

Eletrônico



Estratégia
CONCURSOS

Aula

Biologia p/ CBM-AM (Oficial) Com Videoaulas - 2020

Professor: Daniel dos Reis Lopes

Sumário

Apresentação do Professor	2
A Biologia como Ciência	3
O Método Científico	3
Origem da Vida.....	5
Origem do Universo, do Sistema Solar e do Planeta Terra.....	6
Abiogênese X Biogênese.....	6
Teoria da Evolução Química ou Molecular.....	8
Teorias Evolutivas	12
Introdução	12
Teorias Evolutivas.....	12
Lamarckismo	13
Darwinismo	15
Evidências da Evolução	17
Teoria Sintética da Evolução (Neodarwinismo)	18
Conceito de Espécie	20
Especiação	20
Filogenia	23
Evolução Humana	25
O Ser Humano não Evoluiu do Macaco	26
Somos Todos Africanos.....	30
Questões Resolvidas	31
Lista de Questões	54



APRESENTAÇÃO DO PROFESSOR

Salve guerreiros! É chegado o momento de juntos, iniciarmos o estudo da BIOLOGIA focado no **Concurso do Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (Oficial)**. Se você sofreu 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 para 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** no CBM-AM!

Antes de prosseguirmos, vamos à minha apresentação.

Meu nome é **Daniel Reis** e sou licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), tendo feito parte de minha graduação na Universidade de Coimbra (Portugal). Fui aprovado para Professor de Ciências do Município do Rio de Janeiro em 2008. 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, como requisito para minha formação. Em 2017, obtive o grau de Especialista em Ciências Militares com monografia sobre o Curso Regular de Educação a Distância do Colégio Militar de Manaus. 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. Atualmente sou capitão do Exército, atuando como assessor pedagógico na Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial do Exército e professor de Biologia no Estratégia Militares, Estratégia Vestibulares e Estratégia Concursos. Nas horas vagas, sou aluno do Mestrado em Educação e Tecnologias Digitais da Universidade de Lisboa.

Deixo aqui os links para minhas redes sociais. Sinta-se à vontade para fazer contato!



www.facebook.com/danielreisbio



[@oreisdabiologia](https://www.instagram.com/oreisdabiologia)

INTRODUÇÃO À DISCIPLINA DE BIOLOGIA

A BIOLOGIA COMO CIÊNCIA



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 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.

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!

ORIGEM E EVOLUÇÃO DA VIDA

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.

Abiogênese X Biogênese

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 surgiam 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.

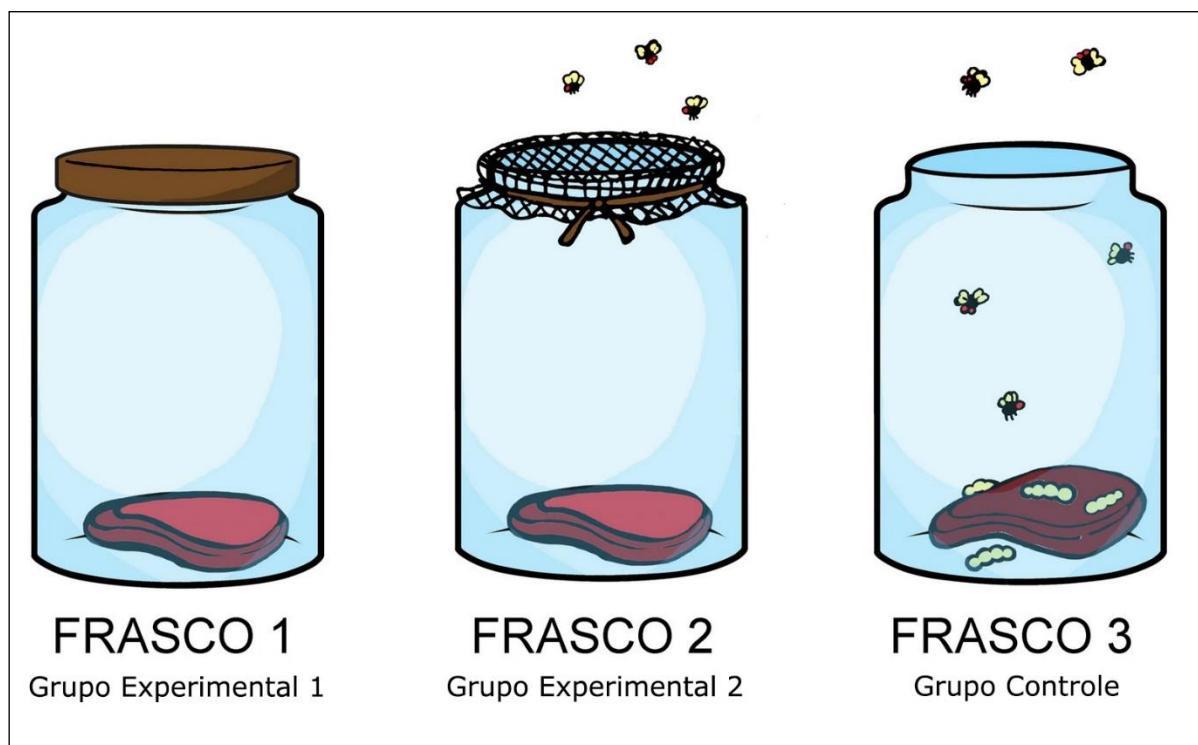


Fig. 1: Experimento de Francesco Redi.

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 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.

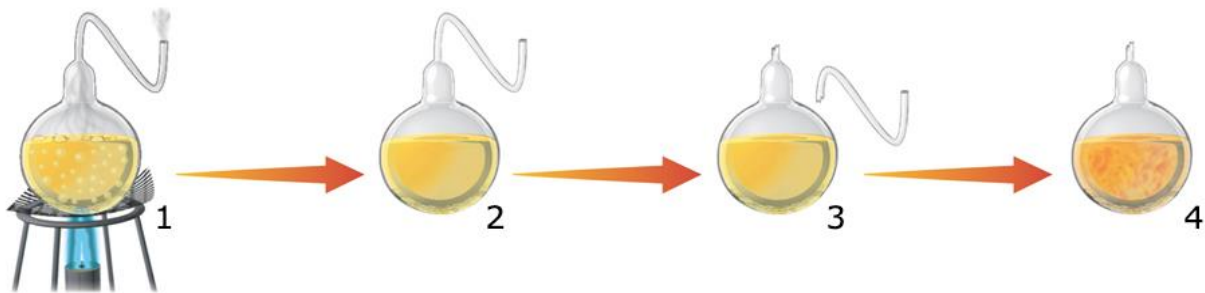


Fig. 2: Experimento de Pasteur. (1 – fervura do caldo; 2 – ausência de microrganismos; 3 – quebra do pescoço de cisne; 4 – aparecimento de microrganismos)

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.

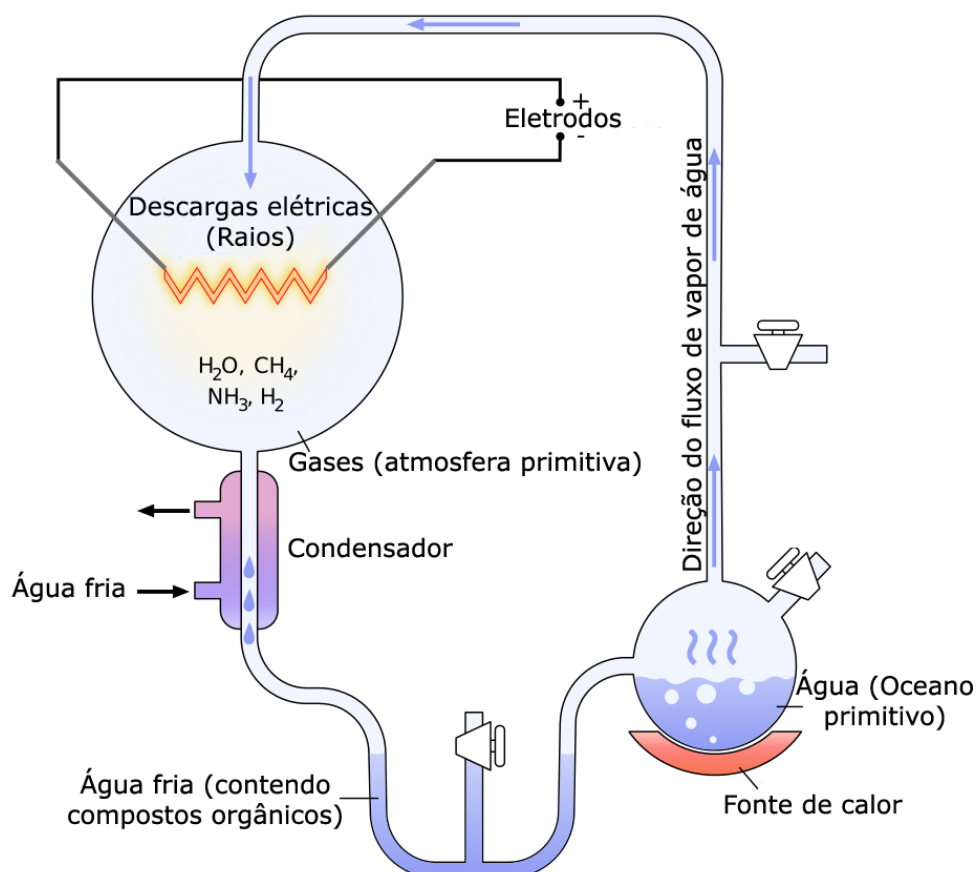


Fig. 4: Experimento de Miller-Urey, provando que é possível obter compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos nas condições da Terra primitiva.

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.

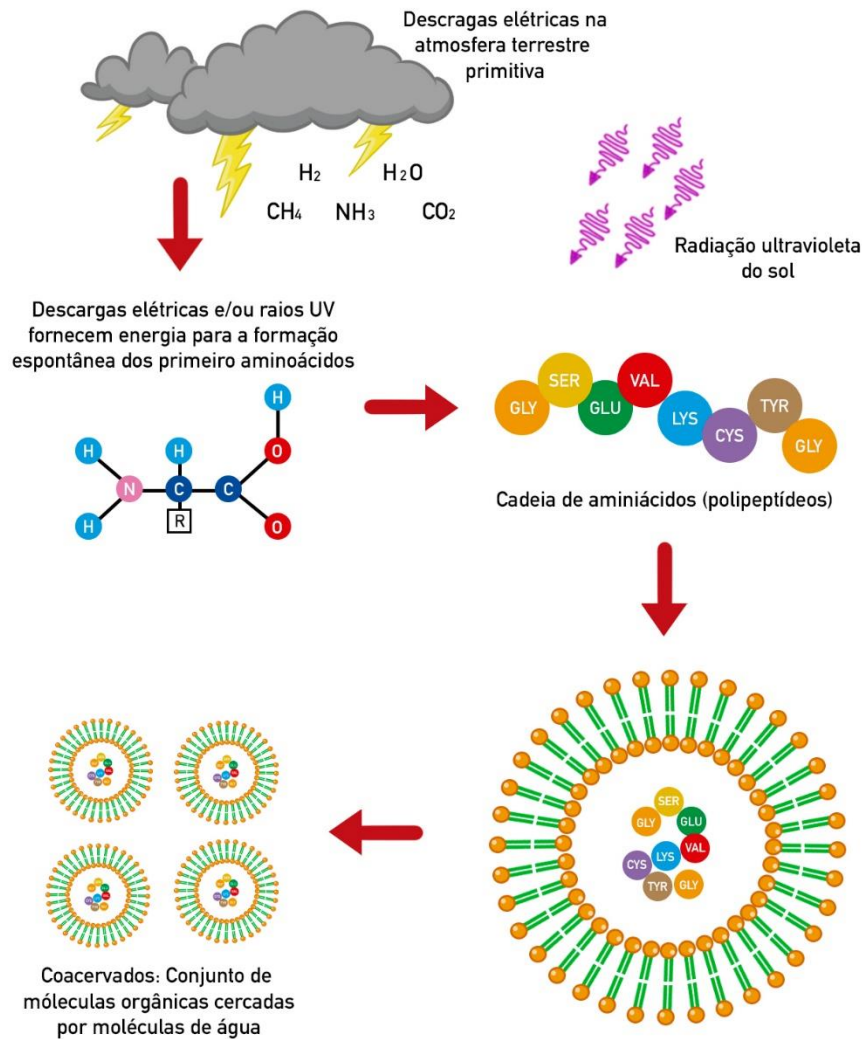


Fig. 5: Provável sequência de eventos até o surgimento das primeiras células.

Existem duas hipóteses a respeito do metabolismo dos primeiros seres vivos. A **hipótese autotrófica** considera que esses seres, semelhantes a arqueobactérias, realizavam quimiossíntese extraindo 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 em uma outra aula.

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!

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

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.

Como já dito anteriormente, 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**.

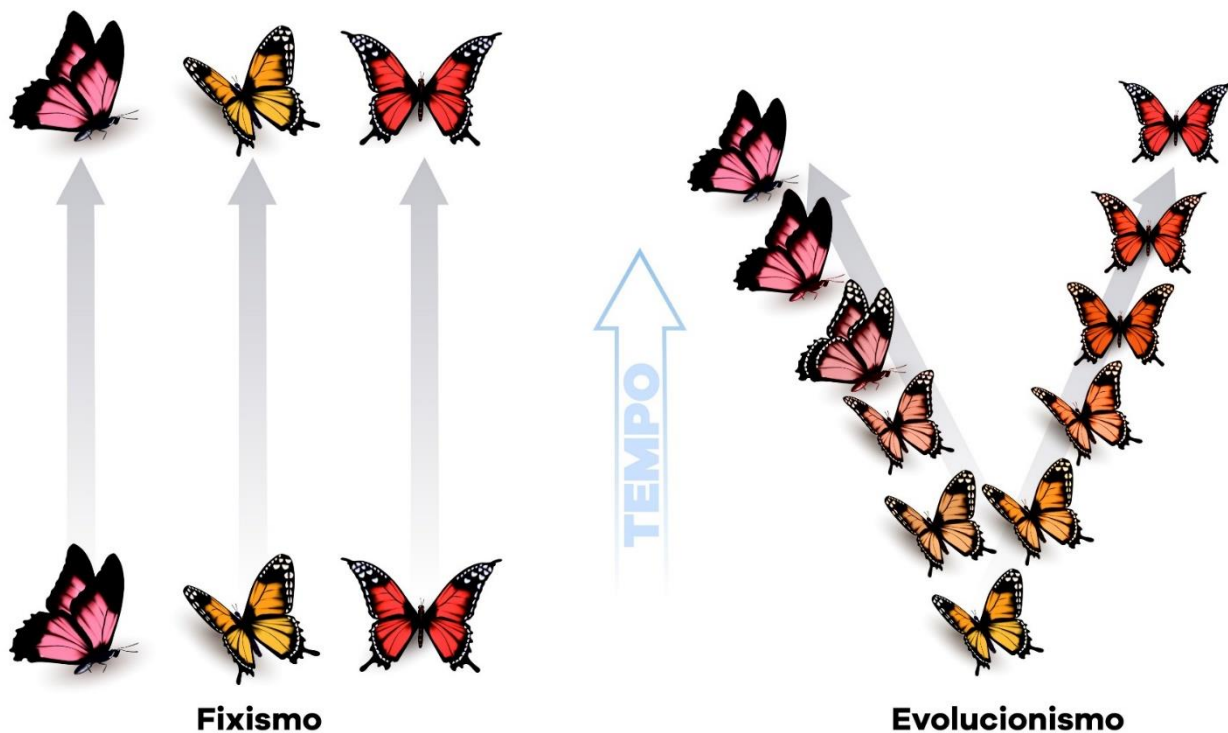


Fig. 6. O evolucionismo se opõe ao fixismo.

Lamarckismo

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.

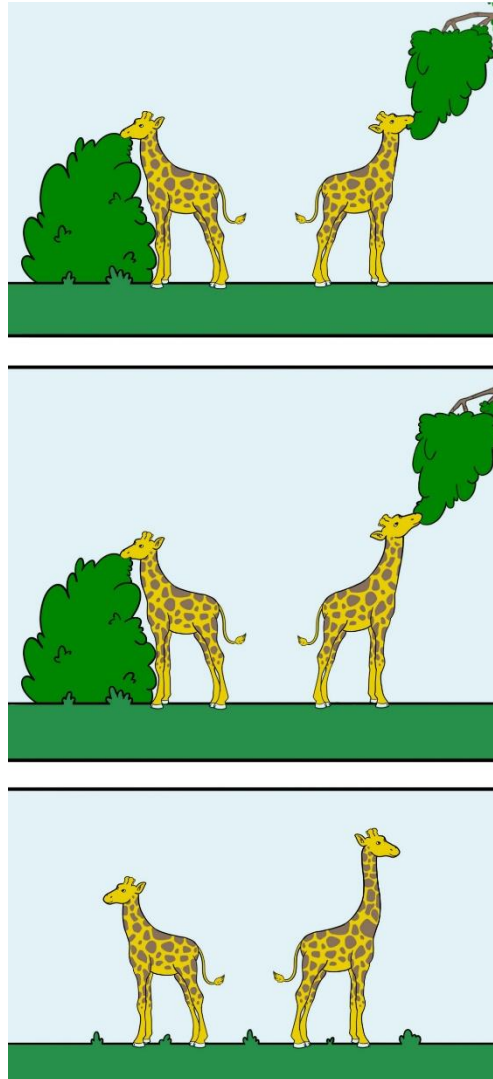


Fig. 7: De acordo com as ideias de Lamarck, o meio influencia a modificação dos organismos, como no caso das girafas que teriam sido forçadas pelo meio a desenvolver pescoços cada vez maiores para obter alimentos.

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!

Darwinismo

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.

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.

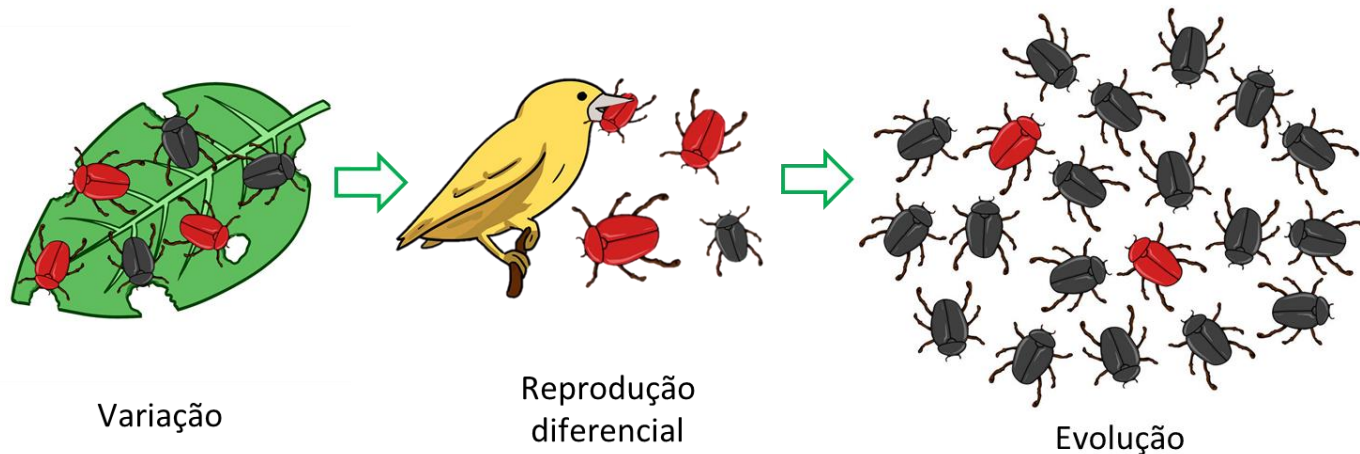


Fig. 8: Insetos de cor preta são menos vistos por predadores e, com isso, conseguem reproduzir e gerar mais descendentes. Com o tempo, esses indivíduos vão predominando nas populações.

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: O rato de laboratório foi obtido a partir da seleção artificial de ratos comuns.

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.

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. 10: Fósseis de moluscos (esquerda) e de um peixe (direita).

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 **homólogos** e possuem relevância na hora de reconstruir as relações evolutivas entre diferentes espécies.

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.

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.

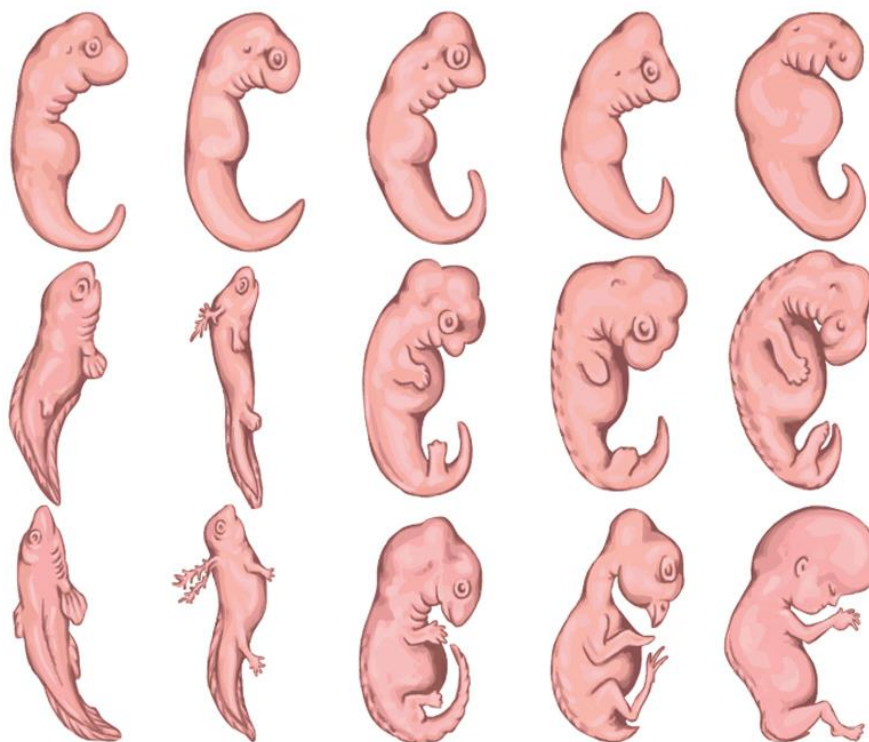


Fig. 11. Semelhanças embrionárias entre os grupos de vertebrados. Da esquerda para a direita: peixe, anfíbio, réptil, ave e mamífero.

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.

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.

Existem três tipos de seleção natural, quando falamos sobre sua ação nas populações:

- **Seleção Estabilizadora**: favorece indivíduos com características intermediárias. (Ex: recém-nascidos com peso em torno da média de 3kg a 4,5kg têm maior taxa de sobrevivência do que bebês muito grandes ou muito pequenos)
- **Seleção Direcional**: favorece indivíduos com características de um dos extremos. (Ex: Na presença de um antibiótico, bactérias resistentes são selecionadas.)



- **Seleção Disruptiva:** favorece indivíduos com características dos dois extremos, promovendo a diversificação de uma população e podendo ser o primeiro passo para a formação de novas espécies. (Ex: Em determinadas espécies de aves, indivíduos de aparências mais extremas têm mais sucesso reprodutivo do que indivíduos com aparência intermediária.)

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.

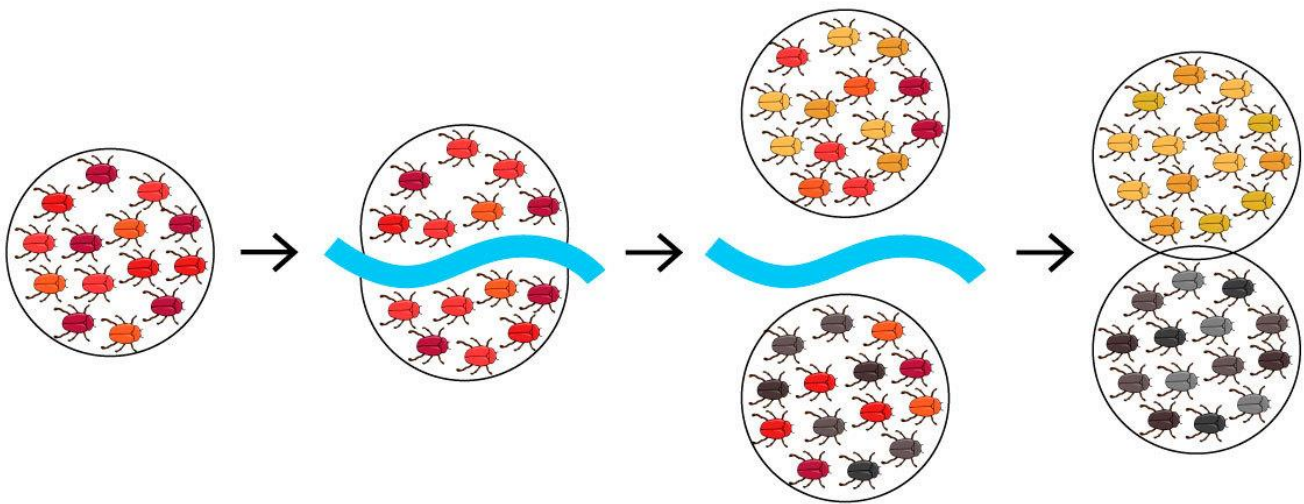


Fig. 12: Processo de especiação.

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**.

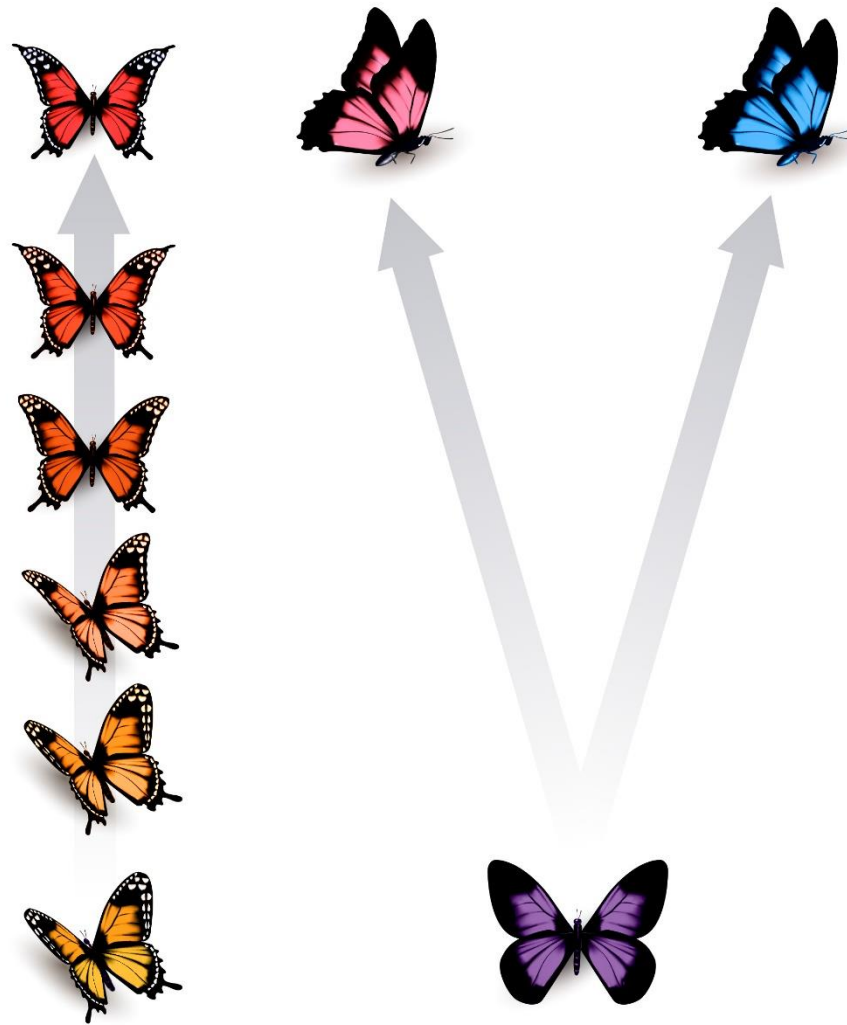


Fig. 13: Anagênese (à esquerda) e cladogênese (à direita) no processo evolutivo.

A especiação pode ocorrer de duas formas: com isolamento geográfico ou sem isolamento geográfico.

A **especiação alopátrica** exige a separação geográfica de uma população em duas. Consequentemente, pressões seletivas diferentes nos locais diferentes podem levar à seleção de características diferentes ao longo do tempo, que, com o seu acúmulo, podem levar ao isolamento reprodutivo desses dois grupos. Assim, são originadas duas novas espécies.

Já a **especiação simpátrica** ocorre sem a separação geográfica de uma população e pode estar relacionada à influência da seleção disruptiva ou ainda à formação de indivíduos poliploides devido a erros na formação de gametas.

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.

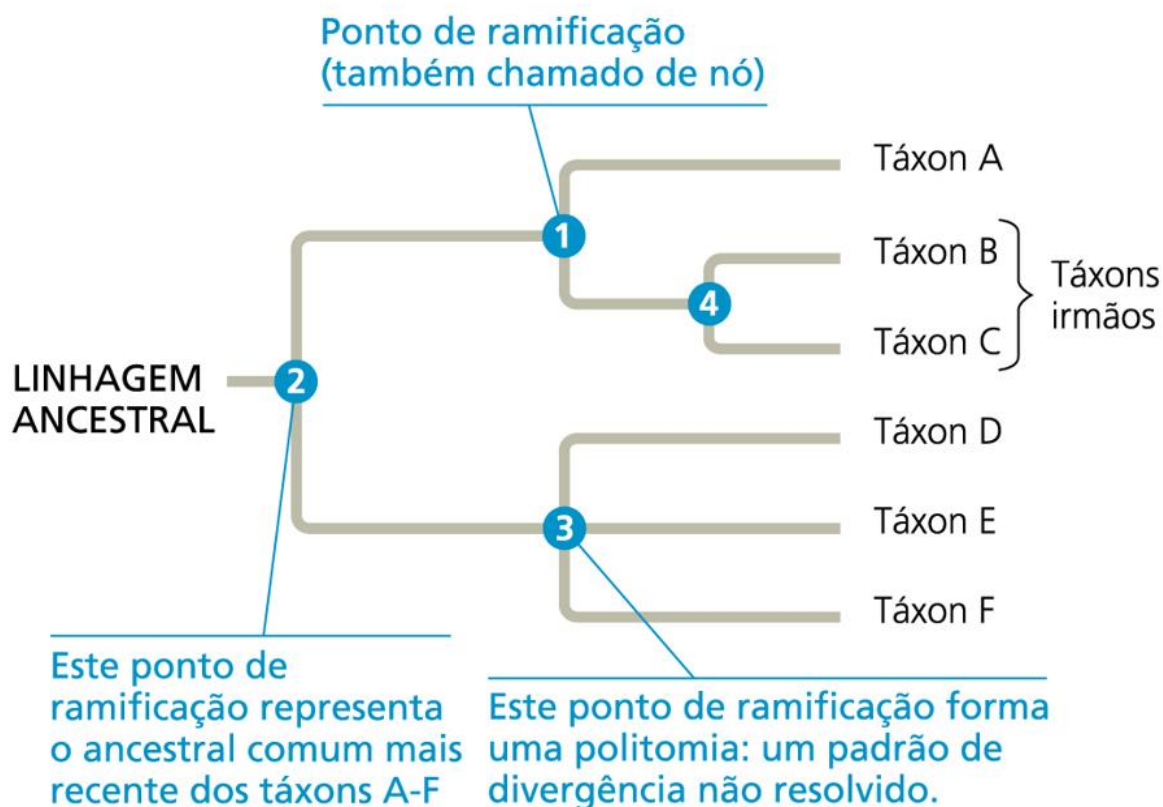


Fig. 14: Como ler uma árvore filogenética. Nesse caso o tempo corre da esquerda para a direita.

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.

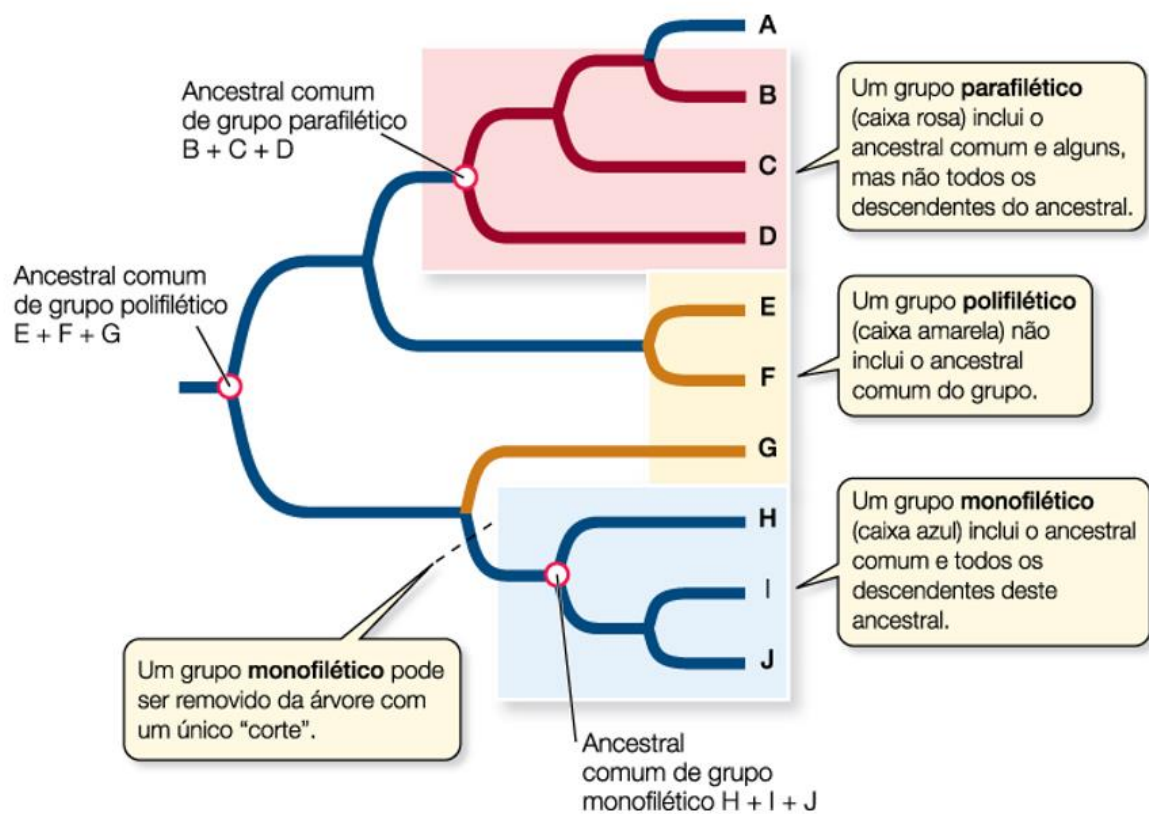


Fig. 15: Grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos.

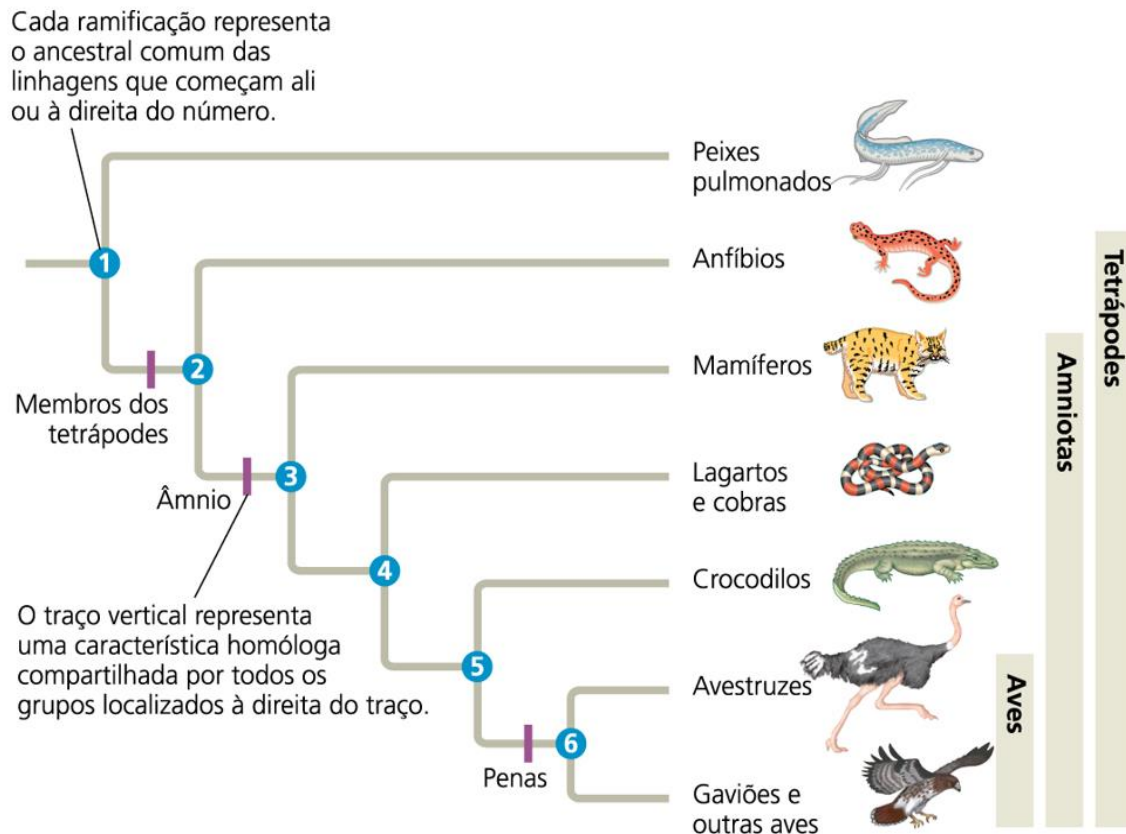


Fig. 16: Exemplo de árvore filogenética.

EVOLUÇÃO HUMANA

Vimos anteriormente que a vida no planeta Terra surgiu entre aproximadamente 3,5 e 4,5 bilhões de anos atrás. Desde então nosso planeta sofreu grandes modificações climáticas e também na posição dos continentes. A tectônica de placas explica a movimentação das massas continentais e isso é fundamental para compreendermos a distribuição espacial dos grupos de seres vivos. Ao longo desses bilhões de anos, vários episódios de extinções em massa varreram incontáveis espécies das quais nunca teremos conhecimento. A mais famosa dessas extinções foi a que ocorreu no fim do período Cretáceo (65 milhões de anos) e causou o desaparecimento dos dinossauros. Estima-se que cerca de 85% das espécies foram extintas nesse evento que teve como principal causa a queda de um asteroide com cerca de 10 km de diâmetro na superfície terrestre. Graças a essa extinção, e com o desaparecimento de grandes predadores, os mamíferos, que haviam surgido no fim do Triássico, puderam se diversificar e ocupar os nichos ecológicos deixados vagos pelas espécies extintas.

Os seres humanos estão incluídos entre os primatas, uma ordem de mamíferos da qual também pertencem os lêmures, tárσιos, Macacos do Novo Mundo, Macacos do Velho Mundo, gibões, orangotangos, gorilas e chimpanzés.

O Ser Humano não Evoluiu do Macaco

Pois é, amigos. Ao contrário do que muitos pensam, o ser humano não evoluiu do macaco. O que acontece é que as duas espécies de chimpanzés (*Pan troglodytes* e *Pan paniscus*) são os seres atuais mais próximos evolutivamente dos seres humanos. Isso não quer dizer que evoluímos dos chimpanzés e sim que compartilhamos um ancestral com eles mais recente do que com qualquer outro ser ainda existente no nosso planeta. Esse ancestral viveu há cerca de 5 a 7 milhões de anos e de lá até o surgimento das espécies atuais, várias outras formas surgiram e foram extintas.

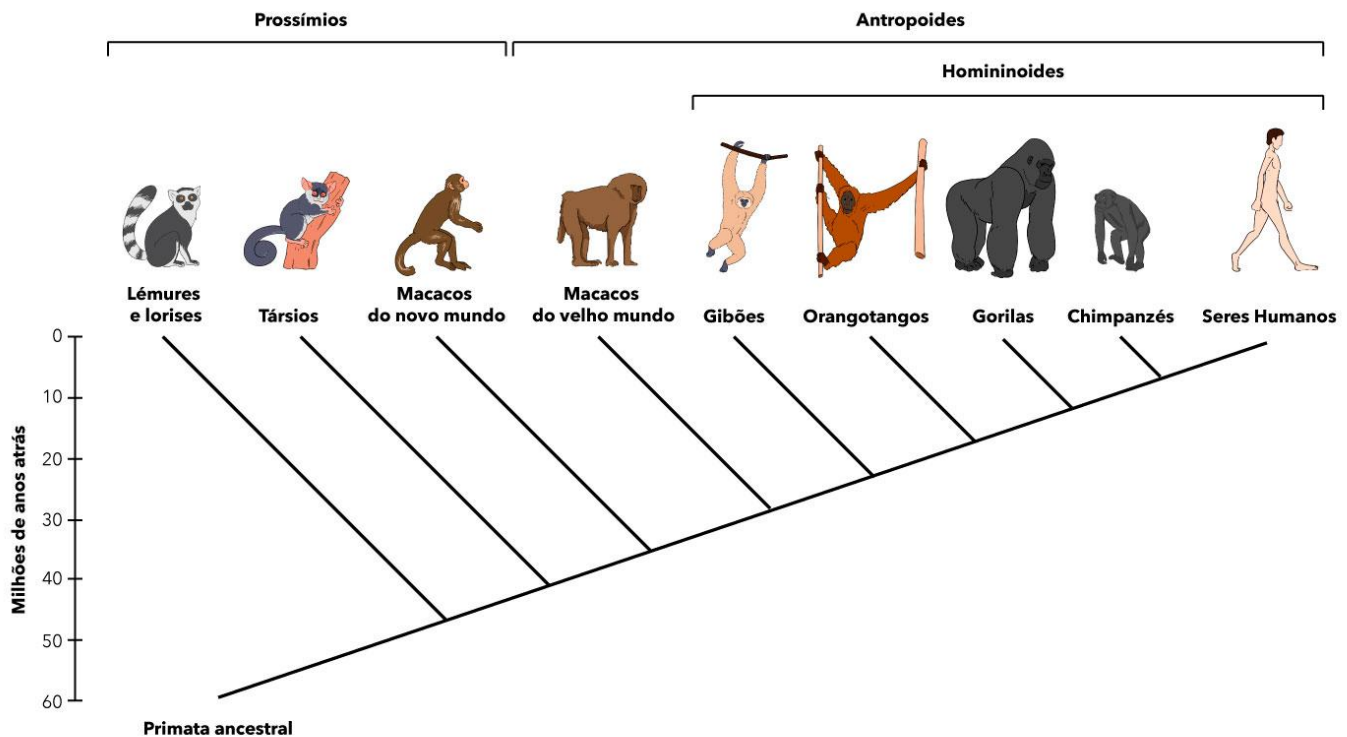


Fig. 17: Filogenia dos primatas

Apesar de apresentarmos grandes semelhanças anatômicas, fisiológicas e moleculares com os chimpanzés, várias características nos diferenciam deles, entre as quais destacamos: a proporção entre braços e pernas, o grau de mobilidade do polegar, a distribuição de pelos corporais, a dentição e, principalmente, o tamanho do cérebro que é muito maior na nossa espécie. Nosso grande volume cerebral reflete nossa capacidade de raciocínio, manuseio de ferramentas e objetos, previsão de eventos futuros, emoções, entre outras coisas, que nos distinguem não só dos chimpanzés, mas também de todos os outros seres vivos. Outra característica tipicamente humana é sua capacidade de apoiar e locomover apenas sobre os membros posteriores, ou seja, em uma postura bípede. Outros primatas antropoides como gorilas e chimpanzés só conseguem andar sobre dois pés por períodos curtos. As vantagens do bipedalismo incluem ter as mãos livres para carregar filhos, alimentos e objetos; observar presas e predadores à distância; locomover-se com menor gasto de energia; e diminuir a absorção de calor do chão.

A transição de uma postura quadrúpede para bípede tem ligação, provavelmente, com as mudanças climáticas ocorridas na África, onde os ancestrais dos seres humanos surgiram. A gradativa mudança de ambientes dominados por florestas para savanas acabou por selecionar indivíduos mais aptos a se locomover em campos abertos e com características favoráveis a suportar temperaturas mais altas, como uma menor cobertura de pelos no corpo.

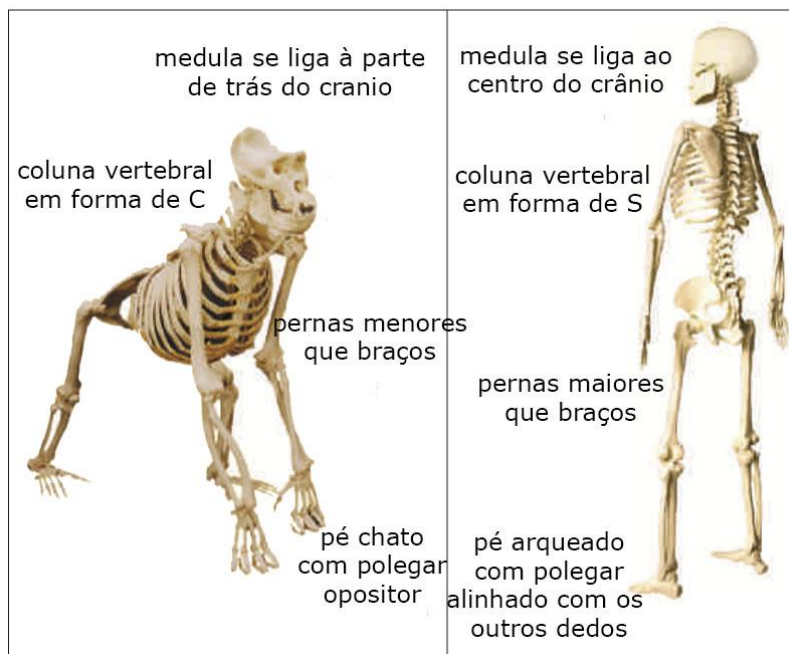


Fig. 18: Diferenças no esqueleto de um gorila e um ser humano bípede.

Outra importante diferença entre os seres humanos e os demais primatas é que os polegares de nossas mãos são mais longos, fortes e móveis. Assim, muitos primatas conseguem ter o que chamamos de pegada de potência, mas apenas os seres humanos têm uma pegada de precisão utilizando o polegar e as pontas dos outros dedos para executar movimentos finos e delicados.



Fig. 19: Seres humanos são capazes de utilizar objetos com precisão.

Após a separação das linhagens que deram origem aos chimpanzés e aos seres humanos, várias outras espécies surgiram e fazem parte de nossa ancestralidade. Ainda existe muito por descobrir e, à medida que novos fósseis vão sendo encontrados, mais peças são adicionadas a esse quebra-cabeças. Vamos conhecer os principais candidatos a nossos ancestrais.

Restos de crânios fossilizados de um hominídeo com cerca de 7 milhões de anos foram encontrados no Chade (região central da África) em 2003. Eles foram classificados como *Sahelanthropus tchadensis* e acredita-se que ele possa ser o mais antigo ancestral da linhagem humana, tendo surgido logo após a divergência com a linhagem dos chimpanzés. No entanto, não há consenso acerca disso e outra possibilidade é que *S. tchadensis* seja ancestral tanto dos seres humanos quanto dos chimpanzés.



Fig. 20: Crânio fossilizado de *S. tchadensis*

Outro possível ancestral de nossa espécie é o *Orrorin tugenensis*, que viveu no leste africano há cerca de 6 milhões de anos. Seus fósseis indicam que ele tinha uma postura ereta e o andar bípede. No entanto, outras características apontam para um hábito arborícola. O *Ardipithecus ramidus*, um pouco mais recente do que o *Orrorin* (entre 5,8 e 5,2 milhões de anos atrás) também apresentava características morfológicas de um primata bípede, mas de hábitos predominantemente arborícolas.

Os australopitecos são o grupo mais bem documentado de hominídeos primitivos devido à grande quantidade de fósseis descobertos. Viveram na África entre cerca de 4 e 1,2 milhões de anos atrás e apresentam várias espécies dentro do gênero *Australopithecus*. Seus fósseis revelam uma tendência a apresentar dentes menores (mais semelhantes aos humanos) e uma postura mais ereta, porém sem aumento significativo no tamanho cerebral. Respondendo às mudanças ambientais que causaram a retração das florestas tropicais, esses hominídeos se adaptaram gradativamente a deixar as copas das árvores, desenvolvendo uma postura ereta que os possibilitava encontrar presas e fugir de predadores nas savanas, conforme já discutimos anteriormente. Uma das espécies de *Australopithecus*, provavelmente, deu origem ao gênero *Homo*, no qual estamos incluídos.



Fig. 21: À esquerda, reconstituição de uma fêmea de *Australopithecus afarensis*. À direita, crânio fossilizado de *Australopithecus africanus*.

Nossa espécie, *Homo sapiens*, é a única sobrevivente do gênero *Homo*. A característica mais marcante desse grupo é o grande tamanho cerebral, mas o uso de ferramentas também parece ser determinante em sua classificação. O mais antigo representante do gênero é o *Homo habilis*, que significa “homem habilidoso” em referência às ferramentas de pedra encontradas junto aos fósseis. Há cerca de 1,8 milhões de anos, surgiu o *Homo erectus*, de maior estatura e postura mais ereta do que o *H. habilis*. Seu cérebro também era significativamente maior, seus dentes menores e, restos de alimentos encontrados queimados junto a seus fósseis, revelam que eles não somente utilizavam ferramentas como podem ter sido os primeiros hominídeos a cozinhar. O *H. erectus* é considerado como ancestral dos neandertais e do ser humano moderno.



Fig. 22: Crânio de hominídeos extintos. À esquerda *Homo habilis* e à direita *Homo erectus*.

O *Homo neanderthalensis* é a espécie extinta mais próxima evolutivamente ao *H. sapiens*. Sua origem remonta a cerca de 200 a 300 mil anos e sua extinção ocorreu há cerca de 28 mil anos. Viveram na África, Oriente Médio, Europa e Ásia. Comparativamente aos humanos modernos, tinham um corpo mais baixo, compacto e com ossos mais largos e musculatura mais desenvolvida. Essa menor relação superfície-volume gera menor perda de calor, o que os relaciona com a vida em altas latitudes (clima mais frio). É possível que tenha havido intercruzamento entre eles e *H. sapiens* e que, por isso, nossa espécie carregue até hoje parte do DNA neandertal. Evidências fósseis indicam também que esses hominídeos poderiam ter pensamento simbólico com cerimônias fúnebres e tenham inclusive sido capazes de falar.

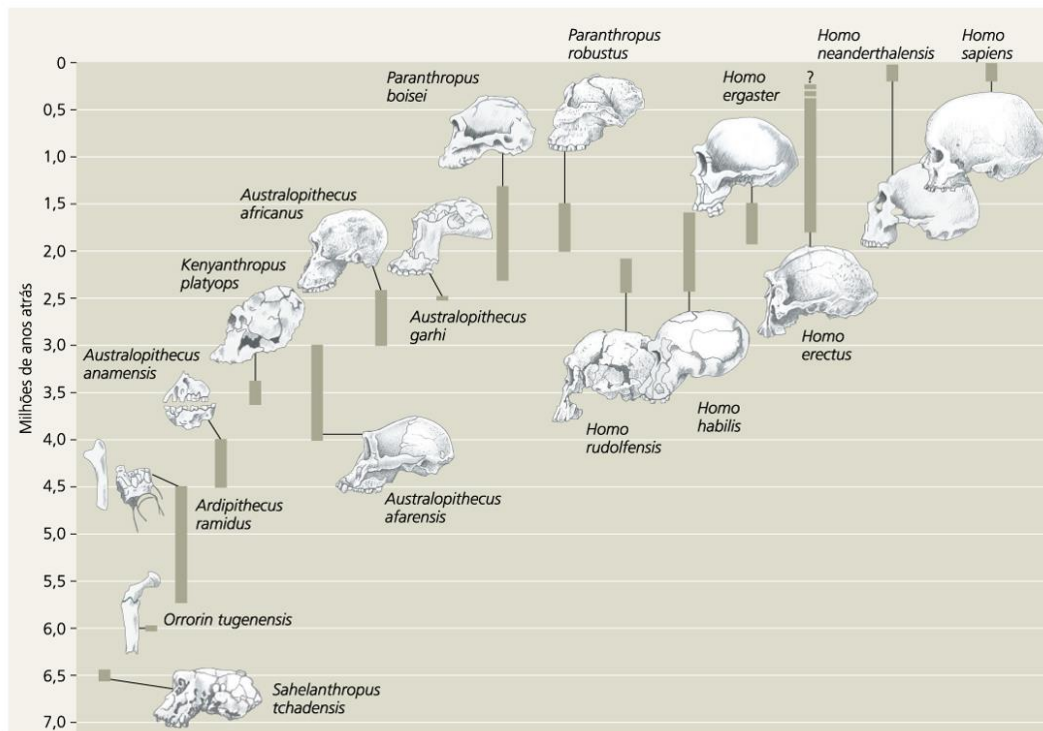


Fig. 23: Linha do tempo para algumas espécies de hominídeos. Da esquerda para a direita há uma tendência ao abandono de hábitos arborícolas e ao predomínio do andar bípede.

Somos Todos Africanos

Até há pouco tempo, os fósseis mais antigos atribuídos à espécie *Homo sapiens* datavam de cerca de 200 mil anos e ligavam a origem da nossa espécie à região da África Oriental. No entanto, em 2017, um artigo publicado na revista Nature divulgou a descoberta de um crânio de *Homo sapiens* de 300 mil anos no Marrocos (Norte da África).

De qualquer forma, não importa se seus antepassados recentes viveram na Europa ou na Ásia. No fim das contas, todos nós descendemos de humanos africanos. De lá, eles começaram sua jornada para outros continentes há cerca de 80 a 60 mil anos, quando provavelmente encontraram neandertais fora da África e intercruzaram com eles. À medida que pequenos grupos iam se aventurando cada vez mais longe em busca

de alimento, nossa espécie foi conquistando áreas cada vez mais distantes do planeta e, ao mesmo tempo, sofrendo modificações morfológicas, fisiológicas e comportamentais. As mutações presentes nos diferentes grupos étnicos atuais nos permitem traçar as rotas de migração de nossos ancestrais. Assim, sabemos que há cerca de 15 mil anos, nossos antepassados atravessaram uma ligação atualmente submersa entre a Sibéria e a América do Norte, o que os possibilitou chegar até a América do Sul em alguns milhares de anos. Como registros pré-históricos do ser humano, temos não só os fósseis, mas também diversas ferramentas e ainda as chamadas pinturas rupestres. O surgimento da agricultura há cerca de 12 mil anos possibilitou finalmente o surgimento das primeiras civilizações humanas.

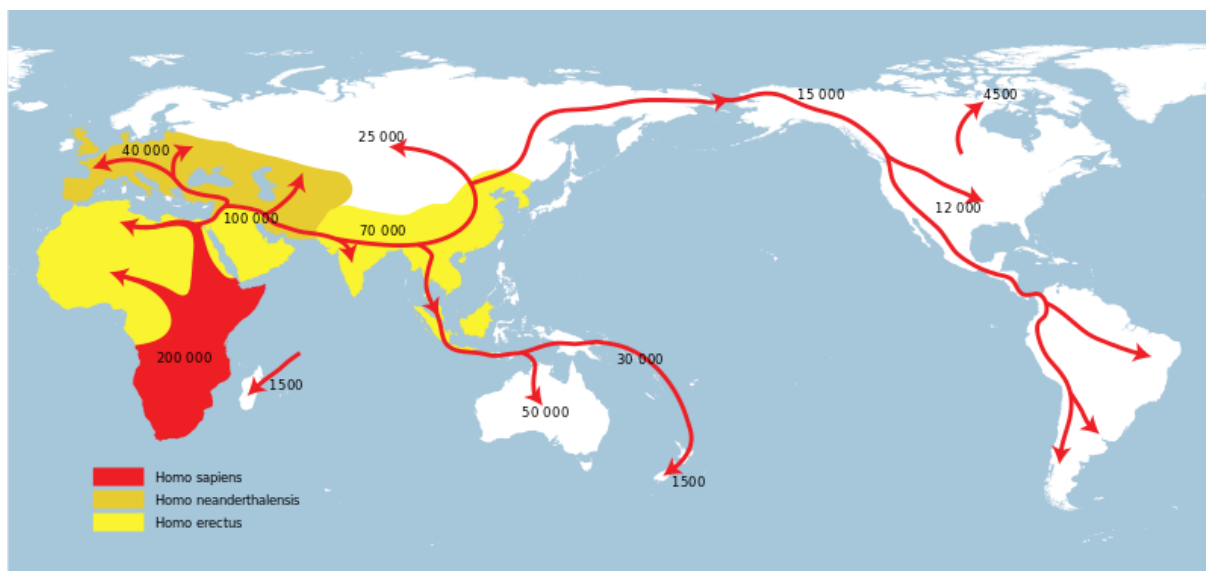


Fig. 24: Mapa de dispersão humana. Os números indicam a idade aproximada do evento.

QUESTÕES RESOLVIDAS



1. (UFPR, 2019)

Uma grande população de insetos de uma determinada espécie é submetida a um dado inseticida por um período prolongado de tempo. Como consequência, os indivíduos sensíveis ao inseticida morrem e os resistentes a ele sobrevivem. A respeito da seleção natural atuante nessa população, considere as seguintes afirmativas:

1. Por promover o aumento da ocorrência de mutações de resistência ao inseticida, a seleção natural direcional ajustou a frequência dos insetos resistentes.

2. Geração após geração, a seleção natural estabilizadora promove o aumento da ocorrência de mutações de resistência ao inseticida.
3. Insetos resistentes ao inseticida aumentam de frequência, geração após geração, pela ação da seleção natural estabilizadora.
4. A seleção natural direcional favorece os insetos resistentes ao inseticida, que irão aumentar de frequência geração após geração.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 4 é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

Comentários

As afirmativas 1 e 2 estão erradas pois a seleção não promove o aumento de mutações, que são eventos aleatórios. A afirmativa 3 está errada pois a seleção estabilizadora é aquela que favorece fenótipos intermediários. Nesse caso, está ocorrendo a seleção direcional, visto que o fenótipo selecionado é um dos extremos, que representa a resistência ao inseticida. Assim, apenas a afirmativa 4 está correta. **Letra A.**

2. (UFPR – 2018)

Sobre o processo evolutivo, é correto afirmar:

- a) As mutações genéticas ocorrem com o objetivo de promover adaptação dos organismos ao ambiente.
- b) Alterações na sequência de aminoácidos do DNA dos organismos podem ser vantajosas, neutras ou desvantajosas para seus portadores.
- c) Em uma população, uma característica vantajosa tende a aumentar de frequência na geração seguinte pela ação da seleção natural.
- d) Os organismos de uma população biológica são idênticos entre si, potencializando a ação da seleção natural.
- e) Os organismos atuais estão se modificando geneticamente para se adaptar às mudanças climáticas, como o aquecimento global.

Resolução



A letra A está errada pois as mutações não ocorrem com um determinado objetivo, afinal são eventos ao acaso. A letra B está errada pois o DNA não tem sequência de aminoácidos e sim de nucleotídeos. A letra D está errada pois a seleção natural atua sobre as variações, logo, em uma população de indivíduos idênticos, todos seriam beneficiados ou prejudicados igualmente pela seleção natural. A letra E está errada pois implica em um objetivo para as modificações genéticas que ocorrem, na verdade, ao acaso. **Letra C.**

3. (UFPR – 2017)

Um grupo de roedores é separado pelo surgimento de um rio. Ao longo do tempo, os roedores ao norte do rio tornam-se brancos, enquanto os roedores ao sul do rio tornam-se castanhos. Nesse caso, é correto afirmar que a seleção natural:

- a) gera mutações específicas para os ambientes ao norte e ao sul do rio.
- b) promove a competição entre roedores brancos e castanhos.
- c) aumenta a probabilidade de sobrevivência apenas dos roedores brancos.
- d) promove a cooperação entre roedores brancos e castanhos.
- e) favorece diferentes fenótipos ao norte e ao sul do rio.

Resolução

A letra A está errada pois a seleção natural não é capaz de gerar mutações. A letra B e a letra D estão erradas pois o rio estabelece uma barreira que impede a competição e a cooperação entre os roedores do norte e os do sul. A letra C está errada pois se os roedores ao sul se tornam castanhos, isso indica que nesse local sua probabilidade de sobrevivência é maior do que a dos roedores brancos. A letra E está certa pois diferentes fenótipos (nesse caso, a cor branca ou castanha) estão sendo favorecidos e selecionados ao norte e ao sul do rio. **Letra E.**

4. (UFPR – 2016)

Considere duas populações de uma espécie de mamífero. Na população I os animais têm coloração da pelagem clara e habitam ambientes de campo aberto. Na população II eles têm coloração escura e habitam ambientes de floresta densa. O gene F é responsável pela coloração da pelagem nessa espécie de mamífero. O alelo F (completamente dominante) confere coloração escura, e o alelo f (recessivo), coloração clara. Nesse sentido, a seleção natural sobre essas populações é do tipo:

- a) direcional a favor da pelagem escura, o que pode levar à extinção da população I.
- b) disruptiva, desfavorecendo os heterozigotos, o que pode levar à especiação.
- c) direcional, favorecendo apenas os homozigotos FF nas duas populações.
- d) estabilizadora, com os heterozigotos (Ff) igualmente adaptados aos dois ambientes.
- e) disruptiva, o que pode levar à extinção de ambas as populações.



Resolução

A letra A está errada pois implicaria na extinção dos indivíduos de pelagem clara, mais adaptados aos ambientes de campo aberto. A letra B está certa, pois os fenótipos extremos são beneficiados, cada um em um tipo de ambiente. Sabemos também que a seleção disruptiva pode levar à especiação, inclusive de forma simpátrica. A letra C está errada pois também implicaria na extinção da população I. A letra D está errada pois os heterozigotos, no caso de uma codominância, teriam coloração intermediária, desvantajosa nos dois ambientes citados. A letra E está errada pois a seleção disruptiva não levaria à extinção de ambas as populações. **Letra B.**

5. (UFPR – 2015)

Numa planície alagada, bastante estável há milhões de anos, existe uma espécie de arbusto tóxico que produz flores com 10 variedades de cores distintas (fenótipos). Sabendo que as cores das flores em questão são determinadas geneticamente, um pesquisador lançou a seguinte pergunta: por que arbustos que produzem flores azuis são mais abundantes que os que produzem flores de outras cores? Para tentar responder a essa pergunta, o pesquisador investigou cinco parâmetros nos arbustos que apresentam esses 10 fenótipos distintos. De acordo com a teoria da seleção natural, qual parâmetro levantado pelo pesquisador é imprescindível para responder à pergunta formulada?

- a) Forma de polinização.
- b) Tempo médio de vida.
- c) Quantidade de toxinas.
- d) Sucesso reprodutivo.
- e) Resistência à decomposição.

Resolução

A maior abundância de um fenótipo dentro de uma população está ligada à sua maior capacidade em gerar descendentes. Logo, quanto maior for o sucesso reprodutivo dos indivíduos portadores daquele fenótipo, maior será sua frequência na população. **Letra D.**

6. (UFPR – 2013)

A Seleção Natural é um dos principais fatores responsáveis pela evolução, juntamente com a mutação, a deriva genética e a migração genética. Para que a Seleção Natural ocorra em uma população, é imprescindível que haja:

- a) alteração do meio ambiente, propiciando o favorecimento de alguns indivíduos da população.
- b) diversidade da composição genética dos indivíduos da população.
- c) informações genéticas anômalas que produzam doenças quando em homozigose.



- d) disputa entre os indivíduos, com a morte dos menos aptos.
- e) mutação em taxa compatível com as exigências ambientais.

Resolução

O principal ponto explorado por Darwin em seu livro “A Origem das Espécies” foi o papel da variação encontrada entre os indivíduos de uma população. Sem diferenças entre os indivíduos, não é possível selecionar um ou outro, afinal, não haveria indivíduos mais ou menos aptos perante determinada imposição ambiental. **Letra B.**

7. (UFPR – 2011)

Certos insetos apresentam um aspecto que os assemelha bastante, na cor e às vezes até na forma, com ramos e folhas de algumas plantas. Esse fato é de extremo valor para o inseto, já que o protege contra o ataque de seus predadores. Esse fenômeno, analisado à luz da Teoria da Evolução, pode ser explicado:

- a) pela lei do uso e desuso, enunciada por Lamarck.
- b) pela deriva genética, comum em certas populações.
- c) pelo isolamento geográfico que acontece com certas espécies de insetos.
- d) pela seleção natural, que favorece características adaptativas adequadas para cada ambiente específico.
- e) por uma mutação de amplo espectro que ocorre numa determinada espécie.

Resolução

Se os insetos apresentam uma característica que lhes confere extremo valor adaptativo, essa característica foi selecionada. **Letra D.**

8. (UFPR – 2009)

Apesar de bastante criticadas na época em que foram postuladas, as ideias propostas por Charles Darwin sobre o processo evolutivo dos seres vivos são hoje amplamente aceitas, uma vez que outras evidências colhidas empiricamente corroboram a Teoria da Evolução. Assinale a alternativa que NÃO expressa uma evidência dessa teoria.

- a) O estudo dos fósseis ao longo dos tempos geológicos mostra um aumento da complexidade das formas de seres vivos.
- b) As características apresentadas por sucessivas gerações, dentro de uma espécie, são herdadas das gerações antecessoras.
- c) Algumas estruturas corporais desenvolvem-se quando muito utilizadas ou atrofiam-se quando não utilizadas, como por exemplo a musculatura dos animais.



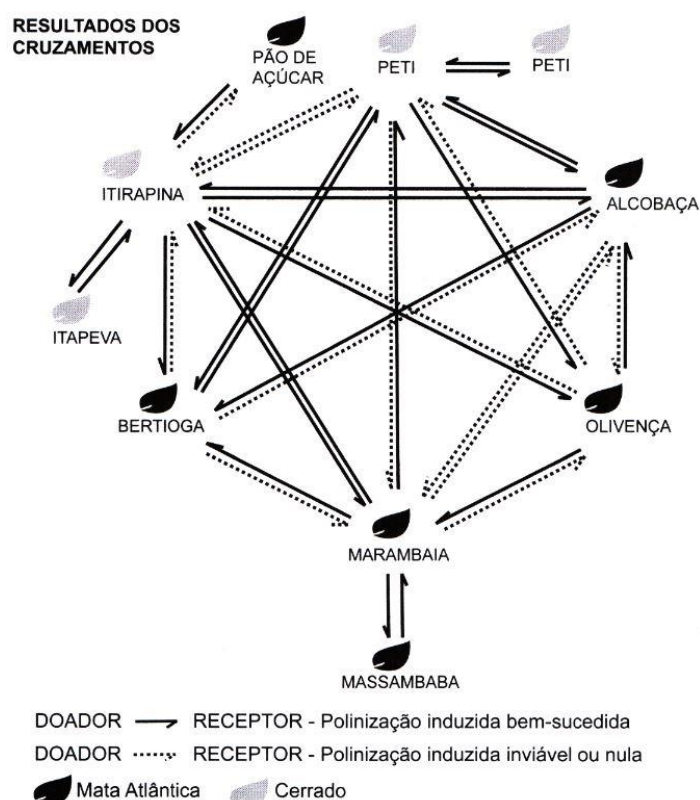
- d) Quando se estudam os genomas, observa-se uma grande semelhança entre espécies muito próximas, como o homem e o chimpanzé.
- e) O funcionamento bioquímico das células de todos os organismos é semelhante, sugerindo que todos tiveram um ancestral comum.

Resolução

A letra A expressa uma evidência da teoria da evolução pois os fósseis representam modificação ao longo das gerações. A letra B também é verdadeira, pois a hereditariedade é uma premissa para a reprodução dos seres vivos. A letra C está errada pois refere-se à Lei do Uso e do Desuso de Lamarck. A letra D está certa pois organismos mais próximos evolutivamente apresentam também maiores semelhanças moleculares. A letra E está certa pois existem inúmeras características bioquímicas comuns a todos os seres vivos que indicam sua ancestralidade comum. **Letra C.**

9. (ENEM - 2018)

O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações – denominadas de acordo com a localização onde são encontradas – de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.



Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

(A) Bertioga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.

- (B) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- (C) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Itirapina.
- (D) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- (E) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

Comentários:

Inicialmente essa questão parece complexa, mas bastava compreender a sistemática da figura. Quando o enunciado fala que “plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando”, ele já dá toda a informação necessária para resolver a questão. Observando a legenda da figura, vemos que a linha pontilhada representa polinização induzida inviável ou nula, ou seja, ausência de reprodução entre as populações. Assim, era só identificar que cruzamentos estavam com linhas pontilhadas duplas e você chegaria à **Alternativa D: Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.**

10. (ENEM PPL – 2018)

Podemos esperar que, evoluindo de ancestrais que disputavam os mesmos recursos, as espécies tenham desenvolvido características que asseguram menor ou nenhuma competição com membros de outras espécies. Espécies em coexistência, com um potencial aparente para competir, exibirão diferenças em comportamento, fisiologia ou morfologia.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. Fundamentos em ecologia.

Porto Alegre: Artmed, 2006 (adaptado).

Qual fenômeno evolutivo explica a manutenção das diferenças ecológicas e biológicas citadas?

- (A) Mutação.
- (B) Fluxo gênico.
- (C) Seleção natural.
- (D) Deriva genética.
- (E) Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Comentários:

O processo de evolução biológica tem como funcionamento básico o surgimento aleatório de variedades (modificações, mutações) e a seleção das variedades mais vantajosas para um determinado ambiente em um determinado momento. Assim, as diferenças em comportamento, fisiologia ou morfologia são originada pelas mutações e pelas recombinações gênicas, mas a manutenção dessas diferenças é explicada pela seleção natural das mesmas. **Alternativa C. Seleção Natural.**



11. (ENEM - 2017)

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

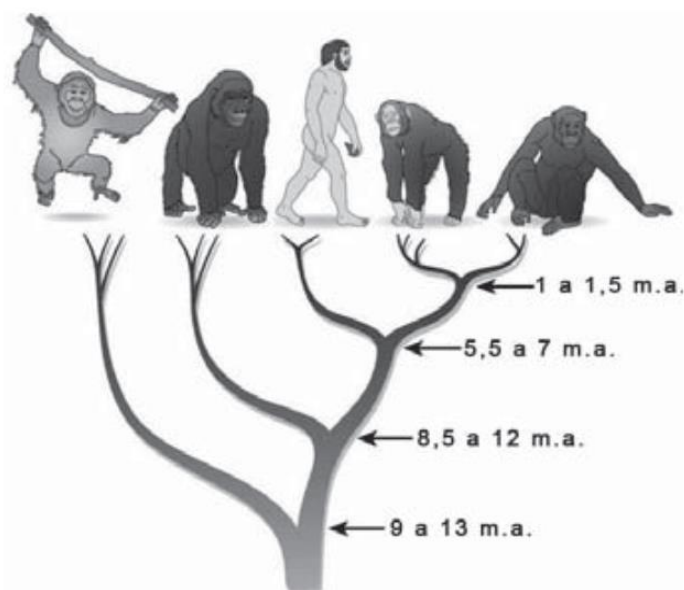
- (A) tipos de células.
- (B) aspectos ecológicos.
- (C) relações filogenéticas.
- (D) propriedades fisiológicas.
- (E) características morfológicas.

Comentários:

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.**

12. (ENEM - 2017)





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. 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:

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.**

13. (ENEM – 2016)

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.

Comentários:

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.**

14. (ENEM – 2016)

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.

Comentários:

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.**

15. (ENEM – 2015)

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.

Comentários:

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

16. (ENEM – 2014)

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.

Comentários:

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.**

17. (ENEM – 2012)

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.

Comentários:

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.**

18. (ENEM – 2012)

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.

Comentários:

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.**

19. (ENEM – 2010)

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.

Comentários:

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.**

20. (ENEM – 2010)

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.

Comentários:

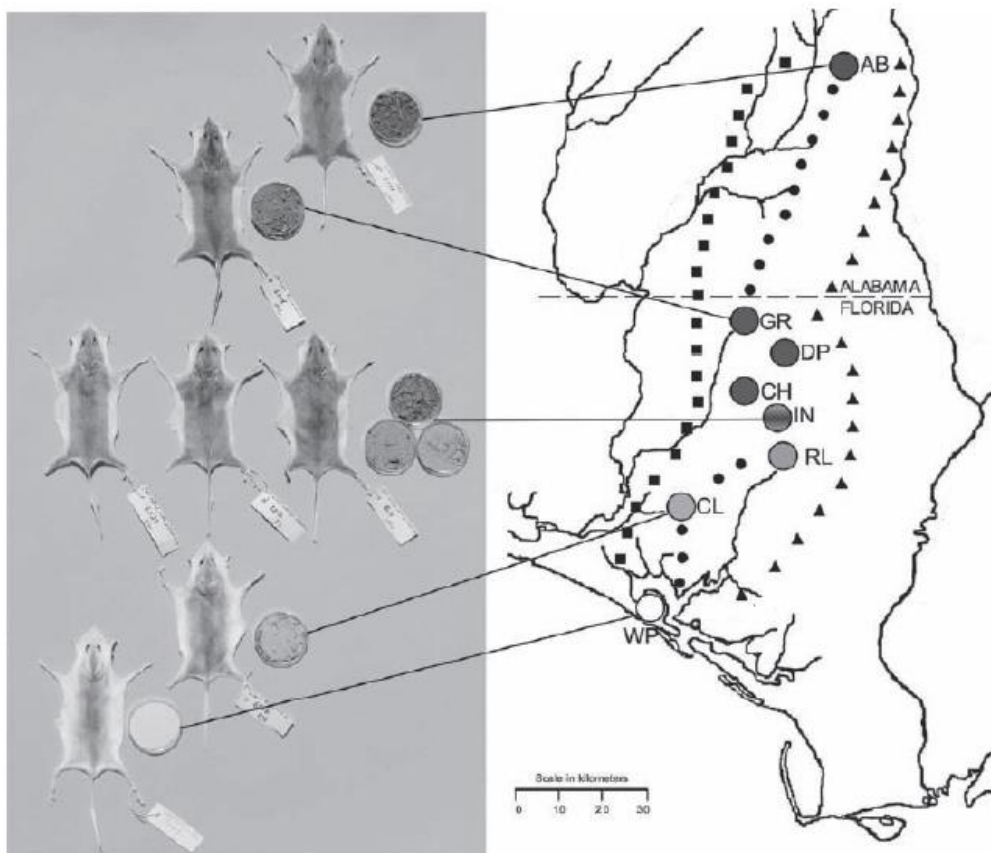
Sabemos que uma das leis que Lamarck propôs era a do uso e do desuso e que só duas alternativas a mencionam (B e D). No entanto, a letra D fala sobre incorporação de características ao patrimônio genético,



mas Lamarck desconhecia os princípios genéticos da hereditariedade. Sendo assim, a única opção válida é a **letra B**.

21. (ENEM – 2009)

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.
- b) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.

- c) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- d) 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.
- e) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

Comentários:

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.**

22. (ENEM – 2007)

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:

- a) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- b) 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.

Comentários:

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.

23. (ENEM – 2006)

Considerando o esquema abaixo, assinale a opção correta.



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
		1,8 5,3	Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra	
	NEOGÊNICO	23,8	Aparecimento dos hominídeos	
		34,6 56	Primeiros roedores	
	PALEOGÊNICO	65	Primeiros primatas	Elevação dos Pirineus Conclusão da abertura do Atlântico Norte Constituição do continente Norte-Atlântico
		65	Últimos dinossauros	
	CRETÁCEO	145	Primeiras angiospermas	Abertura do Atlântico Sul
MESOZÓICA	JURÁSSICO	208	Primeiras aves Primeiros dinossauros	Início da fragmentação da Pangéia Constituição da Pangéia
	TRIÁSSICO	245		
	PERMIANO	290		
PALEOZÓICA	CARBONÍFERO	363	Aparecimento dos répteis	Fecho do oceano Lapetus
	DEVONIANO	409	Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospermas	
	SILURIANO	439	Primeiras plantas e primeiros animais terrestres Primeiros peixes	
	ORDOVICIANO	510		Abertura dos oceanos Lapetus e Rheio Constituição da Avelônia Constituição do continente Rodinia
	CAMBRIANO	544		
		1.000	Reprodução sexuada	
		1.400 1.800 2.000 3.100 3.500	Primeiros depósitos de carvão (algas) Oxigênio livre na atmosfera Aparecimento de organismos eucariontes Primeiros microrganismos procariontes Primeiros vestígios de vida	
PRÉ-CAMBRIANO		4.600	Formação da Terra	

- 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.

Comentários:

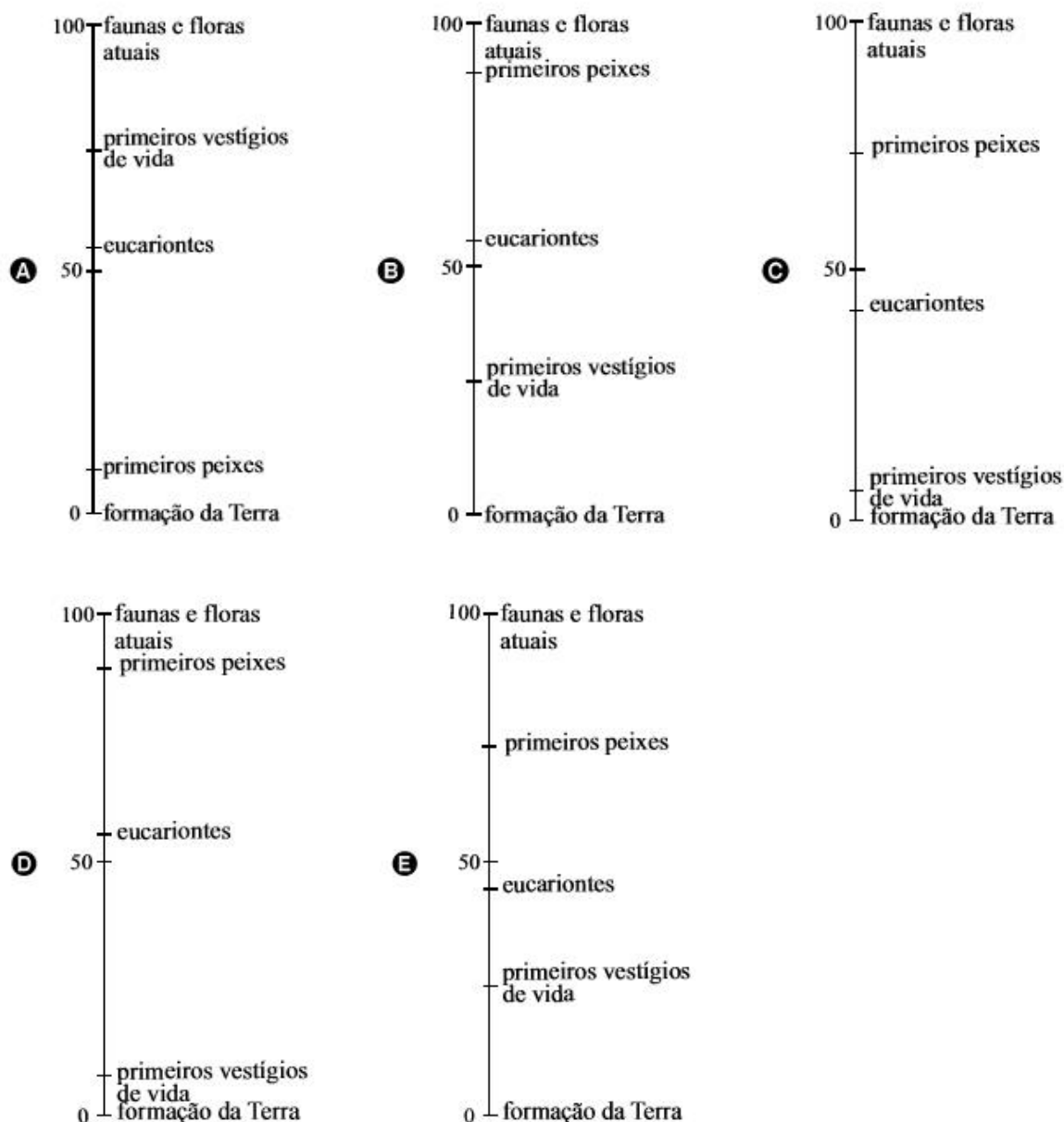
Essa é uma questão que não exige conhecimento prévio do candidato. Basta saber analisar os dados do quadro. Mesmo assim vamos analisar cada alternativa. Conforme o quadro, percebemos que os répteis surgiram por volta de 330 milhões de anos antes dos primeiros hominídeos, o que invalida a alternativa 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.**

24. (ENEM – 2006)

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.



Comentários:



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.**

25. (ENEM – 2005)

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.

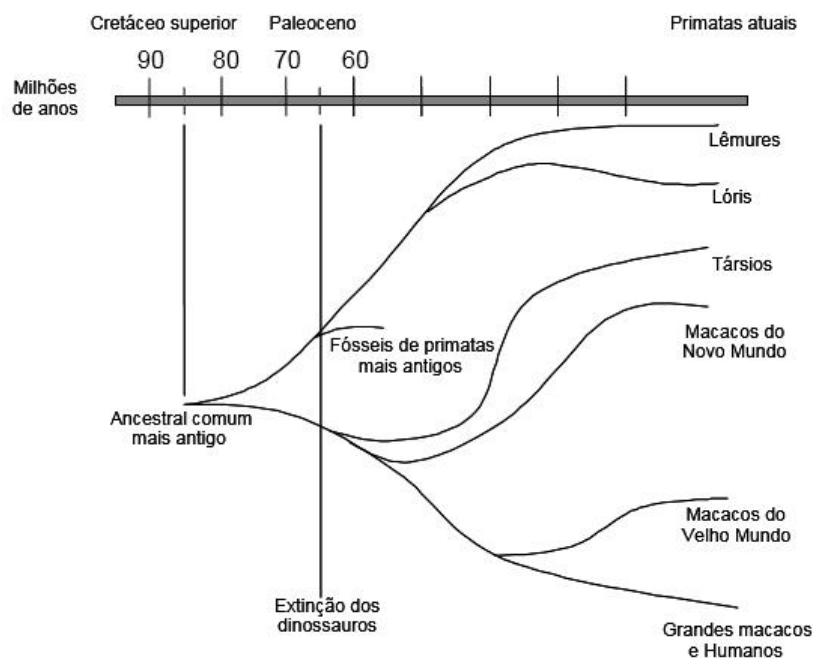
Comentários:

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.**

26. (ENEM – 2005)

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.

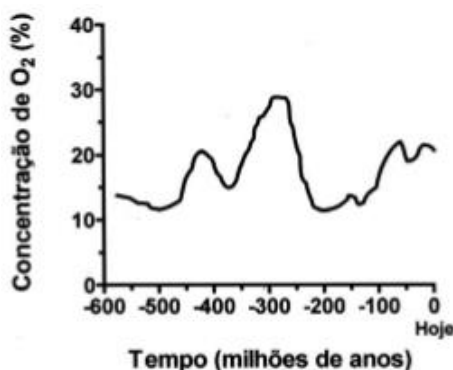
Comentários:

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.**

27. (ENEM – 2005)

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.

Comentários:

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.

28. (ENEM – 2004)

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.

Comentários:

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.**

29. (ENEM – 2004)

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.

Comentários:

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.**

30. (ENEM – 2002)

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

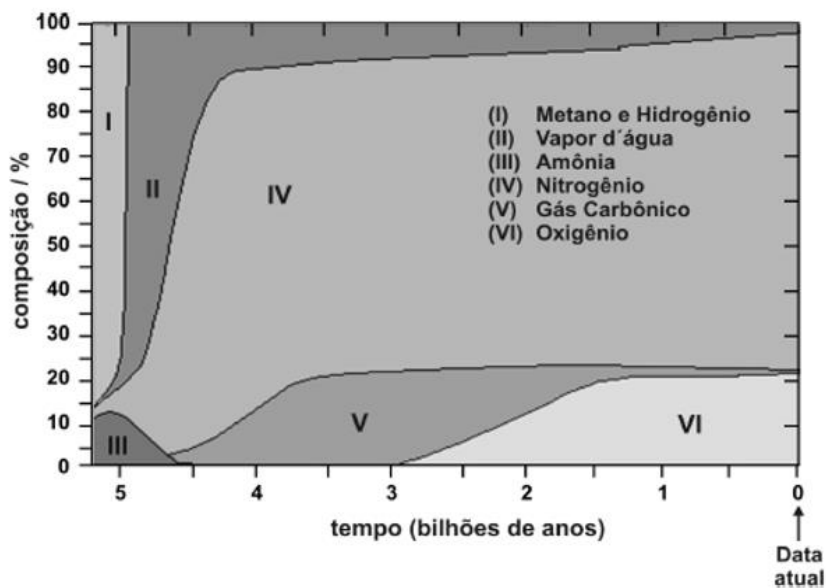
- a) 5,0 e 4,5.
- b) 4,5 e 3,5.
- c) 3,5 e 2,0.
- d) 2,0 e 1,5.
- e) 1,0 e 0,5.

Comentários:

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.**

31. (ENEM – 2002)

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 duas próximas questões)



Adaptado de *The Random House Encyclopedias*, 3rd 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.

Comentários:

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.

32. (ENEM – 2002)

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%.

Comentários:

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.**

LISTA DE QUESTÕES

1. (UFPR, 2019)

Uma grande população de insetos de uma determinada espécie é submetida a um dado inseticida por um período prolongado de tempo. Como consequência, os indivíduos sensíveis ao inseticida morrem e os resistentes a ele sobrevivem. A respeito da seleção natural atuante nessa população, considere as seguintes afirmativas:

1. Por promover o aumento da ocorrência de mutações de resistência ao inseticida, a seleção natural direcional ajustou a frequência dos insetos resistentes.
2. Geração após geração, a seleção natural estabilizadora promove o aumento da ocorrência de mutações de resistência ao inseticida.
3. Insetos resistentes ao inseticida aumentam de frequência, geração após geração, pela ação da seleção natural estabilizadora.
4. A seleção natural direcional favorece os insetos resistentes ao inseticida, que irão aumentar de frequência geração após geração.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 4 é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.



2. (UFPR – 2018)

Sobre o processo evolutivo, é correto afirmar:

- a) As mutações genéticas ocorrem com o objetivo de promover adaptação dos organismos ao ambiente.
- b) Alterações na sequência de aminoácidos do DNA dos organismos podem ser vantajosas, neutras ou desvantajosas para seus portadores.
- c) Em uma população, uma característica vantajosa tende a aumentar de frequência na geração seguinte pela ação da seleção natural.
- d) Os organismos de uma população biológica são idênticos entre si, potencializando a ação da seleção natural.
- e) Os organismos atuais estão se modificando geneticamente para se adaptar às mudanças climáticas, como o aquecimento global.

3. (UFPR – 2017)

Um grupo de roedores é separado pelo surgimento de um rio. Ao longo do tempo, os roedores ao norte do rio tornam-se brancos, enquanto os roedores ao sul do rio tornam-se castanhos. Nesse caso, é correto afirmar que a seleção natural:

- a) gera mutações específicas para os ambientes ao norte e ao sul do rio.
- b) promove a competição entre roedores brancos e castanhos.
- c) aumenta a probabilidade de sobrevivência apenas dos roedores brancos.
- d) promove a cooperação entre roedores brancos e castanhos.
- e) favorece diferentes fenótipos ao norte e ao sul do rio.

4. (UFPR – 2016)

Considere duas populações de uma espécie de mamífero. Na população I os animais têm coloração da pelagem clara e habitam ambientes de campo aberto. Na população II eles têm coloração escura e habitam ambientes de floresta densa. O gene F é responsável pela coloração da pelagem nessa espécie de mamífero. O alelo F (completamente dominante) confere coloração escura, e o alelo f (recessivo), coloração clara. Nesse sentido, a seleção natural sobre essas populações é do tipo:

- a) direcional a favor da pelagem escura, o que pode levar à extinção da população I.
- b) disruptiva, desfavorecendo os heterozigotos, o que pode levar à especiação.
- c) direcional, favorecendo apenas os homozigotos FF nas duas populações.



- d) estabilizadora, com os heterozigotos (Ff) igualmente adaptados aos dois ambientes.
- e) disruptiva, o que pode levar à extinção de ambas as populações.

5. (UFPR – 2015)

Numa planície alagada, bastante estável há milhões de anos, existe uma espécie de arbusto tóxico que produz flores com 10 variedades de cores distintas (fenótipos). Sabendo que as cores das flores em questão são determinadas geneticamente, um pesquisador lançou a seguinte pergunta: por que arbustos que produzem flores azuis são mais abundantes que os que produzem flores de outras cores? Para tentar responder a essa pergunta, o pesquisador investigou cinco parâmetros nos arbustos que apresentam esses 10 fenótipos distintos. De acordo com a teoria da seleção natural, qual parâmetro levantado pelo pesquisador é imprescindível para responder à pergunta formulada?

- a) Forma de polinização.
- b) Tempo médio de vida.
- c) Quantidade de toxinas.
- d) Sucesso reprodutivo.
- e) Resistência à decomposição.

6. (UFPR – 2013)

A Seleção Natural é um dos principais fatores responsáveis pela evolução, juntamente com a mutação, a deriva genética e a migração genética. Para que a Seleção Natural ocorra em uma população, é imprescindível que haja:

- a) alteração do meio ambiente, propiciando o favorecimento de alguns indivíduos da população.
- b) diversidade da composição genética dos indivíduos da população.
- c) informações genéticas anômalas que produzam doenças quando em homozigose.
- d) disputa entre os indivíduos, com a morte dos menos aptos.
- e) mutação em taxa compatível com as exigências ambientais.

7. (UFPR – 2011)

Certos insetos apresentam um aspecto que os assemelha bastante, na cor e às vezes até na forma, com ramos e folhas de algumas plantas. Esse fato é de extremo valor para o inseto, já que o protege contra o ataque de seus predadores. Esse fenômeno, analisado à luz da Teoria da Evolução, pode ser explicado:

- a) pela lei do uso e desuso, enunciada por Lamarck.
- b) pela deriva genética, comum em certas populações.



- c) pelo isolamento geográfico que acontece com certas espécies de insetos.
- d) pela seleção natural, que favorece características adaptativas adequadas para cada ambiente específico.
- e) por uma mutação de amplo espectro que ocorre numa determinada espécie.

8. (UFPR – 2009)

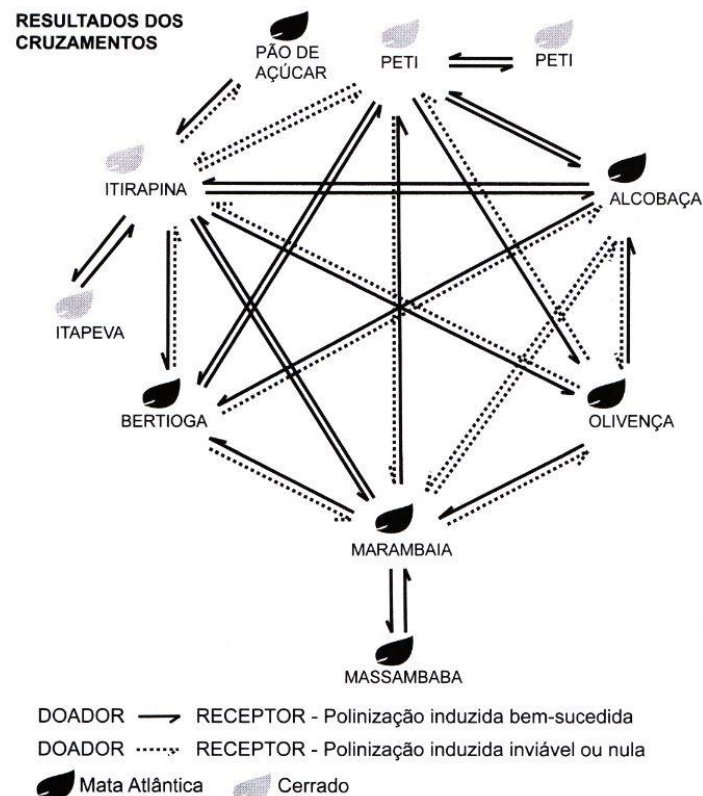
Apesar de bastante criticadas na época em que foram postuladas, as ideias propostas por Charles Darwin sobre o processo evolutivo dos seres vivos são hoje amplamente aceitas, uma vez que outras evidências colhidas empiricamente corroboram a Teoria da Evolução. Assinale a alternativa que NÃO expressa uma evidência dessa teoria.

- a) O estudo dos fósseis ao longo dos tempos geológicos mostra um aumento da complexidade das formas de seres vivos.
- b) As características apresentadas por sucessivas gerações, dentro de uma espécie, são herdadas das gerações antecessoras.
- c) Algumas estruturas corporais desenvolvem-se quando muito utilizadas ou atrofiam-se quando não utilizadas, como por exemplo a musculatura dos animais.
- d) Quando se estudam os genomas, observa-se uma grande semelhança entre espécies muito próximas, como o homem e o chimpanzé.
- e) O funcionamento bioquímico das células de todos os organismos é semelhante, sugerindo que todos tiveram um ancestral comum.

9. (ENEM - 2018)

O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações – denominadas de acordo com a localização onde são encontradas – de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.





Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- (A) Bertioiga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.
- (B) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- (C) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Itirapina.
- (D) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- (E) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

10. (ENEM PPL – 2018)

Podemos esperar que, evoluindo de ancestrais que disputavam os mesmos recursos, as espécies tenham desenvolvido características que asseguram menor ou nenhuma competição com membros de outras espécies. Espécies em coexistência, com um potencial aparente para competir, exibirão diferenças em comportamento, fisiologia ou morfologia.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. Fundamentos em ecologia.

Porto Alegre: Artmed, 2006 (adaptado).

Qual fenômeno evolutivo explica a manutenção das diferenças ecológicas e biológicas citadas?

- (A) Mutação.
- (B) Fluxo gênico.
- (C) Seleção natural.

- (D) Deriva genética.
(E) Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

11. (ENEM - 2017)

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.

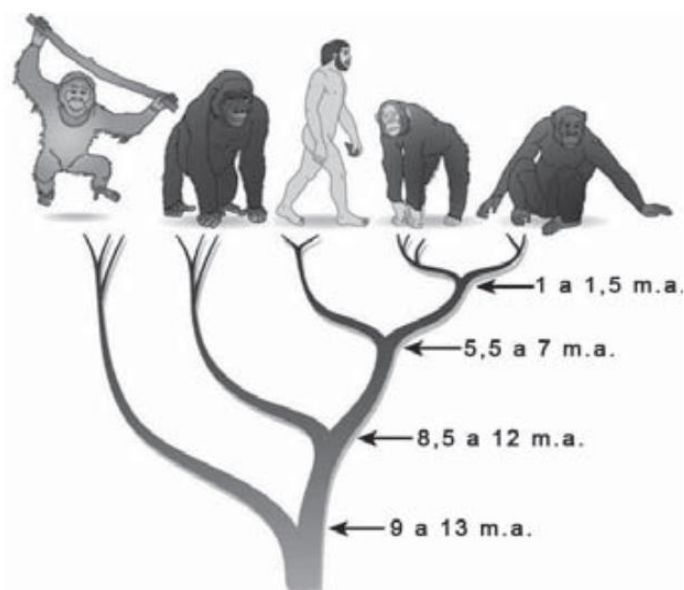
Whittaker (1969) Cinco reinos	Woese (1990) Três domínios
Monera	Archaea
	Eubacteria
Protista	Eukarya
Fungi	
Plantae	
Animalia	

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.

12. (ENEM - 2017)





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. 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.

13. (ENEM – 2016)

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.

14. (ENEM – 2016)

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.

15. (ENEM – 2015)

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.

16. (ENEM – 2014)

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.



17. (ENEM – 2012)

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.

18. (ENEM – 2012)

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.

19. (ENEM – 2010)

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.

20. (ENEM – 2010)

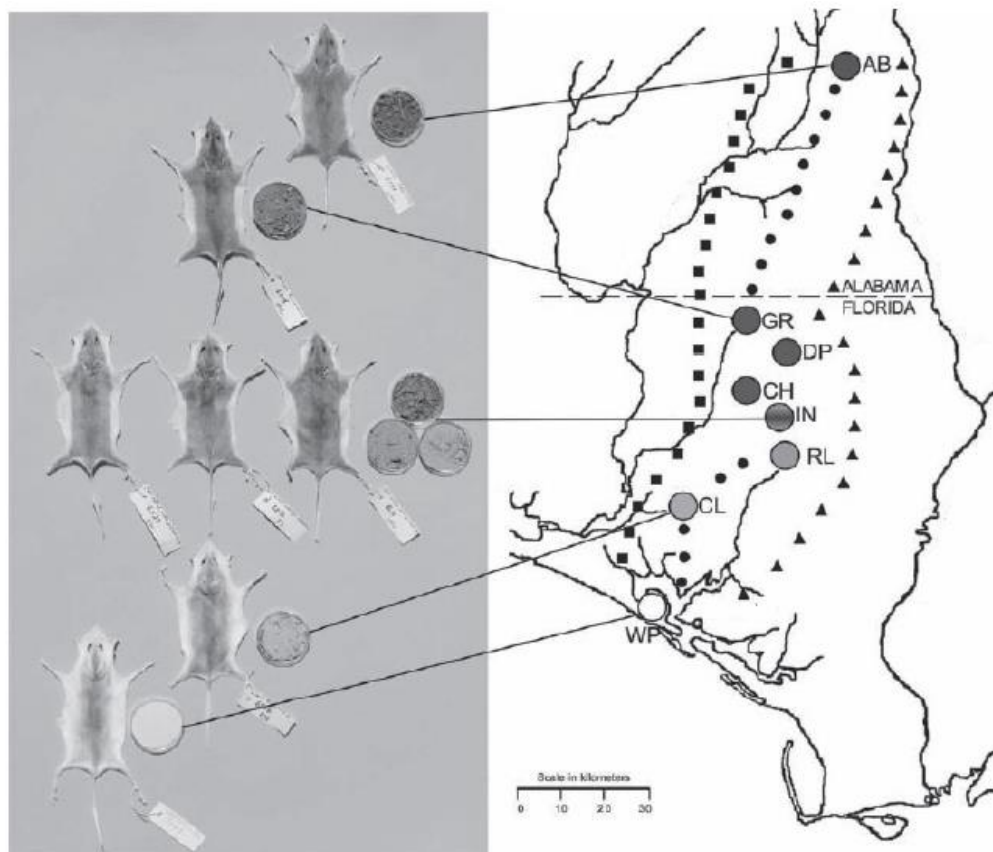
Alguns anfíbios e reptéis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos. Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem 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.

21. (ENEM – 2009)

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) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- b) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.
- c) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- d) 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.
- e) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

22. (ENEM – 2007)

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:

- a) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- b) 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.

23. (ENEM – 2006)

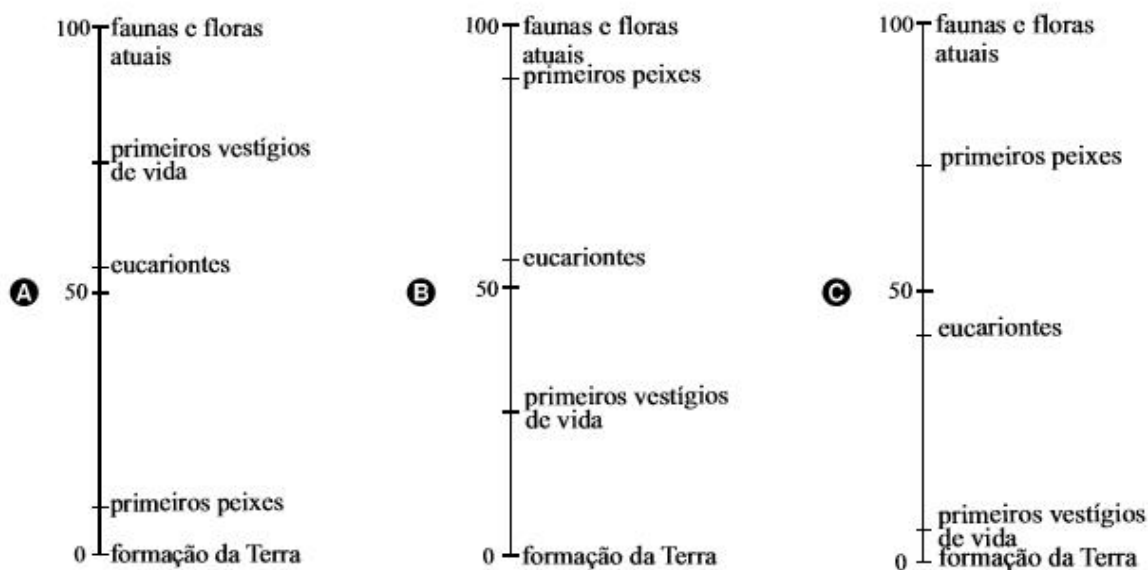
Considerando o esquema abaixo, assinale a opção correta.

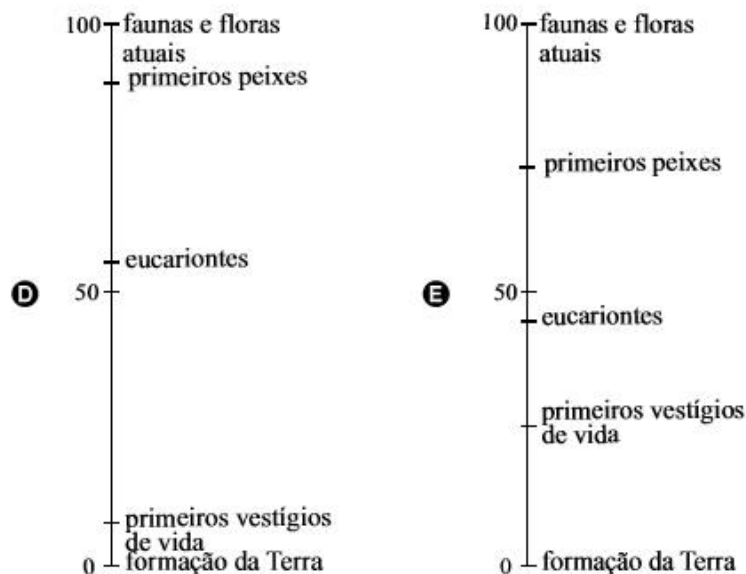
ERA	PERÍODO	MILHÕES DE ANOS	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	PALEOGEOGRAFIA
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	0,01	Faunas e floras atuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas Extinção dos mastodontes e dinotérios	Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo
		1,8	Aparecimento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

- a) Quando os primeiros homínídeos 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.

24. (ENEM – 2006)

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.





25. (ENEM – 2005)

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.

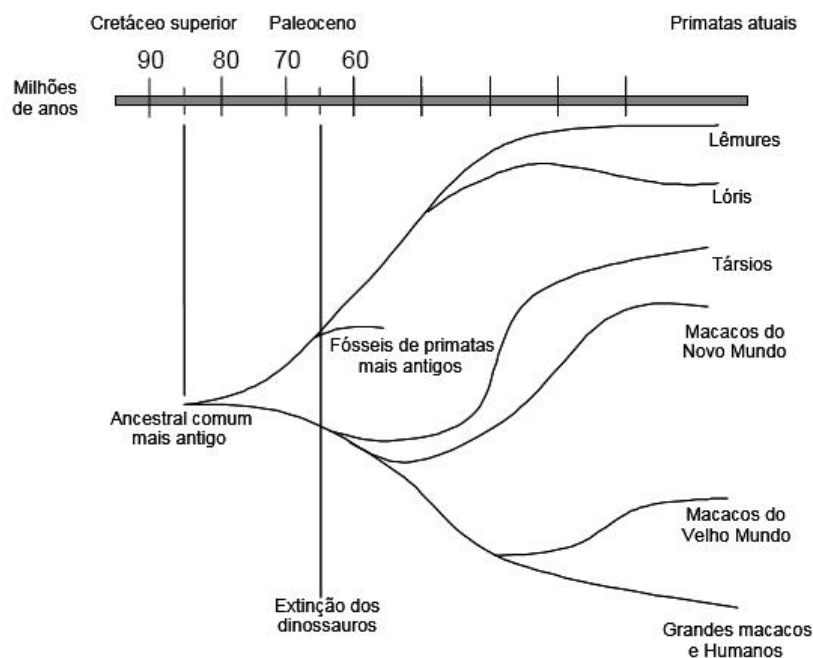
A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

- 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.

26. (ENEM – 2005)

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



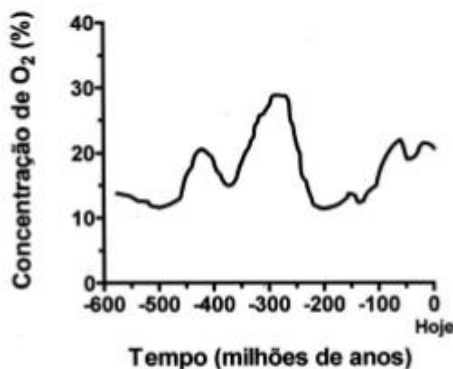


(Fonte: Raquel Aquiar, *Ciência Hoje on-line* 13/05/02.)

- 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.

27. (ENEM – 2005)

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 (CO₂) 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.

28. (ENEM – 2004)

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.

29. (ENEM – 2004)

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 frequentemente 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.

30. (ENEM – 2002)

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:

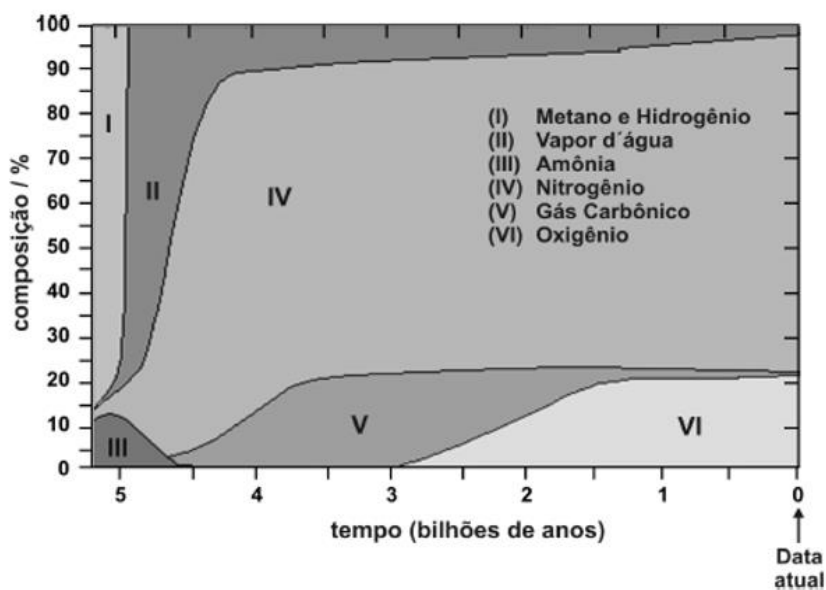


O avanço verdadeiramente criativo citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido aproximadamente entre

- 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.

31. (ENEM – 2002)

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 duas próximas questões)



Adaptado de *The Random House Encyclopedias*, 3rd 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.

32. (ENEM – 2002)

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%.

GABARITO

GABARITO



1. A
2. C
3. E
4. B
5. D
6. B
7. D
8. C
9. D
10. C
11. C
12. D
13. C
14. B
15. E
16. A
17. B
18. C
19. A
20. B
21. C
22. B
23. C
24. B
25. D
26. B
27. C
28. B
29. C
30. B
31. A
32. E



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.