

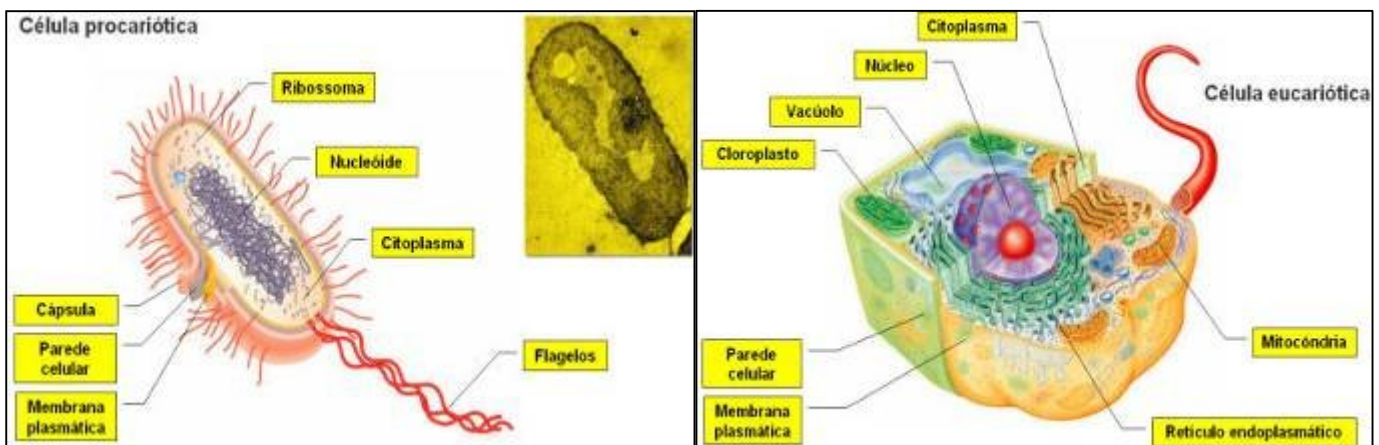
EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

1. Unicelularidade e Multicelularidade
 - Dos Procariontes aos Eucariontes
 - Da Unicelularidade à Multicelularidade
2. Mecanismos da Evolução
 - Evolucionismo vs. Fixismo
 - Selecção Natural, Selecção artificial e variabilidade

1. UNICELULARIDADE E MULTICELULARIDADE

1.1. Dos Procariontes aos Eucariontes

Actualmente é praticamente consensual que todos os seres vivos podem ser agrupados em dois grandes grupos: os **procariontes** e os **eucariontes**. O principal critério de distinção entre estes dois grupos é a organização celular.



Características	Célula Procariótica	Célula Eucariótica
Tamanho	Possui 5 µm de diâmetro médio.	Possui 40 µm de diâmetro médio.
Parede celular	Parede celular rígida.	Parede celular rígida presente apenas nas plantas e nos fungos.
Material genético	Sem invólucro nuclear. O material genético está no citoplasma, constituindo o nucleóide . O DNA é uma simples molécula circular em regra não associada a proteínas.	O material genético está encerrado no núcleo, que contém um ou mais nucleólos . As moléculas de DNA estão associadas a proteínas constituindo os cromossomas.
Organelos	Não possuem organelos membranares. Apresentam ribossomas de dimensões inferiores aos das células eucarióticas.	Possuem muitos organelos membranares, como mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, etc.
Fotossíntese	Sem cloroplastos. A fotossíntese tem lugar em alguns casos em lamelas fotossintéticas .	As células vegetais possuem cloroplastos .

Numa perspectiva evolutiva, a vida terá evoluído a partir de organismos mais simples, os procariontes, dos quais terão surgido os eucariontes.

Duas hipóteses, a **autogénica** e a **endossimbiótica**, apresentam mecanismos explicativos desta evolução.

HIPÓTESE AUTOGÉNICA

A **Hipótese Autogénica** admite que a célula eucariótica terá surgido a partir de organismos procariontes, por invaginações sucessivas de partes da membrana plasmática, seguidas de especialização. Essas invaginações terão acabado por se isolar, originando membranas internas.

Este modelo é **apoiado** pelo facto das membranas intracelulares das células eucarióticas manterem a mesma assimetria que a membrana plasmática.

HIPÓTESE ENDOSSIMBIÓTICA

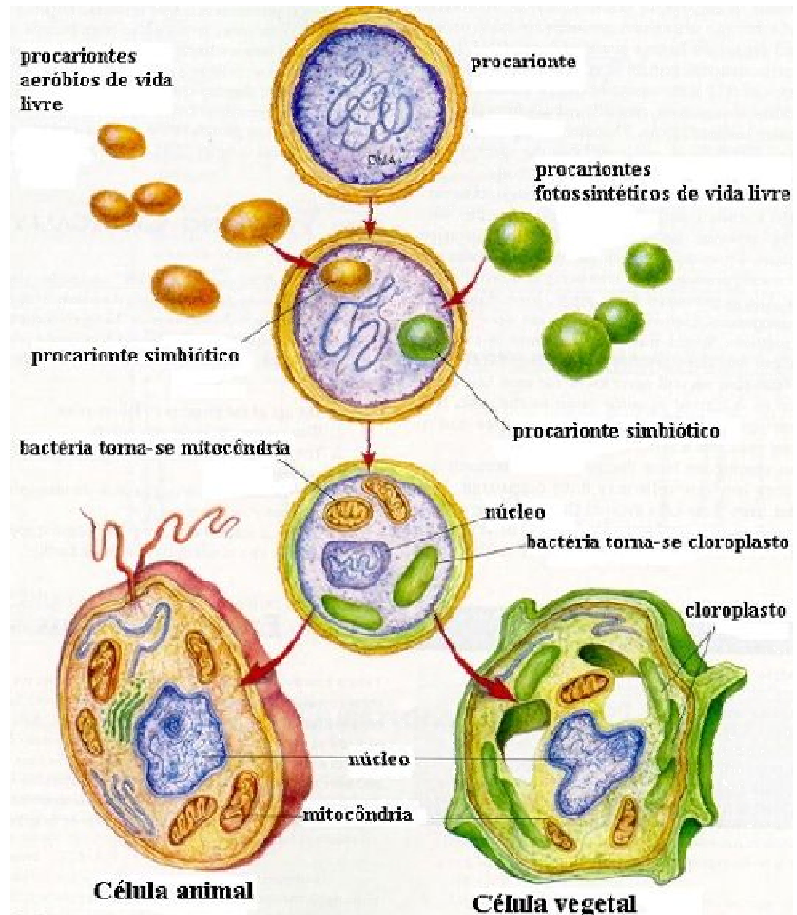
A **Hipótese Endossimbiótica** admite que as células eucarióticas são o resultado da associação simbiótica entre vários ancestrais procariontes. Este modelo defende que o sistema endomembranar terá surgido de invaginações da membrana plasmática e que as mitocôndrias e cloroplastos se desenvolveram a partir de células procarióticas que permanecerem em simbiose no interior de células procarióticas hospedeiras, resistindo à digestão.

Os **cloroplastos** ter-se-ão originado a partir de procariontes fotossintéticos; as **mitocôndrias** seriam procariontes heterotróficos aeróbios.

Este modelo é **apoiado** vários argumentos:

- Mitocôndrias e cloroplastos assemelham-se a bactérias, na forma, tamanho e estruturas membranares;
- Cloroplastos e mitocôndrias produzem as suas próprias membranas internas, dividem-se independentemente da célula e contêm DNA em moléculas circulares, não associado a proteínas;

- Os ribossomas dos cloroplastos e mitocôndrias são mais semelhantes aos dos procariontes do que dos eucariontes;
- As relações de endossimbiose são comuns e verificam-se actualmente.



1.2. Da unicelularidade à multicelularidade

O desenvolvimento de uma maior complexidade estrutural e metabólica foi conseguido através do desenvolvimento de **organismos multicelulares**. A cooperação e a divisão de tarefas, torna possível a exploração de recursos que uma célula isolada não pode utilizar.

Os ancestrais dos seres multicelulares seriam simples agregados de seres unicelulares, formando **colónias**. Inicialmente todas as células desempenhavam a mesma função; contudo, ao longo do tempo algumas células da colónia ter-se-ão especializado em determinadas funções. A diferenciação celular e a especialização celular, mantendo a interdependência entre as diferentes células da colónia, terão conduzido à multicelularidade.

O aparecimento da multicelularidade foi um passo crucial na evolução, trazendo enormes vantagens evolutivas:

- Maiores dimensões, mantendo-se a relação área/volume, ideal para as trocas com o meio externo;
- Maior diversidade, proporcionando melhor adaptação a diferentes ambientes;

- Diminuição da taxa metabólica, resultado da especialização celular que permite uma utilização da energia mais eficaz;
- Maior independência relativamente ao meio ambiente, devido a uma eficaz homeostasia (equilíbrio do meio interno) resultante de uma interdependência dos vários sistemas de órgãos.

2. MECANISMOS DE EVOLUÇÃO

2.1. Evolucionismo vs. Fixismo

Podem considerar-se duas perspectivas antagónicas sobre a origem das espécies que povoam actualmente a Terra: o **fixismo** e o **evolucionismo**.

FIXISMO

Durante séculos admitiu-se que as espécies surgiram tal como hoje as conhecemos e mantiveram-se imutáveis ao longo do tempo e das gerações, permanecendo independentes quanto à sua origem. Esta **teoria fixista** prevaleceu e, em alguns casos, ainda prevalece, fortemente apoiada por princípios religiosos.

Alguns autores do **Fixismo**:

- Platão (427-347 a.C.)
- Aristóteles (384-322 a.C.)
- Carl Von Linné – Lineu (1707-1778) – apesar dos seus trabalhos de **classificação dos seres vivos** terem contribuído para o desenvolvimento do evolucionismo, era um **Criacionista** convicto.
- George Cuvier – **Teoria do Catastrofismo** – para tentar conciliar os dados revelados pela **paleontologia** com as ideias fixistas.

EVOLUCIONISMO

Dados que puseram em causa o fixismo:

- A **classificação dos seres vivos**, iniciada por Lineu, veio revelar algumas semelhanças entre diferentes seres vivos, sugerindo relações de parentesco e uma possível origem comum;
- Desenvolvimento da **Paleontologia** e o estudo dos fósseis mostrava que algumas espécies encontradas não tinham correspondência a espécies actuais; fósseis encontrados em certas camadas apresentavam características diferentes das encontradas em fósseis de outras camadas;
- A concepção **transformista** de **Buffon**;
- **Maupertuis** (1698-1759), defendia as ideias transformistas e estava convicto que os seres vivos resultavam de uma selecção provocada pelo ambiente;
- Desenvolvimento da **Geologia** e o trabalho do geólogo **James Hutton** que estabeleceu uma idade para a Terra muito superior à que era admitida até à época e defendia que o planeta era desde sempre dominado por forças naturais. Defendeu que os fenómenos geológicos existentes actualmente eram idênticos aos que ocorreram no passado – **Teoria do Uniformitarismo** (ou Princípio das Causas Actuais);
- **Charles Lyell** (1797-1875). Lyell confirma a teoria do uniformitarismo e conclui que: as leis naturais são constantes no espaço e no tempo; os acontecimentos passados podem explicar-se com os fenómenos actuais; a maioria das alterações geológicas ocorre de forma lenta e gradual (concepção gradualista).

TEORIAS EVOLUCIONISTAS: LAMARCKISMO E DARWINISMO

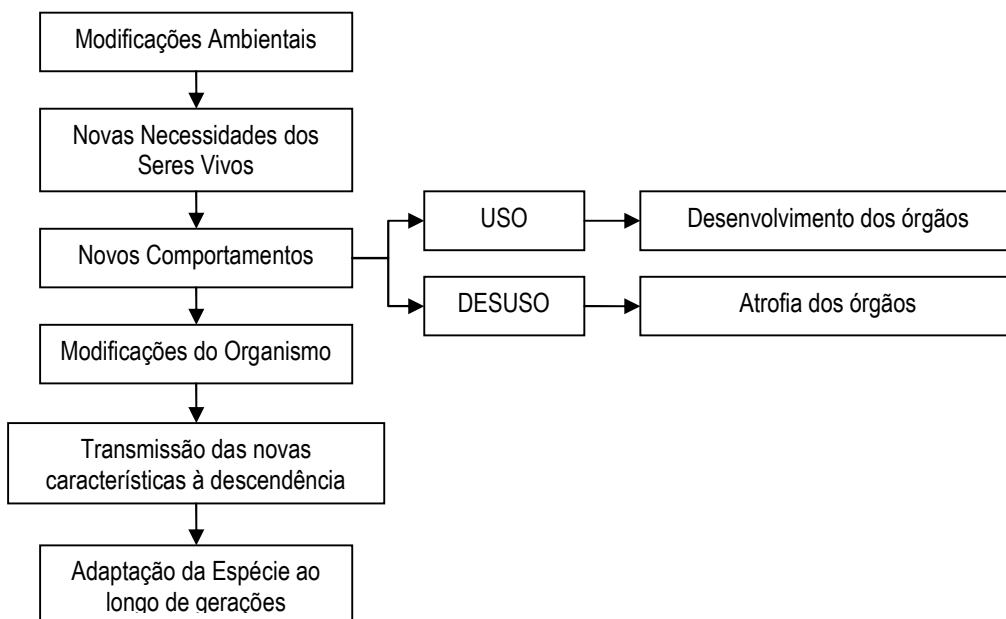
Lamarckismo

Lamarck (1744-1829) propôs o que se considera a primeira teoria explicativa dos mecanismos de evolução dos seres vivos.

A Teoria de Lamarck baseia-se em dois princípios fundamentais:

- **lei do uso e do desuso** – órgãos mais usados pelos seres vivos desenvolvem-se (hipertrofia) e aqueles que não são usados atrofiam; estas alterações conferiam aos seres vivos maior adaptação ao meio;
- **lei da transmissão dos caracteres adquiridos** – as modificações adquiridas pelo uso ou desuso, são transmitidas à descendência.

Assim, segundo Lamarck, a evolução resulta de uma resposta dos seres vivos às solicitações do ambiente, através da qual adquirem ou perdem determinadas características e essas características são transmitidas à sua descendência.



As principais **críticas** ao Lamarckismo eram:

- o Lamarckismo atribui intencionalidade aos seres vivos, que desenvolvem um “esforço” de adaptação ao ambiente, em resposta a uma “necessidade”;
- a lei do uso e desuso não é verdadeira em todas as situações;
- as características adquiridas, ao longo da vida, por um indivíduo afectam apenas as células somáticas e não o material genético, logo, não se transmitem à descendência.

Darwinismo

Charles Darwin (1809-1882), viajou a bordo do *Beagle* como naturalista e nessa viagem recolheu vários dados que contribuíram para fundamentar a sua teoria.

Darwin baseou-se em dados da **geologia** (uniformitarismo, gradualismo, paleontologia), da **biogeografia** (por exemplo a distribuição dos Tentilhões nas Galápagos), do **Malthusianismo** (curvas de crescimento relacionando o crescimento das populações – exponencial - e dos recursos – progressão aritmética), comparação com os **resultados da selecção artificial** (em pombos).

Os dois aspectos fundamentais da teoria de Darwin são:

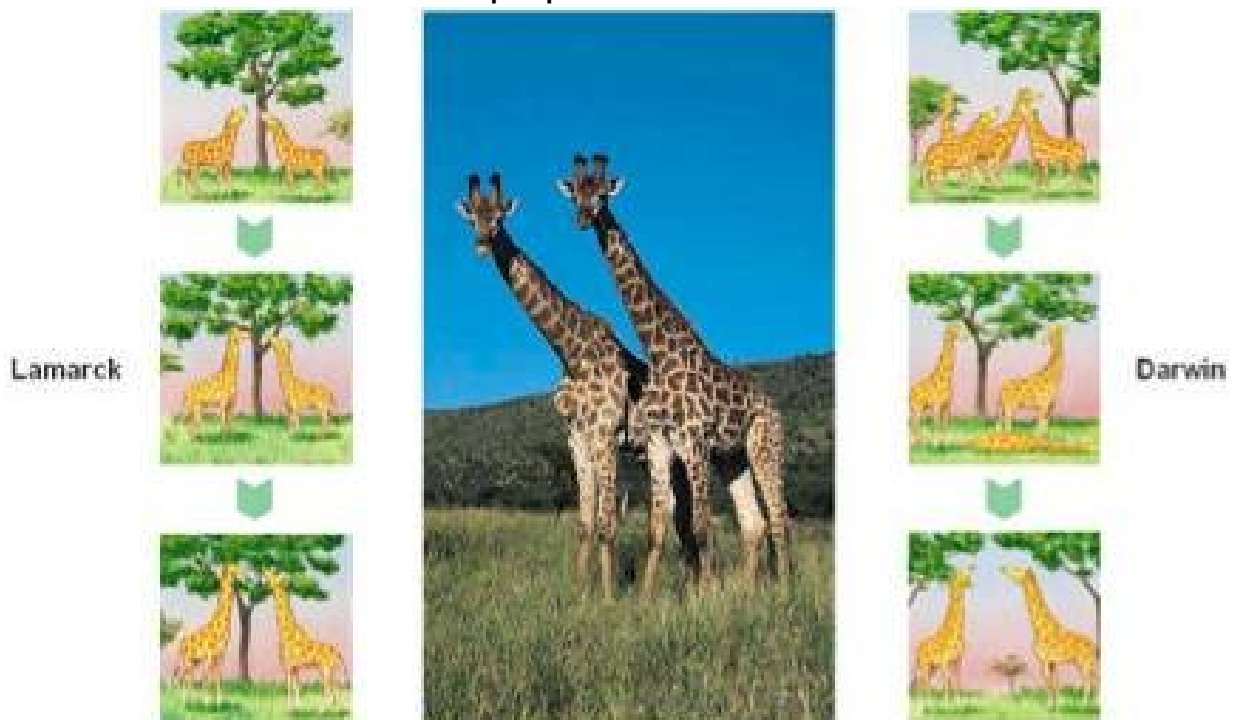
- as diversas formas de vida surgiram a partir de espécies ancestrais por modificações na descendência;


- o mecanismo de modificação é a **selecção natural**, actuando ao longo de grandes períodos de tempo.

No que respeita à Teoria de Darwin, pode estabelecer-se o seguinte raciocínio:

- os seres vivos, mesmo os da mesma espécie, apresentam variações entre si;
- as populações têm tendência a crescer em progressão geométrica (exponencialmente);
- o número de indivíduos de uma espécie geralmente não se altera muito de geração em geração;
- em cada geração uma parte dos indivíduos é naturalmente eliminada porque se estabelece uma **“luta pela sobrevivência”**, devido à competição pelo alimento, refúgio, espaço e capacidade de fuga aos predadores;
- sobrevivem os indivíduos que estiverem mais bem adaptados, que possuem as características que lhes conferem qualquer vantagem face aos outros; os menos aptos serão eliminados progressivamente;
- existe uma **selecção natural**, processo natural, pelo qual só os seres **mais aptos** a determinadas condições do meio sobrevivem – **“sobrevivência do mais apto”**;
- os indivíduos mais bem adaptados vivem durante mais tempo, reproduzem-se mais, transmitindo as suas características à descendência, ou seja, á uma **reprodução diferencial**;
- a acumulação de pequenas variações ao longo do tempo, determina a **longo prazo**, a transformação e o aparecimento de novas espécies.

Lamarckismo vs Darwinismo Duas perspectivas Evolutivas



	Lamarck		Darwin
<p>O meio cria necessidades que induzem mudanças nos hábitos e nas formas dos indivíduos.</p>		<p>O meio exerce uma selecção natural que favorece os indivíduos portadores das características mais apropriadas para um determinado ambiente e num determinado tempo.</p>	
<p>As novas características conseguem-se pelo uso ou desuso repetido de um órgão ou parte do corpo.</p>		<p>No seio de uma população certos indivíduos apresentam características que lhes conferem uma melhor adaptação em relação aos outros.</p>	
<p>As características adquiridas são transmitidas aos descendentes.</p>		<p>Os mais aptos vivem mais tempo, reproduzem-se mais e transmitem as suas características aos descendentes.</p>	

CONTRIBUTOS DAS DIFERENTES ÁREAS CIENTÍFICAS NA FUNDAMENTAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO

ÁREAS CIENTÍFICAS	ARGUMENTOS
Paleontologia	<p>Os fósseis são vestígios de seres vivos do passado que ficaram registados nas rochas e que testemunham as modificações sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo. A sucessão de estratos sedimentares permite observar a história evolutiva de alguns grupos.</p> <p>Os fósseis de transição (formas intermédias, ou formas sintéticas) apresentam características intermédias entre grupos actuais e documentam as transformações na origem das espécies actuais.</p>
Anatomia Comparada	<p>As semelhanças anatómicas (morfológicas) entre espécies podem explicar-se pela existência de um ancestral comum.</p> <p>Estruturas Homólogas – têm um plano de organização semelhante mas função distinta. Formam-se por evolução divergente, em que indivíduos com origem no mesmo ancestral sofreram pressões selectivas diferentes, em diferentes ambientes.</p> <p>Estruturas Análogas – têm um plano de organização diferente, mas são semelhantes e desempenham a mesma função. Formam-se por evolução convergente, em que indivíduos com origens diferentes sofrem pressões selectivas em ambientes semelhantes.</p> <p>Estruturas Vestigiais – pouca ou nenhuma importância fisiológica para o organismo, mas representam remanescentes históricos de estruturas que tiveram funções importantes nos ancestrais.</p>
Embriologia	<p>Existem semelhanças nas fases de desenvolvimento embrionário de alguns grupos distintos. Por exemplo, nas fases iniciais do desenvolvimento embrionário, todos os vertebrados apresentam cauda, que depois não se desenvolve nalguns grupos.</p>
Biogeografia	<p>As espécies tendem a estar mais relacionadas com espécies próximas geograficamente do que com espécies distantes, mesmo ocupando o mesmo tipo de ambiente. Espécies próximas geograficamente partilham com maior probabilidade os mesmos ancestrais.</p>
Biologia Celular (Citologia)	<p>A célula é a unidade básica, estrutural e funcional de todos os seres vivos. A origem da vida está no aparecimento da célula; logo todos os seres vivos têm à partida uma origem comum.</p>
Biologia Molecular (Bioquímica)	<p>Todos os seres vivos são constituídos pelos mesmos compostos orgânicos (biomoléculas). O Código Genético é universal e o DNA e RNA intervêm no mecanismo de síntese proteica de forma semelhante.</p>

NEODARWINISMO OU TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

O desenvolvimento da genética veio colmatar as lacunas da Teoria de Darwin que não explicava o aparecimento de variações entre os seres vivos de uma espécie, nem o modo como essas variações eram transmitidas aos descendentes.

Com os dados revelados por diversas ciências como genética, paleontologia, embriologia, biogeografia e taxonomia, surgiu a **Teoria Sintética da Evolução** ou **Neodarwinismo**, que assenta em três pilares:

- a existência de variabilidade genética nas populações, consideradas como **unidades evolutivas**;
- a **selecção natural** como **mecanismo principal da evolução**;
- a **concepção gradualista** que permite explicar que **as grandes alterações resultam da acumulação de pequenas modificações que vão ocorrendo ao longo do tempo**.

2.2. Selecção Natural, Selecção Artificial e Variabilidade

As fontes de variabilidade das populações são as **mutações** e a **recombinação genica**.

Mutações: quando têm um efeito favorável e permitem aos seus portadores viver mais tempo e reproduzir-se mais, são a fonte primária de variabilidade genética, introduzindo nas populações novos genes e portanto novas características.

Recombinação Genica: fonte de diversidade nas populações, através da reprodução sexuada, durante a meiose e fecundação. Na **meiose** ocorre **crossing-over** e a **segregação (separação) independente dos cromossomas homólogos**. Na **fecundação** dá-se o **encontro aleatório dos gametas**.

AS POPULAÇÕES COMO UNIDADES EVOLUTIVAS

As populações estão sujeitas a variabilidade genética, funcionando como **unidades evolutivas**.

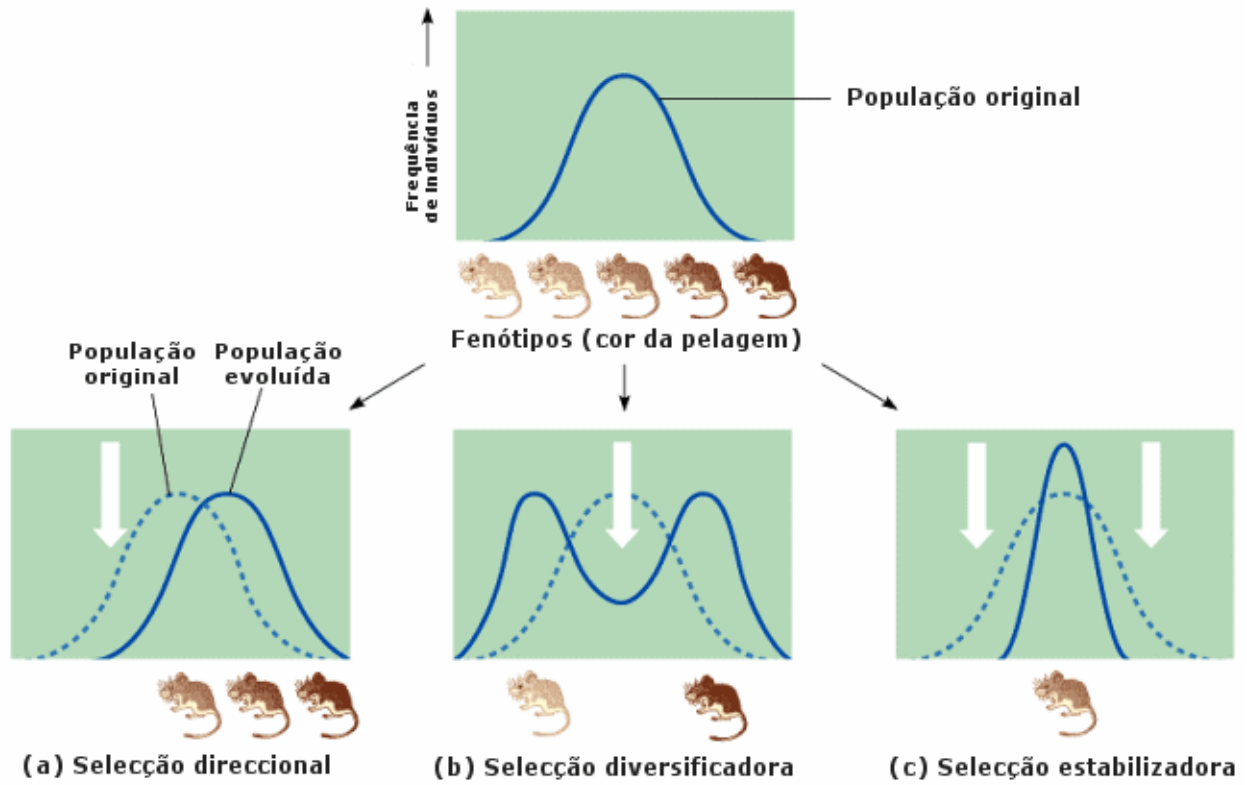
A nível da população, **evolução** define-se como **uma variação na frequência de genes de geração em geração**. Como esta variação ocorre a pequena escala, designa-se **microevolução**.

Do ponto de vista genético, define-se **população** como: **conjunto de indivíduos que se reproduz sexualmente e partilha um determinado conjunto de genes** – População Mendeliana.

O conjunto de genes de uma população mendeliana constitui o **fundo genético** (ou *gene pool*).

Factores que podem actuar sobre o fundo genético de uma população:

- Mutações;
- Migrações – são responsáveis por um fluxo de genes (entrada – imigração – ou saída – emigração);
- Deriva Genética – ocorre em populações de tamanho pequeno; implica variação do fundo genético devido ao acaso – **efeito fundador** e **efeito de gargalo**;
- Cruzamentos ao acaso – panmixia;
- Selecção natural – **selecção estabilizadora**, **selecção direcciona**, **selecção disruptiva**.



A selecção natural pode determinar a manutenção de um conjunto de características ou a alteração do fundo genético numa direcção favorável. A situação (a) evidencia o processo de selecção natural mais frequente, neste caso com deslocação do ponto de ajuste para os fenótipos mais escuros. Na situação (b) são privilegiadas as formas extremas de um determinado carácter, desfavorecendo a forma intermédia, inicialmente mais comum. Neste caso a pelagem de cor intermédia deixou de ser a melhor adaptação. Há situações em que a forma mais comum é favorecida em relação aos restantes fenótipos sendo eliminadas, com o tempo, as formas mais afastadas do ponto de ajuste. É o que acontece em (c).