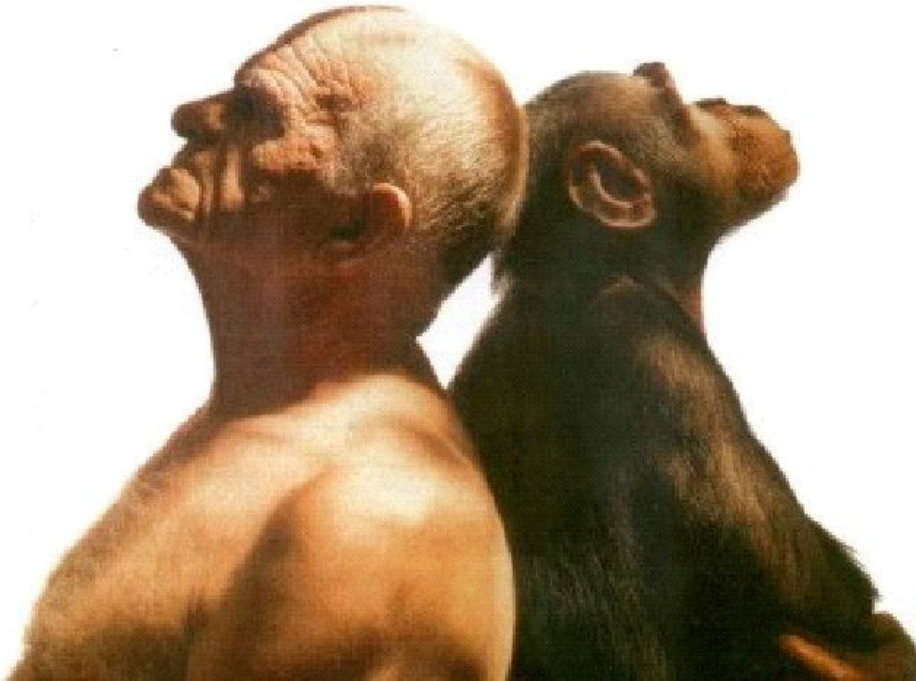




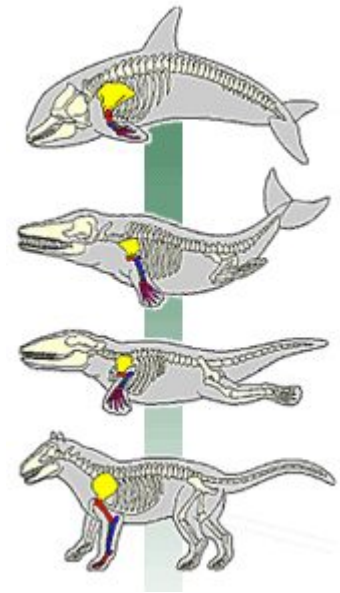
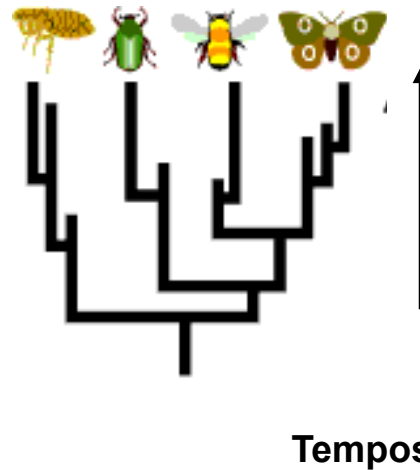
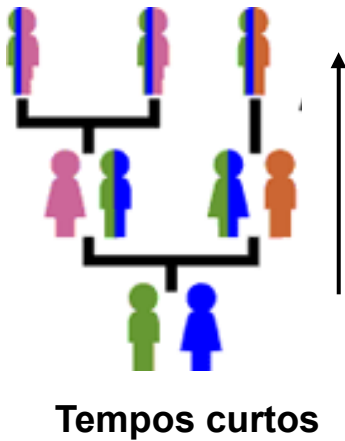
Física e Evolução



Evolução Biológica

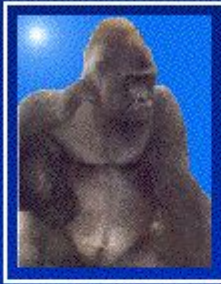
Variabilidade genética + Seleção natural

- Pequenas escalas de tempo: variações na frequência de genes de uma geração para outra.
- Grandes escalas de tempo: formação de diferentes espécies a partir de modificações num **ancestral comum** – várias gerações.

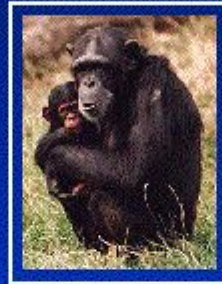




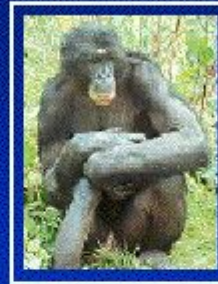
Orang utan
(*Pongo pygmaeus*)



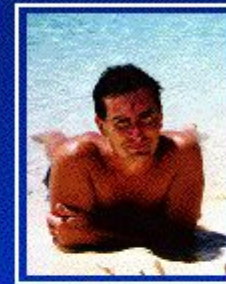
Gorilla
(*Gorilla gorilla*)



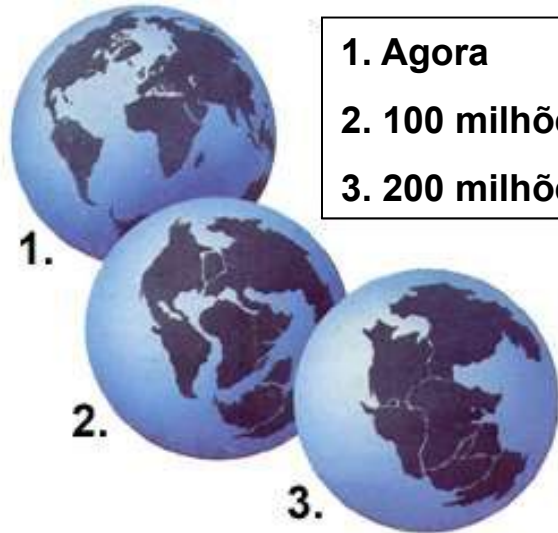
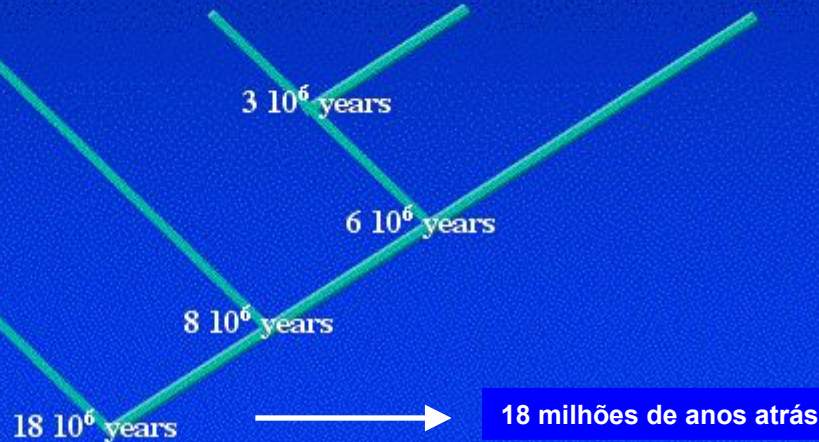
Chimpanzee
(*Pan troglodyte*)



Bonobo
(*Pan paniscus*)



Human
(*Homo sapiens*)



1. Agora

2. 100 milhões de anos

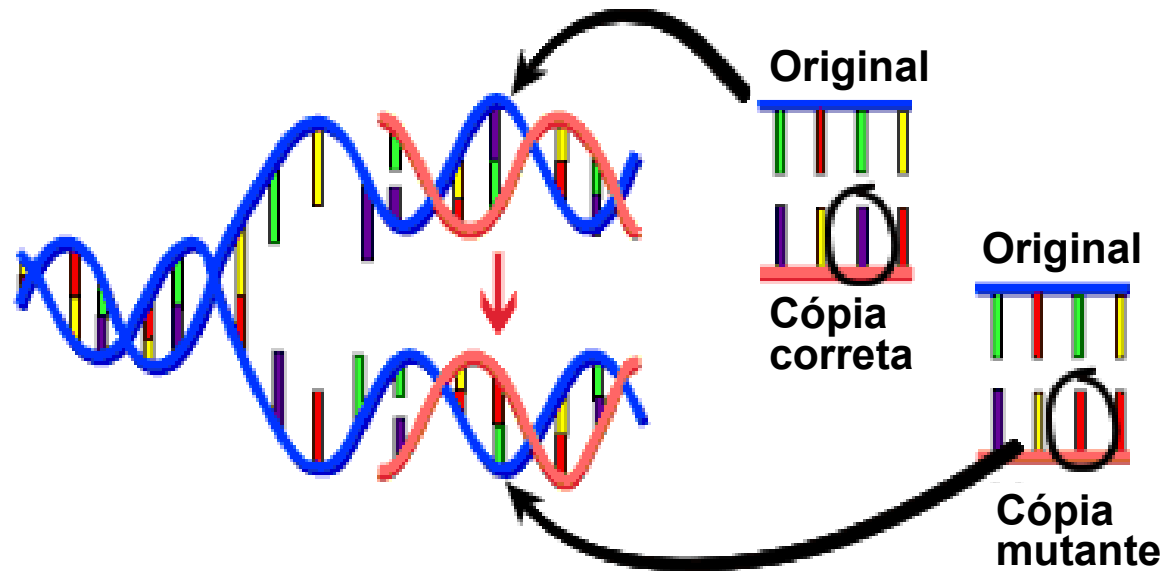
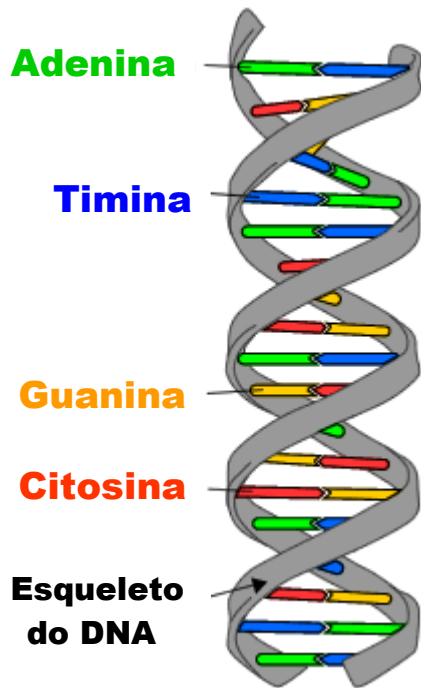
3. 200 milhões de anos

- 250 milhões de anos atrás – dinossauros e mamíferos aparecem
- 170 milhões de anos atrás – surgem os pássaros
- 65 milhões de anos atrás – extinção dos dinossauros

Variabilidade Genética na Evolução

- **Sexo**
- **Mutações hereditárias – inevitáveis e aleatórias.**

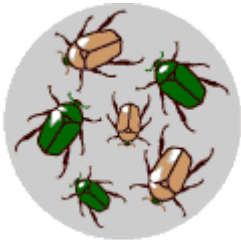
Mudanças no DNA das células reprodutivas. Uma única mutação pode ter efeitos drásticos, mas em geral a evolução se baseia no acúmulo de várias mutações.



Seleção Natural ↔ Teoria de Darwin

Sobrevivência dos mais adaptados

=> apresentam maior sucesso reprodutivo



Diversidade



Diferentes sucessos reprodutivos



Hereditariiedade



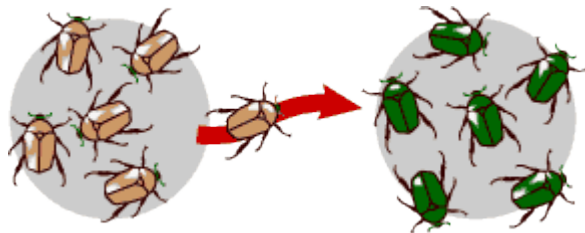
Resultado: o traço mais vantajoso para a reprodução domina

Outros fatores que participam da evolução

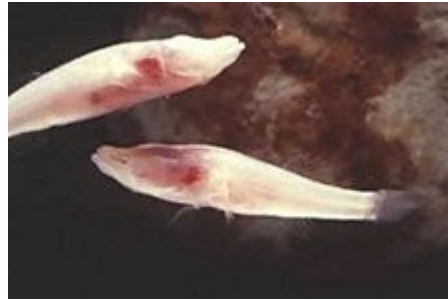
Deriva genética: não é um processo adaptativo mas afeta o padrão genético da população. Ocorre por acaso.



Fluxo de gens: aumenta a diversidade genética.

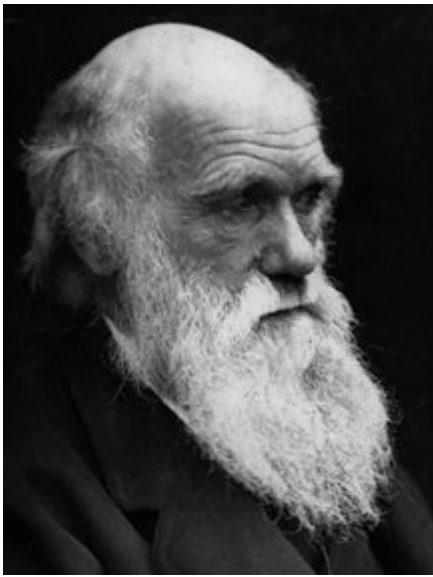


Alguns exemplos de adaptação ↔ seleção natural



Seleção sexual – seleção natural no comportamento





Charles Robert Darwin

Teoria da Seleção Natural

(1809 – 1882)

- **Nasceu na Inglaterra (Shrewsbury) em 12/2/1809.**

- **Aluno fraco: “I believe that I was considered by all my masters and by my father as a very ordinary boy, rather below the common intelligence”.**
- **Principal interesse: a Natureza, principalmente besouros. Incentivado por um professor fez uma grande coleção, inclusive com espécies raras.**
- **Em 1825 entrou para a Edinburg Medical School, porque o pai queria que ele fosse médico. Permaneceu por 2 anos e abandonou.**
- **Bacharelado em artes em Cambridge: 1828 – 1831.**
- **Em função de seu interesse por rochas, fósseis, animais e plantas tornou-se amigo de dois professores de Cambridge, um deles geólogo e o outro botânico (John Henslow).**

- Enquanto decidia o que fazer, Darwin foi indicado por John Henslow para participar, como naturalista, da viagem ao redor do mundo no navio HMS Beagle, da marinha real britânica.
- Viagem no Beagle: 27 de Dezembro 1831 a 2 de Outubro de 1836.









Salvador at the time of the Beagle's visit.
Drawing by the Beagle's artist, Augustus Earle.

29/2/1832 – Salvador
Primeiro contato com a
floresta tropical e sua
exuberância – luta pela
sobrevivência de cada
espécie.

05/04/1832 – Rio de
Janeiro.





Terra do Fogo – sobrevivência na pobreza e clima inóspito.



Chile – altura das escarpas na região e alterações causadas por terremoto na entrada do porto de Conceição.

Conjectura se mudanças drásticas no meio ambiente se relacionariam ou causariam mudanças nos organismos.

A closer look at the Galapagos Islands

The Galapagos Islands are in the Pacific Ocean about 1000 kilometres from the South American mainland. They are the remains of volcanoes that rose up from the sea only a few million years ago.

The few species of plants and animals that live on the Galapagos Islands must be descended from ancestors that originally came from the mainland. Darwin noticed that they were very different from the mainland species, and thought that this could be explained by evolution.



Scale in kilometres

0 50

The Galapagos Islands

Marchena

San Salvador

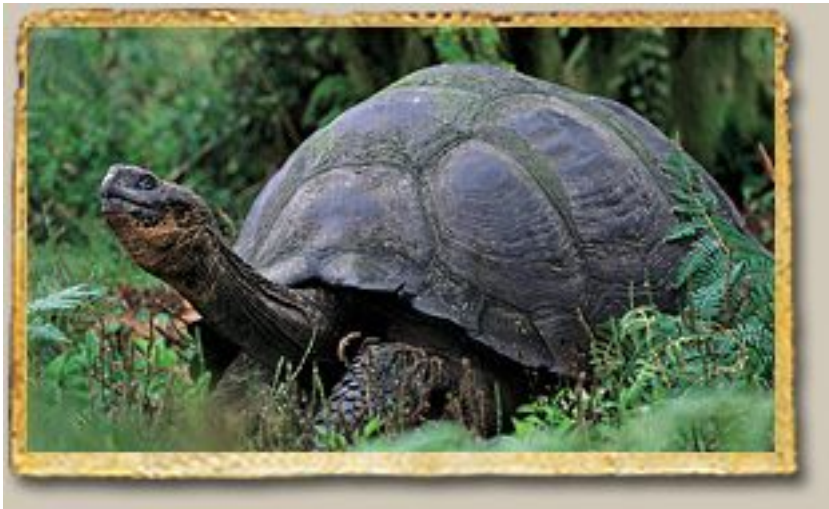
Santa Cruz

San Cristobal

Isabela

Fernandina

**Ilhas
Galápagos
(1835)**



Onde entram os físicos?!?

- A evolução das espécies e dos organismos vivos em geral é um sistema (dinâmico) **não ergódico**, isto é, que não passa por todas as configurações disponíveis; não permite que sejam feitas médias sobre os indivíduos num determinado instante de tempo e que estes valores médios sejam utilizados num tempo posterior.
- O tratamento deste tipo de sistema através de equações diferenciais não é possível: não existe, por exemplo, uma equação de Darwin. Torna-se necessária a utilização de modelos computacionais baseados em agentes.
- Matemáticos e biólogos não têm esta experiência, mas os físicos sim!
- Em geral todos os sistemas que evoluem no tempo e apresentam **hereditariedade com variabilidade e seleção** caem nesta classe: sistemas biológicos, sociais, físicos, evolução das linguagens, etc.

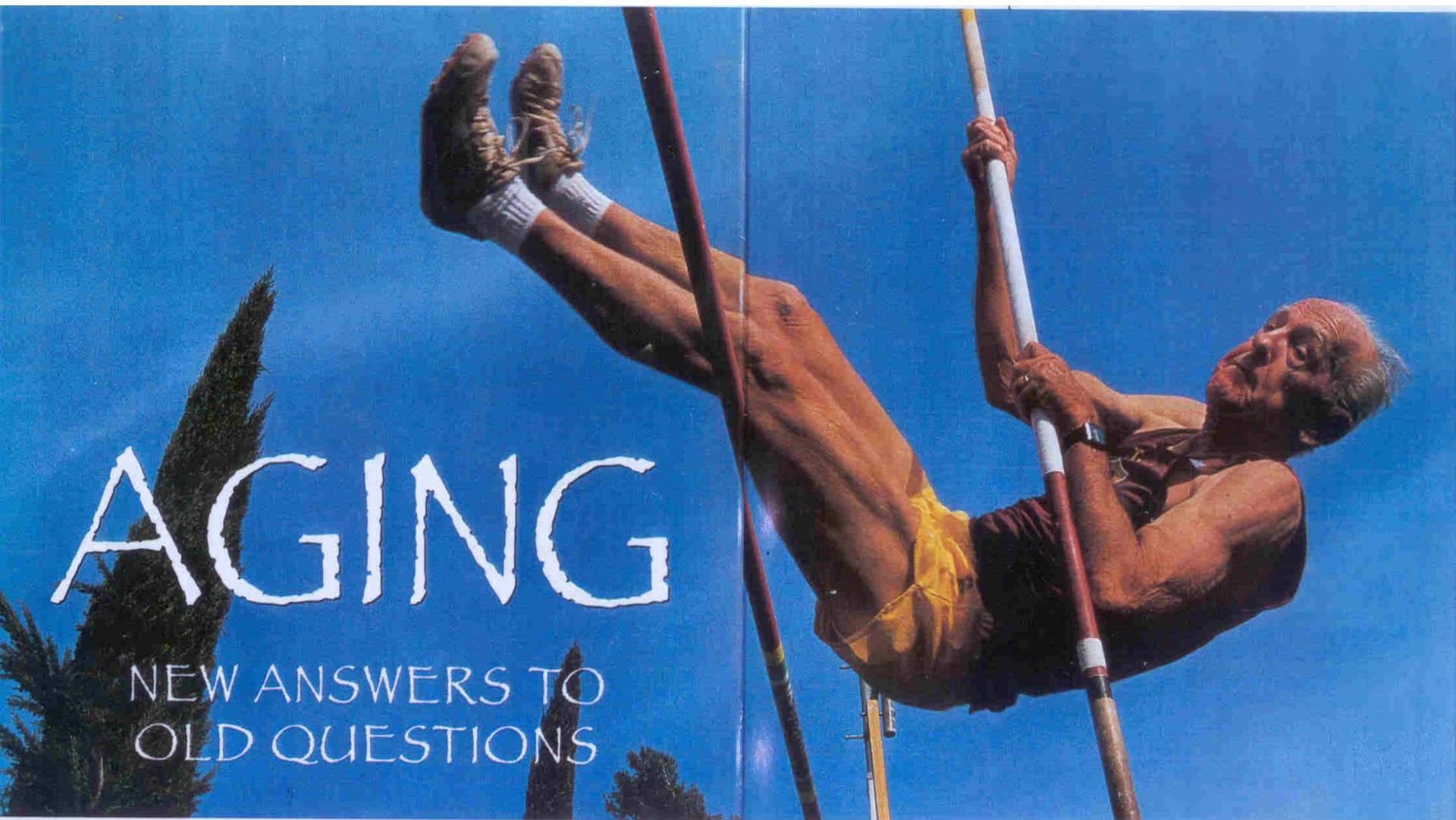


Modelo Penna para envelhecimento biológico

Journal of Statistical
Physics 78 (1995) 1629



O envelhecimento é inevitável



Você escolhe como. Pode ser assim ...

Ou assim ...



Teoria do Acúmulo de Mutações

M. Rose – Evolutionary Biology of Aging, Oxford University Press, New York, 1991.

- **Mutações hereditárias são inevitáveis e aleatórias.**

Mutações hereditárias que causam o aparecimento de doenças graves antes da idade de reprodução geralmente não permitem que o indivíduo chegue à maturidade sexual; assim, não são transmitidas para as gerações seguintes e acabam por desaparecer da população.

- **Mutações cujos efeitos só se manifestam tardiamente não sofrem grande pressão seletiva, já que não interferem no sucesso reprodutivo. Podem então se fixar na população, dando origem ao que chamamos de envelhecimento.**

Genoma Cronológico

1	2	3	4	5	6	7	8	idade
0	0	0	1	0	0	1	0	

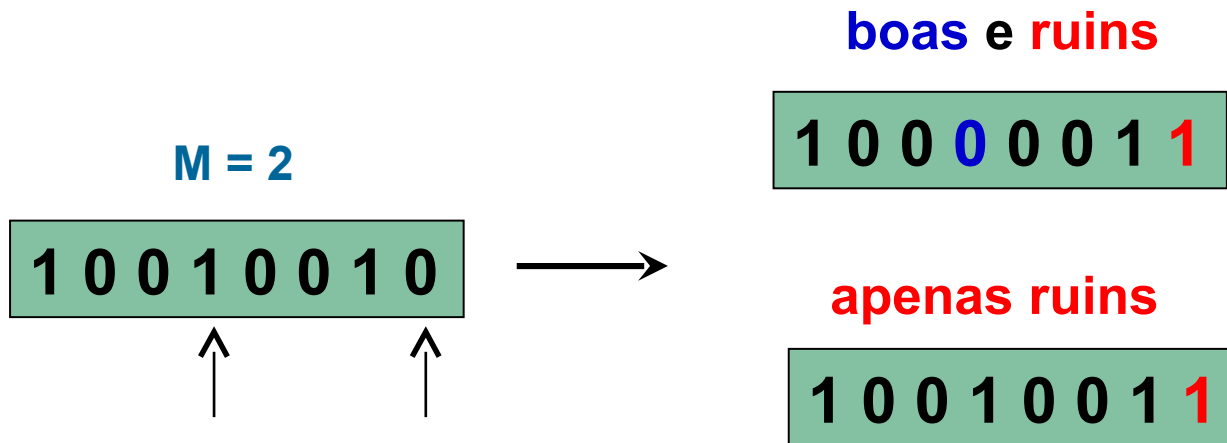
- ▶ 1 = doenças genéticas

Regras de Sobrevivência

- 1) Número de bits 1 < Limite
- 2) Número aleatório > $V = N(t) \div N_{\max}$
- 3) Idade < tamanho do genoma

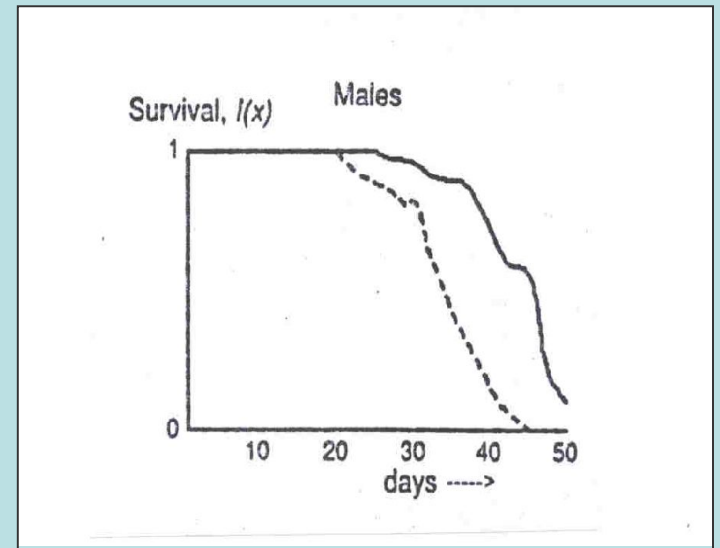
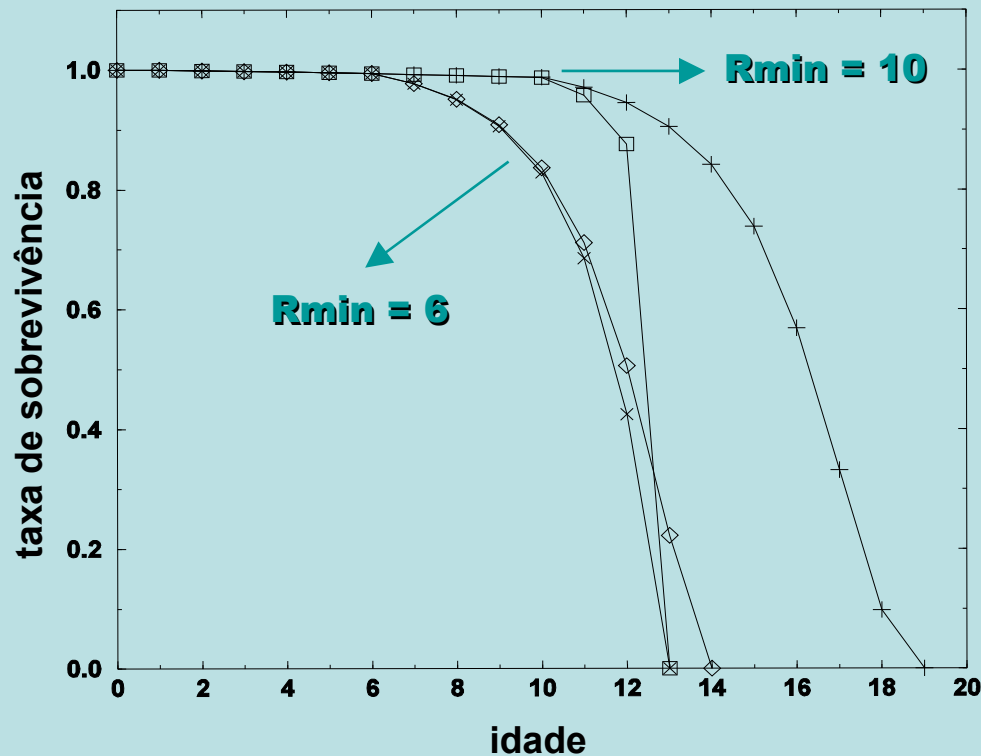
Reprodução

Os indivíduos que sobrevivem até a idade mínima de reprodução, $R_{\min}$, geram B filhos a cada ano. O genoma do filho é uma cópia do genoma da mãe a menos de M mutações em posições aleatórias.

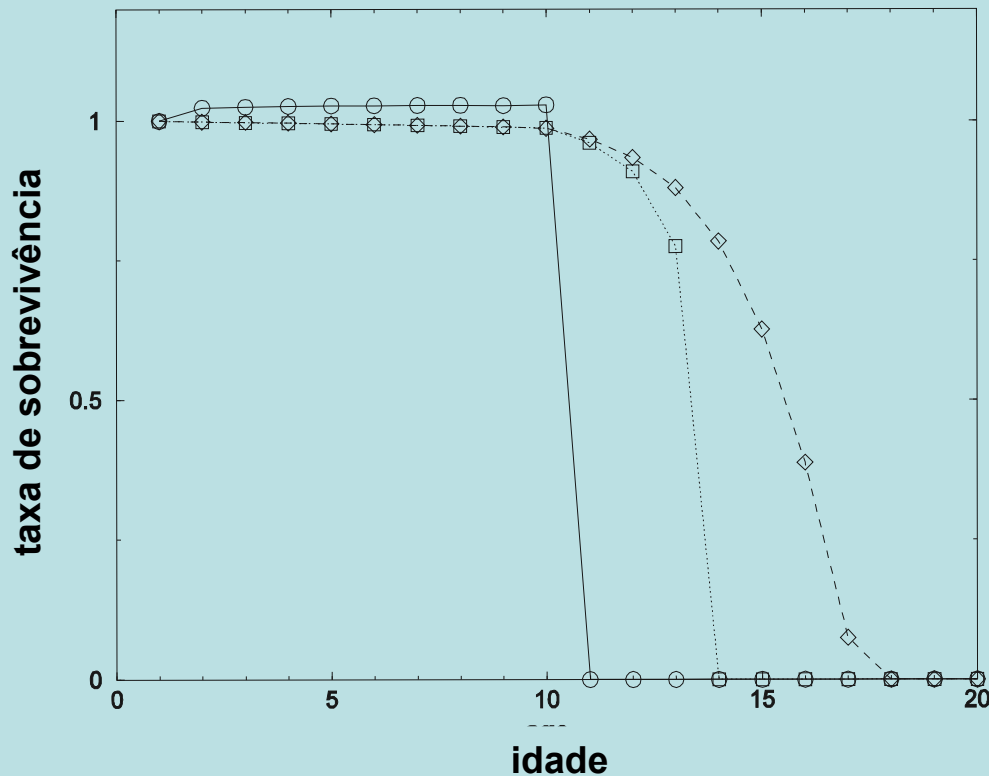


Taxa de Sobrevivência

$$S_{(idade)} = \frac{N_{(idade + 1)}}{N_{(idade)}}$$



Senescência Catastrófica



Populações Assexuadas

Linha cheia – $R = 10$

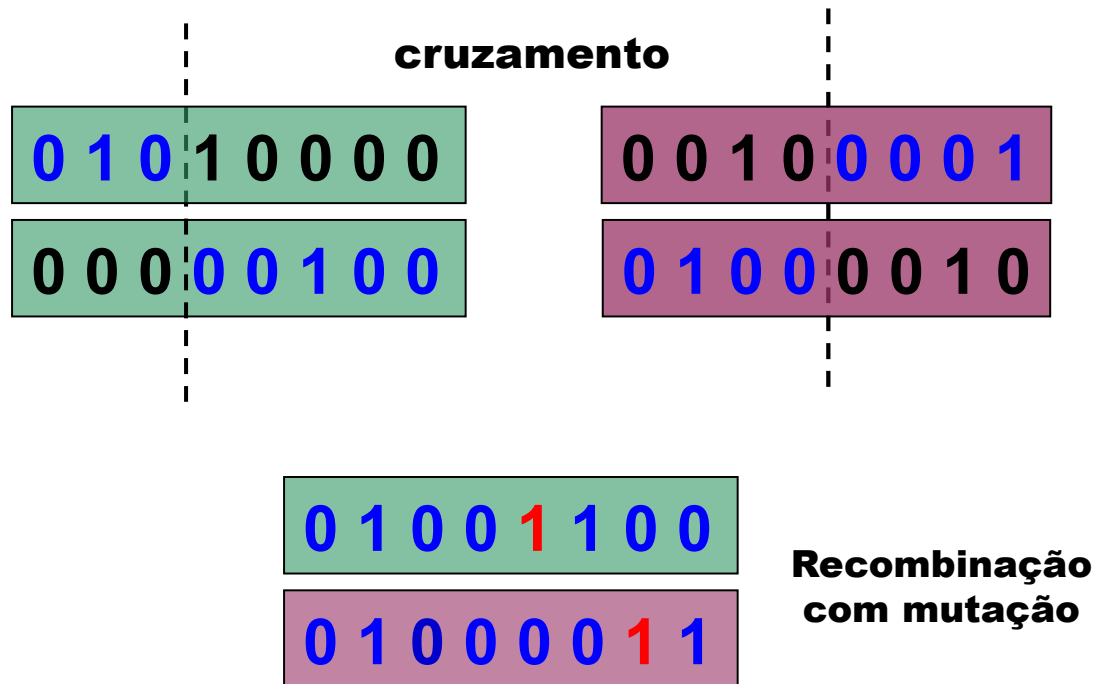
Espécie Semélpara

Quadrados – $R = 10$ a 13

Losangos – $R = 10$ a 32

Espécies Iteróparas

Reprodução Sexuada



Posições recessivas e dominantes !!!!

A closer look at the Galapagos Islands

The Galapagos Islands are in the Pacific Ocean about 1000 kilometres from the South American mainland. They are the remains of volcanoes that rose up from the sea only a few million years ago.

The few species of plants and animals that live on the Galapagos Islands must be descended from ancestors that originally came from the mainland. Darwin noticed that they were very different from the mainland species, and thought that this could be explained by evolution.



Scale in kilometres

0 50

The Galapagos Islands

Marchena

San Salvador

Santa Cruz

San Cristobal

Isabela

Fernandina

Voltando à Evolução de Darwin e às Ilhas Galápagos (1835)

T E N T I L H Õ E S



small ground finch



medium ground finch



large ground finch



sharp-beaked ground finch



cactus finch



large cactus finch



small tree finch



large tree finch?



vegetarian finch



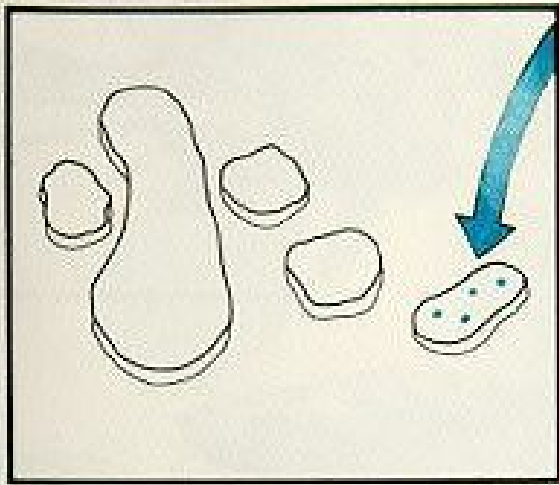
woodpecker finch



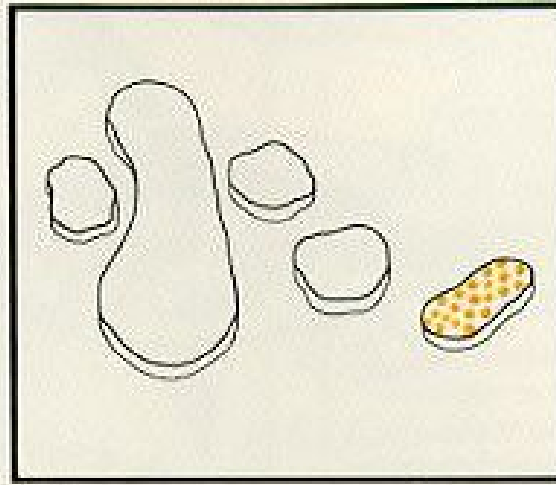
warbler finch

Especiação Alopátrica

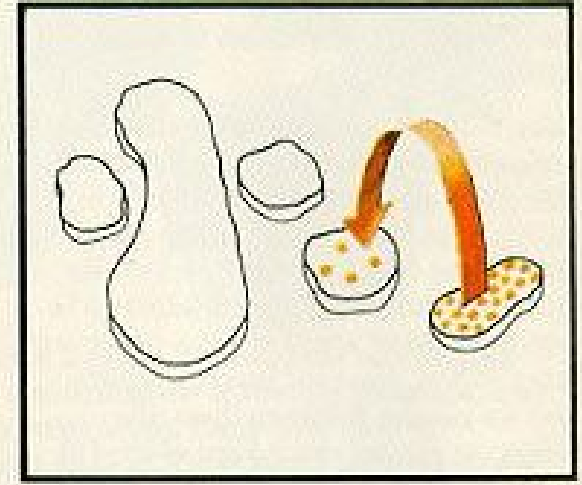




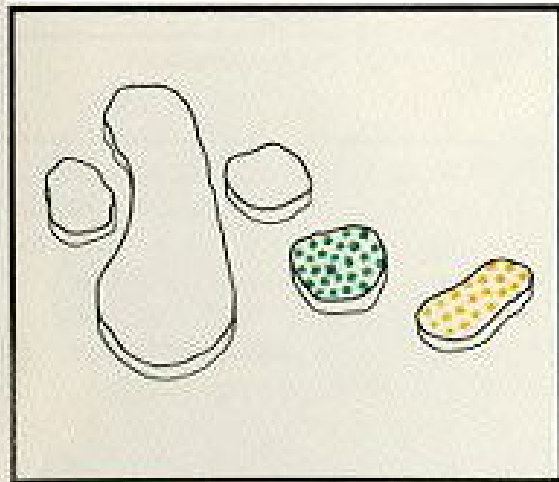
1. Alguns tentilhões conseguem ir do continente para uma das ilhas.



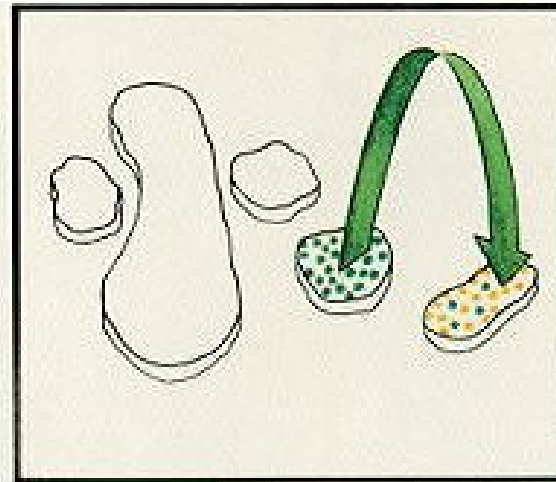
2. Crescem em número e gradualmente se adaptam ao local (seleção natural).



3. Alguns conseguem voar para outra ilha onde o ambiente era diferente.



4. Os tentilhões gradualmente se adaptam ao ambiente da nova ilha (deriva genética + seleção natural).



5. Alguns conseguem voltar à primeira ilha. Mas agora se tornaram tão diferentes que gradualmente não mais podem acasalar com os nativos – formam-se 2 espécies.



6. O processo se repete inúmeras vezes, resultando em **várias das espécies atuais**.

Especiação Simpátrica

Isolamento reprodutivo mais rápido e sem barreiras geográficas



Como explicar?!?



1

The large ground finch has a large, strong, crushing beak ... like large nutcrackers.



2

This large tree finch has a strong, sharp beak for grabbing and cutting ... like metal cutters.



3

The warbler finch has a small pointed beak for probing into cracks ... like tweezers.



4

The small ground finch has a small but strong crushing beak ... like small nutcrackers.



5

The cactus finch has a long tough beak for probing ... like long-nosed pliers.



3



Small insects in cracks and crevices.

1



Large, hard seeds.

5



Cactus seeds and nectar.

2



Large insects, such as beetles and caterpillars.

4



Small, hard seeds.

