

Seleção natural

Bio 0208 - 2017

Diogo Meyer

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva
Universidade de São Paulo

Leitura básica: Ridley 5.6, 5.7, 5.10,5.12

Seleção Natural

Lembremos o quão complexas e ajustadas são as relações mútuas dos seres vivos uns aos outros e às suas condições físicas de vida. Seria então, improvável, pensar que variações úteis de algum modo a cada ser na grande e complexa batalha da vida, devam às vezes surgir ao longo de milhares de gerações? E se isso ocorre, podemos duvidar (lembrando que mais indivíduos nascem do que podem possivelmente sobreviver) que indivíduos com qualquer vantagem, por mais sutil que seja, sobre os outros, teriam uma melhor chance de sobreviver e procriar? Por outro lado, podemos ter certeza que qualquer variação minimamente prejudicial seria rigidamente rejeitada. Essa preservação das variações favoráveis e a rejeição das prejudiciais eu chamo de Seleção Natural.

Charles Darwin, em *A origem das espécies*, 1859

Visão contemporânea

- se há variação na população
- se essa variação contribui para a sobrevivência e reprodução diferencial
- se essa variação é herdável

Haverá seleção natural

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	75	105	70
sobrevivência	50%	50%	50%

Não há seleção: probabilidade de sobrevivência é igual para todos genótipos

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	2/3	2/3	1/2
sobrevivência <u>normalizada</u>	1	1	3/4

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido à seleção

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Valor adaptativo relativo	W_{AA}/W_{AA}	W_{Aa}/W_{AA}	W_{aa}/W_{AA}
Em função de "s"	1	1	1-s

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

O modelo genético de seleção

Parâmetro do modelo evolutivo	No modelo de seleção
Tamanho da população	Infinitamente grande
Cruzamento	aleatório
Sobrevivência e reprodução dos genótipos	Diferente entre genótipos
mutação e migração	Não há

Um modelo populacional para seleção natural

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	1	1	1-s

Um modelo populacional para seleção natural

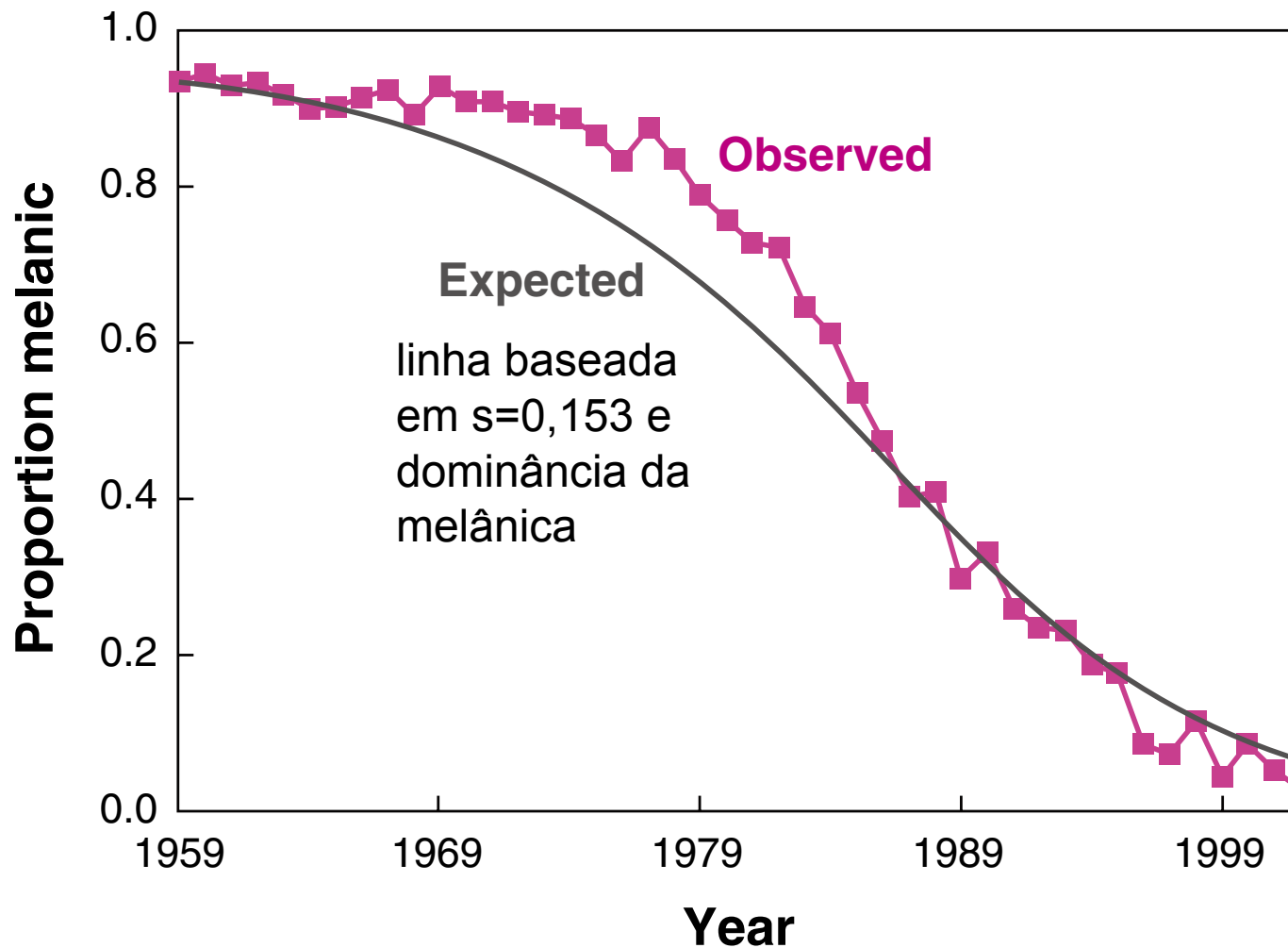
Genótipo	AA	Aa	aa
nascimento	p^2	$2pq$	q^2
Aptidão	1	1	$1-s$
adultos	p^2	$2pq$	$q^2 (1-s)$

como calcular:

$$p \rightarrow p'$$

Exemplo de seleção

Redução de forma melânica de biston betularia em regiões sem poluição, na Inglaterra.



Forma melânica



Forma não melânica

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	p^2	$2pq$	q^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$p^2 W_{AA}$	$2pq W_{Aa}$	$q^2 W_{aa}$
Entre adultos normalizado	$\frac{p^2 W_{AA}}{\bar{W}}$	$\frac{2pq W_{Aa}}{\bar{W}}$	$\frac{q^2 W_{aa}}{\bar{W}}$

$$\bar{W} = p^2 W_{AA} + 2pq W_{Aa} + q^2 W_{aa}$$

$$p' = \frac{p^2 W_{AA} + pq W_{Aa}}{\bar{W}}$$

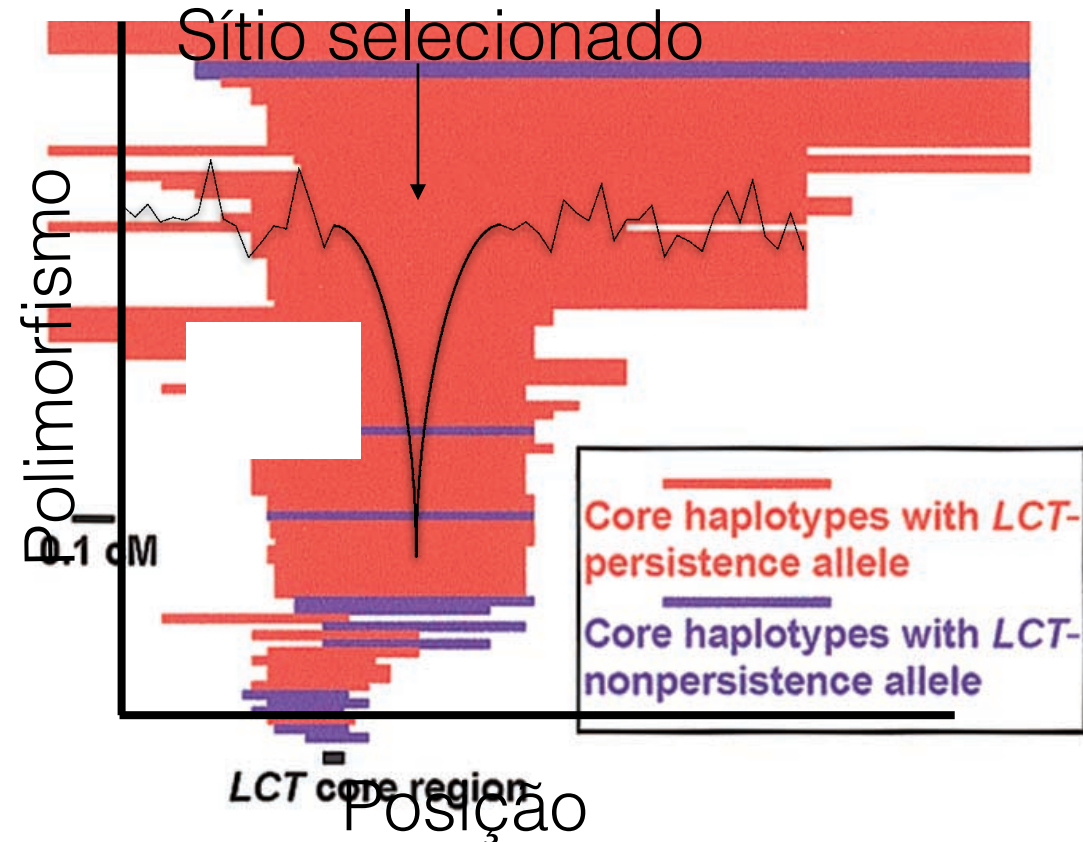
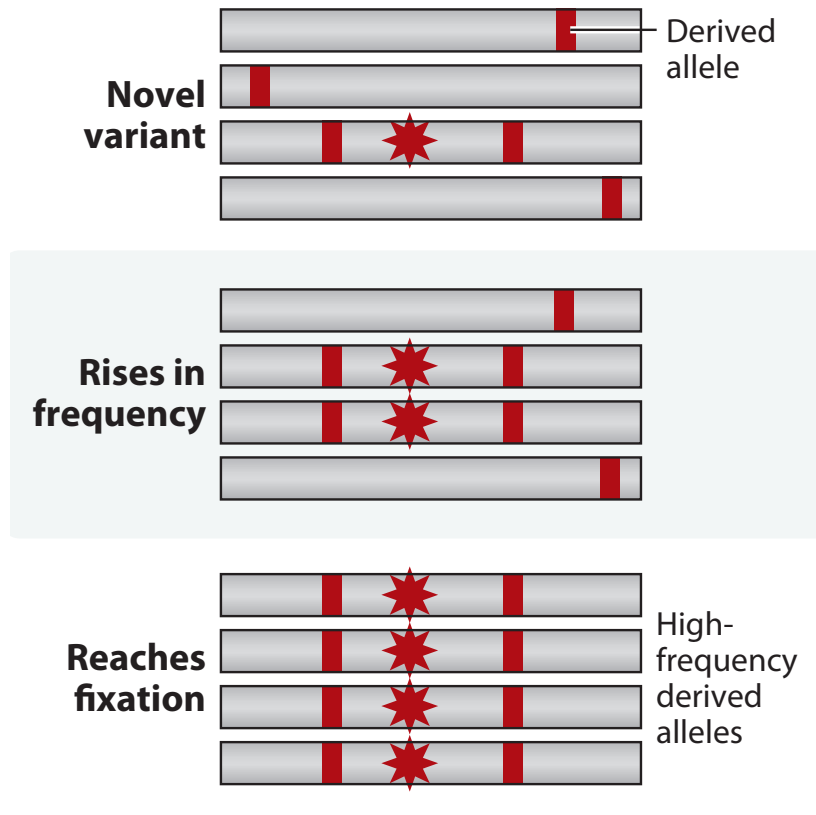
$$q' = \frac{q^2 W_{aa} + pq W_{Aa}}{\bar{W}}$$

Diversos regimes seletivos

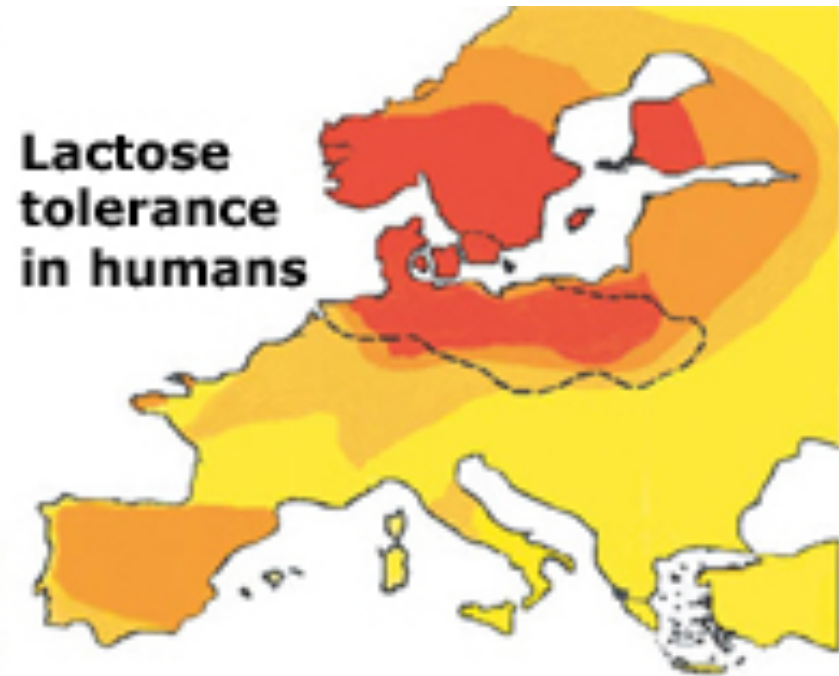
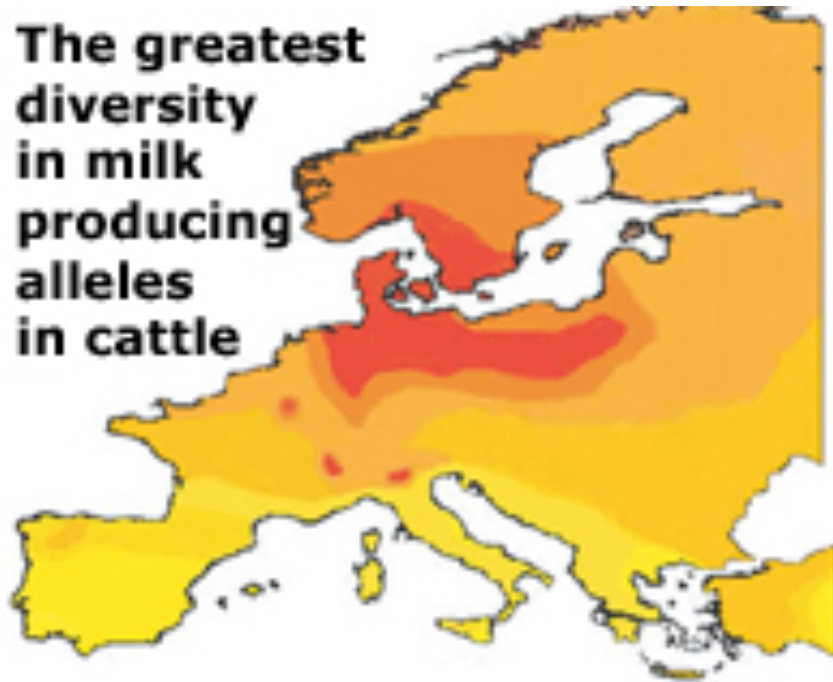
AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante
1	1-(s/2)	1-s	aditivo	
1-s	1	1-t	vantagem do heterozigoto	

Exemplos de seleção natural

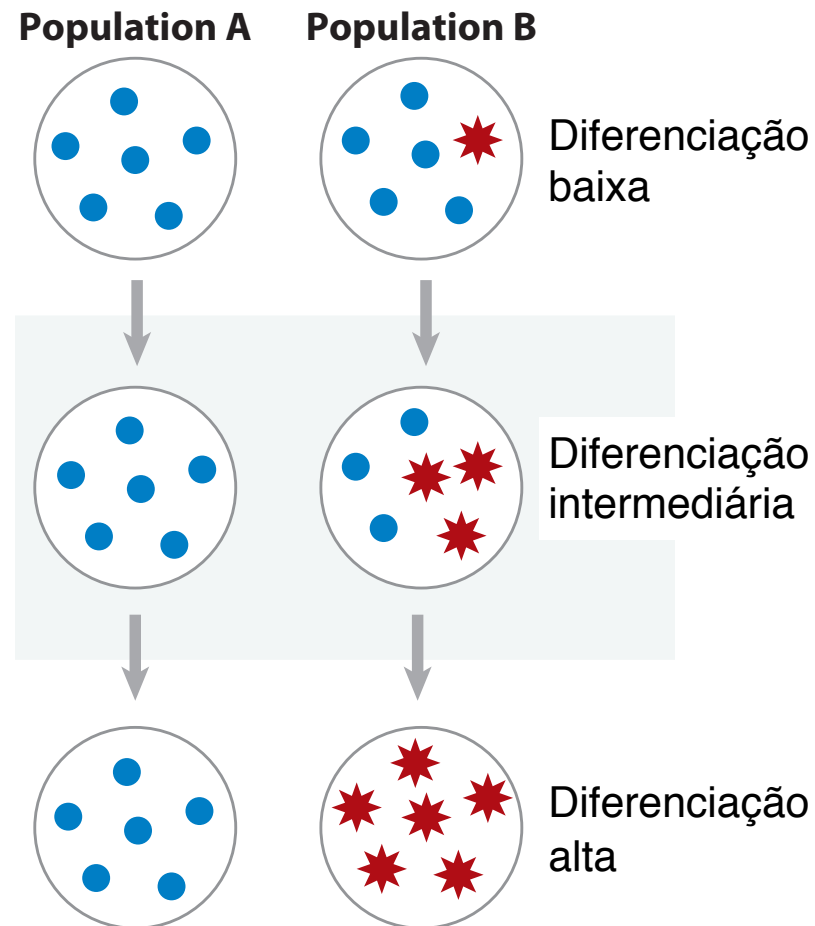
1. Diversidade reduzida



Um exemplo de homogeneidade: lactase em humanos



2. Diferenciação aumentada



Diferenciação aumentada

- Comparando Tibetanos e Chineses:

Gene EPAS1:

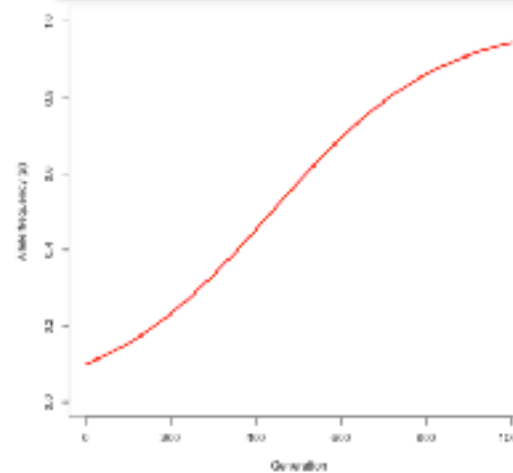
Frequência do alelo A em Chineses: 10 %

Frequência do alelo A em Tibetanos: 90%

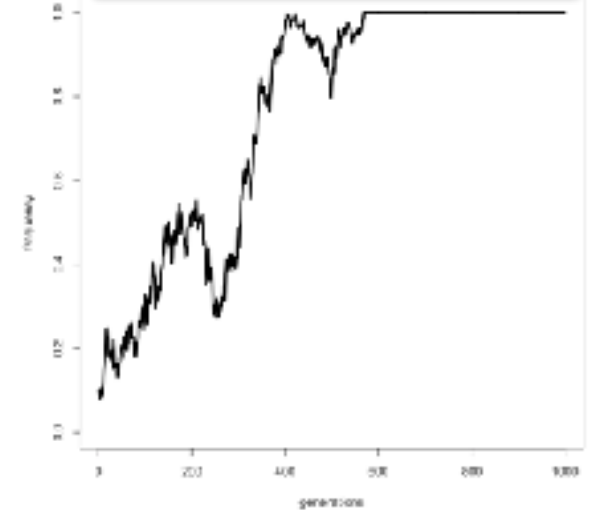
Como saber se diferença resulta de seleção?



Seleção com $s=0.01$

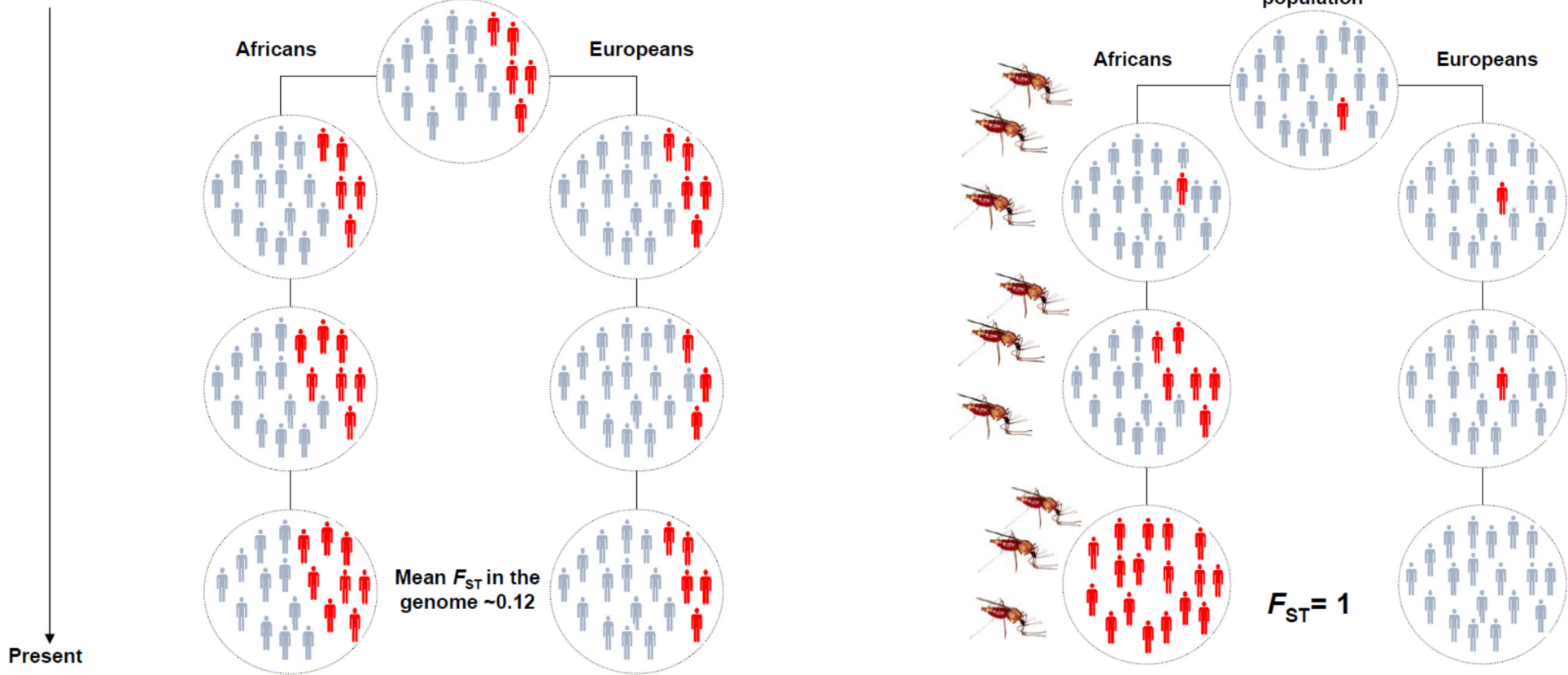


Deriva com $2N=1000$



Diferenciação aumentada

Out-of-Africa
~70KYA



Só com deriva

Com seleção

Seleção natural em populações humanas

- Comparando Tibetanos e Chineses:

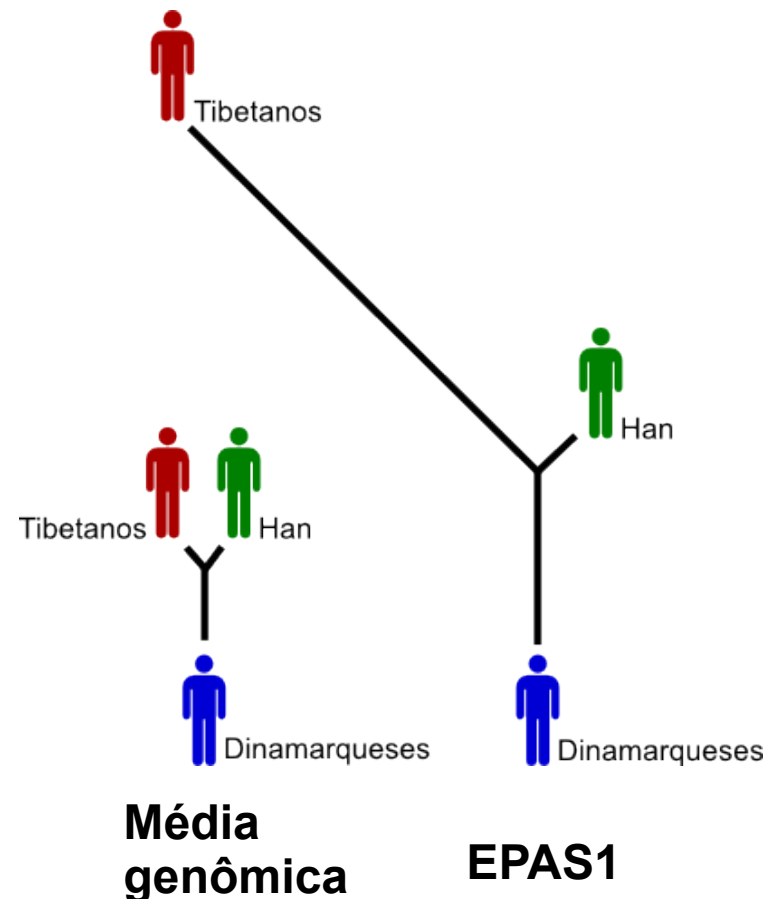
Gene EPAS1:

Frequência do alelo A em Chineses: 10 %

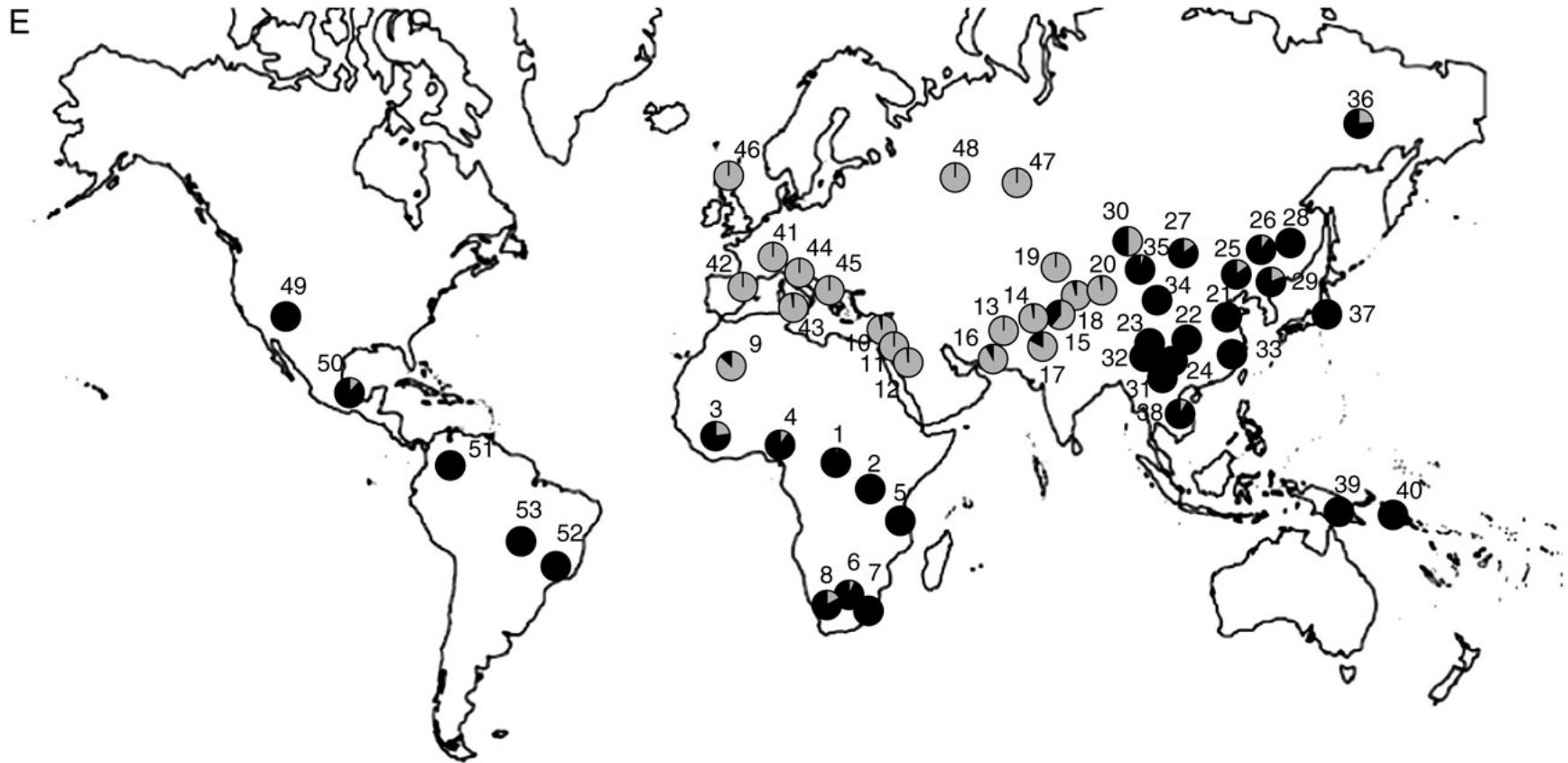
Frequência do alelo A em Tibetanos: 90%

Como saber se diferença resulta de seleção?

→ ver se deriva explicaria tamanha diferença



Alta diferenciação: gene SLC24A5



Alta diferenciação: evidência de evolução adaptativa da **pigmentação** (Northon et al., 2007). Nesse caso o alelo comum na Europa e parte da Ásia contribui para a pigmentação clara, e foi favorecido nessas regiões.

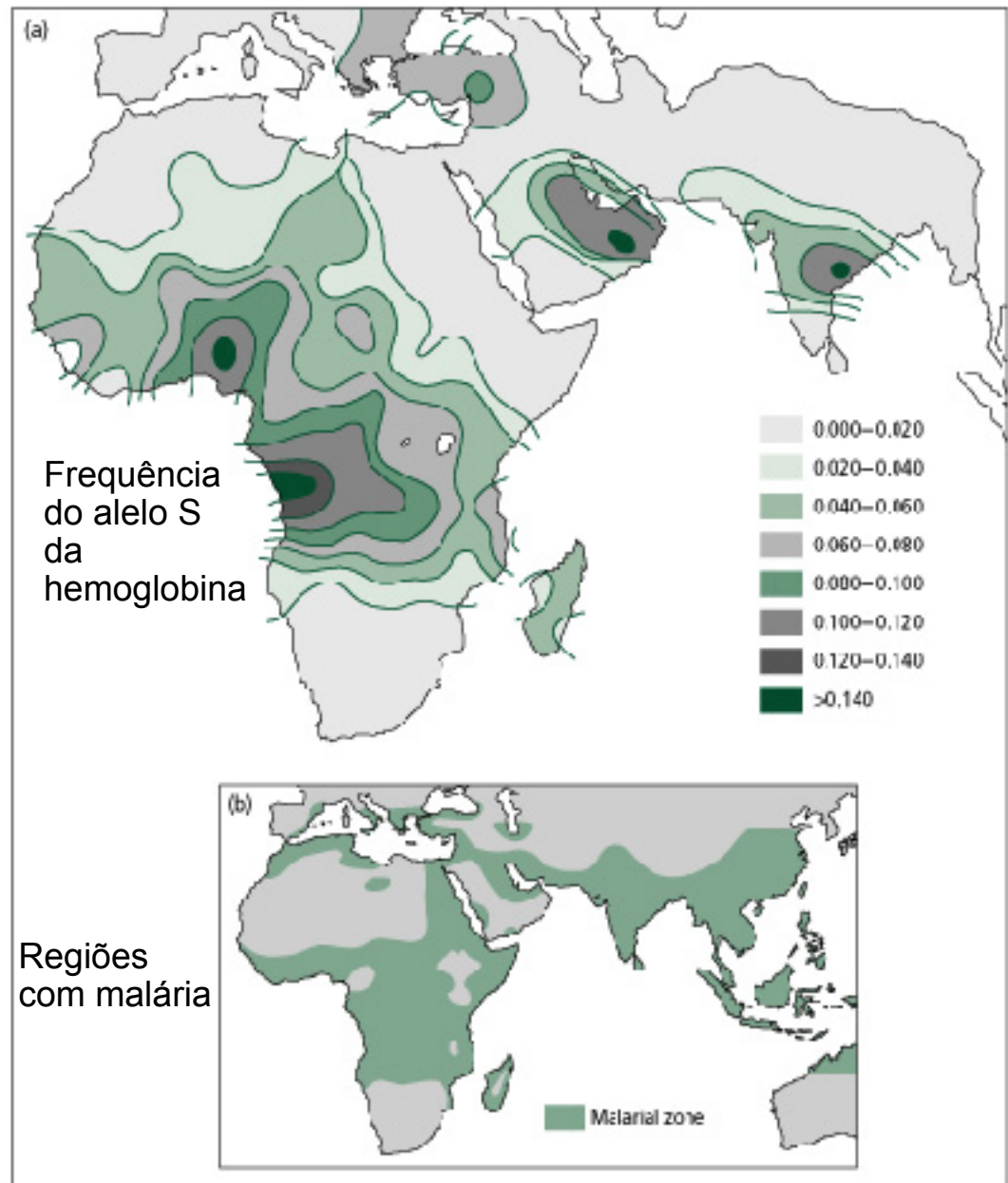
3. Distribuição geográfica de alelos

Valor adaptativo em zonas de malária

$$W_{AA} = 0,88$$

$$W_{SS} = 0,14$$

$$W_{AS} = 1,00$$

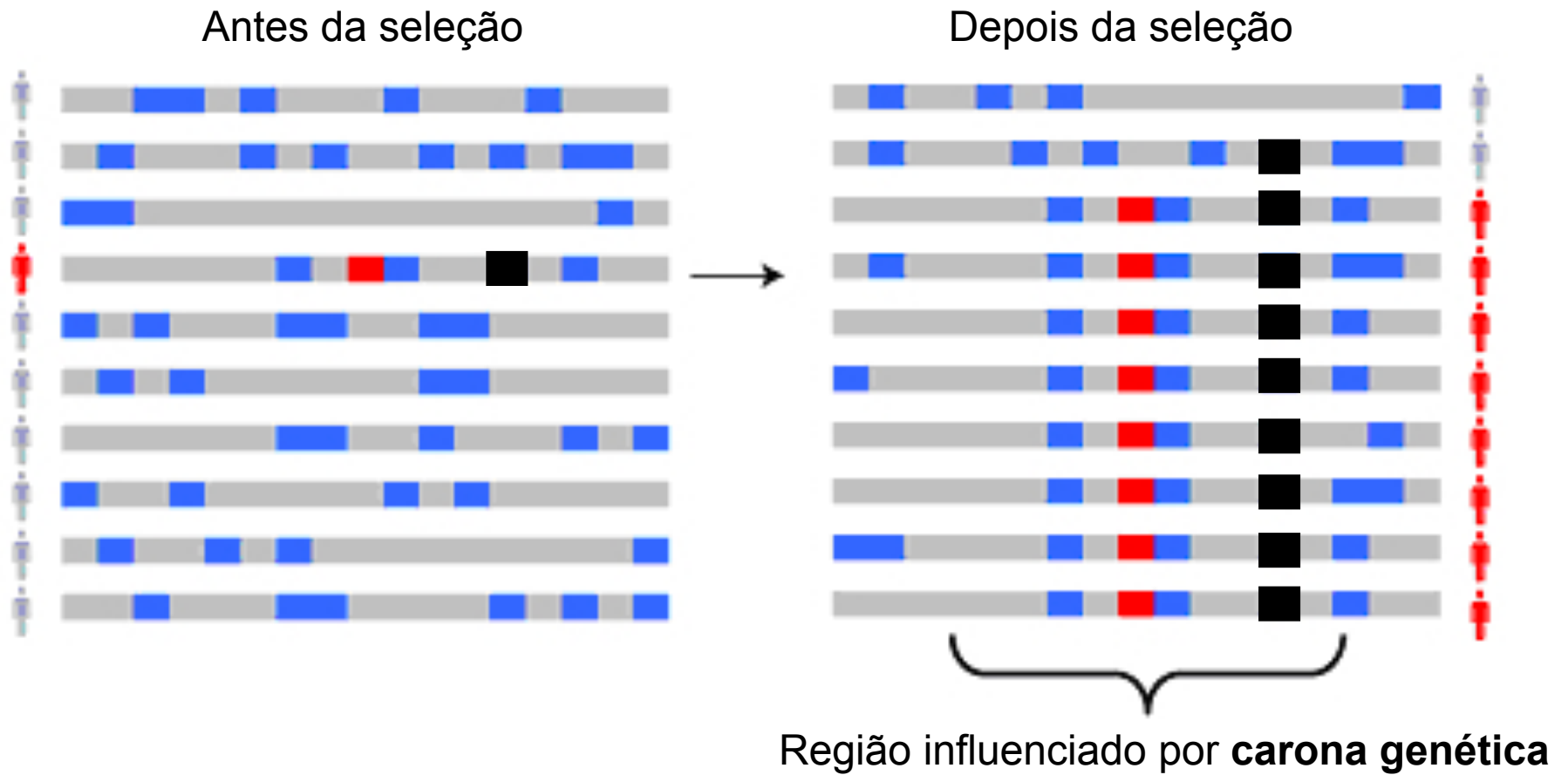


Desafios para estudar a seleção natural

O modelo que vimos é muito simples!

O mundo real tem várias complicações.

Complicação: ligação física



Complicação: pleiotropia

Valor adaptativo em gene que influencia resistência a antibiótico

Com antibiótico:

Com alelos de resistência: $W=1$

Sem alelo de resistência $W=0$

Sem antibiótico:

Com alelos de resistência: $W=0,5$

Sem alelo de resistência $W=1$

Pleiotropia: um mesmo gene influencia vários fenótipos

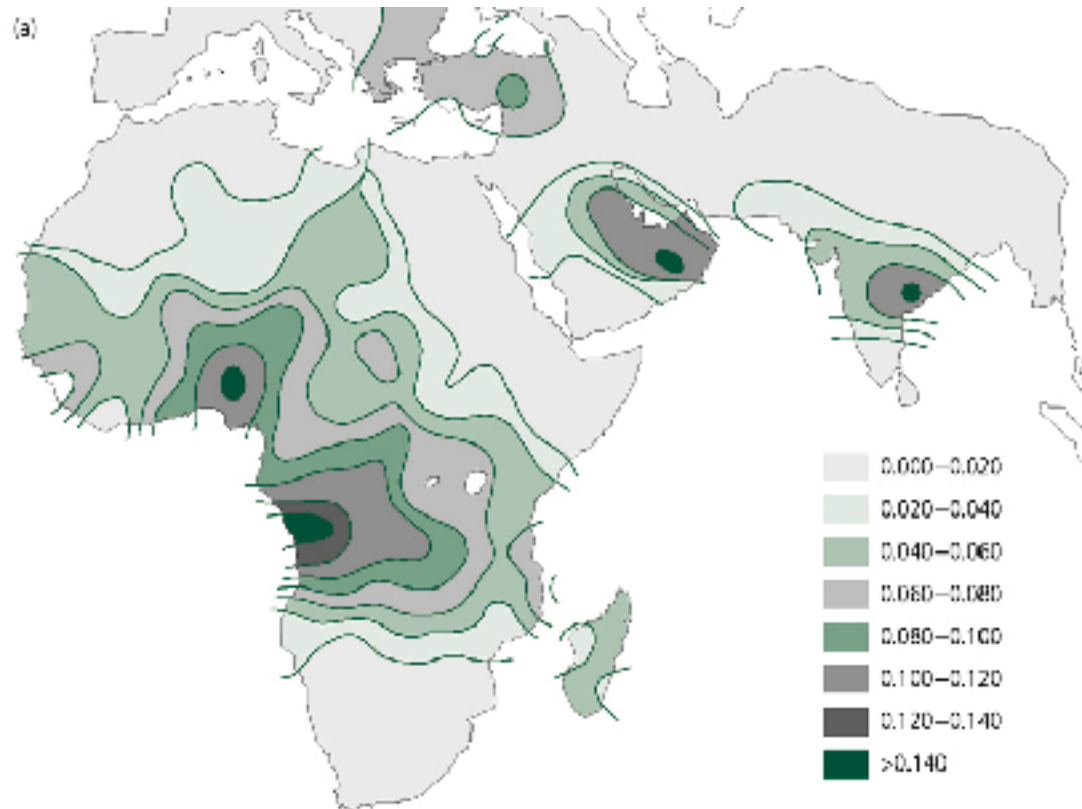
Complicação: carga genética

AA	Aa	aa	
1-s	1	1-t	vantagem do heterozigoto

A população com valor adaptativo médio máximo seria uma só de heterozigotos.

Mas ela nunca se manterá, pois sempre se formam homozigotos, apesar deles serem menos vantajosos.

Quando há vantagem de heterozigoto



- mutação S é mantida, apesar do homozigoto SS ter aptidão baixa.
- Gera indivíduos com anemia falciforme (SS).

Desafio: qual traço é selecionado?

Sobrevivência nem sempre é favorecida

A seleção incide sobre histórias de vida complexas.

Há “tradeoffs”:

Fecundidade alta + longevidade baixa (r)

Fecundidade baixa + longevidade alta (k)

Exemplo:

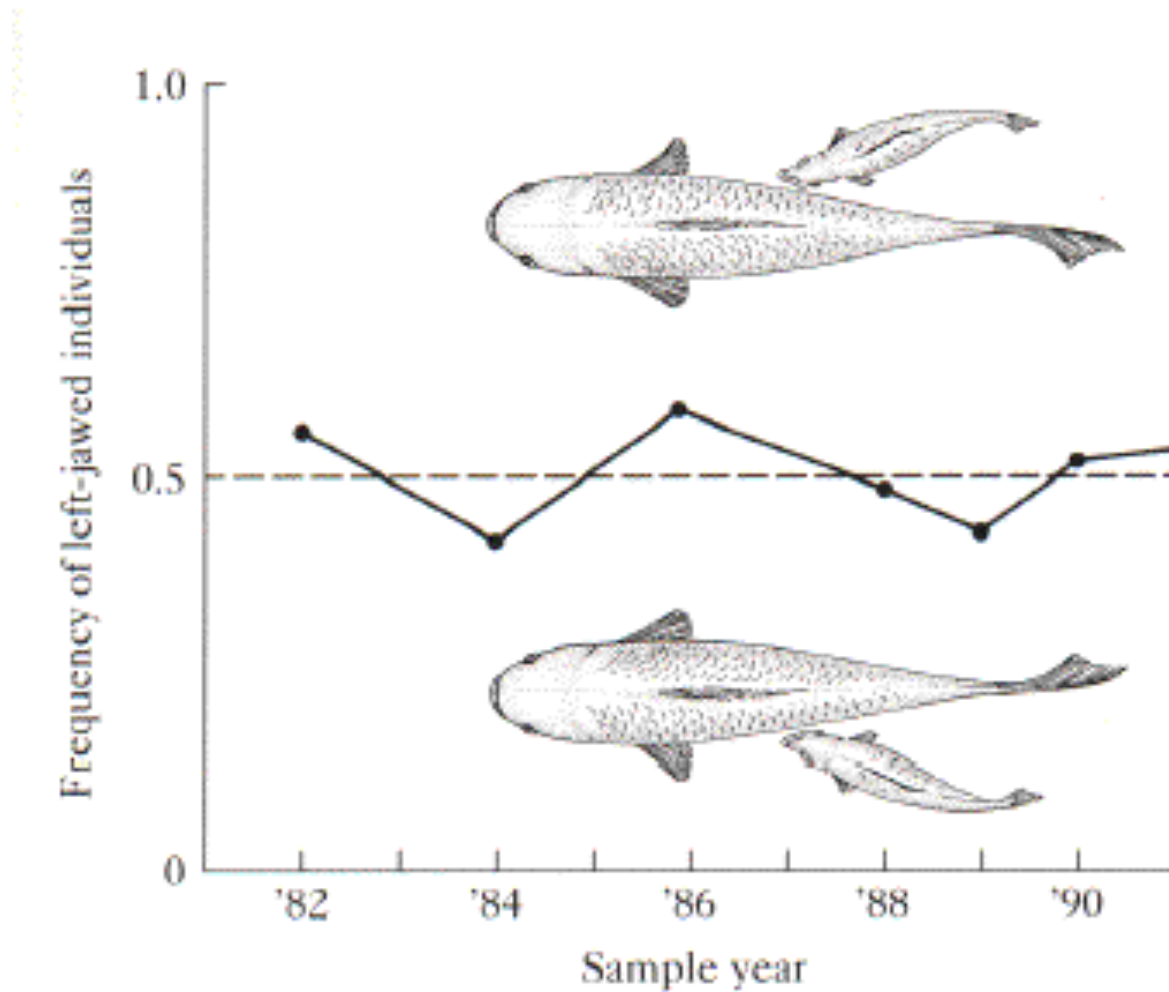
ambiente com **alta predação**: seleção favorece alta fecundidade, baixa longevidade.

ambiente com **baixa predação**: muitos lebistes, muita competição, seleção favorece fecundidade baixa, alta longevidade.

Complicação: epistasia

	<i>bI/bI</i>	<i>bI/BL</i>	<i>BL/BL</i>
<i>td/td</i>	0.79	1	0.83

Complicação: dependência de frequência



Traço é mais vantajoso quando raro, menos vantajoso quando comum

Conceitos chave

- **Há diferentes tipos de seleção:**

- direcional (com diferentes padrões de dominância)
- vantagem de heterozigoto

- Podemos estabelecer um model determinístico de seleção, que prevê **mudança de p**

- Usamos **várias abordagens** para detectar seleção

- Há importantes **complicações**: carona, pleiotropia, epistasia, dependência de frequência.