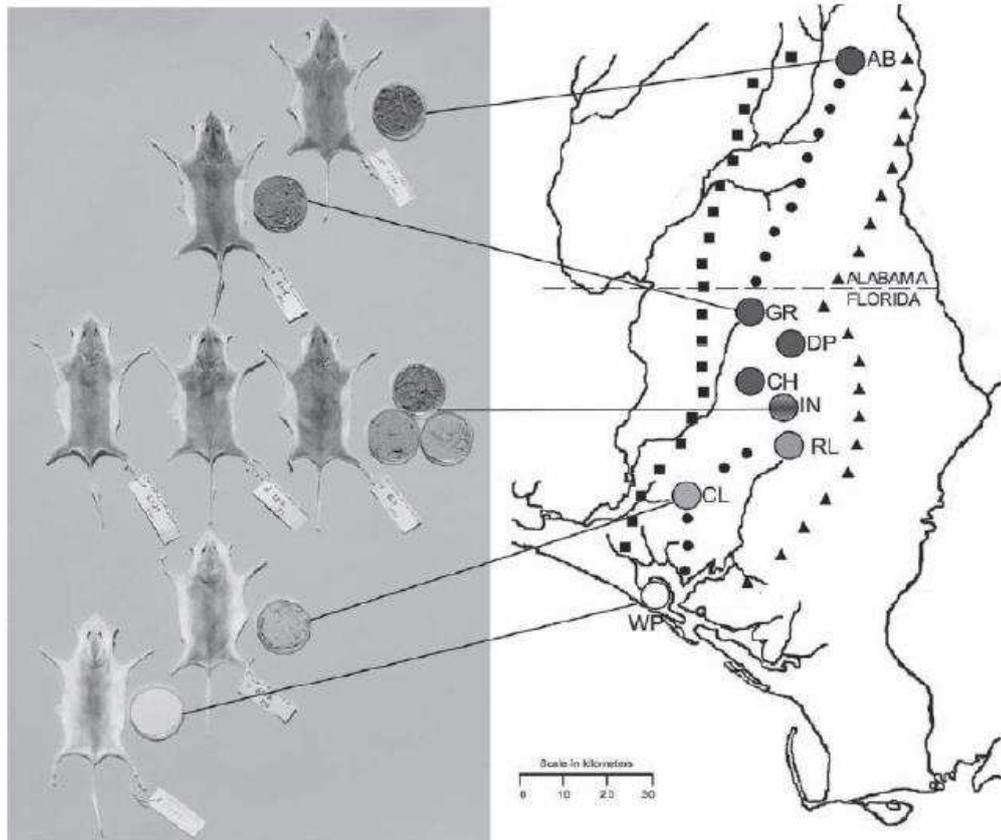
b) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.

c) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.

d) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitidas aos descendentes.

e) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

**7. (ENEM – 2009 Azul Q33)** Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região da América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente Sul-Norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. *Evolution*, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é:

- a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.
- a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.
- a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

**8. (ENEM – 2007 Amarela Q55)** As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

- movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.

- c) aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.
- d) aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
- e) recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

Para responder às questões 8 e 9, analise o quadro a seguir, que esquematiza a história da Terra.

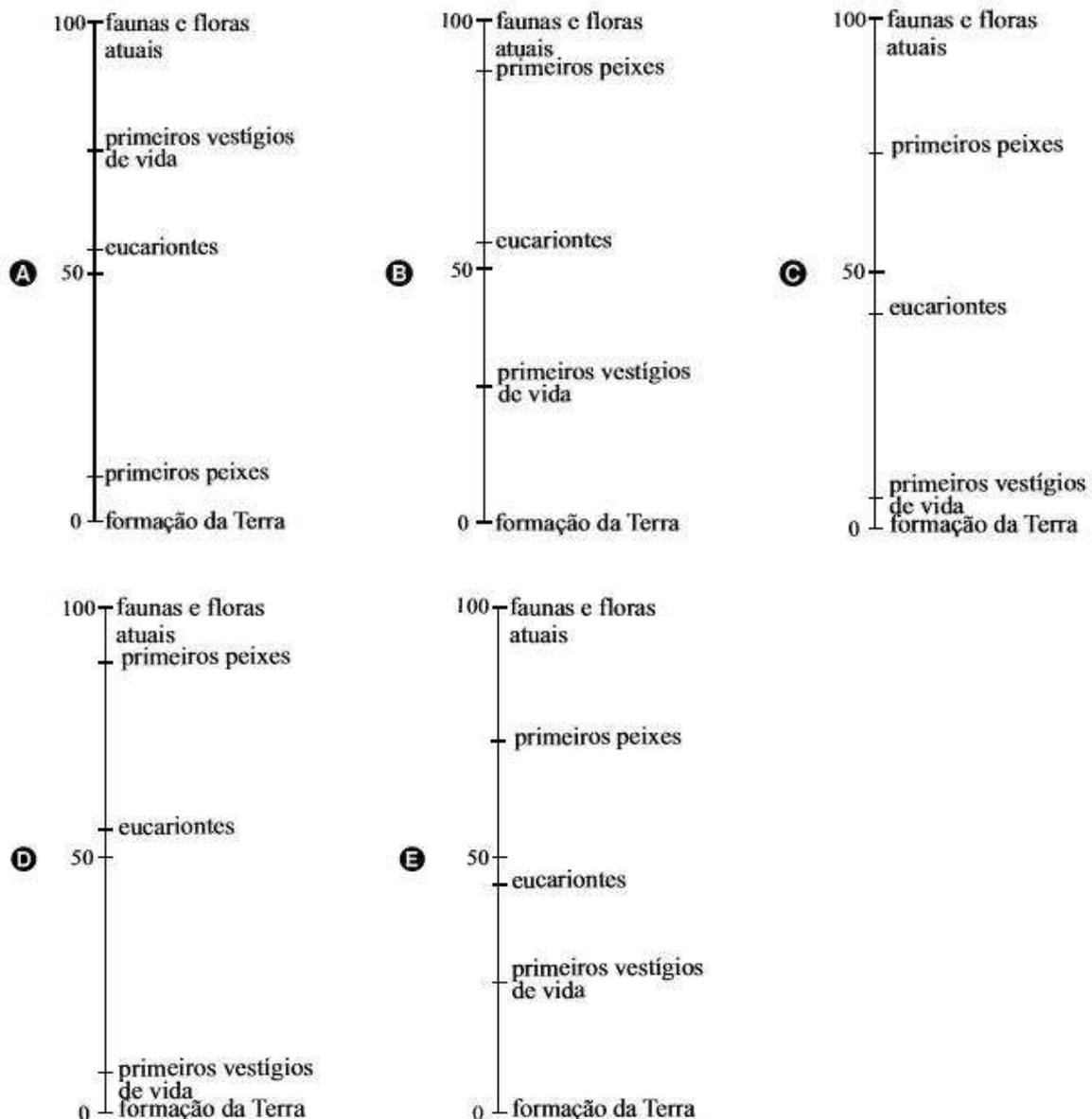
ERA	PERÍODO	MILHÕES DE ANOS	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	PALEOGEOGRAFIA	
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	0,01	Faunas e floras atuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas Extinção dos mastodontes e dinotérios	Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo  Elevação dos Pirineus  Conclusão da abertura do Atlântico Norte Constituição do continente Norte-Atlântico	
		1,8 5,3	Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra		
	NEOGÊNICO	23,8	Aparecimento dos hominídeos		
		PALEOGÊNICO	34,6		Primeiros roedores
			56		
			65		
MESOZÓICA	CRETÁCEO	65	Últimos dinossauros Primeiras angiospermas	Abertura do Atlântico Sul  Início da fragmentação da Pangéia Constituição da Pangéia	
		145			
	JURÁSSICO	208	Primeiras aves Primeiros dinossauros		
PALEOZÓICA	TRÍASSICO	245			
	PERMIANO	290			
		CARBONÍFERO	363	Aparecimento dos répteis	
	DEVONIANO	409	Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospermas		
		SILURIANO	439	Primeiras plantas e primeiros animais terrestres Primeiros peixes	Fecho do oceano Lapetus
	ORDOVICIANO	510			
		CAMBRIANO	544		Abertura dos oceanos Lapetus e Rheio
PRÉ-CAMBRIANO		1.000	Reprodução sexuada	Constituição da Avelônia	
		1.400	Primeiros depósitos de carvão (algas)	Constituição do continente Rodinia	
		1.800	Oxigênio livre na atmosfera		
		2.000	Aparecimento de organismos eucariontes		
		3.100	Primeiros microrganismos procariontes		
		3.500	Primeiros vestígios de vida		
	4.600	Formação da Terra			

**9. (ENEM – 2006 Amarela Q09)** Considerando o esquema acima, assinale a opção correta.

- a) Quando os primeiros hominídeos apareceram na Terra, os répteis já existiam há mais de 500 milhões de anos.
- b) Quando a espécie *Homo sapiens* surgiu no planeta, América do Sul e África estavam fisicamente unidas.

- c) No Pré-Cambriano, surgiram, em meio líquido, os primeiros vestígios de vida no planeta.
- d) A fragmentação da Pangéia ocasionou o desaparecimento dos dinossauros.
- e) A Era Mesozóica durou menos que a Cenozóica.

**10. (ENEM – 2006 Amarela Q10)** Entre as opções a seguir, assinale a que melhor representa a história da Terra em uma escala de 0 a 100, com comprimentos iguais para intervalos de tempo de mesma duração.

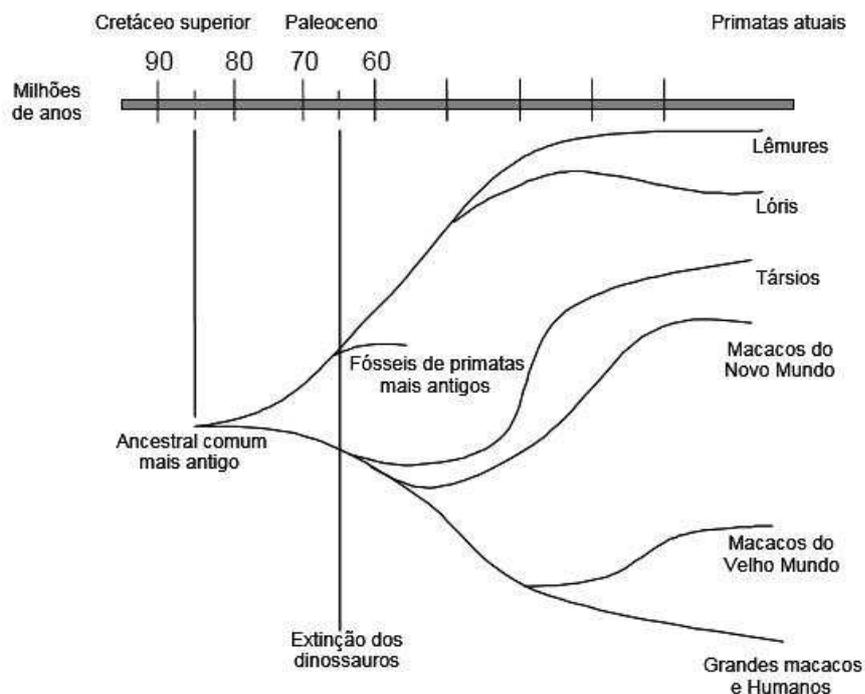


**11. (ENEM – 2005 Amarela Q27)** As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a

humanos. Isso se deve ao ruído de seu “chocalho”, que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas. Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes. A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

- a) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.
- b) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.
- c) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.
- d) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.
- e) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

**12. (ENEM – 2005 Amarela Q50)** Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito. Examinando esta árvore evolutiva podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente



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

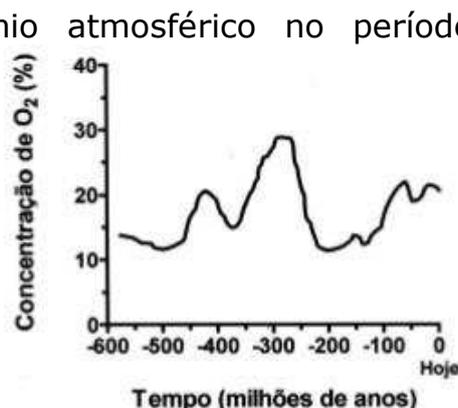
- a) 10 milhões de anos.
- b) 40 milhões de anos.

- c) 55 milhões de anos.
- d) 65 milhões de anos.
- e) 85 milhões de anos.

**13. (ENEM – 2005 Amarela Q54)** Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio ( $O_2$ ) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra: No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano. Sabendo-se que o  $O_2$  é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que

- a) a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
- b) a produção de energia dos organismos fotossintéticos causou a extinção em massa no período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
- c) o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento de concentração de oxigênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.
- d) o aumento da concentração de gás carbônico ( $CO_2$ ) atmosférico no período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
- e) a redução da concentração de oxigênio atmosférico no período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.

**14. (ENEM – 2004 Amarela Q31)** O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin? Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a



- a) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.

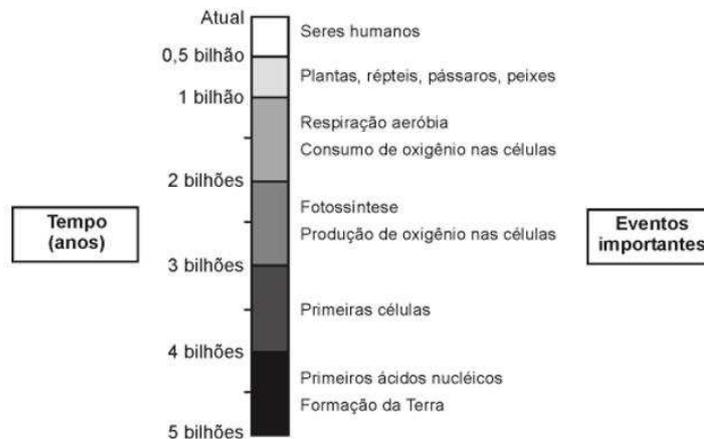
- b) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.
- c) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- d) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- e) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

**15. (ENEM – 2004 Amarela Q58)** Nas recentes expedições espaciais que chegaram ao solo de Marte, e através dos sinais fornecidos por diferentes sondas e formas de análise, vem sendo investigada a possibilidade da existência de água naquele planeta. A motivação principal dessas investigações, que ocupam freqüentemente o noticiário sobre Marte, deve-se ao fato de que a presença de água indicaria, naquele planeta,

- a) a existência de um solo rico em nutrientes e com potencial para a agricultura.
- b) a existência de ventos, com possibilidade de erosão e formação de canais.
- c) a possibilidade de existir ou ter existido alguma forma de vida semelhante à da Terra.
- d) a possibilidade de extração de água visando ao seu aproveitamento futuro na Terra.
- e) a viabilidade, em futuro próximo, do estabelecimento de colônias humanas em Marte.

**16. (ENEM – 2002 Amarela Q52)** *Na solução aquosa das substâncias orgânicas prebióticas (antes da vida), a catálise produziu a síntese de moléculas complexas de toda classe, inclusive proteínas e ácidos nucleicos. A natureza dos catalisadores primitivos que agiam antes não é conhecida. É quase certo que as argilas desempenharam papel importante: cadeias de aminoácidos podem ser produzidas no tubo de ensaio mediante a presença de certos tipos de argila. (...) Mas o avanço verdadeiramente criativo que pode, na realidade, ter ocorrido apenas uma vez ocorreu quando uma molécula de ácido nucleico aprendeu a orientar a reunião de uma proteína, que, por sua vez, ajudou a copiar o próprio ácido nucleico. Em outros termos, um ácido nucleico serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com este desenvolvimento apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado. (Adaptado de: LURIA, S.E. Vida: experiência inacabada. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979.)*

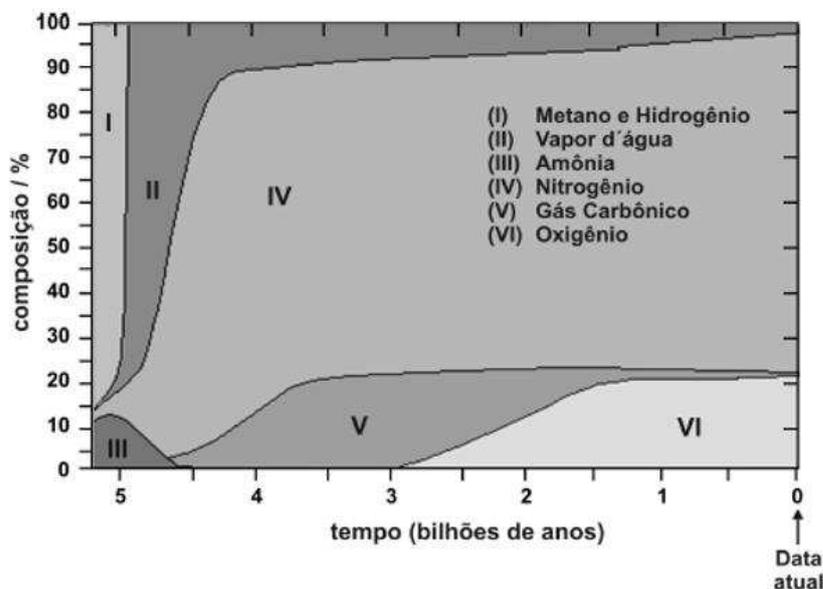
Considere o esquema abaixo:



O avanço verdadeiramente criativo citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido aproximadamente entre

- a) 5,0 e 4,5.
- b) 4,5 e 3,5.
- c) 3,5 e 2,0.
- d) 2,0 e 1,5.
- e) 1,0 e 0,5.

**17. (ENEM – 2002 Amarela Q60)** As áreas numeradas no gráfico mostram a composição em volume, aproximada, dos gases na atmosfera terrestre, desde a sua formação até os dias atuais. (Use o gráfico para as questões 16 e 17)



Adaptado de *The Random House Encyclopedias*, 3ª ed., 1990.

Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que:

- I. não podem ser detectados fósseis de seres aeróbicos anteriores a 2,9 bilhões de anos.
- II. as grandes florestas poderiam ter existido há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.
- III. o ser humano poderia existir há aproximadamente 2,5 bilhões de anos.

É correto o que se afirma em

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

**18. (ENEM – 2002 Amarela Q61)** No que se refere à composição em volume da atmosfera terrestre há 2,5 bilhões de anos, pode-se afirmar que o volume de oxigênio, em valores percentuais, era de, aproximadamente,

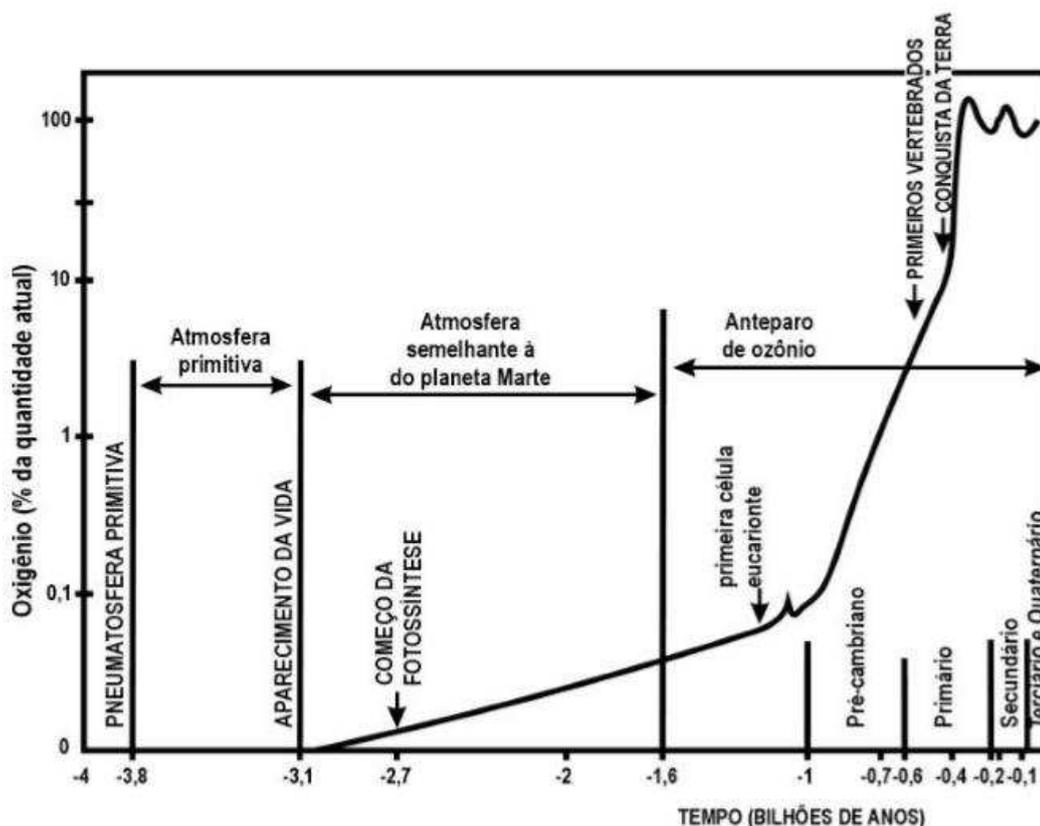
- a) 95%.
- b) 77%.
- c) 45%.
- d) 21%.
- e) 5%.

**19. (ENEM – 2001 Amarela Q19)** “Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea”. (SALZANO, M. Francisco. *Ciência Hoje*: SBPC: 21(125), 1996.)

Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana. Pode-se afirmar que, nos termos do texto,

- a) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- b) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.
- c) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.
- d) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.
- e) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

**20. (ENEM – 2000 Amarela Q27)** O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



De acordo com o gráfico é correto afirmar que:

- as primeiras formas de vida surgiram na ausência de  $O_2$ .
- a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
- desde o Pré-cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

**21. (ENEM – 1999 Amarela Q31)** (...) Depois de longas investigações, convenci-me por fim de que o Sol é uma estrela fixa rodeada de plantas que giram em volta dela e de que ela é o centro e a chama. Que, além dos planetas principais, há outros de segunda ordem que circulam primeiro como satélites em redor dos planetas principais e com estes em redor do Sol. (...) Não duvido de que os matemáticos sejam da minha opinião, se quiserem dar-se ao trabalho de tomar conhecimento, não superficialmente mas duma maneira aprofundada, das demonstrações que darei nesta obra. Se alguns homens ligeiros e ignorantes quiserem cometer contra mim o abuso de invocar alguns passos da Escritura (sagrada), a que torçam o sentido, desprezarei os seus ataques: as verdades matemáticas não devem ser julgadas senão por matemáticos.  
(COPÉRNICO, N. De Revolutionibus orbium caelestium.)

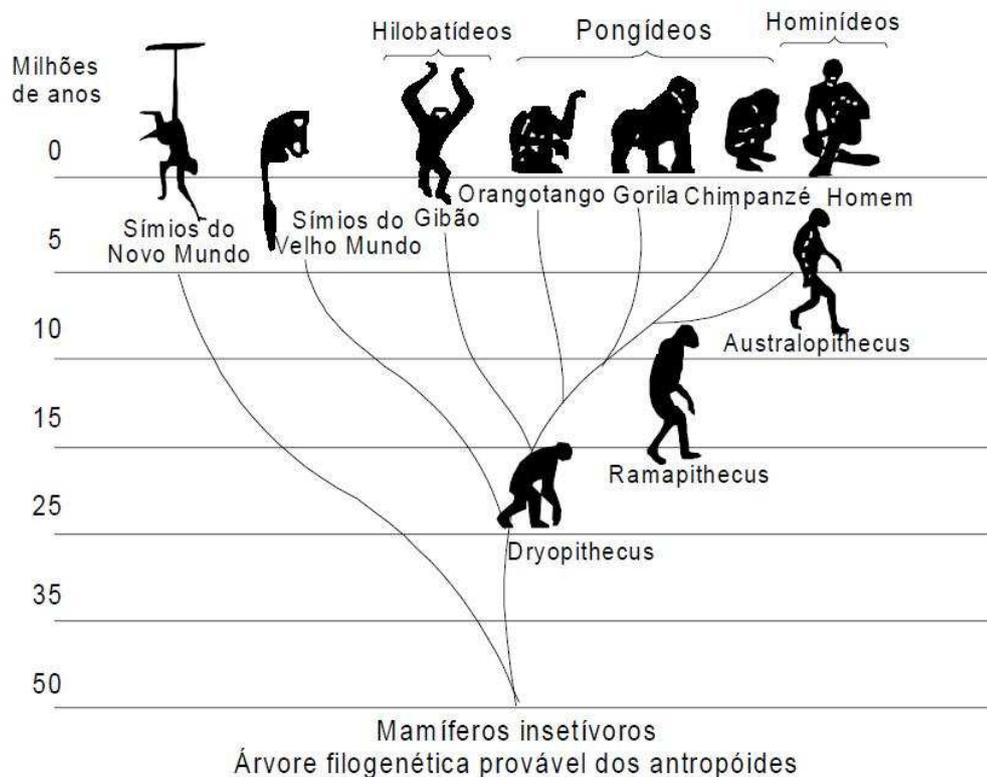
*Aqueles que se entregam à prática sem ciência são como o navegador que embarca em um navio sem leme nem bússola. Sempre a prática deve fundamentar-se em boa teoria. Antes de fazer de um caso uma regra geral, experimente-o duas ou três vezes e verifique se as experiências produzem os mesmos efeitos. Nenhuma investigação humana pode se considerar verdadeira ciência se não passa por demonstrações matemáticas.*

(VINCI, Leonardo da. *Carnets*)

O aspecto a ser ressaltado em ambos os textos para exemplificar o racionalismo moderno é

- A fé como guia das descobertas
- O senso crítico para se chegar a Deus
- A limitação da ciência pelos princípios bíblicos
- A importância da experiência e da observação
- O princípio da autoridade e da tradição

O assunto na aula de Biologia era a evolução do Homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais. (Use-a para responder as questões 21, 22 e 23)



**22. (ENEM – 1998 Amarela Q25)** Após observar o material fornecido pelo professor, os alunos emitiram várias opiniões, a saber:

- I. os macacos antropóides (orangotango, gorila e chimpanzé e gibão) surgiram na Terra mais ou menos contemporaneamente ao Homem.
- II. alguns homens primitivos, hoje extintos, descendem dos macacos antropóides.
- III. na história evolutiva, os homens e os macacos antropóides tiveram um ancestral comum.
- IV. não existe relação de parentesco genético entre macacos antropóides e homens.

Analisando a árvore filogenética, você pode concluir que:

- a) todas as afirmativas estão corretas.
- b) apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- c) apenas as afirmativas II e IV estão corretas.
- d) apenas a afirmativa II está correta.
- e) apenas a afirmativa IV está correta.

**23. (ENEM – 1998 Amarela Q26)** Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o:

- a) *Australopithecus*.
- b) Chimpanzé.
- c) *Ramapithecus*.
- d) Gorila.
- e) Orangotango.

**24. (ENEM – 1998 Amarela Q27)** Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada, para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropóides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?

- a) 5
- b) 10
- c) 15
- d) 30
- e) 60

**25. (ENEM – 2016 2ª Aplicação Branca Q54)** Em um hospital, acidentalmente, uma funcionária ficou exposta a alta quantidade de radiação liberada por um aparelho de raios X em funcionamento. Posteriormente, ela engravidou e seu filho nasceu com grave anemia. Foi verificado que a criança apresentava a doença devido à exposição anterior da mãe à radiação.

O que justifica, nesse caso, o aparecimento da anemia na criança?

- a) A célula-ovo sofreu uma alteração genética.
- b) As células somáticas da mãe sofreram uma mutação.

- c) A célula gamética materna que foi fecundada sofreu uma mutação.
- d) As hemácias da mãe que foram transmitidas à criança não eram normais.
- e) As células hematopoiéticas sofreram alteração do número de cromossomos.

**26. (ENEM – 2016 2ª Aplicação Branca Q63)** Darwin, em viagem às ilhas Galápagos, observou que os tentilhões apresentavam bico com formatos diferentes em cada ilha, de acordo com o tipo de alimentação disponível. Lamarck, ao explicar que o pescoço da girafa teria esticado para colher folhas e frutos no alto das árvores, elaborou ideias importantes sobre a evolução dos seres vivos.

O texto aponta que uma ideia comum às teorias da evolução, propostas por Darwin e Lamarck, refere-se à interação entre os organismos e seus ambientes, que é denominada de

- a) mutação.
- b) adaptação.
- c) seleção natural.
- d) recombinação gênica.
- e) variabilidade genética.

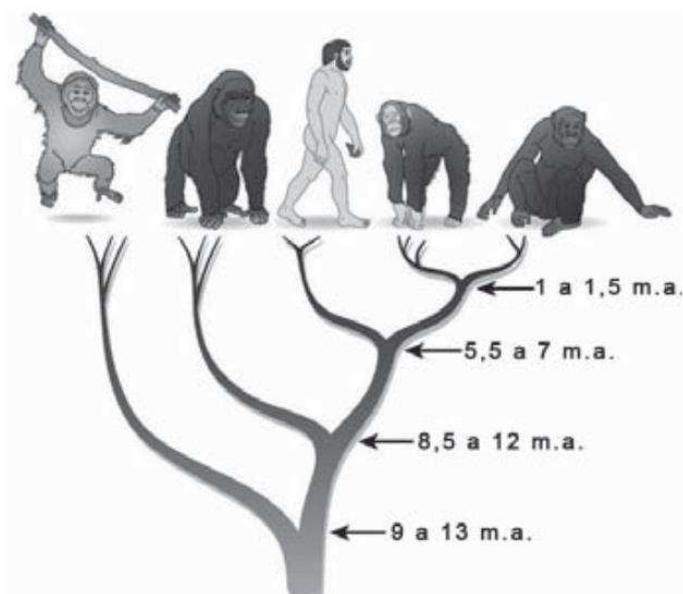
**27. (ENEM - 2017, Rosa, Q133)** A classificação biológica proposta por Whittaker permite distinguir cinco grandes linhas evolutivas utilizando, como critérios de classificação, a organização celular e o modo de nutrição. Woese e seus colaboradores, com base na comparação das sequências que codificam o RNA ribossômico dos seres vivos, estabeleceram relações de ancestralidade entre os grupos e concluíram que os procariontes do reino Monera não eram um grupo coeso do ponto de vista evolutivo.

Whittaker (1969) Cinco reinos	Woese (1990) Três domínios
Monera	Archaea
	Eubacteria
Protista	Eukarya
Fungi	
Plantae	
Animalia	

A diferença básica nas classificações citadas é que a mais recente se baseia fundamentalmente em

- (A) tipos de células.
- (B) aspectos ecológicos.
- (C) relações filogenéticas.
- (D) propriedades fisiológicas.
- (E) características morfológicas.

**28. (ENEM 2017, PPL, Q128)**



A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla "m.a." significa "milhões de anos atrás". As ilustrações representam, da esquerda para a direita, o orangotango, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

Disponível em: [www.nature.com](http://www.nature.com). Acesso em: 6 dez. 2012 (adaptado).

Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:

- (A) Gorila e bonobo.
- (B) Gorila e chimpanzé.
- (C) Gorila e orangotango.
- (D) Chimpanzé e bonobo.
- (E) Bonobo e orangotango.

## COMENTÁRIOS DAS QUESTÕES

**1.** O fluxo gênico é mantido pela reprodução entre raças de características intermediárias. Isso impede o isolamento reprodutivo e uma consequente especiação. **Alternativa E.**

**2.** É preciso ter sempre em mente que a evolução não tem uma direção pré-definida como o incremento no tamanho corporal (alternativa B), ou a complexificação dos sistemas dos seres vivos (alternativa C), ou ainda a melhoria de processos e estruturas (alternativa D). A evolução também não tem um objetivo pré-determinado como a especialização para uma determinada finalidade (alternativa E). Ela trabalha simplesmente através da modificação de características dos seres vivos ao longo do tempo. **Alternativa correta é a letra A.**

**3.** Através da seleção artificial, o ser humano seleciona os indivíduos com as características que ele julga mais vantajosas, por exemplo maior resistência a alguma praga ou maior capacidade reprodutiva. Dessa forma, esses indivíduos, quando introduzidos numa população natural, podem, através da seleção natural, prevalecer sobre os demais, levando à sua diminuição e consequente substituição. **Alternativa B.**

**4.** Redi e Pasteur foram cientistas cujos experimentos apontavam a biogênese como a teoria correta para a origem dos seres vivos. Segundo ela, todo ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente. **Alternativa C.**

**5.** Sabemos que, pela seleção natural, características vantajosas tendem a permanecer nas populações pois seus portadores apresentam maiores chances de reprodução e sobrevivência. Assim, o comportamento citado no texto, por ser extremamente vantajoso, tende a ser positivamente selecionado e os seus portadores deixam mais descendentes. **Alternativa A.**

**6.** Sabemos que uma das leis que Lamarck propôs era a do uso e do desuso e que só duas alternativas a mencionam (B e D). No entanto, a letra D fala sobre incorporação de características ao patrimônio genético, mas Lamarck desconhecia os princípios genéticos da hereditariedade. Sendo assim, a única opção válida é a **letra B.**

**7.** A seleção natural selecionou, ao longo das gerações, indivíduos com a pelagem mais parecida com a cor do solo onde a sua população vive. Isso confere uma vantagem adaptativa, uma vez que ter a mesma cor do solo facilita a camuflagem e a defesa contra predadores. **Alternativa C.**

**8.** Essa questão tem algumas informações para confundir o candidato. Então vamos analisar uma a uma.

Alternativa A: Na verdade, a diversidade de genes aumenta com o movimento de indivíduos ou de material genético entre populações porque aumentam as possibilidades de cruzamentos.

Alternativa C: A geração espontânea, que não é um fenômeno válido para originar novos seres vivos.

Alternativa D: As características genéticas que são transmitidas aos descendentes não são determinadas pelas mudanças ambientais. Na verdade, os indivíduos com as melhores características genéticas terão mais sucesso para se reproduzir (e assim passar essas características), dependendo das pressões seletivas sofridas.

Alternativa E: Animais vertebrados não realizam esporulação.

**Assim, a única alternativa válida é a B**, que trata justamente de sobrevivência do mais apto através da seleção natural.

**9.** Essa é uma questão que não exige conhecimento prévio do candidato. Basta saber analisar os dados do quadro. Mesmo assim vamos analisar cada alternativa. Conforme o quadro, percebemos que os répteis surgiram por volta de 330 milhões de anos antes dos primeiros homínídeos, o que invalida a alternativa A. A América do Sul e a África se separaram com a abertura do Atlântico Sul, que aconteceu há mais de 65 milhões de anos, muito antes do surgimento da espécie *Homo sapiens*, o que invalida a alternativa B. A fragmentação da Pangeia não tem ligação nenhuma com o desaparecimento dos dinossauros, que foi causado, principalmente, pela queda de um asteroide, o que invalida a alternativa D. A era Mesozoica durou aproximadamente 180 milhões de anos, enquanto a Cenozoica tem 65 milhões de anos, o que invalida a alternativa E. No Pré-Cambriano surgiram os primeiros vestígios de vida no planeta estimados em mais de 3,5 bilhões de anos. **A alternativa correta é a C.**

**10.** Essa é uma questão que exige um raciocínio matemático para fazer a equivalência do período de 4,6 bilhões de anos em uma escala de 0 a 100. É como transformar os anos em porcentagem. Sendo assim, percebemos que o surgimento dos eucariontes está um pouco depois da metade desse período e, por isso, tem que estar acima do 50. Os primeiros vestígios de vida surgiram aproximadamente ao fim do primeiro quarto da história da Terra e por isso, aparecem a meio caminho entre o 0 e o 50. Já o surgimento dos peixes ocorreu há cerca de 420 milhões de anos, o que representa apenas cerca de 10% do tempo total do planeta Terra e, por isso, está bem próximo do 100. **Assim, a alternativa correta é a B.**

**11.** Como ser silenciosa constitui uma vantagem adaptativa às cobras, através do processo de seleção natural, aqueles indivíduos mais silenciosos estão sendo selecionados e, assim, deixam mais descendentes, fazendo com que essa característica seja cada vez mais presente na população. **Alternativa D.**

**12.** Essa é uma questão bem simples de análise de árvore filogenética. Basta identificar o ponto onde ocorre a separação entre o grupo dos Macacos do Velho Mundo e o grupo dos Grandes macacos e Humanos, ver na escala de tempo que valor corresponde e marcar a opção correta. **Alternativa B.**

**13.** A alternativa A fala sobre nitrogênio e pode ser excluída logo de cara. A alternativa B estabelece uma relação entre oxigênio atmosférico e

extinção em massa que não tem a menor lógica. A alternativa D diz que o gás carbônico causou mutações, fato que também está completamente errado. A alternativa E estabelece uma relação inversa quando diz que a redução de oxigênio atmosférico induziu os processos de obtenção de energia, quando, na verdade, o seu aumento é que induziria esses processos. Logo, **a única relação correta é a da alternativa C**, pois realmente a maior concentração de gás oxigênio atmosférico possibilitou maiores taxas metabólicas, devido à sua maior absorção pelos animais, favorecendo o aumento no seu tamanho.

**14.** O mecanismo explicado pela teoria sintética da evolução é o adequado para resolver essa questão, uma vez que as mutações que conferem maior resistência a antibióticos serão selecionadas dentro das populações de bactérias fazendo com que seus portadores sobrevivam mais e se reproduzam mais do que os não portadores. **Alternativa B.**

**15.** Sabemos que uma condição fundamental para a vida como nós a conhecemos é a presença de água no estado líquido. Além disso foi na água que os primeiros seres vivos surgiram no nosso planeta. Sendo assim, a presença de água em Marte indicaria a possibilidade de existir ou ter existido alguma forma de vida semelhante à da Terra. **Alternativa C.**

**16.** Segundo o texto, o avanço verdadeiramente criativo foi a capacidade de um ácido nucleico coordenar a síntese proteica e também a sua própria replicação. Isso só pode ter surgido após a formação dos primeiros ácidos nucleicos (4,5 bilhões de anos) e antes das primeiras células (3,5 bilhões de anos), uma vez que qualquer célula já tem essa característica citada como avanço. **Assim a alternativa correta é a B.**

**17.** Vamos analisar as afirmações. Seres aeróbicos (que respiram oxigênio) não poderiam existir antes de 2,9 bilhões de anos, pois, segundo o gráfico, não havia gás oxigênio na atmosfera antes disso. Assim a afirmação I está correta. As grandes florestas liberam muito gás oxigênio na atmosfera através da fotossíntese e, por isso, não poderiam existir há 3,5 bilhões de anos, já que o gráfico nos mostra que não havia gás oxigênio na atmosfera nesse período. Isso invalida a afirmação II. O ser humano está adaptado a uma atmosfera de aproximadamente 21% de gás oxigênio. Há 2,5 bilhões de anos, esse gás correspondia a apenas 5% da atmosfera, o que invalida a afirmativa III. **Assim a alternativa correta é a A**, pois apenas a afirmação I é válida.

**18.** Bastaria cruzar no gráfico o ponto da curva VI que representa o gás oxigênio na altura de 2,5 bilhões de anos com o dado correspondente no eixo vertical que, no caso, é de 5%. **Alternativa E.**

**19.** Através do uso da tecnologia, os seres humanos conseguem burlar parte da seleção natural. Isso se mostra de grande maneira no desenvolvimento de remédios e tratamentos médicos. **Alternativa A.**

**20.** Mais uma questão de análise de gráfico. Vamos às alternativas. Na atmosfera primitiva não havia oxigênio, nem mesmo 1%, o que invalida a alternativa B. Com o início da fotossíntese o teor de oxigênio na atmosfera aumentou exponencialmente, o que invalida a alternativa C. Durante o pré-cambriano e também depois dele o teor de oxigênio atmosférico aumentou, o que invalida a alternativa D. Com os anfíbios veio a conquista da terra pelos animais e, mesmo depois disso, o teor de oxigênio atmosférico ainda subiu mais, o que invalida a alternativa E. O aparecimento da vida aconteceu na ausência de oxigênio atmosférico. **Sendo assim, a alternativa correta é a A.**

**21.** As três primeiras alternativas falam sobre religião, que é algo que a ciência não se propõe a estudar. Já a alternativa E fala sobre autoridade e tradição, que são valores contrários ao que se espera da ciência, que deve sempre estar suscetível a mudanças. Essas mudanças acontecem devido às experiências e observações constantes no Método Científico. **Alternativa D.**

**22.** Pela interpretação dessa árvore filogenética é fácil descobrir que alternativas são verdadeiras ou não. Veja que os macacos antropoides e o ser humano estão mais ou menos na mesma linha horizontal, que representa o tempo (afirmativa I correta). Não é possível afirmar que uma espécie extinta descenda de uma espécie atual (afirmativa II errada). Se continuarmos os ramos dos macacos antropoides e do homem, voltando no tempo, encontraremos um ponto de encontro recente que corresponde ao ancestral comum deles (afirmativa III certa) e isso, além de representar uma relação de parentesco entre esses grupos, representa também a proximidade entre eles (afirmativa IV errada). **Alternativa B.**

**23.** Um detalhe importante no enunciado é “primatas atuais”. Logo, ao analisarmos a árvore filogenética, o grupo atual que tem o ancestral comum mais recente compartilhado com os seres humanos é o dos chimpanzés. É só continuar a linha do Homem e ver qual é o primeiro encontro com outro ramo. **Alternativa B.**

**24.** Mais uma vez, é só continuar a linha correspondente ao ramo do Homem até encontrar o primeiro nó que engloba todos os macacos antropoides. Esse encontro ocorre há aproximadamente 15 milhões de anos. **Alternativa C.**

**25.** A única forma pela qual a mãe poderia passar uma característica genética (adquirida) para seu filho, é que essa característica estivesse presente no gameta que foi fecundado. Ainda que as células somáticas sofressem uma mutação, isso não seria passado para o filho. Já a célula-ovo apenas surge quando ocorre a fecundação, o que ocorreu após a exposição da mãe aos raios X. **Alternativa C.**

**26.** Quando dizemos que um ser vivo possui as características adequadas para determinado ambiente, dizemos que ele está **adaptado àquele ambiente**. Isso é fruto do surgimento de variações em seu material genético (seja por mutações ou por recombinação gênica), que, pelo fenômeno da seleção natural (que ocorre de acordo com as condições ambientais) são perpetuadas nas populações. **Alternativa B.**

**27.** O enunciado diz que Woese e seus colaboradores procuraram estabelecer relações de ancestralidade entre os grupos. Sabemos que a filogenia tem exatamente esse propósito, fazendo com que os grupos de seres vivos agrupados com base nela representem as relações evolutivas entre eles. As outras alternativas poderiam ter sido fruto de convergência evolutiva não representando, necessariamente, uma mesma origem das características analisadas. **Alternativa C.**

**28.** Analisando a árvore filogenética, voltamos no ramo do ser humano até a primeira bifurcação (5,5 a 7 m.a.). Ela marca a separação entre a linhagem que deu origem aos chimpanzés e bonobos (direita) e a linhagem que deu origem ao ser humano (esquerda). Assim, nossa maior similaridade genética será encontrada com essas 2 espécies, pois são as últimas espécies viventes a se separarem de nós durante a nossa história evolutiva. **Alternativa D.**

## 9. Bibliografia consultada

- AMABIS & MARTHO. **Biologia das Populações**, Editora Moderna, 1995.
- BRIGGS, D.E.G.; CROWTHER, P.R. **Palaeobiology - A Synthesis**, Blackwell Science, 1990.
- CAMPBELL, NEIL. **Biologia**, Porto Alegre: Artmed Editora, 2010.
- PURVES, W. K.; SADAVA, D.; ORIANI, G. H. HELLER, H.C. **Vida - A ciência da biologia**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002, Vol. 2.
- STARR, C.; EVERS, C.; STARR, L. **Biology: Concepts and Applications Without Physiology, Ninth Edition**. Cengage Learning, 2013.

# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.