

# A Evolução Biológica

Armênio Uzunian, Dan Edésio Pinseta, Sezar Sasson

## Os Mecanismos da Evolução

### Evolução: uma questão de adaptação

*Os seres vivos da Terra atual estão adaptados ao meio em que vivem.* Esta frase corriqueira revela que entre os seres vivos e o ambiente há um ajuste, uma harmonia fundamental para a sua sobrevivência. O flamingo rosa se alimenta de cabeça para baixo, adaptando-se à procura de alimento no lodo em que vive; os cactos suportam o meio desértico seco graças às adaptações nele existentes; os beija-flores, com seus longos bicos, estão adaptados à coleta do néctar contido nas flores tubulosas que visitam. Esses e numerosos outros exemplos são reveladores da perfeita sintonia que existe entre os seres e os seus ambientes de vida.

### Adaptação: fixismo *versus* transformismo

Desde o tempo dos filósofos gregos, passando pelos pensadores do século passado, a adaptação dos seres vivos aos seus ambientes de vida é um fato incontestável. A origem da adaptação, porém, é que sempre foi discutida. Desde a Antiguidade se acreditava que essa harmonia seria o resultado de uma criação especial, a obra de um criador que teria planejado todas as espécies, adequando-as aos diferentes ambientes. Com o advento do cristianismo, ficou mais fácil admitir que as espécies, criadas por Deus, seriam *fixas e imutáveis*. Os defensores dessa ideia, chamados de *fixistas* ou *criacionistas*, propunham que a extinção de muitas espécies seria devida a eventos especiais como, por exemplo, muitas catástrofes que exterminaram grupos inteiros de seres vivos.

Lentamente, no entanto, a partir do século XIX, uma série de pensadores passou a admitir a ideia da substituição gradual de espécies por outras através de adaptações a ambientes em contínuo processo de mudança. Essa corrente de pensamento, *transformista*, que vagarosamente foi ganhando adeptos, explicava a adaptação como um processo dinâmico, ao contrário do que propunham os fixistas. Para o *transformismo*, a adaptação é conseguida através de mudanças. À medida que muda o meio, muda a espécie. Os adaptados ao ambiente em mudança sobrevivem. Essa ideia deu origem ao evolucionismo. *Evolução biológica é a adaptação*

das espécies a meios continuamente em mudança. Essa mudança das espécies nem sempre implica aperfeiçoamento ou melhora. Muitas vezes leva a uma simplificação. É o caso das tênias, vermes achatados parasitas: embora nelas não exista tubo digestivo, estão perfeitamente adaptadas ao parasitismo no tubo digestivo do homem e de muitos outros vertebrados.

## Adaptação: a espécie em mudança

Dentre os exemplos que ilustram a adaptação das espécies às mudanças do meio, três se destacam por seu caráter clássico: a) a resistência de insetos ao DDT; b) a resistência de bactérias aos antibióticos; c) a coloração protetora das mariposas da espécie *Biston betularia*. Vamos a eles.

### a) A resistência de insetos ao DDT

Considere o seguinte problema. Um fazendeiro estando às voltas com grande quantidade de moscas que infestavam seus estábulos procurou alguma droga que as exterminasse. Como dispunha de DDT, passou a pulverizar o inseticida nos locais onde eram encontrados os insetos. Os resultados, de início, foram ótimos. Desapareceram por completo os invasores. Após certo tempo, porém, verificou-se o ressurgimento das moscas, de início em pequena quantidade, o que provocou novas pulverizações dos estábulos. Notou-se, entretanto, que as moscas aumentavam em número, a despeito de se estar utilizando quantidades crescentes do inseticida.

A análise do problema em questão evidencia um grupo de indivíduos de certa espécie, moscas, existindo em duas situações diferentes: estábulos sem e com DDT. Em ambas as situações, verificou-se a existência de uma população desses insetos.

Pode-se dizer que isso resultou da existência prévia de dois tipos de moscas: *as sensíveis ao DDT*, numerosas de início, e *as resistentes*, pouco abundantes. A aplicação do inseticida favoreceu as poucas moscas resistentes, que sobreviveram e se reproduziram, fazendo que ao longo de algumas gerações, novamente aumentasse a população desses insetos nos estábulos. Evidentemente, a “resistência ao inseticida” corresponde a um caráter determinado pela existência de genes que conferem a algumas moscas a capacidade de resistir a certa droga produzida pelo homem. As sensíveis, desprovidas de tais genes, acabam morrendo. As resistentes transmitem seus genes aos seus descendentes. E, assim, a população de moscas como um todo se adapta ao ambiente que foi pulverizado com DDT. Portanto, a persistência de moscas nos estábulos, a despeito de mudanças ocorridas no ambiente com a pulverização do inseticida, mostra um ajuste do grupo com o meio permitido pela existência prévia de indivíduos resistentes.

Tudo se passa como se os organismos em questão fossem capazes de se modificar em resposta a uma mudança ambiental. Na realidade, não houve modificação dos organismos em si. O que sofreu mudança foi o grupo de indivíduos. Em outras palavras, *um grupo de indivíduos não resistentes* foi substituído por outro grupo de indivíduos, agora *resistentes*. Os dois grupos pertencem à *mesma espécie*, e é nesse sentido que podemos dizer que houve “*adaptação*” (adequação, modificação da composição do grupo em resposta a uma mudança do

ambiente).

## b) A resistência de bactérias aos antibióticos

O problema da resistência bacteriana a antibióticos caracteriza um caso de adaptação de um grupo de organismos frente a mudanças ambientais. À medida que antibióticos são inadequadamente utilizados no combate a infecções causadas por bactérias, o que na realidade se está fazendo é uma seleção de indivíduos resistentes a determinado antibiótico. Sendo favorecidos, os indivíduos resistentes, pouco abundantes de início, proliferam, aumentando novamente a população de micro-organismos.

## c) A coloração protetora das mariposas

Em meados do século passado, a população de certo tipo de mariposa nos arredores de Londres era constituída predominantemente por indivíduos de asas claras, embora entre elas se encontrassem algumas de asas escuras. A explicação para esse fato fica lógica se lembrarmos que nessa época os troncos das árvores eram recobertos por certo tipo de vegetais, os líquenes, que conferiam-lhes uma cor acinzentada. Na medida em que a industrialização provocou aumento de resíduos poluentes gasosos, os troncos das árvores passaram a ficar escurecidos, como consequência da morte dos líquenes e do excesso de fuligem. Nessa região, passou a haver predominância de mariposas de asas escuras, o que denota outro caso de adaptação de um grupo de indivíduos frente a uma mudança ambiental. Procure entender a semelhança existente entre esses dois exemplos de adaptação e o exemplo da resistência de insetos a inseticidas.

# As evidências da evolução

Durante a fase polêmica da discussão evolucionista, muitos argumentos foram utilizados. Uma das evidências mais importantes da ocorrência de Evolução biológica é dada pelos fósseis, que podem ser conceituados como “*restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas*”. Por meio deles, verifica-se que havia organismos completamente diferentes dos atuais, argumento poderoso para os defensores do transformismo. Outras evidências evolutivas podem ser citadas: a semelhança embriológica e anatômica existente entre os componentes de alguns grupos animais, notadamente os vertebrados; a existência de estruturas vestigiais, como, por exemplo, o apêndice vermiforme humano, desprovido de função quando comparado aos apêndices funcionais de outros vertebrados. Modernamente, dá-se muito valor à semelhança bioquímica existente entre diferentes animais. É o caso de certas proteínas componentes do sangue do homem e dos macacos.

# Leitura: fósseis, evidências da evolução

Fósseis são restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas e que ficaram preservados em rochas. Podem ser ossos, dentes, conchas ou até impressões, pegadas, pistas deixadas por animais e vegetais nos lugares em que viveram. Desde a antiguidade, muitas foram as explicações sobre a sua origem. Aristóteles acreditava que eram restos de seres vivos que nasciam e cresciam nas rochas. Algumas pessoas diziam que eram formas vivas colocadas nas pedras por espíritos malignos. Já o filósofo Heródoto, em 450 a.C, ao observar restos de conchas no deserto da Líbia, supôs que o Mediterrâneo banhara aquela região em tempos antigos.

A preservação de um fóssil depende da ocorrência de uma série de eventos. Normalmente, organismos mortos são prontamente atacados por vários tipos de seres vivos, entre eles bactérias e fungos que efetuam a decomposição da matéria orgânica. Em alguns casos, porém, a preservação de restos pode ocorrer. Se o animal morrer em leitos de água, a correnteza carrega sedimentos que podem cobri-lo, dificultando o ataque de outros organismos que poderiam destruí-lo, favorecendo, assim, a sua preservação. Do mesmo modo, substâncias minerais trazidas pela água impregnam os ossos, o que ajuda a conservação da sua forma. Esses processos ocorrem comumente em oceanos e mares rasos, duas fontes notáveis de fósseis. A erupção de um vulcão pode levar à fossilização ao soterrar com cinza os animais e vegetais que viviam nas proximidades. Protegidos do ar e de outros animais, esses organismos soterrados acabam sendo preservados. Com o tempo, formam-se camadas sucessivas de sedimentos, exercendo pressão sobre as camadas inferiores e deixando os fósseis incrustados no interior da rocha. De tempo em tempos, os fósseis podem voltar a se expor, principalmente em razão de movimentos da crosta terrestre. Isso favorece a ação de rios que, ao correr por novos leitos, acabam expondo camadas contendo fósseis. Igualmente, a atividade erosiva e modeladora do vento, chuva e gelo favorece a exposição dos fósseis incluídos em rochas.

Os fósseis são importantes em biologia por ilustrarem a ocorrência do processo de evolução biológica. Pode-se fazer uma avaliação da idade de um fóssil pela observação da camada em que está incluído. Como a sedimentação ocorre pela deposição sucessiva de camadas, aquelas que se situam mais inferiormente são mais velhas e devem conter os fósseis mais antigos. Se a evolução da vida ocorreu de modo contínuo, espera-se que os fósseis encontrados espelhem a ordem de evolução de plantas e animais. De maneira geral, fósseis de organismos mais simples são encontrados nas camadas mais inferiores, mais velhas, das rochas. Em camadas mais recentes são encontrados organismos mais complexos. Esse achado é uma evidência de que a vida evoluiu de forma simples para formas mais complexas e que ela vem se modificando vagarosamente há milhões de anos. Técnicas modernas têm auxiliado a datação da idade dos fósseis. Através delas e a partir da descoberta de um fóssil de animal parecido com um "fox-terrier" e de outros fósseis, foi possível determinar a sequência que originou o cavalo atual. Muitas vezes, porém, o registro fóssil é falho e apresenta muitas lacunas. É evidente que não foram reconhecidos ainda todos os estágios que possam esclarecer, por exemplo, a origem dos répteis a partir dos anfíbios. Essa situação é parecida com a de um livro que não tivesse algumas de suas páginas. Como explicar esse fato? Para muitos cientistas, o tempo permitirá a descoberta dos elos intermediários ainda desconhecidos. Para outros, como o americano Stephen Jay Gould, esses elos simplesmente não existem. A evolução, para esse autor, teria ocorrido "aos saltos", com o surgimento explosivo de novos grupos de tempos em tempos. Essa evolução saltatória seria devida, principalmente, ao acúmulo de mutações gênicas que repentinamente levariam ao surgimento de novas espécies.

# Os evolucionistas em ação: Lamarck e Darwin

A partir do século XIX, surgiram algumas tentativas de explicação para a Evolução biológica. Jean Baptiste Lamarck, francês, e Charles Darwin, inglês, foram os que mais coerentemente elaboraram teorias sobre o mecanismo evolutivo. Foi Darwin, no entanto, o autor do monumental trabalho científico que revolucionou a Biologia e que até hoje persiste como a *Teoria da Seleção Natural* das espécies.

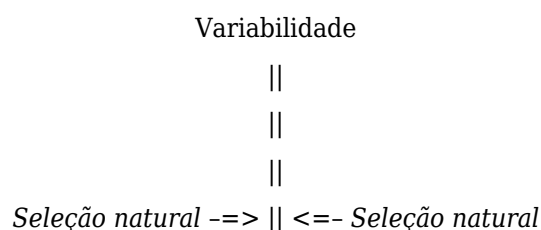
## Darwin e a seleção natural

A partir da ideia de adaptação de populações a seus ambientes, fica fácil entender as propostas de Charles Darwin (1809-1882), inglês, autor da teoria da *Seleção Natural*. Imaginando-se dois ratos, um cinzento e outro albino, é provável que em muitos tipos de ambientes o cinzento leve vantagem sobre o albino. Se isto realmente acontecer, é sinal de que o ambiente em questão favorece a sobrevivência de indivíduos cinzentos ao permitir que, por exemplo, eles fiquem camuflados entre as folhagens de uma mata. Os albinos, sendo mais visíveis, são mais atacados por predadores. Com o tempo, a população de ratos cinzentos, menos visada pelos atacantes, começa a aumentar, o que denota seu sucesso. É como se o ambiente tivesse escolhido, dentre os ratos, aqueles que dispunham de mais recursos para enfrentar os problemas oferecidos pelo meio. A esse processo de escolha, Darwin chamou *Seleção Natural*. Note que a escolha pressupõe a existência de uma *variabilidade* entre organismos da mesma espécie. Darwin reconhecia a existência dessa variabilidade. Sabia também que na natureza, a quantidade de indivíduos de certa espécie que nascem é maior que aquela que o ambiente pode suportar. Além disso, era conhecido o fato de que o número de indivíduos da população fica sempre em torno de uma certa quantidade ótima, estável, devido, principalmente, a altas taxas de mortalidade.

É óbvio que a mortalidade seria maior entre indivíduos menos adaptados a seu meio, pelo processo de escolha ou “seleção natural”. Perceba, então, que a ideia de Darwin parte do princípio importante de que existe *variabilidade* entre os indivíduos de uma mesma espécie e que essa variabilidade pode permitir que indivíduos se adaptem ao ambiente.

Assim, para Darwin, a adaptação é resultado de um processo de escolha dos que já possuem a adaptação. Essa escolha, efetuada pelo meio, é a Seleção Natural e pressupõe a existência prévia de uma diversidade específica. Então, muda o meio. Havendo o que escolher (variabilidade), a seleção natural entra em ação e promove a adaptação da espécie ao meio. Quem não se adapta, desaparece.

O *Darwinismo*, a conhecida teoria da “Evolução Biológica por adaptação das espécies aos meios em mudança através da Seleção Natural”, pode ser assim esquematizado:

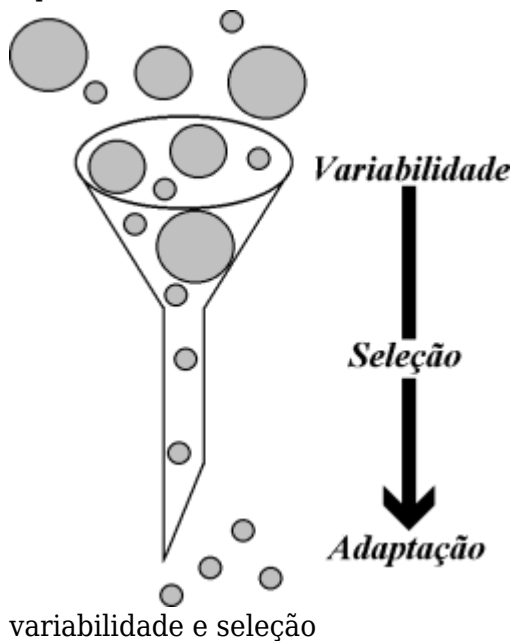


||  
 ||  
 ||  
 Adaptação

É claro que, em ambientes diferentes, variações distintas serão valorizadas. Isso explica por que duas populações da mesma espécie podem se adaptar de maneiras bastante diversificadas em ambientes diferentes.

Finalizando, vamos utilizar uma comparação que pode facilitar a compreensão da teoria darwiniana.

Analise o desenho abaixo. Ele representa um funil através do qual são jogadas bolinhas de diversos tamanhos. Somente as “ajustadas” ao tamanho do funil conseguem atravessá-lo. As outras são retidas. Com este modelo você entende a ação da Seleção Natural. O funil representa o meio ambiente, e as bolinhas correspondem às diversas formas existentes entre os seres vivos de determinada espécie. As bolinhas que passaram representam aquelas variedades dotadas de características que as ajustam ao meio e, então, permitem a adaptação da espécie ao ambiente.



## Darwin: uma longa caminhada rumo à seleção natural

Desde sua infância, Darwin era fascinado por tudo o que se relacionava à natureza. Oriundo de uma família abastada, filho de médico, negava-se a seguir a carreira paterna. Acabou tendo de cursar uma faculdade destinada à formação de religiosos, porém, sempre se dedicou profundamente à história natural, acumulando conhecimentos de geologia, mineralogia, zoologia e botânica. A partir dessa formação, alguns fatos importantes da vida de Darwin facilitaram elaboração de sua teoria. Entre esses fatos, pode-se citar:

a) a viagem por ele empreendida ao redor do mundo como naturalista de bordo do navio Beagle, da armada

inglesa. Entre outros aspectos que o fascinaram, como o achado de fósseis de tatus gigantes na América do Sul e conchas de moluscos em plena Cordilheira dos Andes, foi a comparação dos arquipélagos de Cabo Verde e Galápagos que o deixou convencido da ocorrência da transformação das espécies. Esses dois arquipélagos têm origem vulcânica, possuem praticamente a mesma idade geológica e situam-se quase na mesma latitude. Sendo semelhantes do ponto de vista ambiental, neles deveriam ser encontrados os mesmos tipos de seres vivos, segundo o pensamento fixista predominante na época. Mas Darwin verificou que as ilhas de cada arquipélago possuíam as suas próprias comunidades, e a maioria dos animais nelas existentes assemelhava-se aos animais que ele vira na África e na América do Sul. As espécies de pássaros fringídeos que Darwin encontrou em Galápagos pareciam “descendentes modificados das espécies sul-americanas”.

b) as experiências de *seleção artificial* executadas por Darwin e por inúmeros outros criadores de plantas e animais. Há séculos o homem percebeu que a variabilidade existente entre os descendentes de animais e plantas que cria permite a seleção dos melhores, aprimorando e modificando as espécies. Se o homem pode fazer essa escolha e modificar os rumos de uma espécie em pouco tempo, o que não poderia fazer a natureza ao longo de milhões de anos e dispor de uma ampla variabilidade entre as espécies?

c) a leitura de um livro do economista Thomas Malthus, que, em fins do século XVIII, escreveu um tratado sobre a preocupação com o tamanho da população humana, que crescia em progressão geométrica enquanto a produção de alimentos pelo homem ocorria num ritmo menor, em progressão aritmética. Haveria, assim, disputa por alimento, sobrevivendo apenas aqueles que tivessem acesso a ele. Então, pensava Darwin, se a população humana passa por um processo de seleção por causa do alimento, o mesmo deveria acontecer na natureza com os demais seres vivos.

d) Darwin conseguiu chegar a uma conclusão que o levou a elaborar a sua conhecida teoria; faltava-lhe, no entanto, a coragem necessária para enfrentar o sistema religioso e científico que, na época, era declaradamente antievolucionista. O impulso que o fez publicar sua teoria foi uma carta enviada pelo biólogo Alfred Russel Wallace, dizendo que em suas viagens chegara à conclusão de que deveria haver um processo de *seleção natural* das espécies que as faria adaptar-se aos seus ambientes. A partir disso, Darwin foi aconselhado por amigos a expor suas ideias, e em 1859 foi publicado o polêmico livro “*The origin of species by means of natural selection*”, que revolucionou a biologia.

## O que Darwin não sabia: neodarwinismo

O trabalho de Darwin despertou muita atenção mas também suscitou críticas. A principal era relativa à origem da variabilidade existente entre os organismos de uma espécie. Darwin não teve recursos para entender por que os seres vivos apresentam diferenças individuais. Não chegou sequer a ter conhecimento dos trabalhos que um monge chamado Mendel realizava, cruzando plantas de ervilha. O problema só foi resolvido a partir do início do século XX, com o advento da ideia de gene. E só então ficou fácil entender que *mutações e recombinação gênica* são as duas importantes fontes de variabilidade entre as espécies. Assim, o darwinismo foi complementado, surgindo o que os evolucionistas modernos conhecem como *Neodarwinismo* ou *Teoria Sintética da Evolução* e que se apoia nas ideias básicas de Darwin. Veja o esquema abaixo:

*Mutações genéticas* ==> Variabilidade <== *Recombinação gênica*

||

||

||

*Seleção natural* ==> || <== *Seleção natural*

||

||

||

Adaptação

Fica fácil entender, agora, o mecanismo da resistência bacteriana aos antibióticos usados para o seu combate. Partindo do princípio da existência prévia de *variabilidade*, uma população bacteriana deve ser formada por dois tipos de indivíduos: os sensíveis e os resistentes. O uso inadequado de um antibiótico deve eliminar as bactérias sensíveis, favorecendo as resistentes, que são *selecionadas*. As bactérias resistentes proliferam e promovem a *adaptação* da espécie ao ambiente modificado. Qualquer outro problema de adaptação das espécies a ambientes em modificação pode ser explicado utilizando-se o raciocínio neodarwinista.

## Leitura: evolução, trabalho de engenheiro

autor: François Jaco

fonte: "O jogo dos possíveis", 1981, Gradiva Publicações

"A evolução não tira do nada as suas novidades. Trabalha sobre o que já existe, quer transformando um sistema antigo para lhe dar uma nova função, quer combinando diversos sistemas para com eles arquitetar um outro mais ou menos complexo. O processo de seleção natural não se parece com nenhum aspecto do comportamento humano. Mas, se quisermos lançar mão de uma comparação, deverá afirmar-se que a seleção natural atua, não à maneira de um engenheiro mas como um engenheiro. Um engenheiro que ainda não sabe o que vai fazer, mas que recupera tudo o que lhe vem às mãos, pedaços de cordel, bocados de madeira, papelões velhos, tudo o que eventualmente lhe possa fornecer materiais; um engenheiro que, em suma, aproveita aquilo que encontra à sua volta para tirar daí algum objeto utilizável. Como acentuou Claude Lévi-Strauss, os utensílios do engenheiro, ao contrário dos do engenheiro, não pode ser definidos por nenhum programa. Os materiais de que dispõe não têm uma finalidade precisa. Cada um deles pode servir para mais de um fim. Nada têm em comum além do fato de uma pessoa deles poder dizer: ... "isto pode ser sempre útil". Para quê? Depende das circunstâncias. O processo da evolução parece-se em muitíssimos aspectos com essa maneira de agir. A evolução procede como um engenheiro que, durante milhões e milhões de anos, arranjasse lentamente a sua obra, retocando-a sem cessar, cortando aqui, alongando acolá, agarrando todas as oportunidades para ajustar, transformar, criar".



# Lamarck e sua ideia cativante

Um dos primeiros adeptos do transformismo foi o biólogo francês Lamarck, que, como você verá, elaborou uma teoria da Evolução, embora totalmente desprovida de fundamento científico.

No mesmo ano em que nascia Darwin, Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) propunha uma ideia elaborada e lógica. Segundo ele, uma grande mudança no ambiente provocaria numa espécie a *necessidade* de se modificar, o que a levaria a mudanças de hábitos.

Se o vento e as águas podem esculpir uma rocha, modificando consideravelmente sua forma, será que os seres vivos não poderiam ser também moldados pelo ambiente? Teria o ambiente o poder de provocar modificações adaptativas nos seres vivos?

Lamarck acreditava que sim. Considerava, por exemplo, que mudanças das circunstâncias do ambiente de um animal provocariam modificações suas necessidades, fazendo que ele passasse a adotar novos hábitos de vida para satisfazê-las. Com isso o animal passaria a utilizar mais frequentemente certas partes do corpo, que cresceriam e se desenvolveriam, enquanto outras partes não seriam solicitadas, ficando mais reduzidas, até se atrofiarem. Assim, o ambiente seria o responsável *direto* pelas modificações nos seres vivos, que transmitiriam essas mudanças aos seus descendentes, produzindo um aperfeiçoamento da espécie ao longo das gerações.

Com base nessa premissa, postulou duas leis. A primeira, chamada *Lei do Uso e Desuso*, afirmava que, se para viver em determinado ambiente fosse necessário certo órgão, os seres vivos dessa espécie tenderiam a valorizá-lo cada vez mais, utilizando-o com maior frequência, o que o levaria a hipertrofiar. Ao contrário, o não uso de determinado órgão levaria à sua atrofia e desaparecimento completo ao longo de algum tempo.

A segunda lei, Lamarck chamou de *Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos*. Através dela postulou que qualquer aquisição benéfica durante a vida dos seres vivos seria transmitida aos descendentes, que passariam a tê-la, transmitindo-a, por sua vez, às gerações seguintes, até que ocorresse sua estabilização.

A partir dessas suas leis, Lamarck formulou sua teoria da evolução, apoiado apenas em alguns exemplos que observara na natureza. Por exemplo, as membranas existentes entre os dedos dos pés das aves nadadoras, ele as explicava como decorrentes da necessidade que elas tinham de nadar. Cornos e chifres teriam surgindo como consequência das cabeçadas que os animais davam em suas brigas. A forma do corpo de uma planta de deserto seria explicada pela necessidade de economizar água.

## Por que não podemos aceitar as teses de Lamarck?

Na verdade não podemos simplesmente achar erradas as ideias de *Lamarck* sem dizer exatamente o porquê do erro. É preciso saber criticá-las com argumentos que evidenciam o erro nelas contido. Assim, pode-se dizer que a *lei do uso e desuso* só será válida se a alteração que ela propõe estiver relacionada a alterações em órgãos de

natureza muscular e, ainda, alterações que não envolvam mudanças no material genético do indivíduo. A cauda de um macaco sul-americano não cresceu porque o animal manifestou o desejo de se prender aos galhos de uma árvore. Tal mudança deveria envolver antes uma alteração nos genes encarregados da confecção da cauda.

Com relação à lei da *transmissão das características* adquiridas, é preciso deixar bem claro que eventos que ocorrem durante a vida de um organismo, alterando alguma sua característica, não podem ser transmissíveis à geração seguinte. O que uma geração transmite à outra são genes. E os genes transmissíveis já existem em um indivíduo desde o momento em que ele foi um zigoto. E, fatos que ocorram durante sua vida não influenciarão exatamente aqueles genes que ele deseja que sejam alterados.

## Lamarck e Darwin frente a frente: o tamanho do pescoço das girafas

### Lamarckismo

1. As girafas ancestrais provavelmente tinham pescoços curtos que eram submetidos a frequentes distensões para capacitá-las a alcançar a folhagem das árvores.
2. Os descendentes apresentavam pescoços mais longos, que eram também esticados frequentemente na procura de alimentos.
3. Finalmente o contínuo esticamento do pescoço deu origem às modernas girafas. *Os fatos conhecidos não sustentam esta teoria.*

### Darwinismo

1. As girafas ancestrais provavelmente apresentavam pescoços de comprimentos variáveis. As variações eram hereditárias (Darwin não conseguiu explicar a origem das variações).
2. Competição e seleção natural levaram à sobrevivência dos descendentes de pescoços longos, em detrimento dos de pescoços curtos.
3. Finalmente apenas as girafas de pescoços longos sobreviveram à competição. *Fatos conhecidos sustentam esta teoria.*



## A Especiação

# A especiação: o surgimento de novas espécies

*Especiação é o nome dado ao processo de surgimento de novas espécies a partir de uma espécie ancestral. De modo geral, para que isso ocorra é imprescindível que grupos da espécie original se separem e deixem de se cruzar. Essa separação constitui o isolamento geográfico e pode ocorrer por migração de grupos de organismos para locais diferentes e distantes, ou pelo surgimento súbito de barreiras naturais intransponíveis, como rios, vales, montanhas, etc., que impeçam o encontro dos componentes da espécie original. O isolamento geográfico, então, é a separação física de organismos da mesma espécie por barreiras geográficas intransponíveis e que impedem o seu encontro e cruzamento.*

A mudança de ambiente favorece a ação da seleção natural, o que pode levar a uma mudança inicial de composição dos grupos. A ocorrência de mutações casuais do material genético ao longo do tempo leva a um aumento da variabilidade e permite a continuidade da atuação da seleção natural. Se após certo tempo de isolamento geográfico os descendentes dos grupos originais voltarem a se encontrar, pode não haver mais a possibilidade de reprodução entre eles. Nesse caso, eles constituem novas espécies. Isso pode ser evidenciado através da observação de diferenças no comportamento reprodutor, da incompatibilidade na estrutura e tamanho dos órgãos reprodutores, da inexistência de descendentes ou, ainda, da esterilidade dos descendentes, no caso de eles existirem. Acontecendo alguma dessas possibilidades, as novas espécies assim formadas estarão em *isolamento reprodutivo*, confirmando, desse modo, o sucesso do processo de especiação.

Nem sempre, porém, acaba havendo isolamento reprodutivo entre grupos que se separam, isto é, nem sempre ocorre a formação de novas espécies. O que aconteceria se as barreiras geográficas fossem desfeitas precocemente? Ou, o que pode acontecer se o isolamento geográfico for interrompido? Nesse caso, é possível que os componentes dos dois grupos tenham acumulado diferenças que os distinguem entre si mas que não impedem a reprodução. Isto é, os dois grupos ainda pertencem à mesma espécie. Como denominar, então, essas variedades que não chegaram a transformar-se em novas espécies? Podemos chamá-las de RAÇAS. Uma mesma espécie poderá ser formada por diversas raças, *intercruzantes entre si*, mas que apresentam características morfológicas distintas. Pense nas diferentes raças de cães existentes atualmente e essa ideia ficará bem clara.

(...)

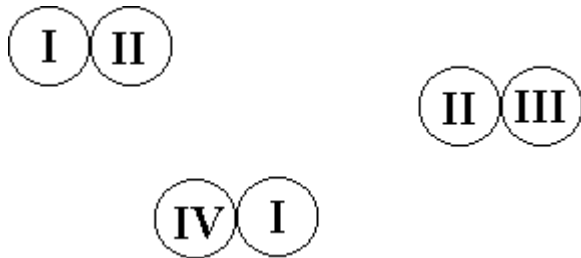
## Leitura: um caso real

Um caso interessante que ilustra o que foi dito é o da rã norte-americana *Rana pipiens*. A distribuição geográfica dessa espécie de animal ocorre do norte ao sul da América do Norte. As diferentes populações apresentam características morfológicas distintas. Só que dificilmente uma rã do Norte se acasala com uma do Sul. Se isso for feito artificialmente, notar-se-á uma grande quantidade de descendentes defeituosos. No entanto, se os cruzamentos ocorrem entre populações vizinhas, a porcentagem de indivíduos normais será de 100%. Esse fato mostra que em *Rana pipiens* ocorre o chamado *fluxo gênico* entre populações vizinhas, desde o Norte até o Sul, de modo que todas essas populações pertencem à mesma espécie. É provável que, se as populações intermediárias forem eliminadas, as que se encontram em extremos opostos venham a constituir

duas novas espécies, incapazes de trocar genes.

(...)

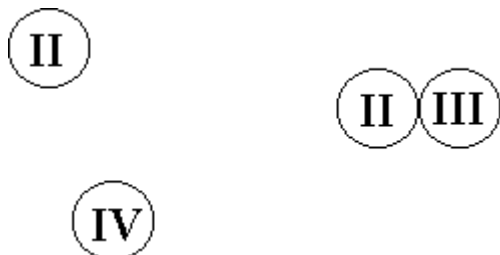
(FCC) O esquema abaixo representa 4 populações. Os círculos que se tangenciam correspondem a populações que se inter cruzam na natureza.



esquema

O número de espécies consideradas e o número de espécies que passaria a existir se 1 desaparecesse são, respectivamente: a) 1 e 2, b) 1 e 3, c) 3 e 2, d) 3 e 3 ou e) 4 e 3?

Através da análise do esquema, pode-se notar que I e II se inter cruzam então pertencem à mesma espécie. O mesmo se pode dizer com relação às populações II e III. Embora III não se inter cruze com I, pode-se dizer que III é da mesma espécie que I, já que III se inter cruza com II, que, por sua vez, inter cruza-se com I, pois ambas são inter cruzantes. Com isso temos que, assim como foi feito no esquema, há apenas uma espécie. Nota-se que há um fluxo gênico entre as populações consideradas, mesmo que não haja contato entre todas elas. No caso de I desaparecer, o esquema ficaria:



esquema

...e, portanto, só passaria a haver cruzamento entre as populações II e III, que constituiriam uma espécie, ficando a população IV isolada das demais e constituindo uma outra espécie. Portanto a resposta é A.

Os tipos de isolamento reprodutivo

O isolamento reprodutivo corresponde a um mecanismo que bloqueia a troca de genes entre as populações das diferentes espécies existentes na natureza. Não se esqueça de que o conceito espécie se baseia justamente na possibilidade de trocas de genes entre os organismos, levando a uma descendência fértil. No caso de haver isolamento reprodutivo, ele se manifesta de dois modos: 1) através do impedimento da formação do híbrido, e nesse caso diz-se que estão atuando os mecanismos de *isolamento reprodutivo pré-zigóticos*, ou seja, que antecedem o zigoto, e b) através de alguma alteração que acontece após a formação do zigoto, e nesse caso fala-se na atuação de mecanismos de *isolamento reprodutivos pós-zigóticos*.

Os mecanismos pré-zigóticos mais usuais são:

1. Diferenças comportamentais relativas aos processos de acasalamento entre animais, tais como cantos de aves, danças nupciais de mamíferos etc.

2. Incompatibilidade de tamanho entre os órgãos genitais externos nos animais.
3. Amadurecimento sexual em épocas diferentes, válido tanto para animais como vegetais.
4. A utilização de locais de vida (habitats) diferentes de uma mesma área geográfica, o que impede o encontro de animais.

Os mecanismos pós-zigóticos mais usuais são:

1. *Inviabilidade do híbrido*, com a ocorrência de morte nos estágios iniciais do desenvolvimento.
2. *Esterilidade dos híbridos*. Embora nasçam, cresçam e sejam vigorosos, os híbridos são estéreis, o que revela incompatibilidade dos lotes cromossômicos herdados de pais de espécies diferentes, implicando a impossibilidade de ocorrência da meiose. Não havendo meiose, não há formação de gametas e, conseqüentemente, não há reprodução. É clássico o exemplo do *burro* ou da *mula*, conseqüência do cruzamento de égua com jumento, pertencentes a duas espécies próximas, porém diferentes. Nesse caso, *burro e mula não constituem uma terceira espécie*, sendo considerados apenas *híbridos interespecíficos*.
3. *Esterilidade e fraqueza da geração F2*. Às vezes, híbridos interespecíficos acasalam-se com sucesso mas originam descendentes fracos, degenerados, que, se não morrem cedo, são totalmente estéreis.

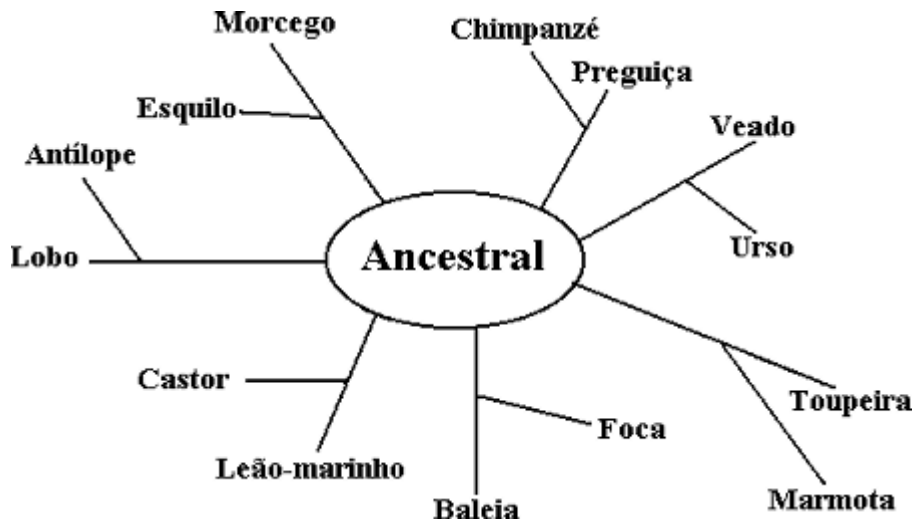
## Simpatria e alopatria

Quando duas populações vivem na mesma área geográfica elas são chamadas de *simpátricas* (Sin = união, pátricas = de pátria, local de vida). Necessariamente as duas populações deverão pertencer a espécies diferentes. É o caso das Zebras e Girafas encontradas em determinado local da Savana africana. Por outro lado, populações da mesma espécie, ou não, que habitem ambientes diferentes são considerados *alopátricas* (*Aloios*, do grego, significa diferente). Duas populações de lambaris que habitam represas diferentes são alopátricas. Girafas e pinguins são grupos alopátricos de organismos pertencentes a espécies diferentes.

## Irradiação adaptativa

Há muitos indícios de que a evolução dos grandes grupos de seres vivos foi possível a partir de um grupo ancestral cujos componentes, através do processo de especiação, possibilitaram o surgimento de espécies relacionadas. Assim, a partir de uma espécie inicial, pequenos grupos iniciaram a conquista de novos ambientes, sofrendo uma adaptação que lhes possibilitou a sobrevivência nesses meios. Desse modo teriam surgido novas espécies que em muitas características apresentavam semelhanças com espécies relacionadas e com a ancestral. Esse fenômeno evolutivo é conhecido como *Irradiação Adaptativa*, e um dos melhores exemplos corresponde aos pássaros fringilídeos de Galápagos estudados por Darwin. Originários do continente sul-americano, irradiaram-se para diversas ilhas do arquipélago, cada grupo adaptando-se às condições peculiares de cada ilha e, conseqüentemente, originando as diferentes espécies hoje lá existentes.

Para que a *irradiação* possa ocorrer, é necessário em primeiro lugar que os organismos já possuam em seu equipamento genético as condições necessárias para a ocupação do novo *meio*. Este, por sua vez, constitui-se num segundo fator importante, já que a seleção natural adaptará a composição do grupo ao meio de vida.



Irradiação adaptativa

## Convergência adaptativa

A observação de um tubarão e um golfinho evidencia muitas semelhanças morfológicas, embora os dois animais pertençam a grupos distintos. O tubarão é peixe cartilaginoso, respira por brânquias, e suas nadadeiras são membranas carnosas. O golfinho é mamífero, respira ar por pulmões, e suas nadadeiras escondem ossos semelhantes aos dos nossos membros superiores. Portanto, a semelhança morfológica existente entre os dois não revela parentesco evolutivo. De que maneira, então, adquiriram essa grande semelhança externa? Foi a atuação de um *mesmo meio*, o aquático, que selecionou nas duas espécies a forma corporal ideal ajustada à água. Esse fenômeno é conhecido como *convergência adaptativa* ou *evolução convergente*.

Outro exemplo de evolução convergente é o da semelhança morfológica existente entre os caules de um cacto do sul dos Estados Unidos e uma outra planta da família das Euforbiáceas, habitante da África. Os dois vegetais habitam regiões áridas semelhantes e são muito parecidos. Pertencem, porém, a grupos diferentes, o que pode ser mostrado através da estrutura das flores, que não é a mesma.

Homologia e analogia

Agora que sabemos o que é irradiação adaptativa e convergência adaptativa, fica fácil entender o significado dos termos homologia e analogia. Ambos utilizados para comparar órgãos ou estruturas existentes nos seres vivos. A *homologia* designa a *semelhança de origem* entre dois órgãos pertencentes a dois seres vivos de espécies diferentes, enquanto a *analogia* se refere à semelhança de função executada por órgãos pertencentes a seres vivos de espécies diferentes. Dois órgãos homólogos poderão ser análogos caso executem a mesma função.

A cauda de um macaco sul-americano e a cauda de um cachorro são estruturas *homólogas* (os dois animais são mamíferos) e *não* desempenham a mesma função. Já as asas de um beija-flor (ave) e as de um morcego (mamífero) são *homólogas* por terem a mesma origem e *análogas* por desempenharem a mesma função.

Por outro lado, as asas de uma borboleta (um inseto, artrópode) são *análogas* às asas de um pardal (uma ave) por desempenharem a mesma função, porém *não* são homólogas, já que a origem destas estruturas é muito

diferente.

Note que os casos de *homologia* revelam a atuação do processo de *irradiação adaptativa* e denotam um parentesco entre os animais comparados. Já os casos de *analogia pura*, não acompanhados de homologia, revelam a ocorrência de *convergência adaptativa* e não envolvem parentesco entre os animais exemplificados. Assim, as nadadeiras anteriores de um tubarão são análogas às de uma baleia e ambas são consequência de uma *evolução convergente*.

autor: Armênio Uzunian, Dan Edésio Pinseta, Sezar Sasson

fonte: Biologia; introdução à Biologia

pp. 78-85;88-95. (Livro 1). São Paulo: Gráfica e Editora Anglo, 1991.