

I think

BIO 0119

Mecanismos microevolutivos

Seleção Natural

Ana Paula Aprígio Assis

paulaassis@ib.usp.br



O que é evolução

Mudanças ao longo das gerações

Quais processos responsáveis por essa mudança?

O que é evolução

Mudanças ao longo das gerações

Quais processos responsáveis por essa mudança?

1.) Mutação

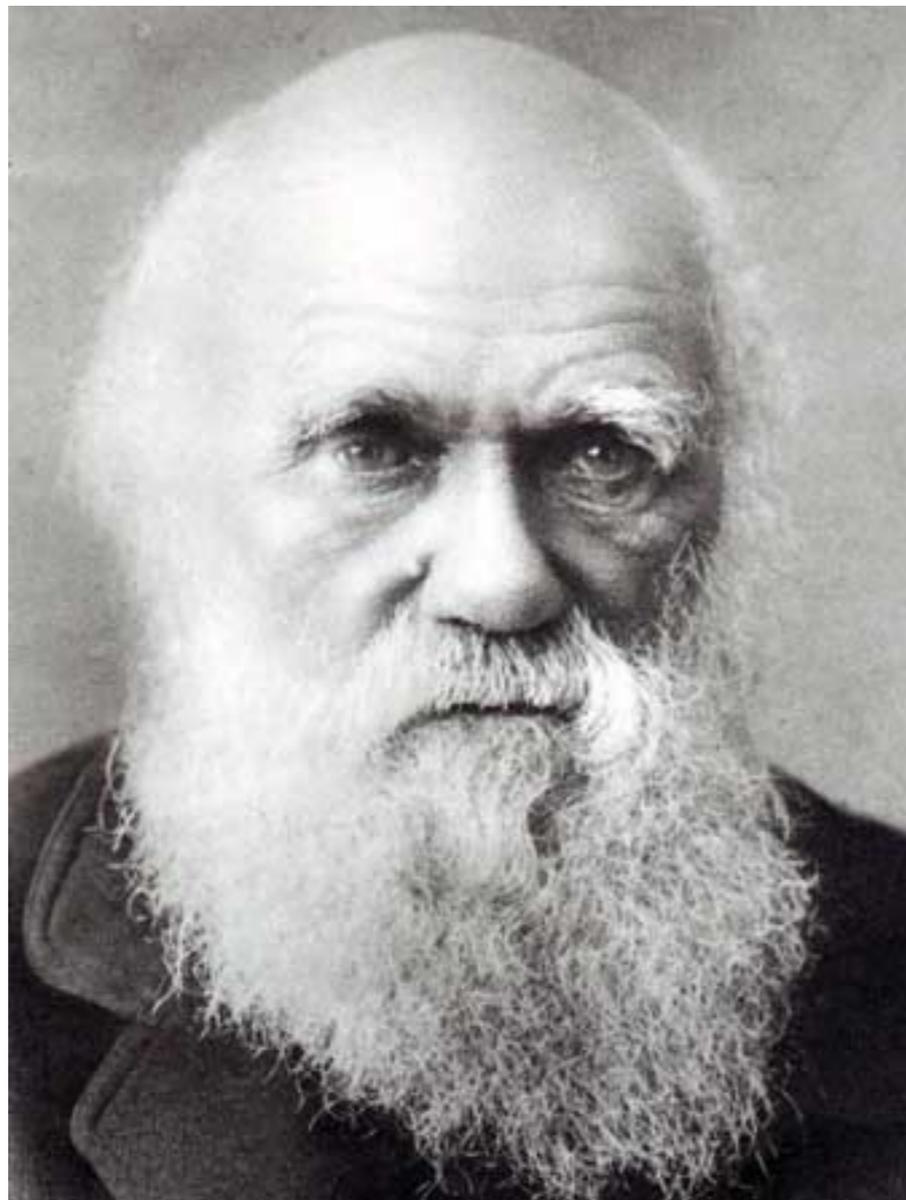
2.) Migração

3.) Deriva genética

4.) Seleção natural

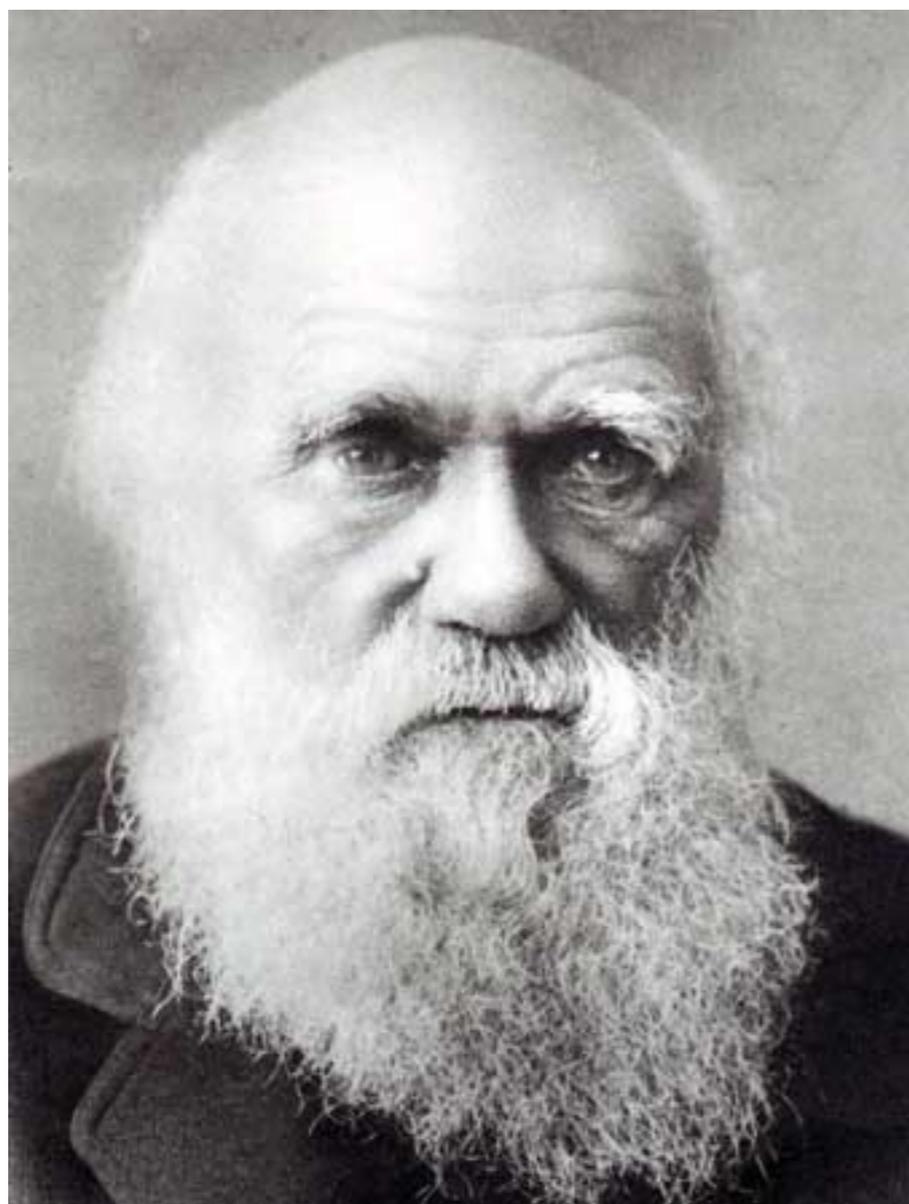
Seleção Natural

A grande ideia de **Darwin***

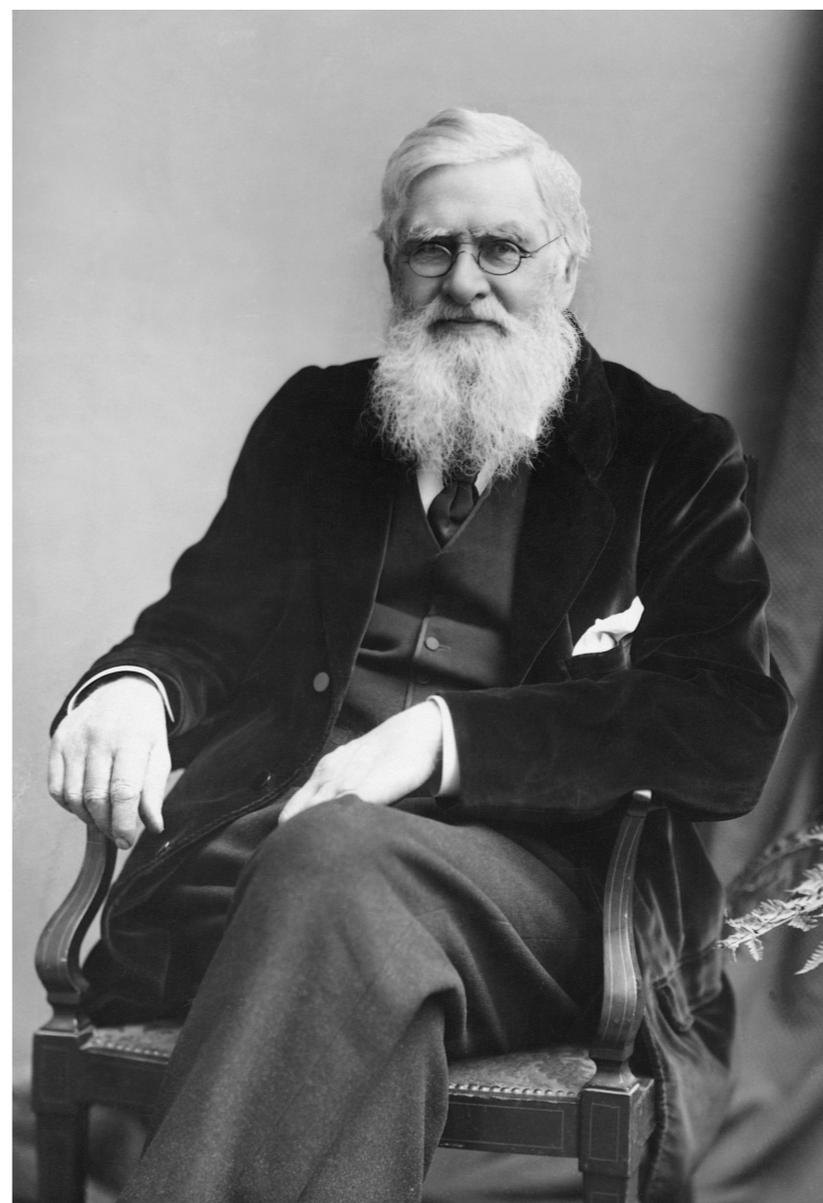


Seleção Natural

A grande ideia de **Darwin***



*e de **Wallace**



Seleção Natural

- Darwin não foi o primeiro a propor que as espécies mudavam ao longo do tempo

Seleção Natural

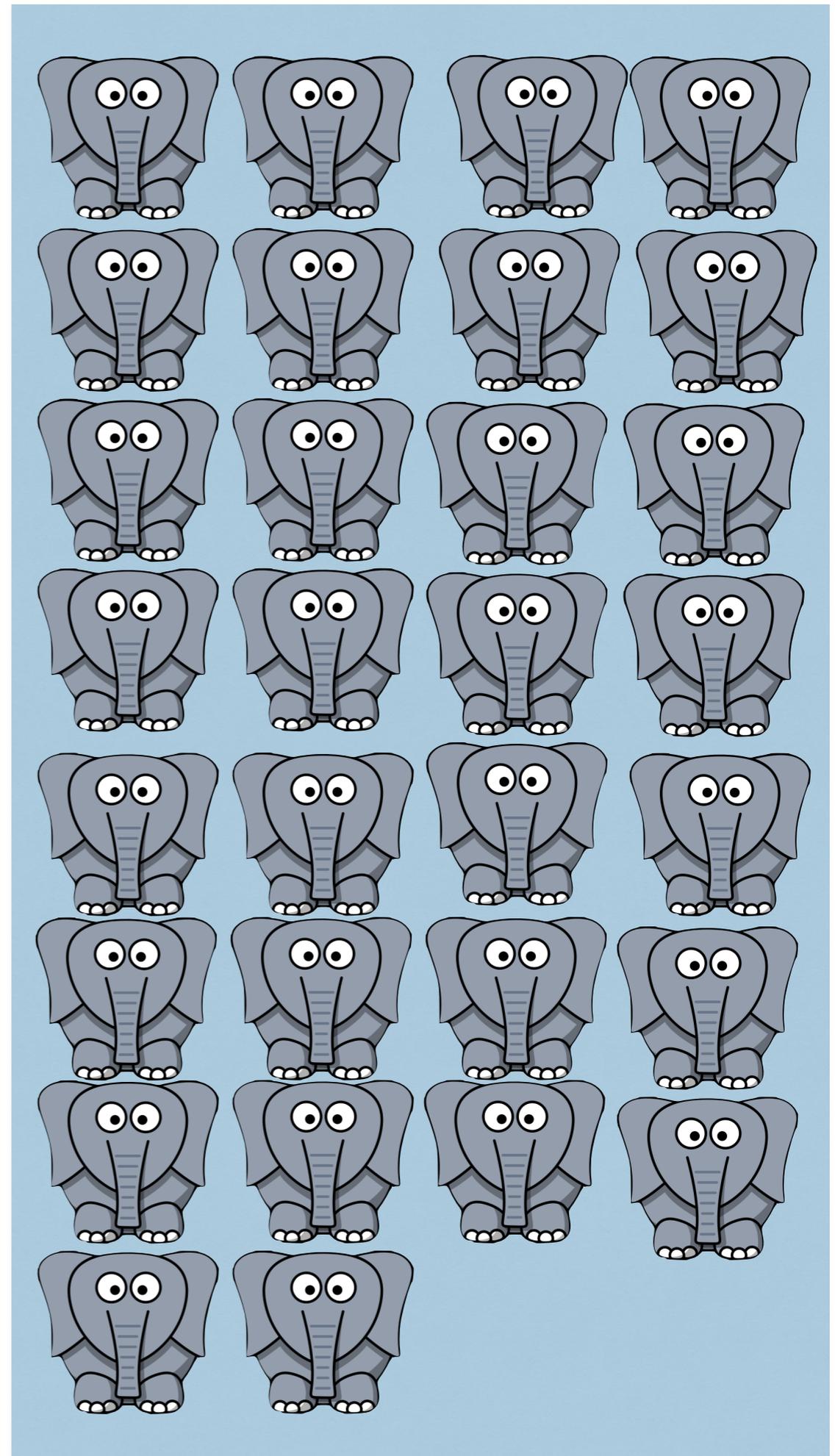
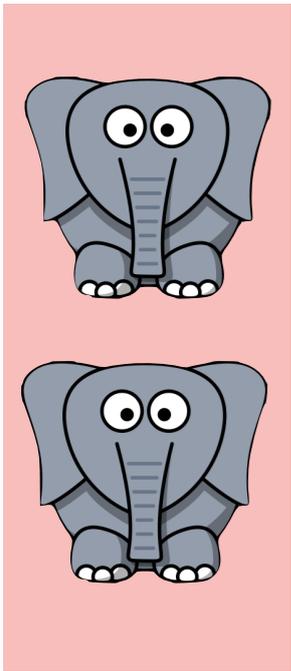
- Darwin não foi o primeiro a propor que as espécies mudavam ao longo do tempo
- A grande contribuição de Darwin (e Wallace) foi propor um mecanismo para explicar **como** as espécies mudam ao longo do tempo

Seleção Natural

- Darwin não foi o primeiro a propor que as espécies mudavam ao longo do tempo
- A grande contribuição de Darwin (e Wallace) foi propor um mecanismo para explicar **como** as espécies mudam ao longo do tempo

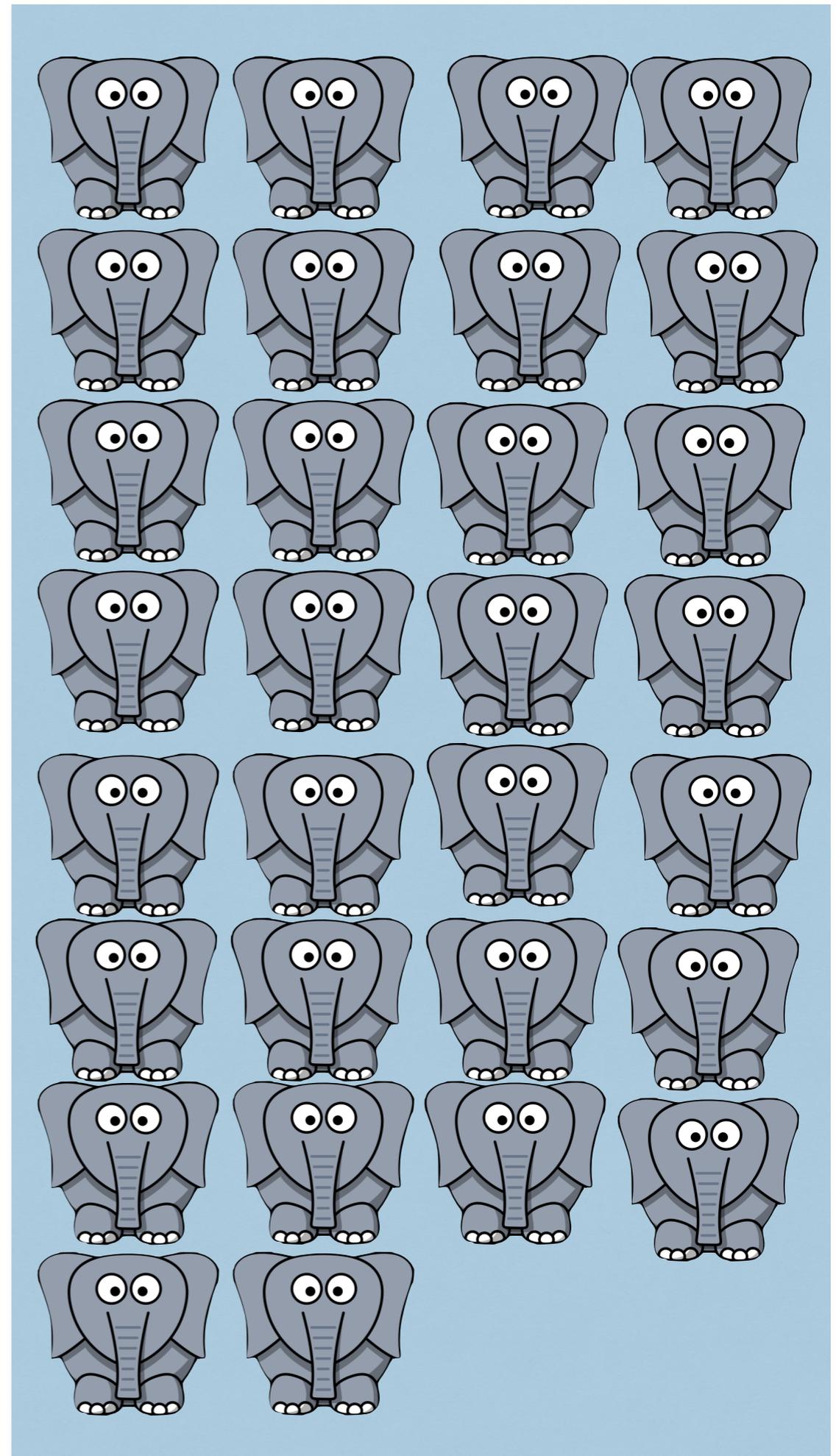
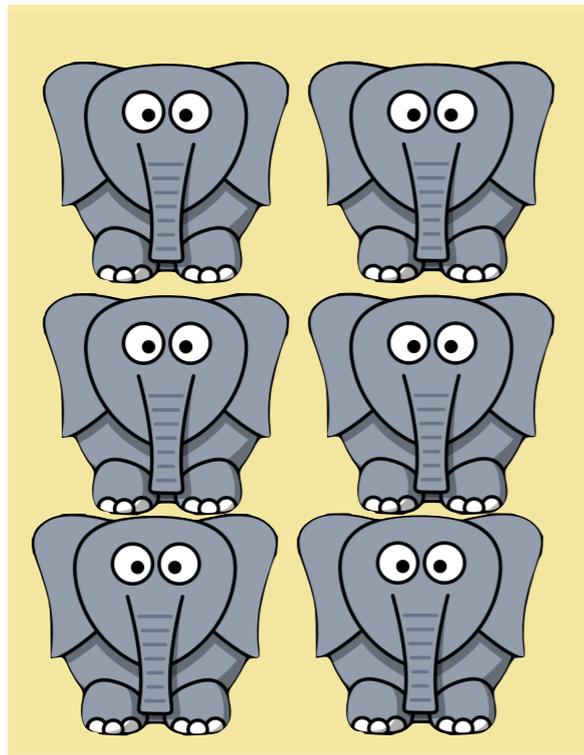
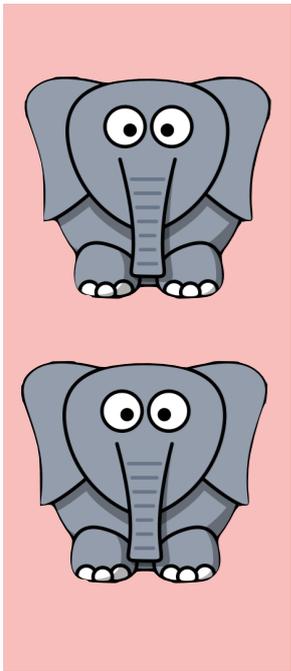
Utilizou uma observação simples

Parental

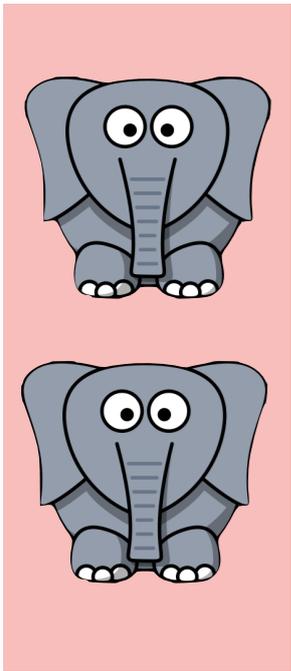


Parental

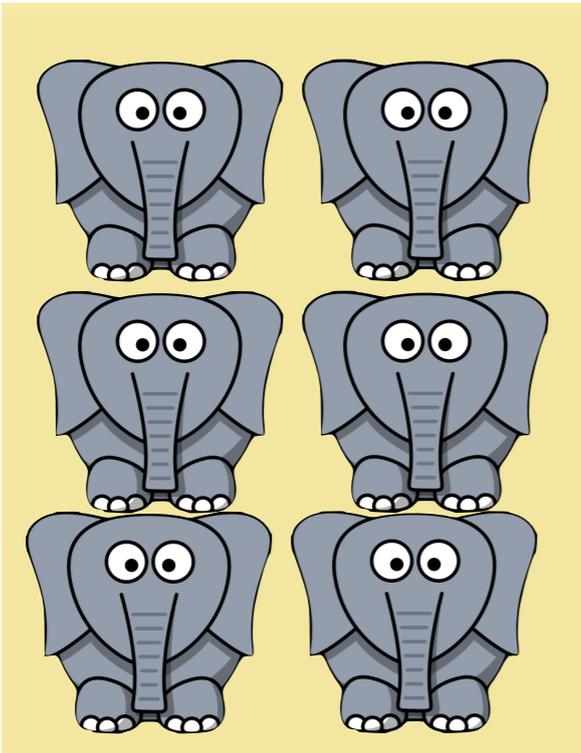
F1



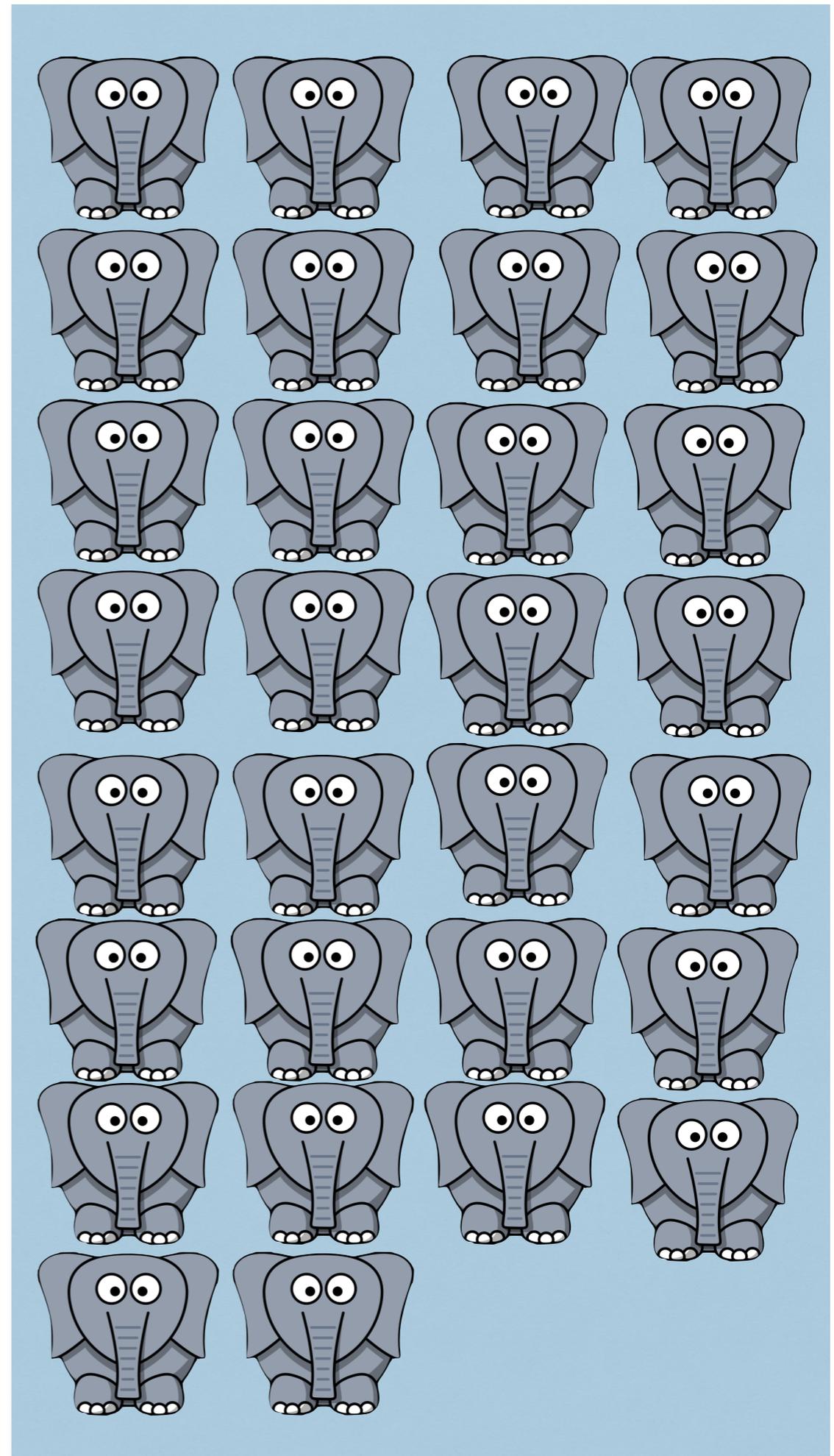
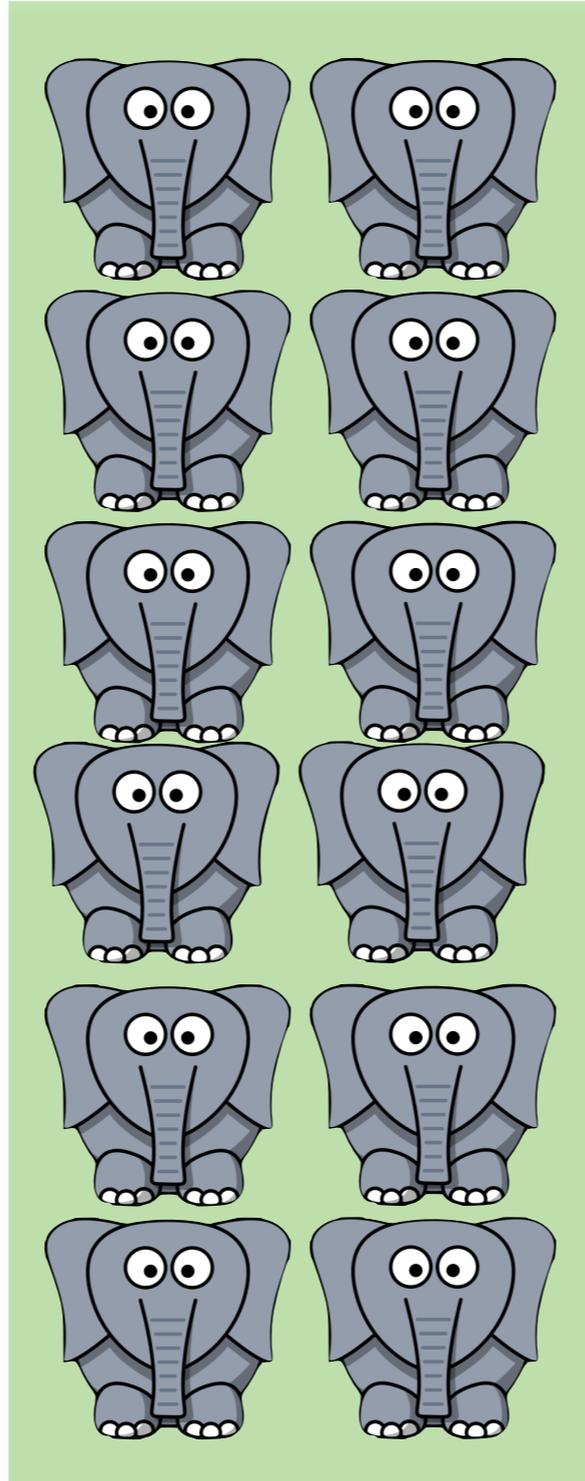
Parental



F1



F2



Seleção Natural

Nascem muito mais indivíduos do que a capacidade ambiental. Isso significa que alguns tem que morrer.

Seleção Natural

Nascem muito mais indivíduos do que a capacidade ambiental. Isso significa que alguns tem que morrer.

Quais morrem?

Seleção Natural

Nascem muito mais indivíduos do que a capacidade ambiental. Isso significa que alguns tem que morrer.

Quais morrem?

Os menos adaptados aos ambientes em que vivem!

Seleção Natural

Nascem muito mais indivíduos do que a capacidade ambiental. Isso significa que alguns tem que morrer.

Quais morrem?

Os menos adaptados aos ambientes em que vivem!

**Levando a mudanças nas características das populações
ao longo do tempo!**

Seleção Natural

1.) Existe variação

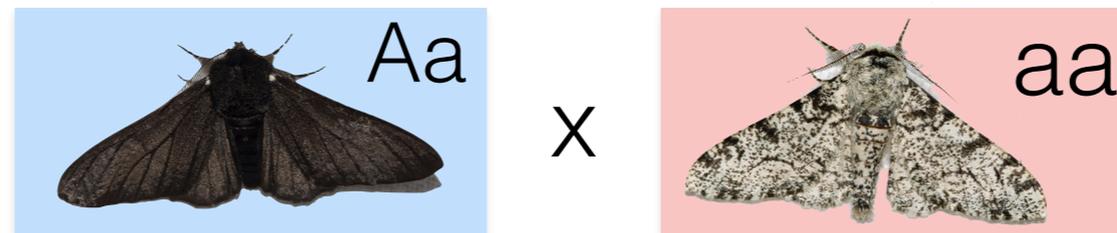


Biston betularia

Seleção Natural

- 1.) Existe variação
- 2.) Variação herdável

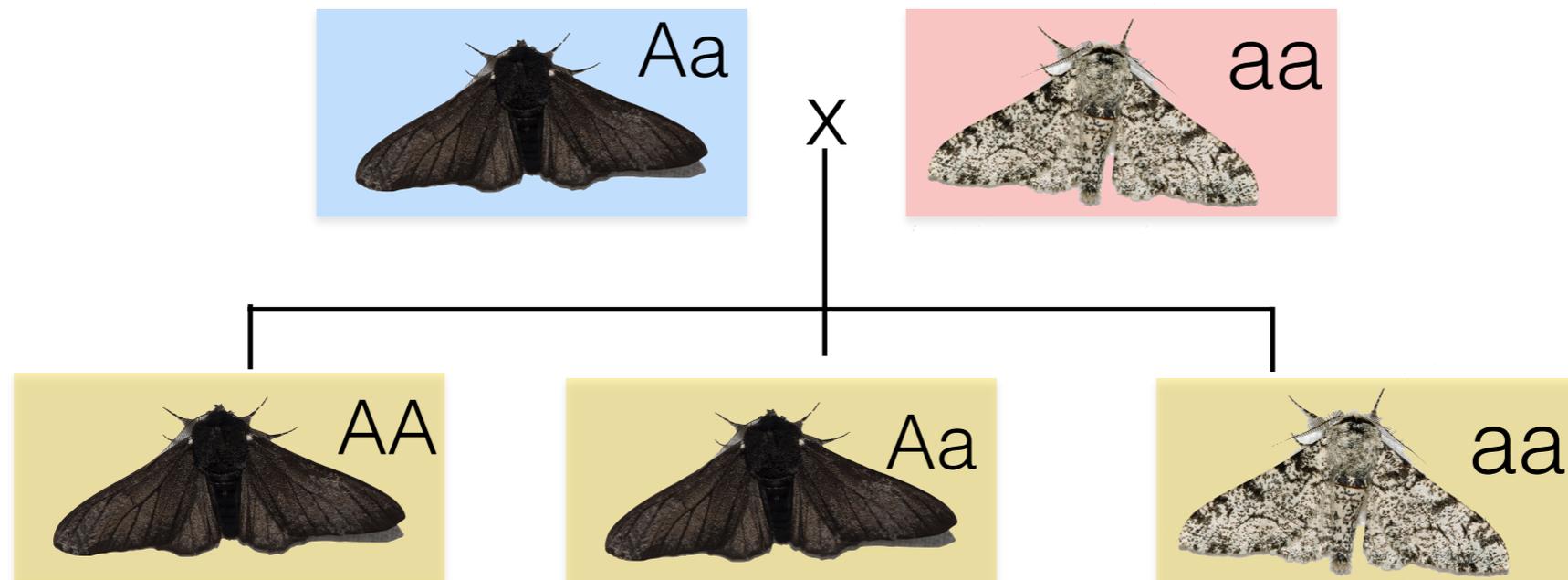
Herança autossômica dominante



Seleção Natural

- 1.) Existe variação
- 2.) Variação herdável

Herança autossômica dominante



3 : 1

Seleção Natural

Nature **534**, 102–105 (02 June 2016)

The industrial melanism mutation in British peppered moths is a transposable element

Arjen E. van't Hof, Pascal Campagne, Daniel J. Rigden, Carl J. Yung, Jessica Lingley, Michael A. Quail, Neil Hall, Alistair C. Darby & Ilik J. Saccheri

Seleção Natural

Nature **534**, 102–105 (02 June 2016)

The industrial melanism mutation in British peppered moths is a transposable element

Arjen E. van't Hof, Pascal Campagne, Daniel J. Rigden, Carl J. Yung, Jessica Lingley, Michael A. Quail, Neil Hall, Alistair C. Darby & Ilik J. Saccheri

gene responsável pelo melanismo: gene *cortex*



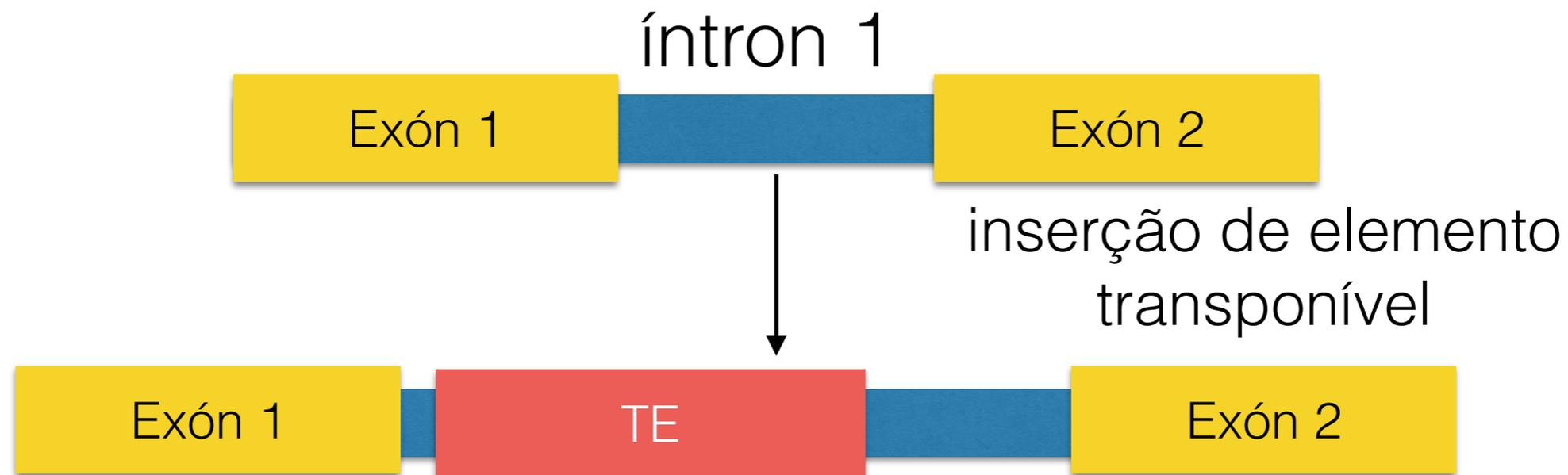
Seleção Natural

Nature **534**, 102–105 (02 June 2016)

The industrial melanism mutation in British peppered moths is a transposable element

Arjen E. van't Hof, Pascal Campagne, Daniel J. Rigden, Carl J. Yung, Jessica Lingley, Michael A. Quail, Neil Hall, Alistair C. Darby & Ilik J. Saccheri

gene responsável pelo melanismo: gene *cortex*



Seleção Natural

Nature **534**, 102–105 (02 June 2016)

The industrial melanism mutation in British peppered moths is a transposable element

Arjen E. van't Hof, Pascal Campagne, Daniel J. Rigden, Carl J. Yung, Jessica Lingley, Michael A. Quail, Neil Hall, Alistair C. Darby & Ilik J. Saccheri

Inserção do
elemento transponível



ocorreu em 1819

ANTES da revolução industrial!

Seleção Natural

- 1.) Existe variação
- 2.) Variação herdável
- 3.) Reprodução/Sobrevivência diferencial

Revolução industrial

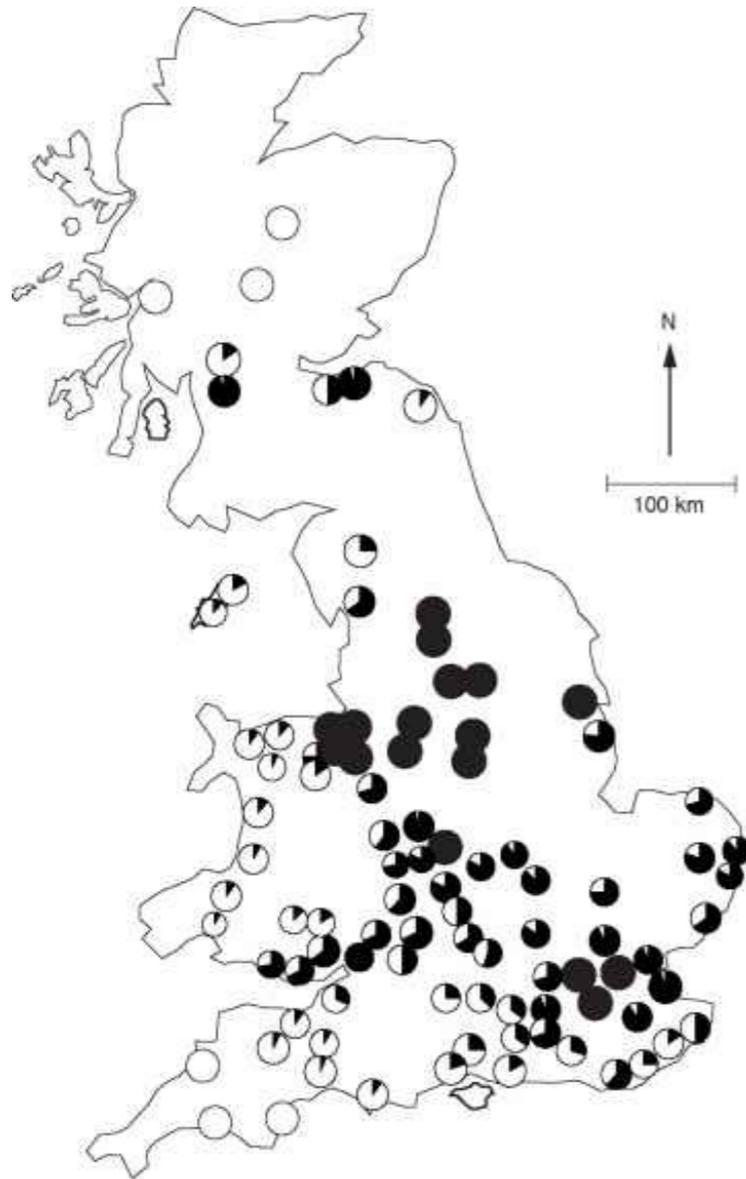


Seleção Natural

- 1.) Existe variação
- 2.) Variação herdável
- 3.) Reprodução/Sobrevivência diferencial
- 4.) A população muda ao longo do tempo

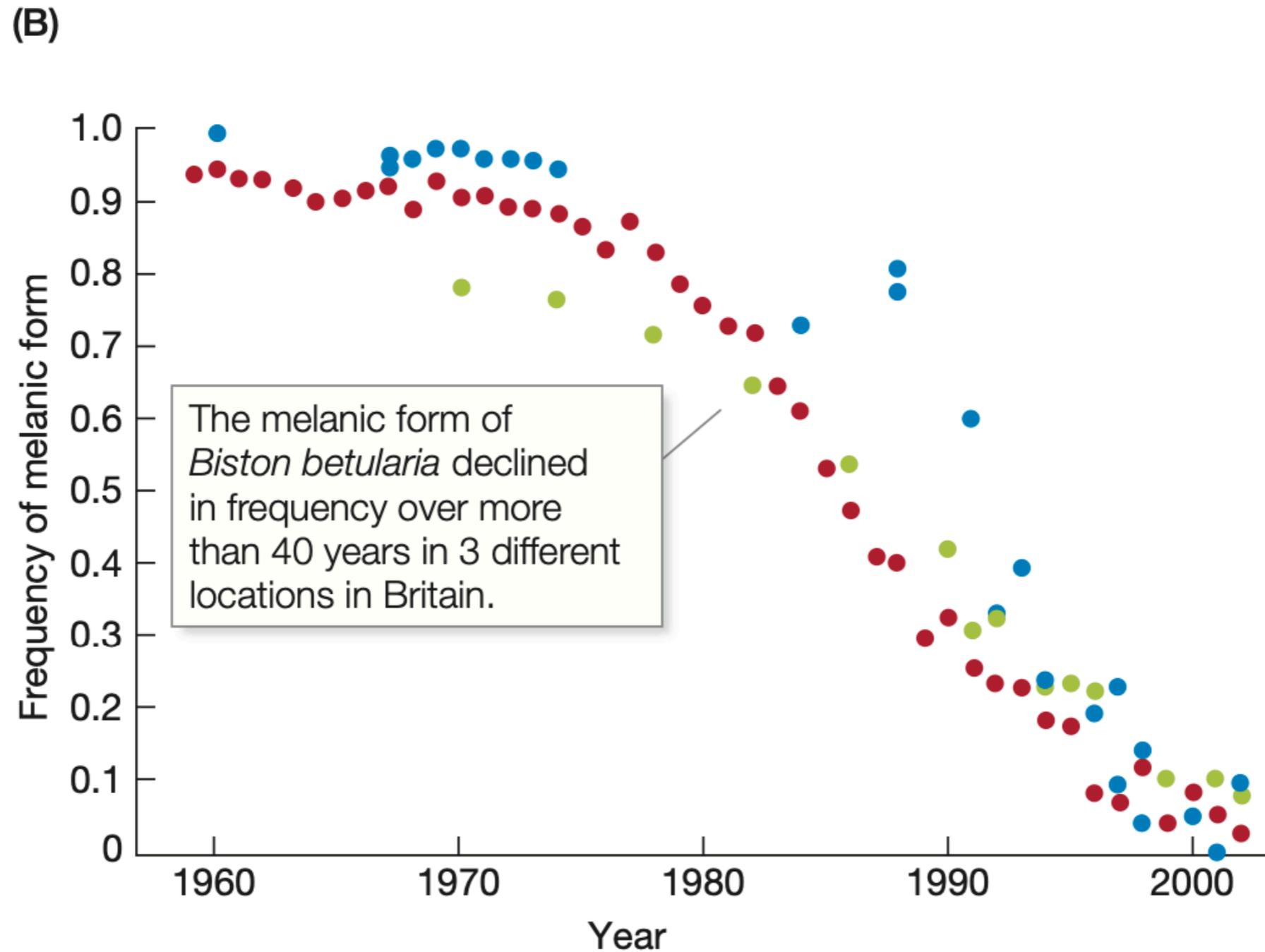
Seleção Natural

4.) A população muda ao longo do tempo



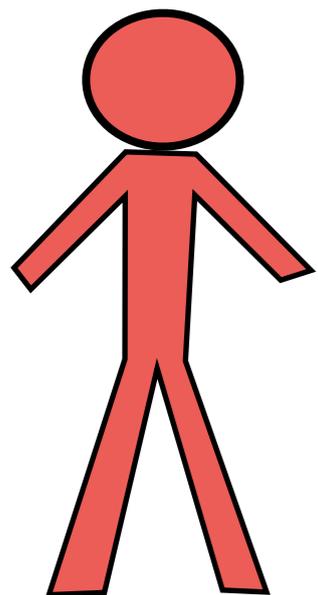
Em 1896 90% das mariposas eram melânicas

Seleção Natural



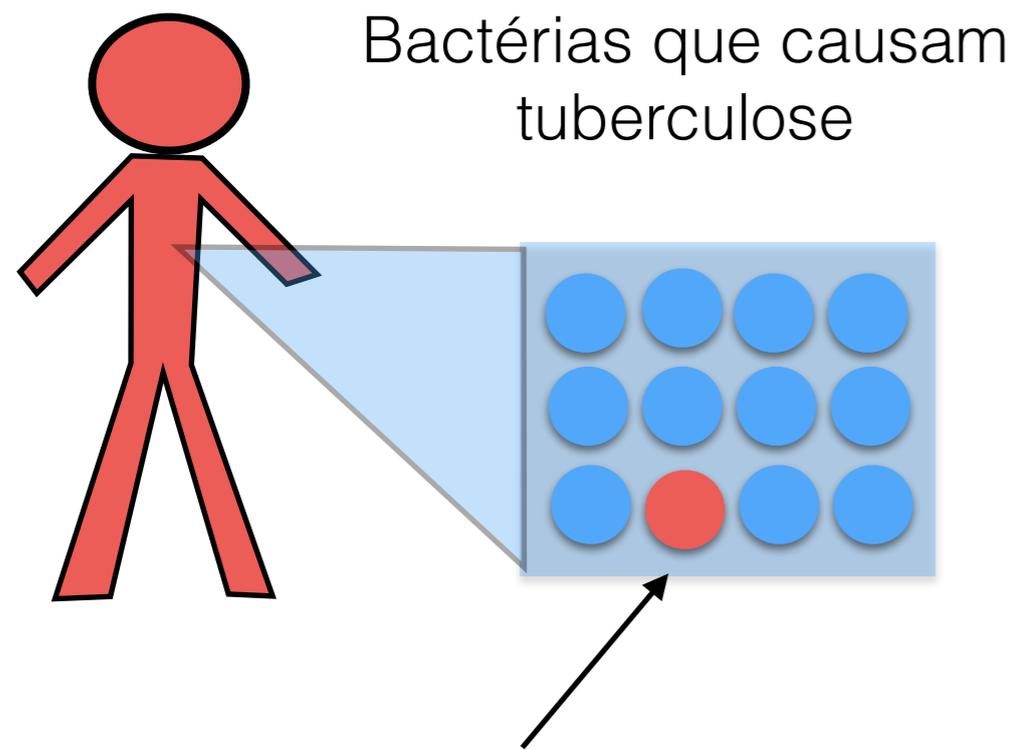
Seleção Natural

Exemplo : Tuberculose



Seleção Natural

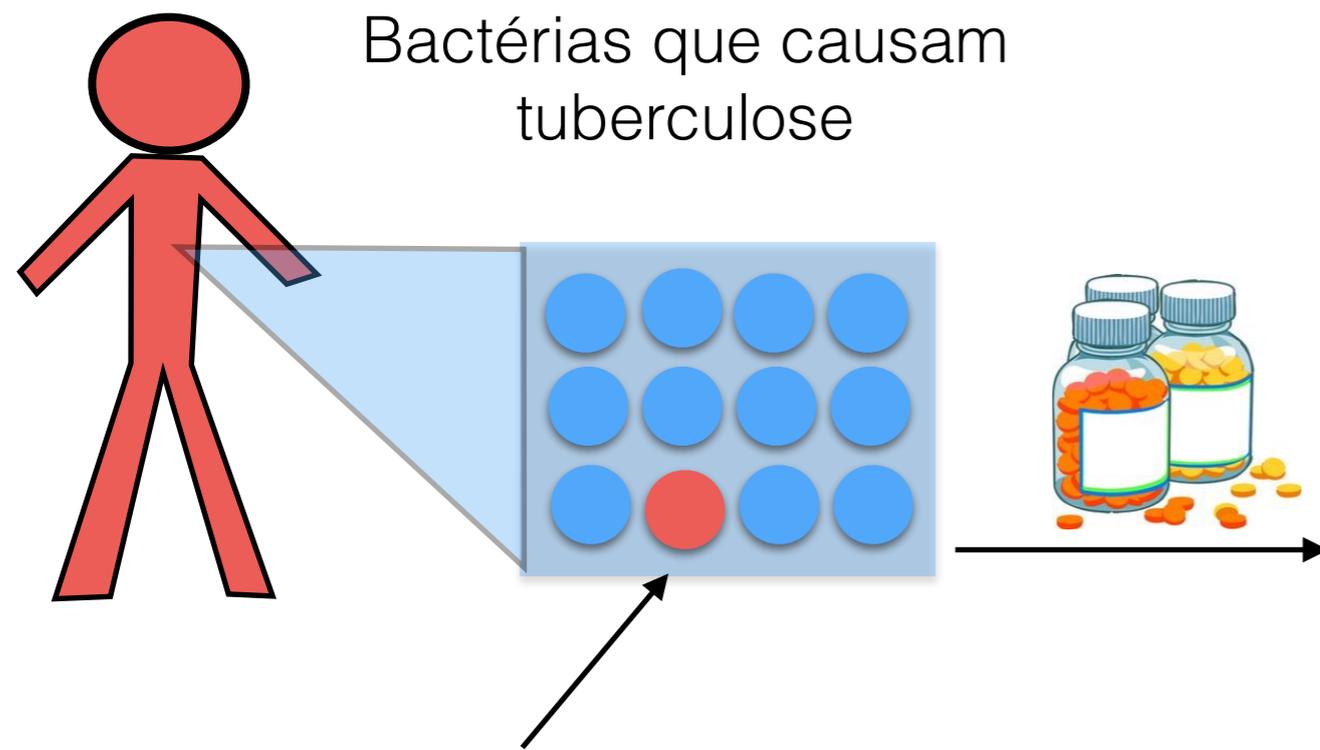
Exemplo : Tuberculose



Bactéria resistente

Seleção Natural

Exemplo : Tuberculose

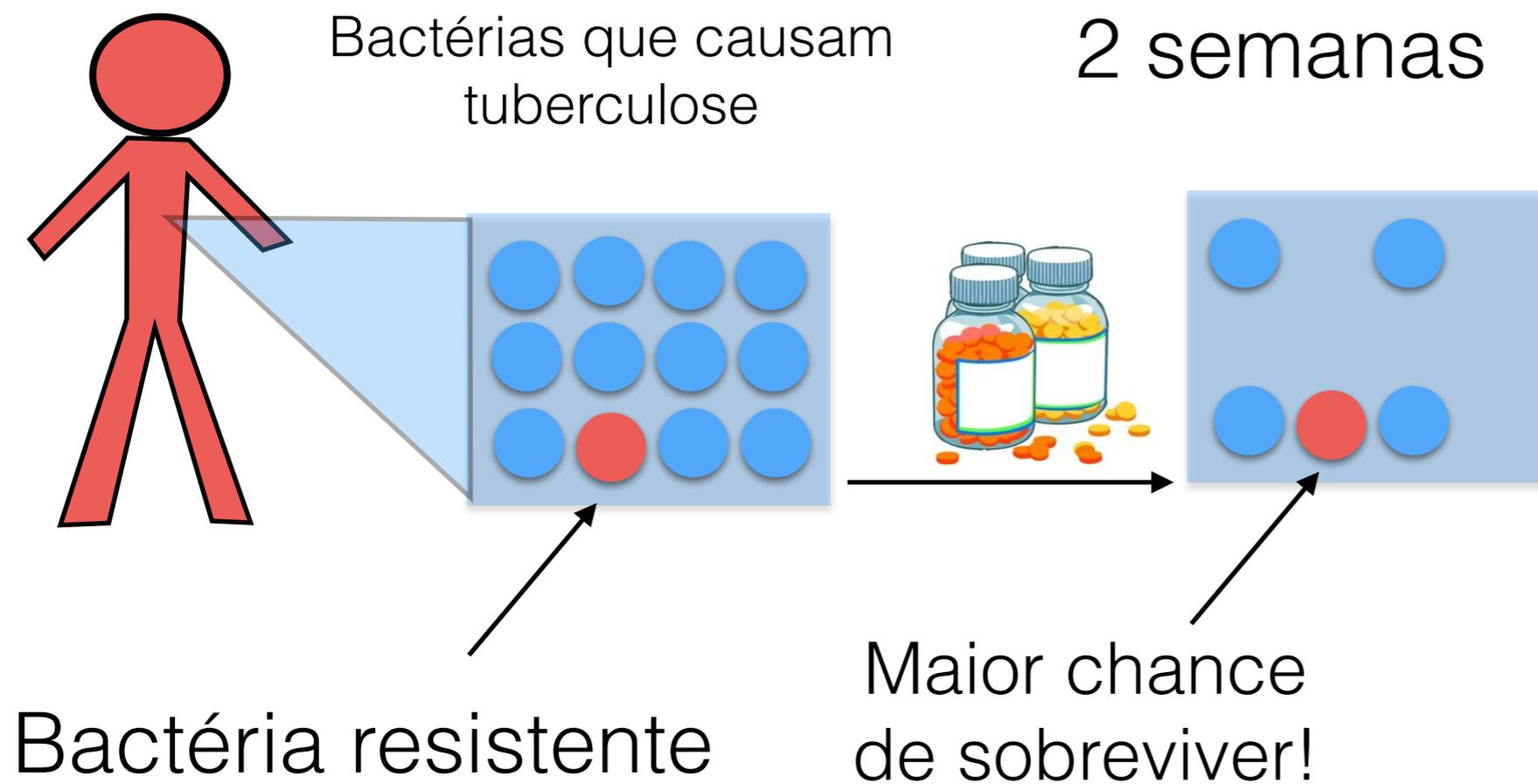


Bactérias que causam tuberculose

Bactéria resistente

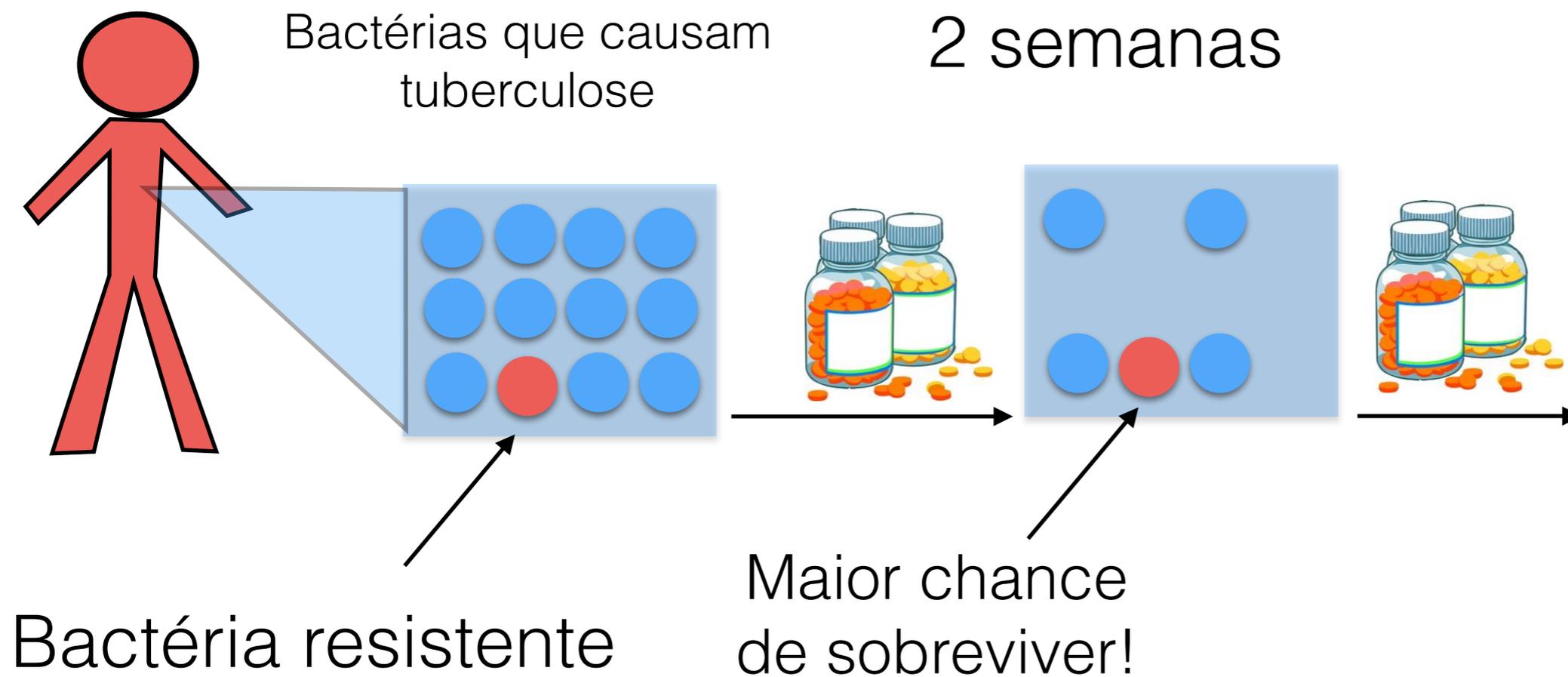
Seleção Natural

Exemplo : Tuberculose



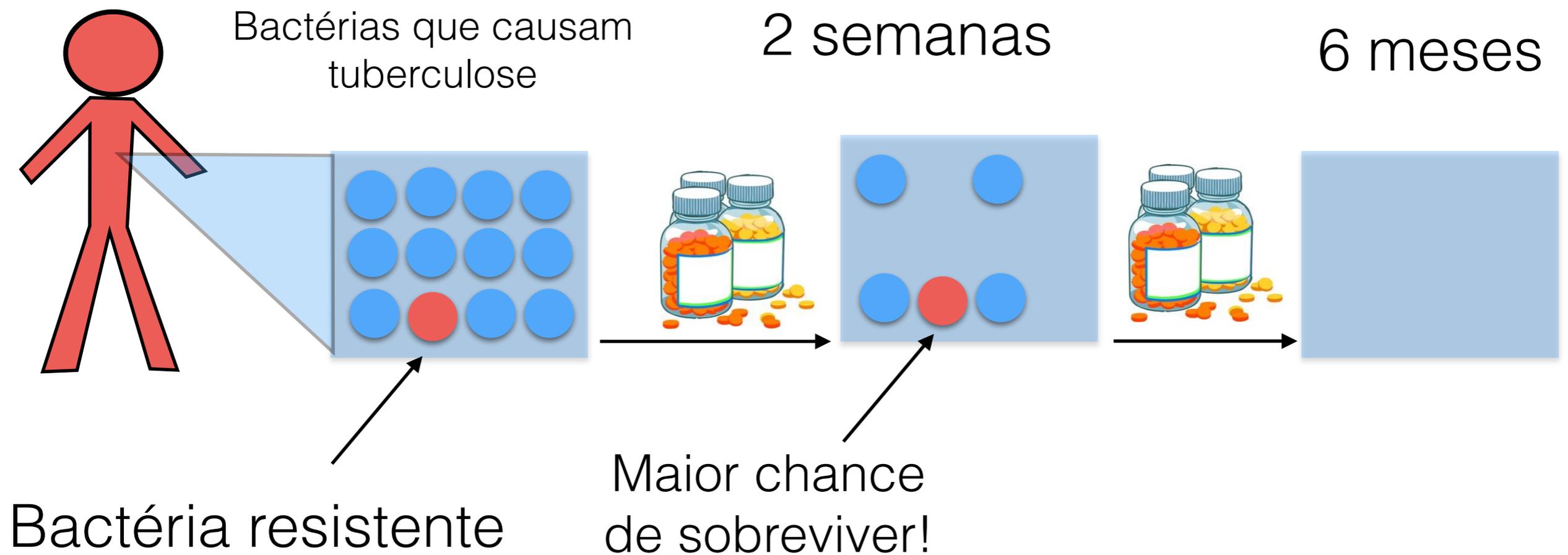
Seleção Natural

Exemplo : Tuberculose

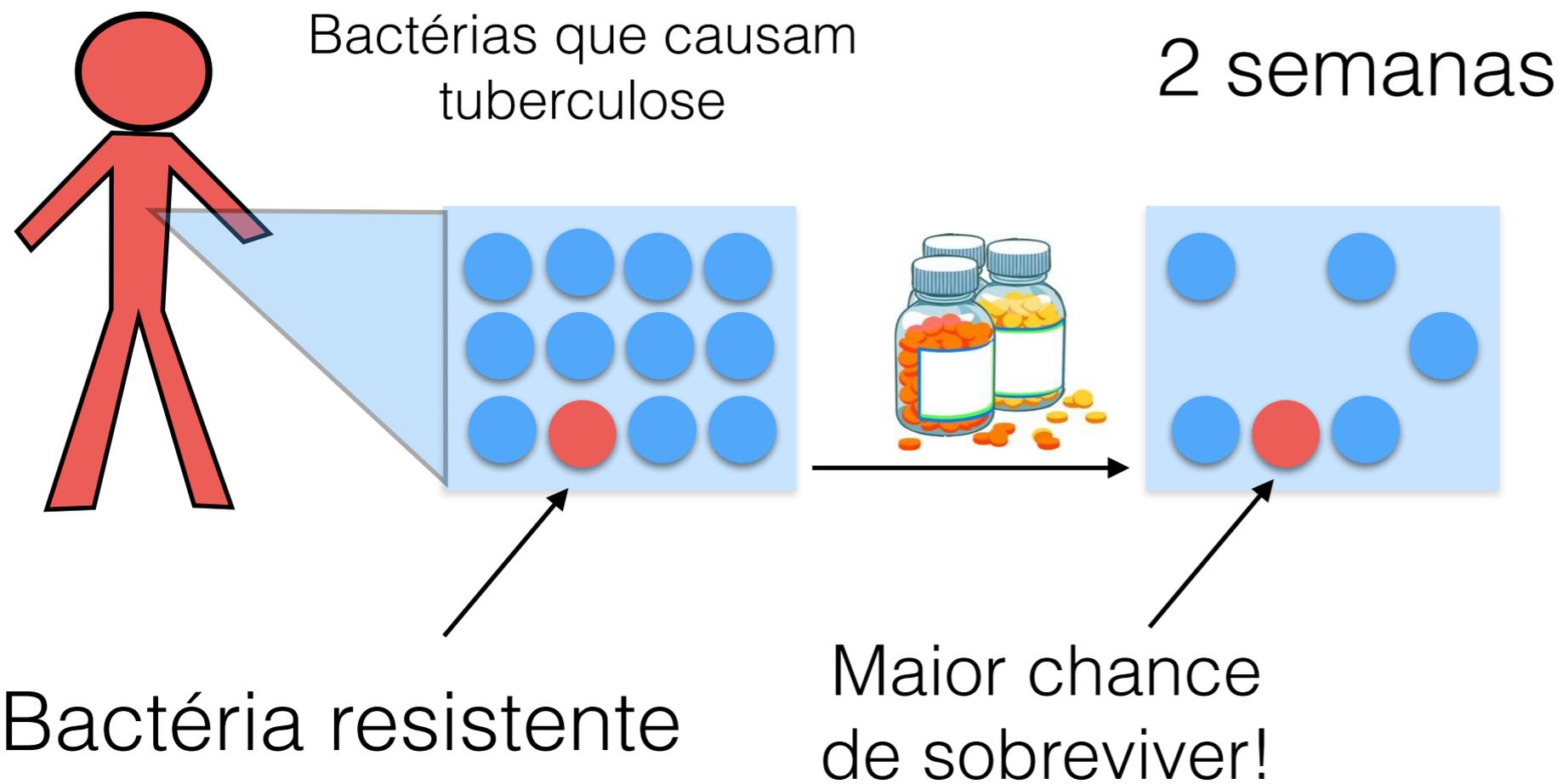


Seleção Natural

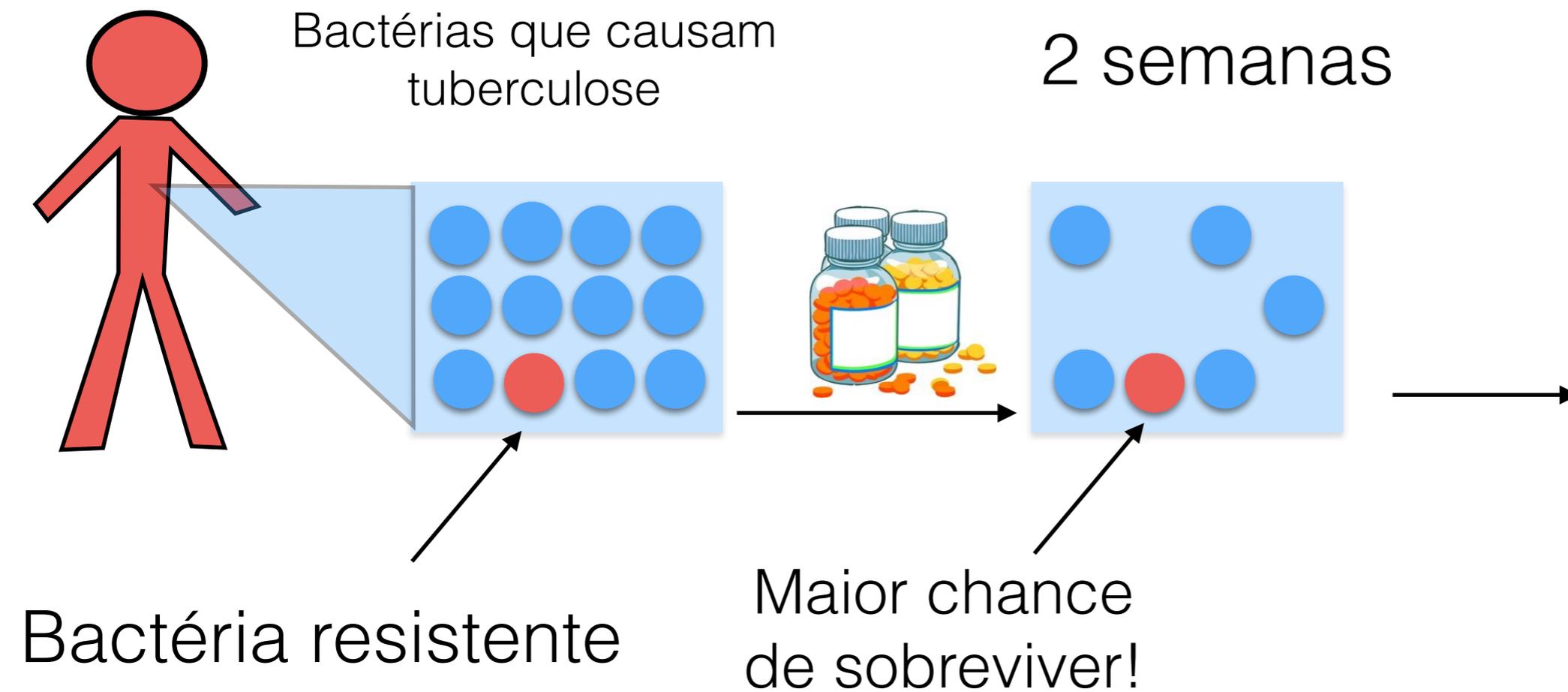
Exemplo : Tuberculose



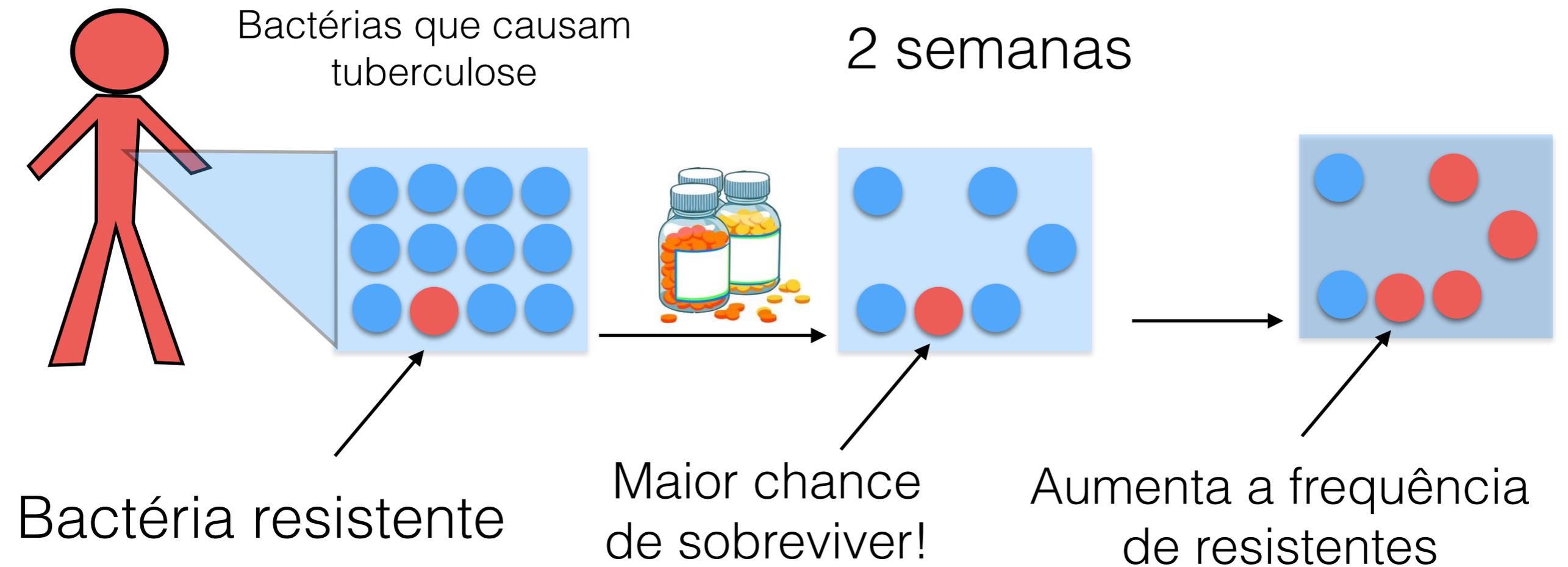
Seleção Natural



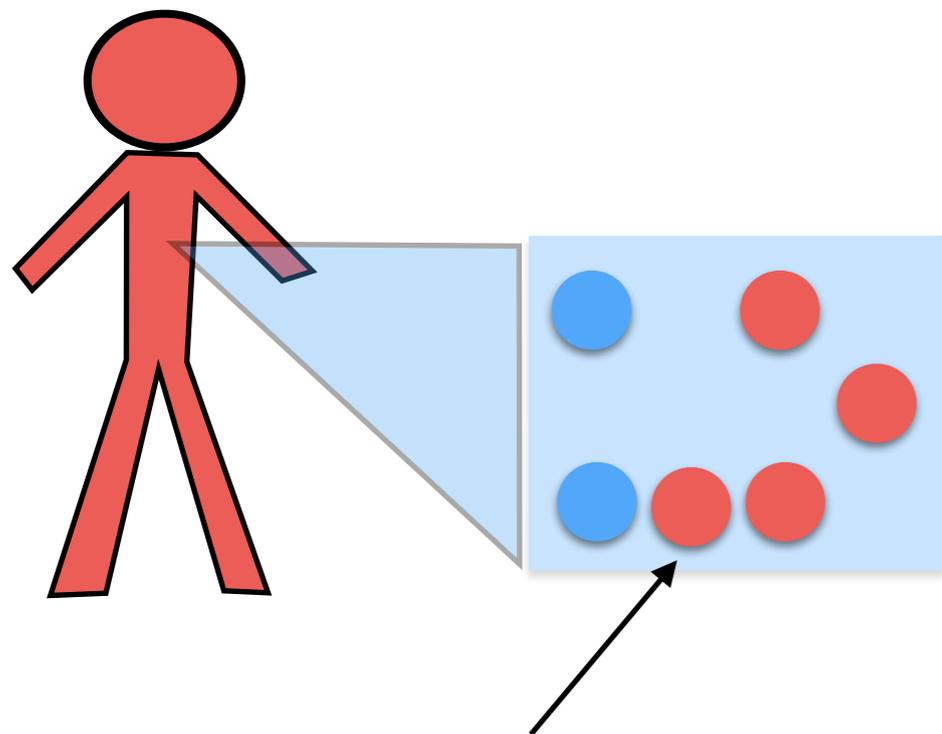
Seleção Natural



Seleção Natural

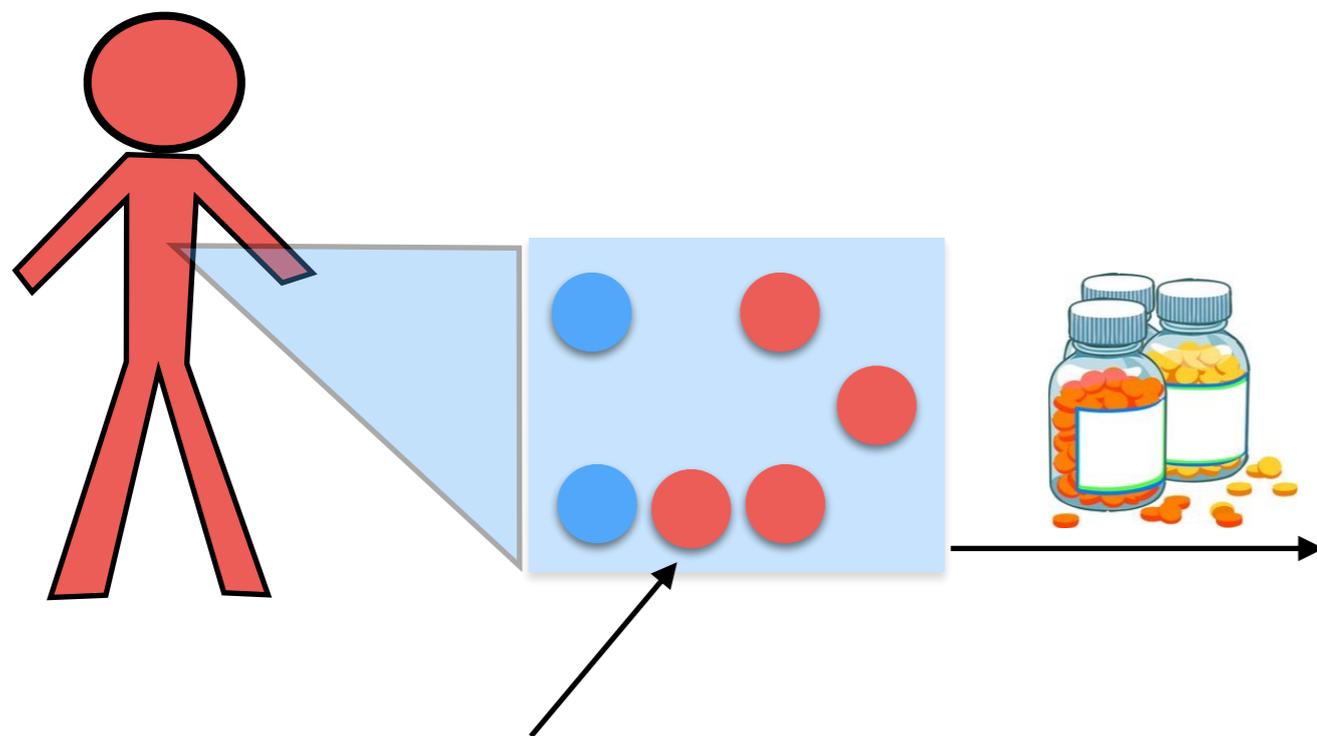


Seleção Natural



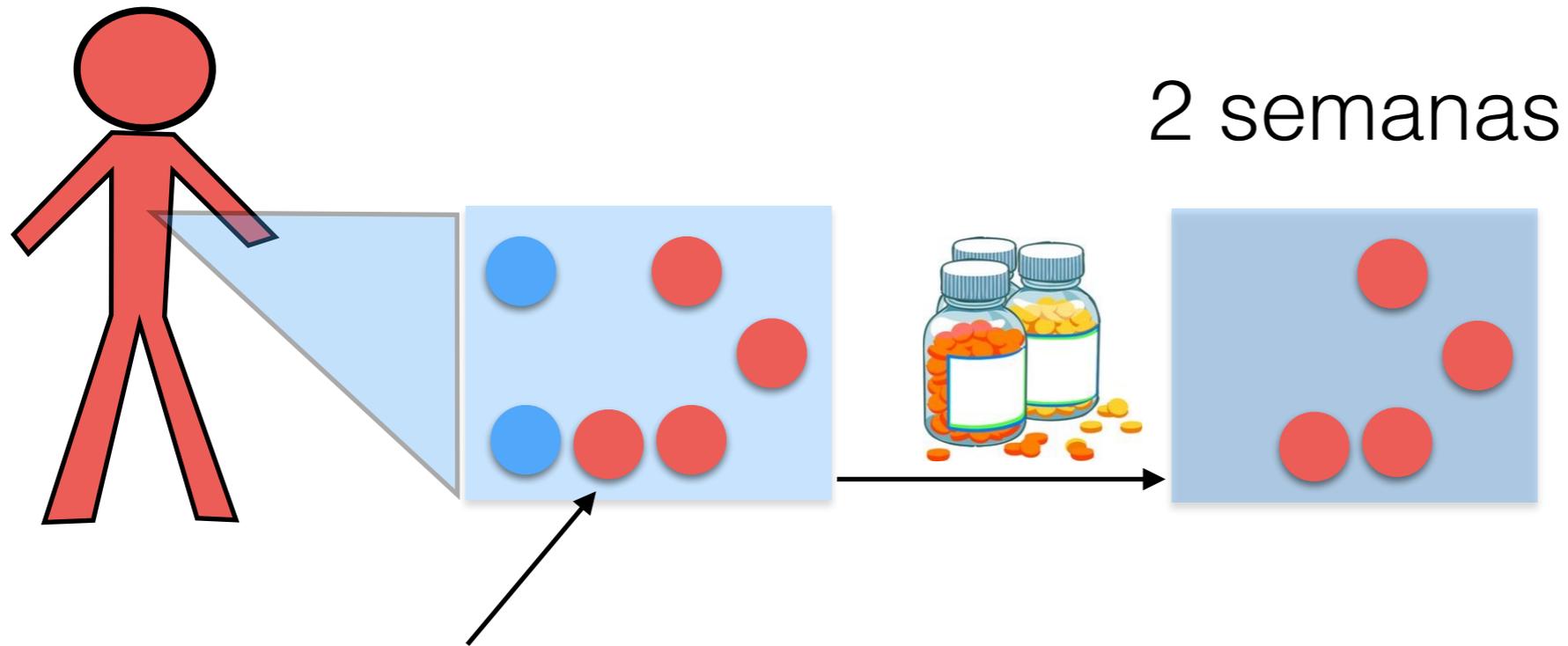
Aumenta a frequência
de resistentes

Seleção Natural



Aumenta a frequência
de resistentes

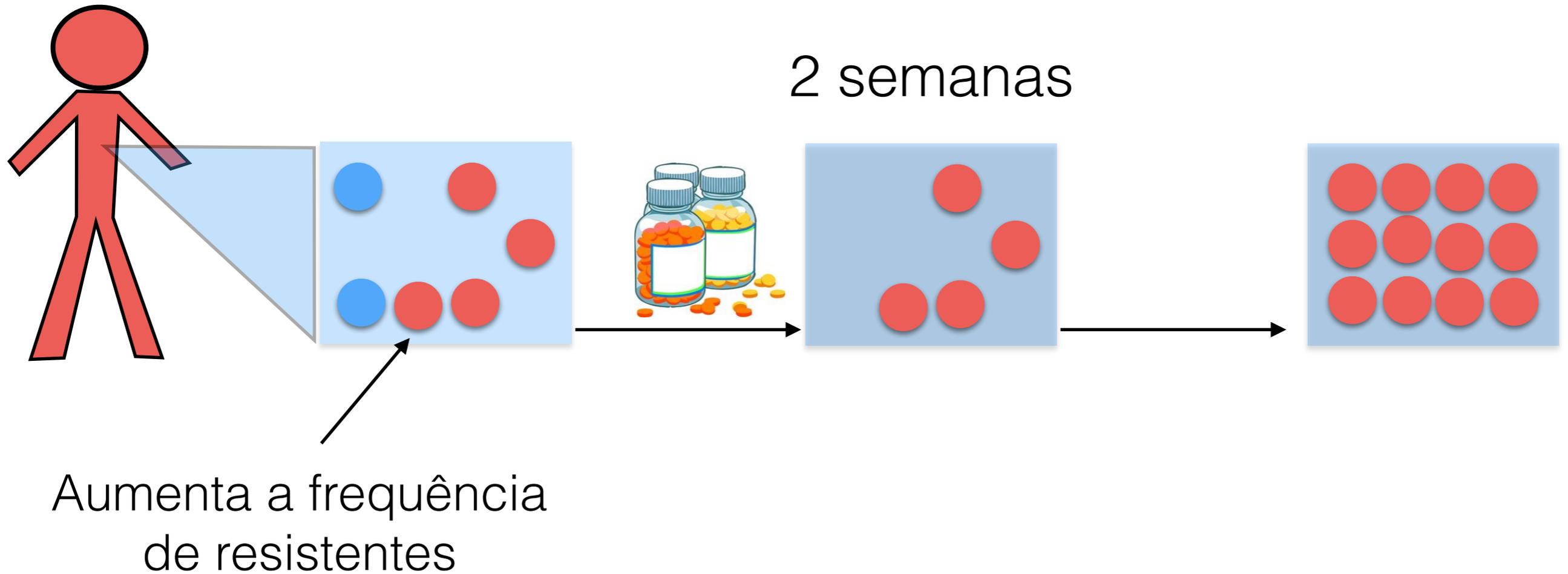
Seleção Natural



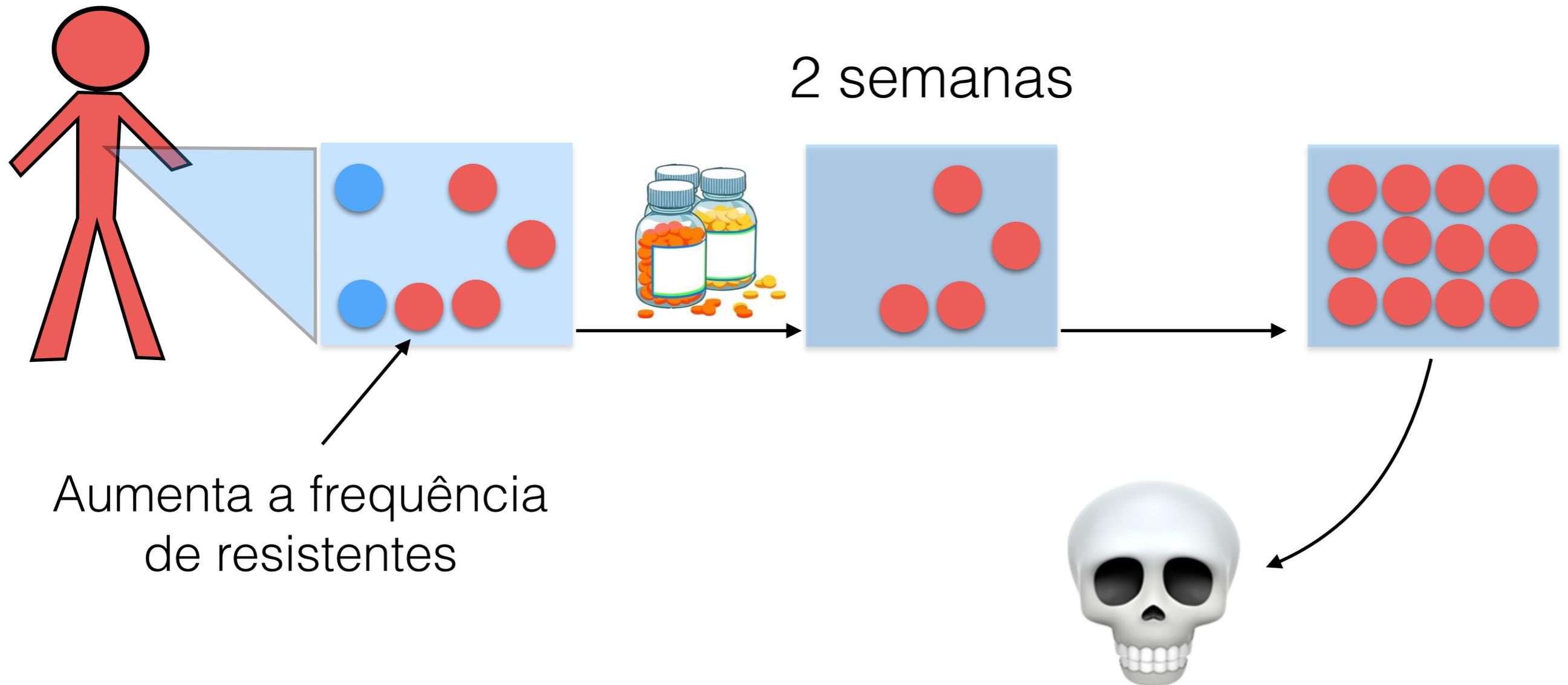
2 semanas

Aumenta a frequência
de resistentes

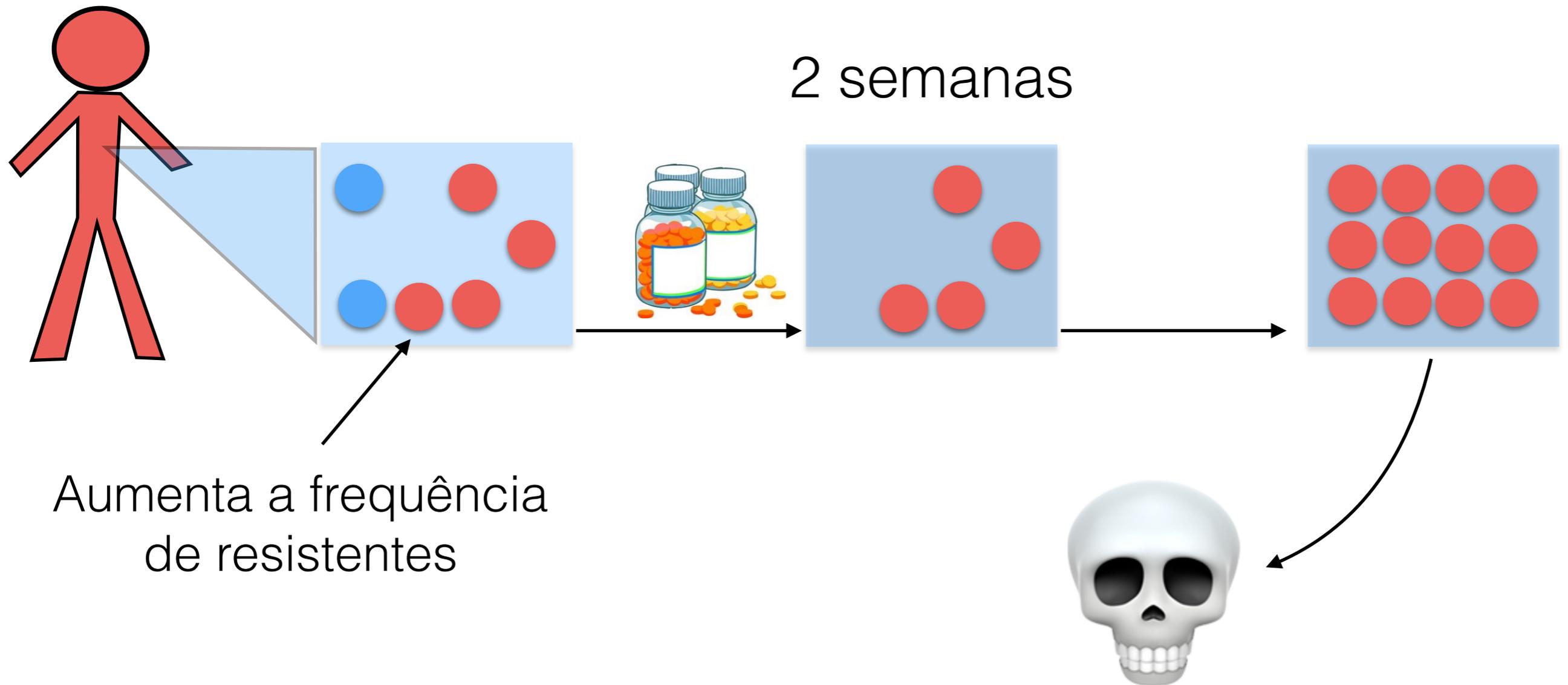
Seleção Natural



Seleção Natural



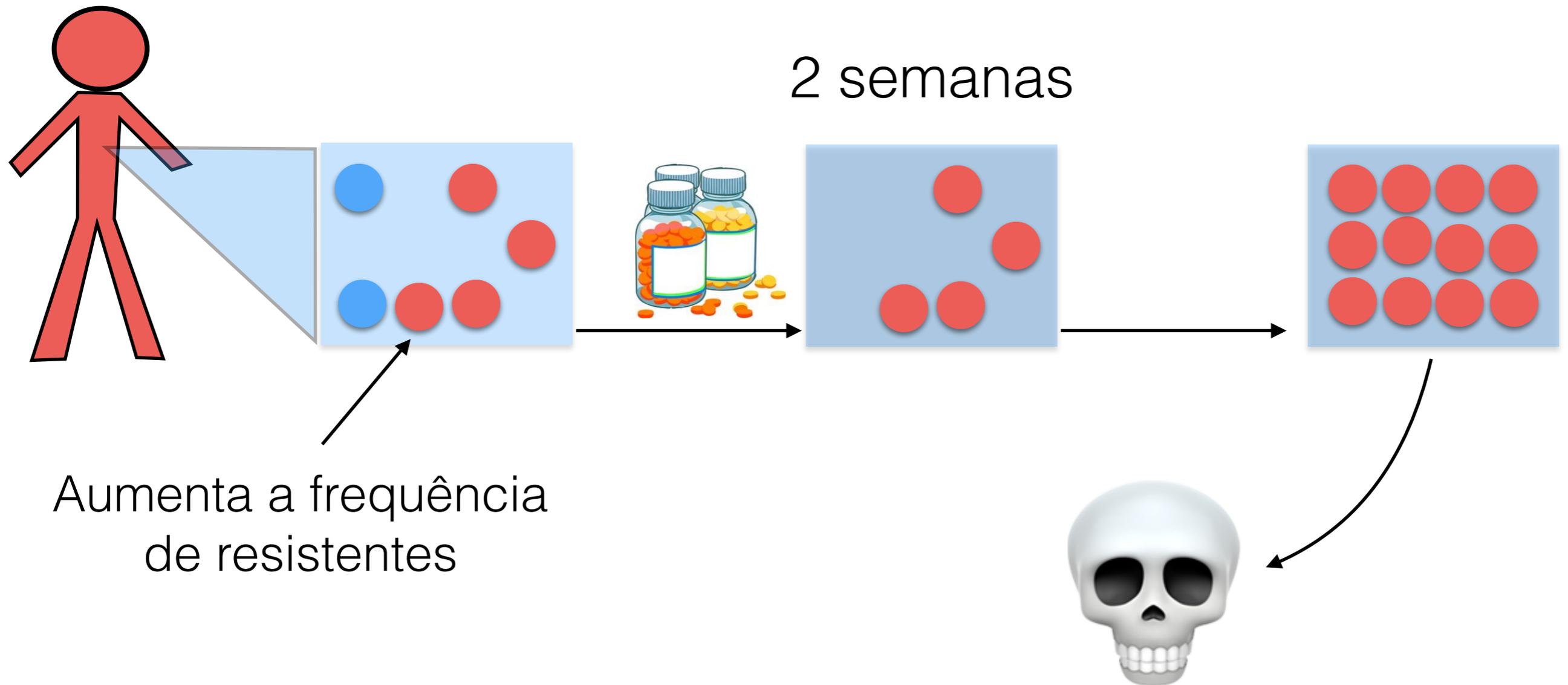
Seleção Natural



Aumenta a frequência de resistentes

1982-86: novos casos 9% de resistência

Seleção Natural



1982-86: novos casos 9% de resistência

1991: novos casos 23% de resistência

Seleção Natural

Processo determinístico

Se nenhum outro processo influenciar, conseguimos prever as mudanças na frequência de um determinado alelo

Fitness: valor adaptativo

O determinante da evolução por seleção natural!

Fitness: valor adaptativo

Fitness absoluto de um indivíduo: número total de prole gerada ao longo de toda vida.

Fitness de um alelo/genótipo/fenótipo: fitness médio dos indivíduos que carregam aquele alelo/genótipo/fenótipo

Fitness: valor adaptativo

Fitness de um alelo/genótipo/fenótipo: fitness médio dos indivíduos que carregam aquele alelo/genótipo/fenótipo

$$W = P_s P_f$$

Fitness = Prob. De sobreviver até maturidade x número esperado médio de prole caso indivíduo sobreviva.

Fitness: valor adaptativo

Fitness de um alelo/genótipo/fenótipo: fitness médio dos indivíduos que carregam aquele alelo/genótipo/fenótipo

A força da seleção natural é dada pela **diferença** de fitness entre diferentes indivíduos!

Um indivíduo que tem dois filhotes tem um fitness alto?

Fitness: valor adaptativo

Fitness de um alelo/genótipo/fenótipo: fitness médio dos indivíduos que carregam aquele alelo/genótipo/fenótipo

A força da seleção natural é dada pela **diferença** de fitness entre diferentes indivíduos!

Depende de quantos filhotes o resto da população tem!

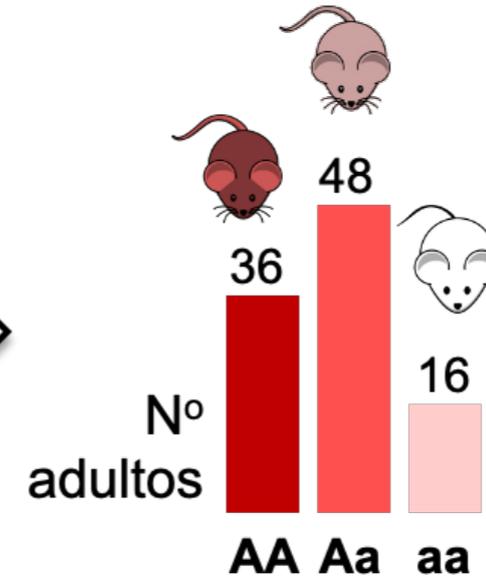
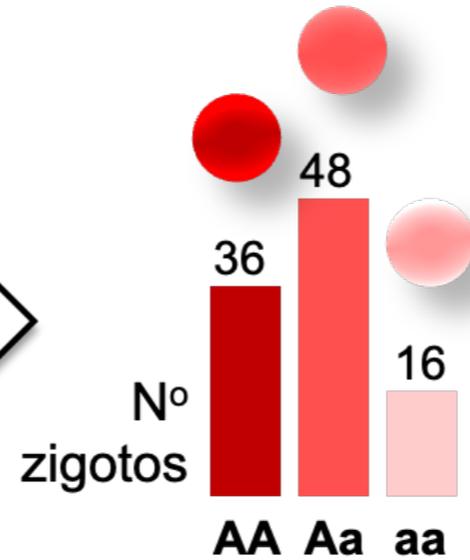
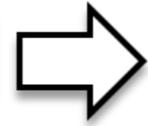
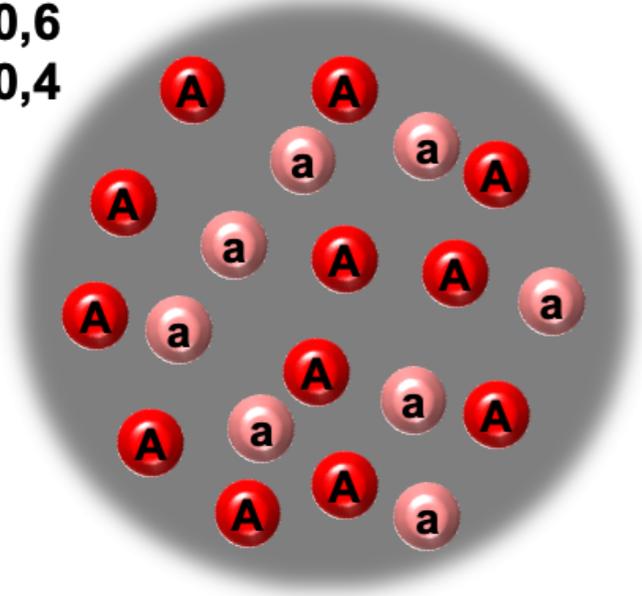
Fitness: valor adaptativo

Fitness relativo:

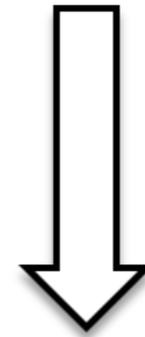
Relativo a média populacional ou ao maior fitness

Seleção

Freq. de alelos na população:
 $p = 0,6$
 $q = 0,4$



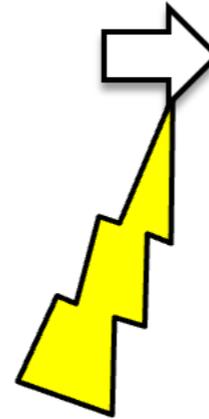
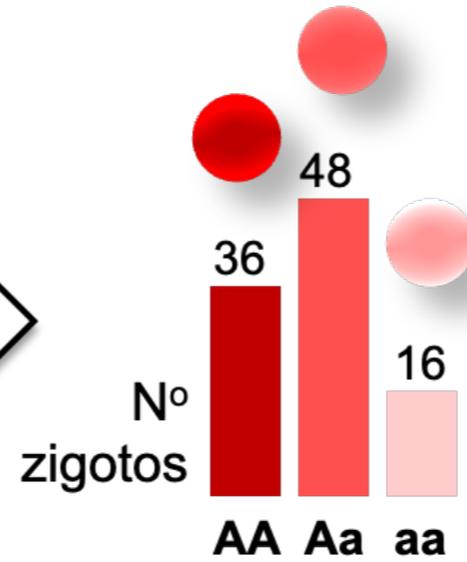
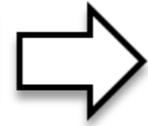
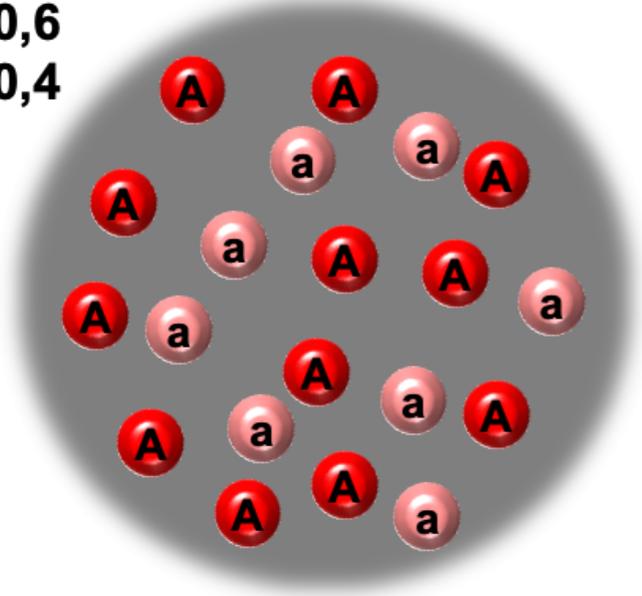
H-W



Freq. de alelos na geração seguinte:
 $p' = p = 0,6$
 $q' = q = 0,4$

Seleção

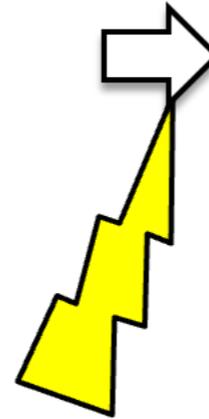
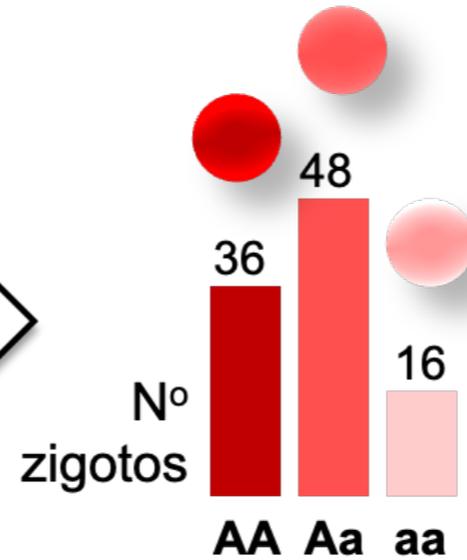
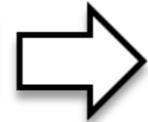
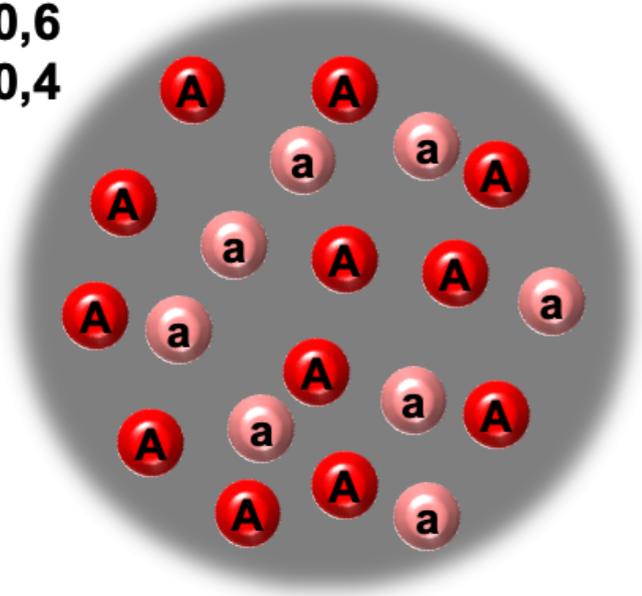
Freq. de alelos na população:
 $p = 0,6$
 $q = 0,4$



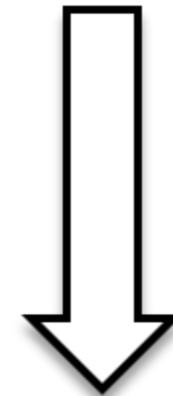
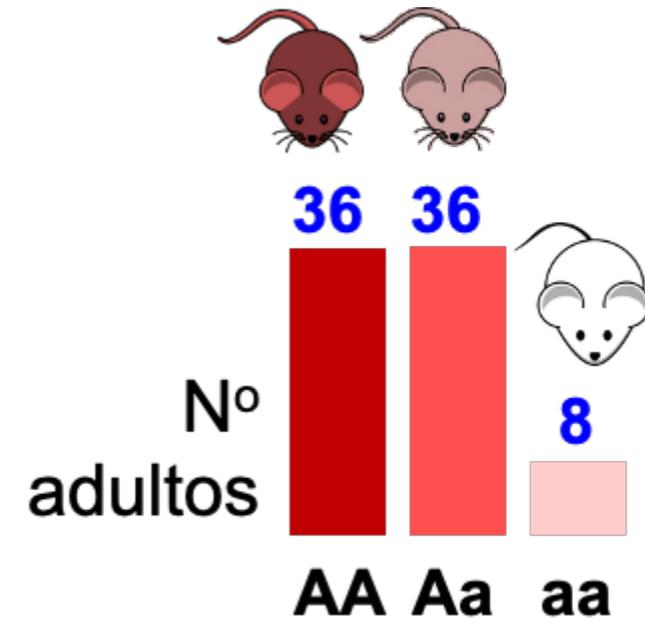
**SELEÇÃO: 25% dos Aa morrem
50% dos aa morrem**

Seleção

Freq. de alelos na população:
 $p = 0,6$
 $q = 0,4$



**SELEÇÃO: 25% dos Aa morrem
50% dos aa morrem**



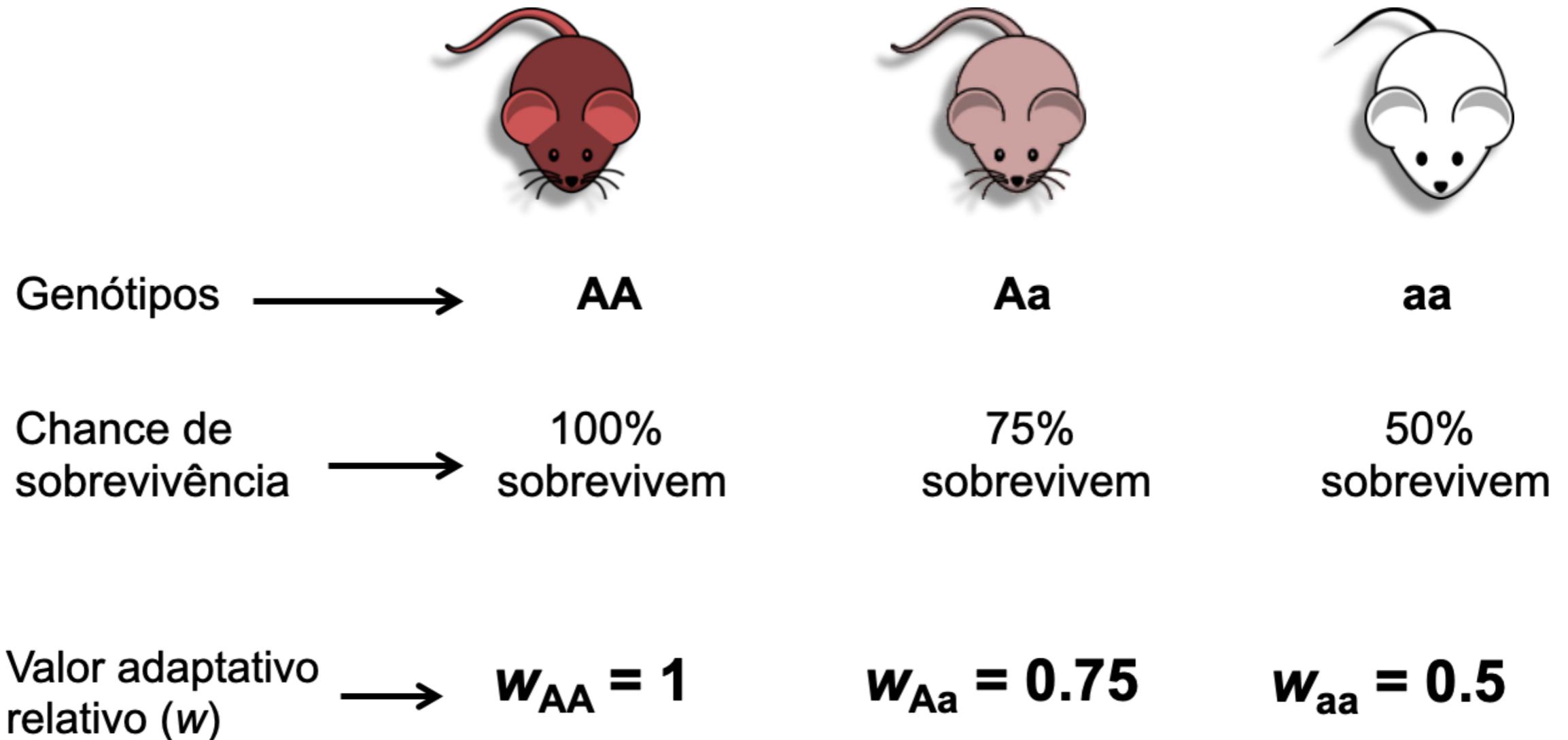
Freq. de alelos na geração seguinte:

$p' = 0,675$

$q' = 0,325$

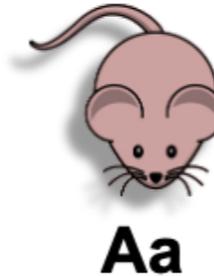
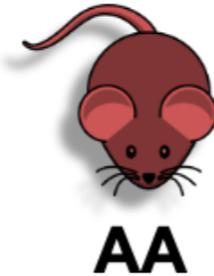
Seleção

Formalizando o modelo:



Seleção

Formalizando o modelo:



Frequência esperada dos genótipos no equil. de H-W:

$$p^2$$

$$2pq$$

$$q^2$$

Contribuição proporcional dos genótipos **após seleção**:

$$w_{AA} \times p^2$$

$$w_{Aa} \times 2pq$$

$$w_{aa} \times q^2$$

Frequência relativa dos genótipos **após seleção**:

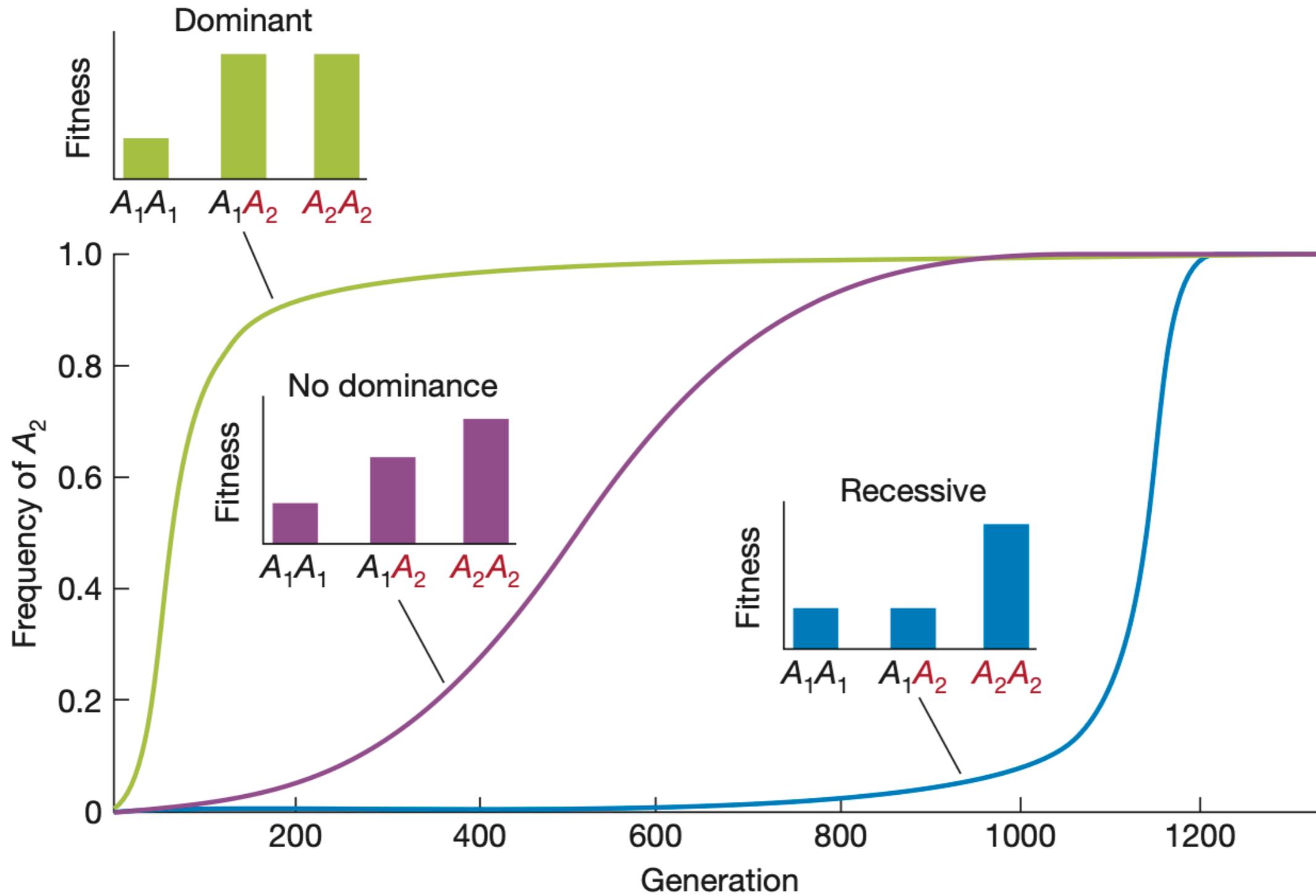
$$\frac{w_{AA} \times p^2}{\bar{w}}$$

$$\frac{w_{Aa} \times 2pq}{\bar{w}}$$

$$\frac{w_{aa} \times q^2}{\bar{w}}$$

$$\bar{w} = p^2 w_{AA} + 2pq w_{Aa} + q^2 w_{aa}$$

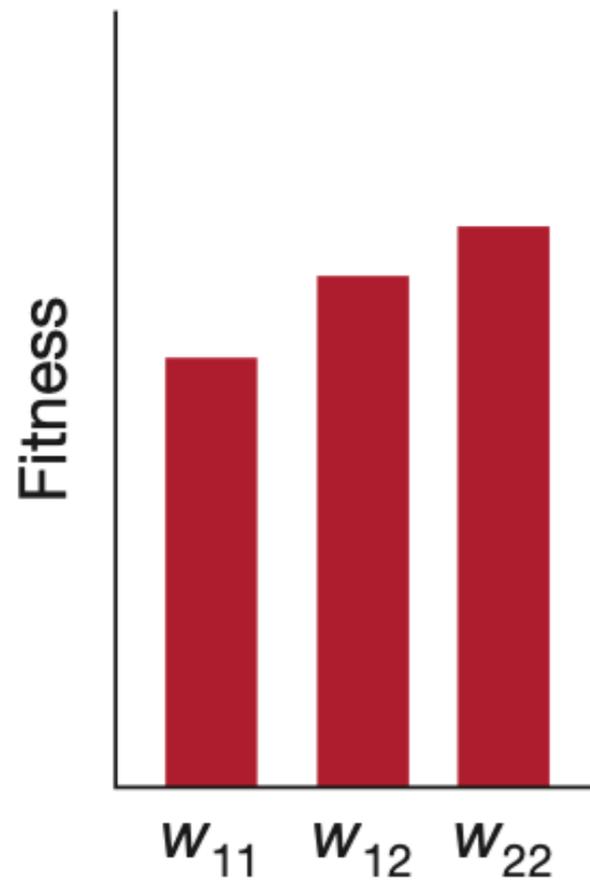
Dominância influencia a taxa de evolução:



O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

Seleção positiva

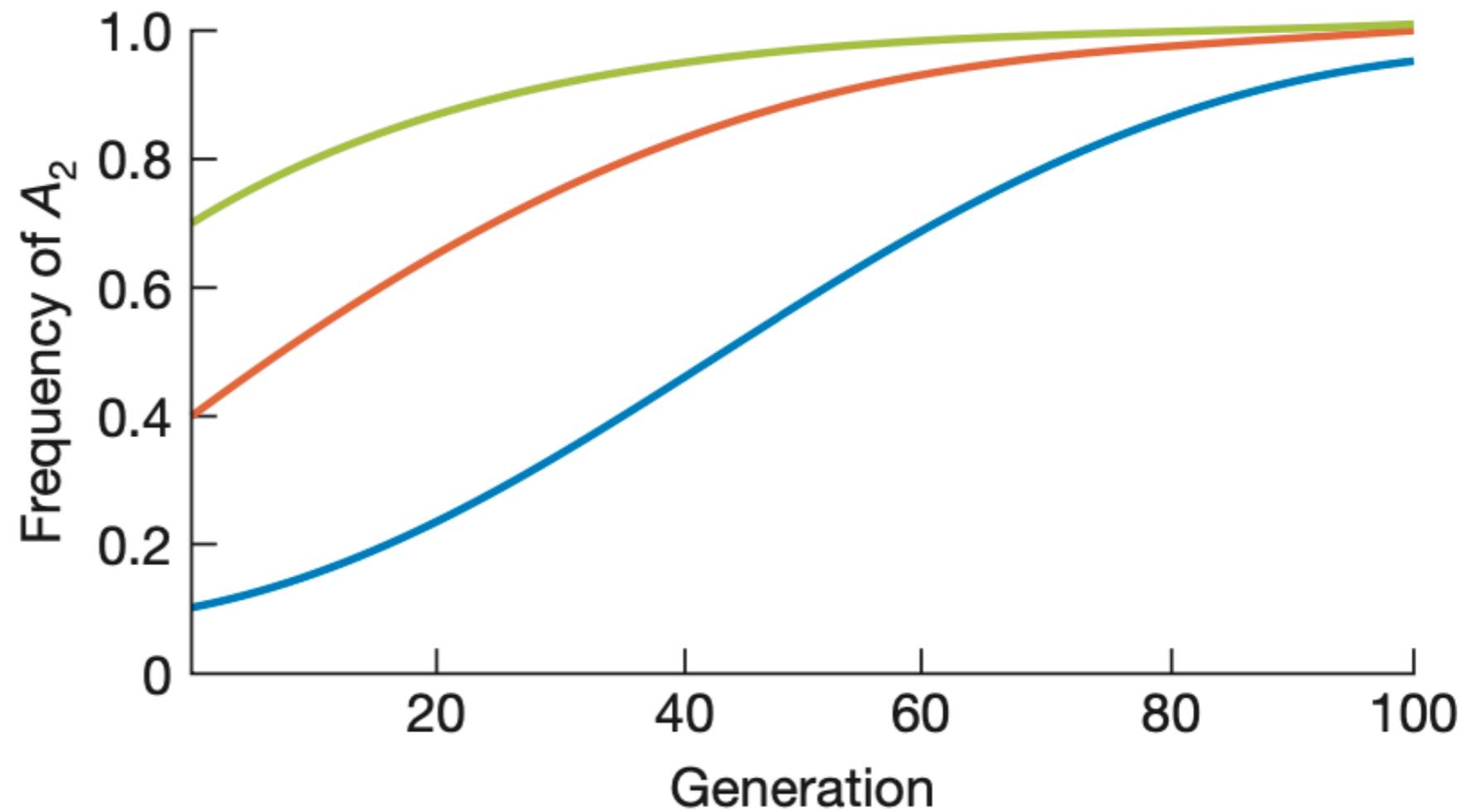
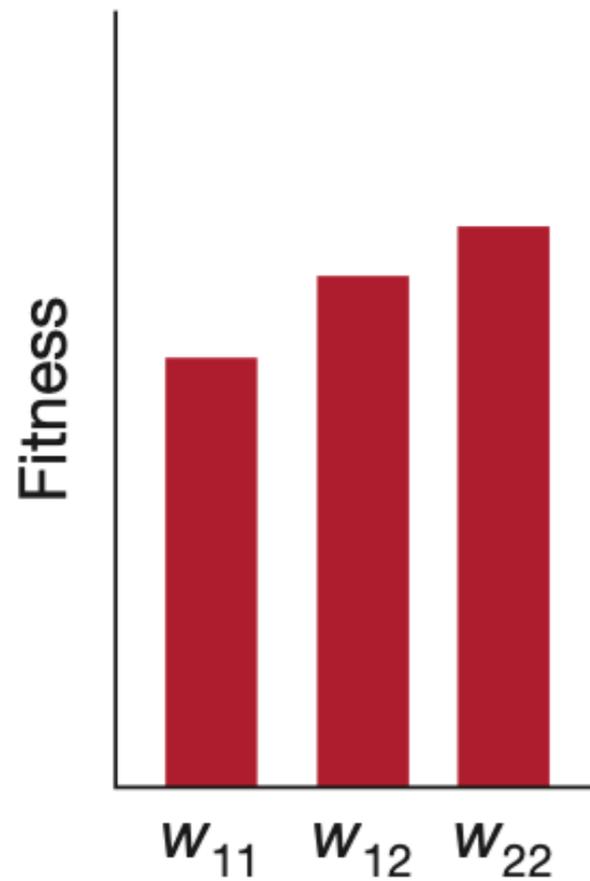
(A) Positive



O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

Seleção positiva

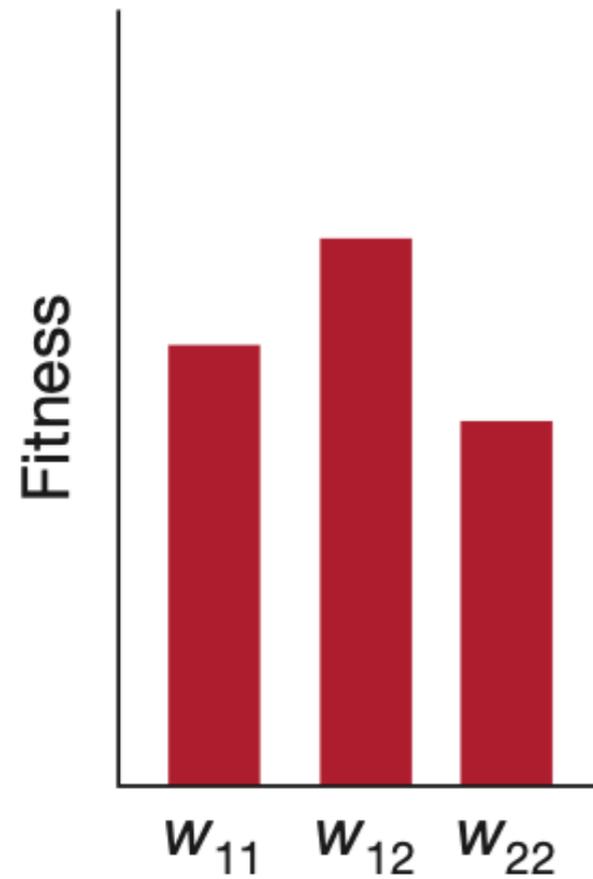
(A) Positive



O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

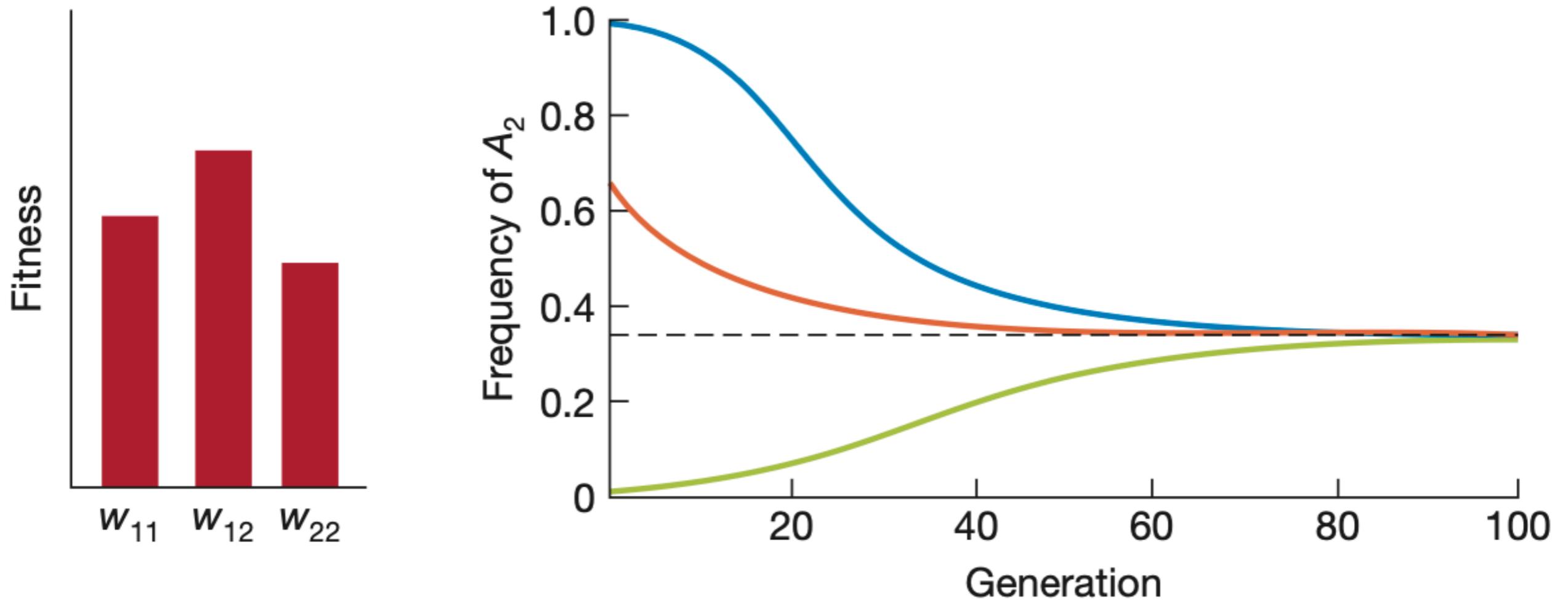
Vantagem do heterozigoto

(B) Overdominance



O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

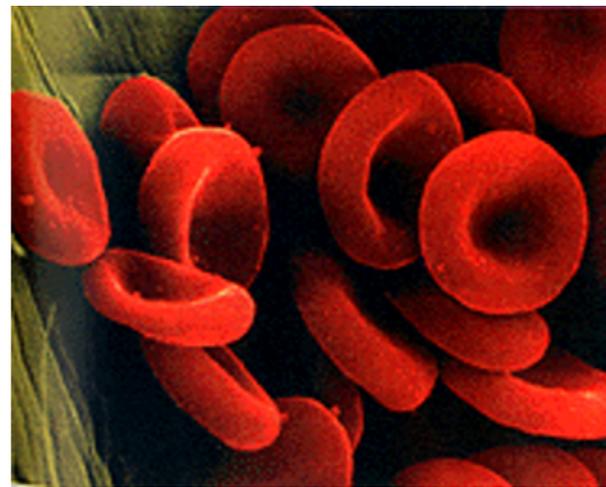
Vantagem do heterozigoto



Vantagem do heterozigoto

Anemia falciforme

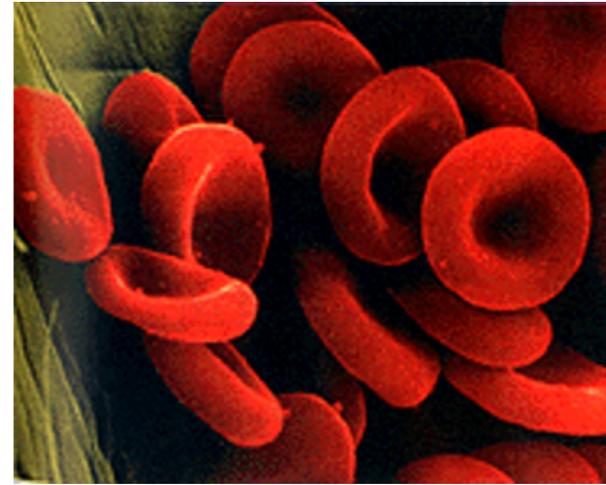
AA : indivíduos normais
AS: anemia moderada
SS: anemia grave



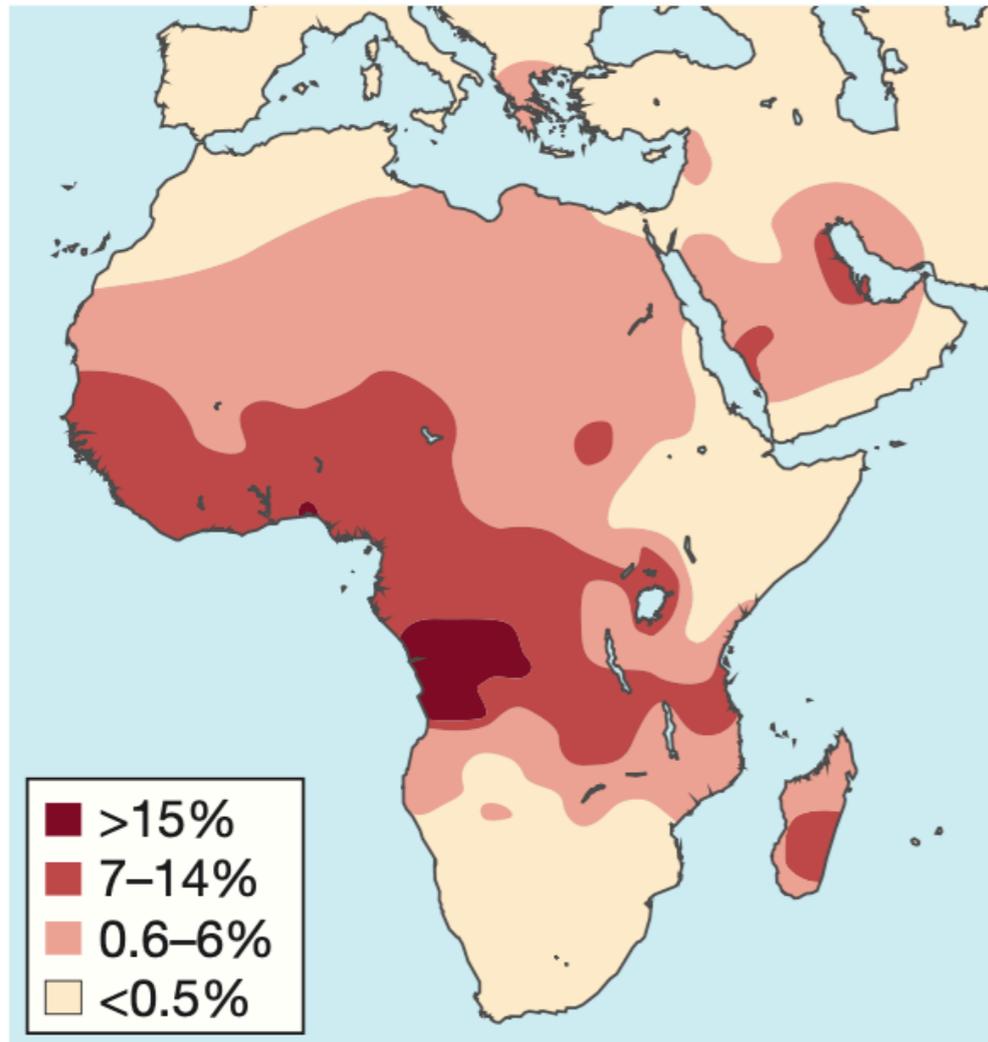
No entanto, indivíduos AS tem uma maior chance de sobreviver a infecções por malária!!

Vantagem do heterozigoto

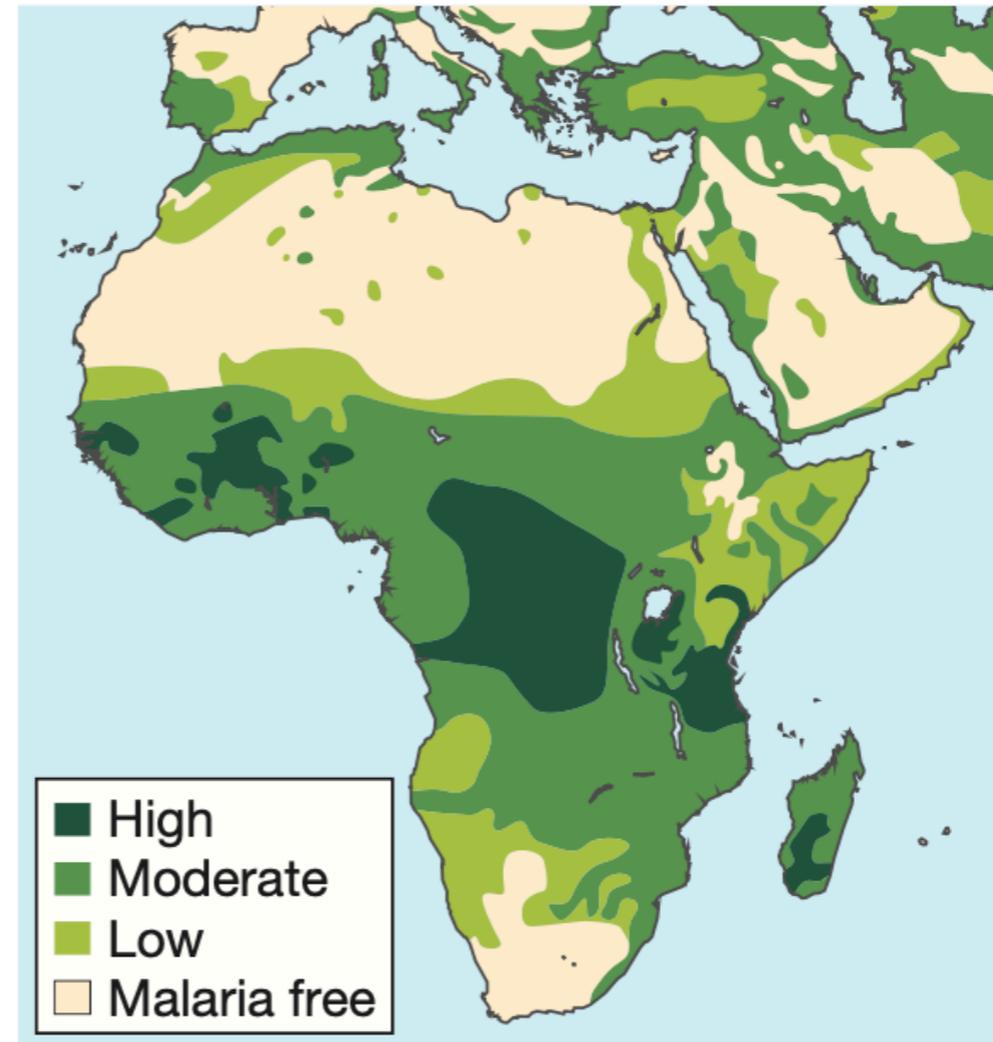
Anemia falciforme



(A) Frequency of S allele

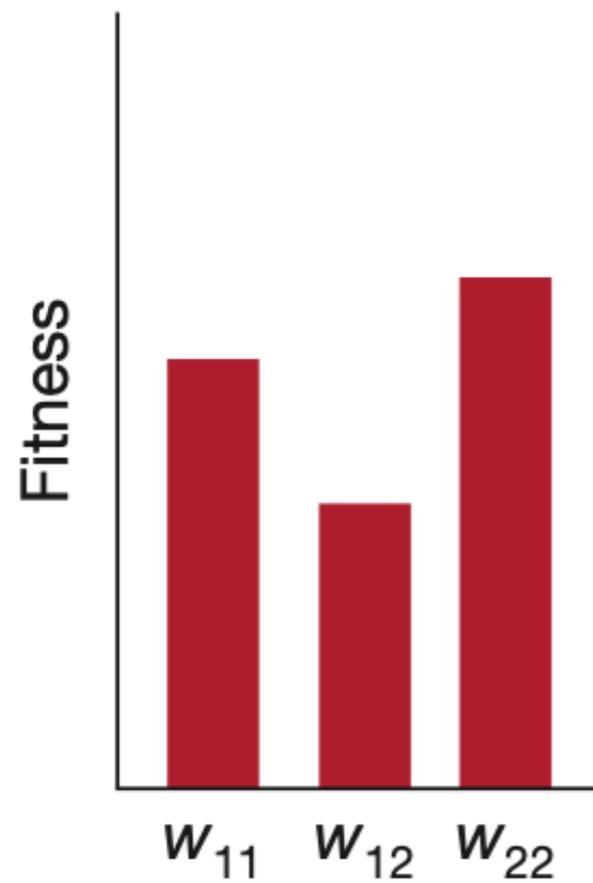


(B) Incidence of malaria



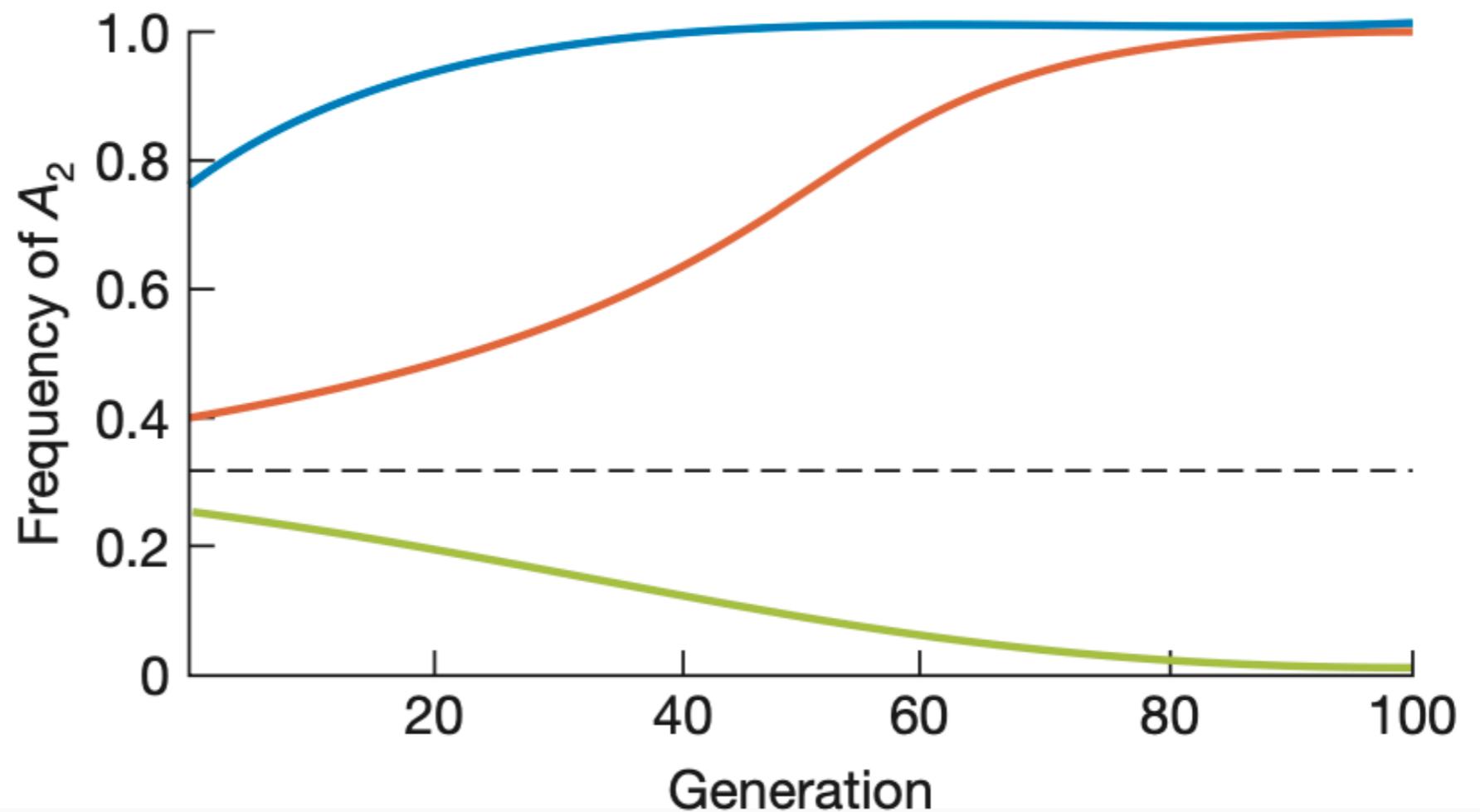
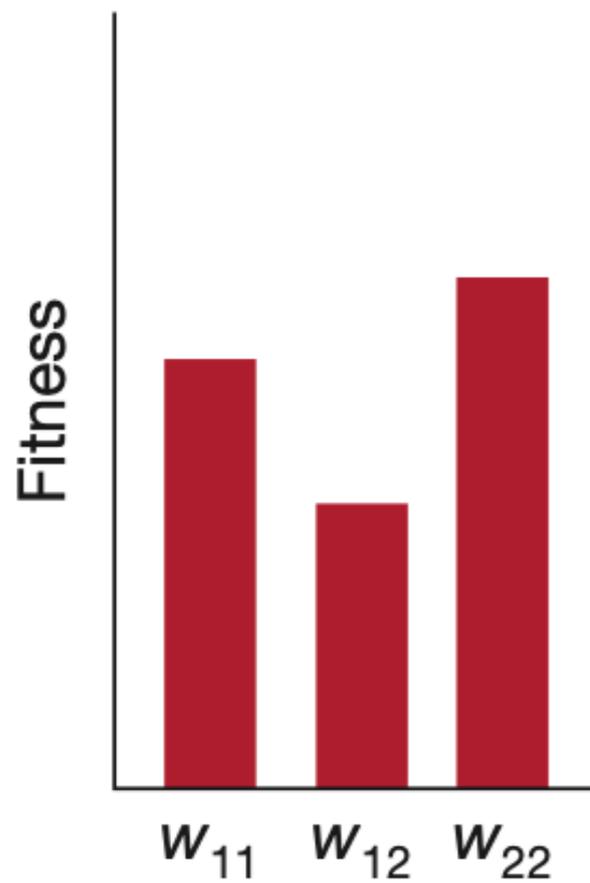
O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

Desvantagem do heterozigoto



O genótipo com maior fitness influencia qual alelo se espalha na população:

Desvantagem do heterozigoto



Modos de seleção natural (fenótipo)

Caracteres complexos

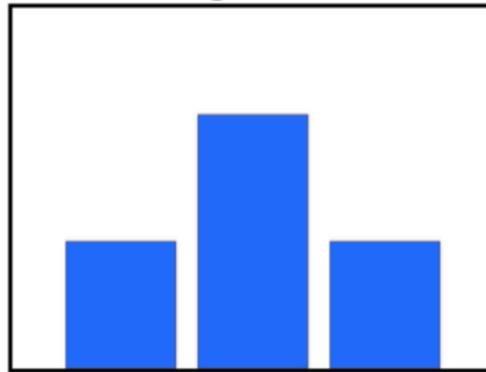


Modos de seleção natural (fenótipo)

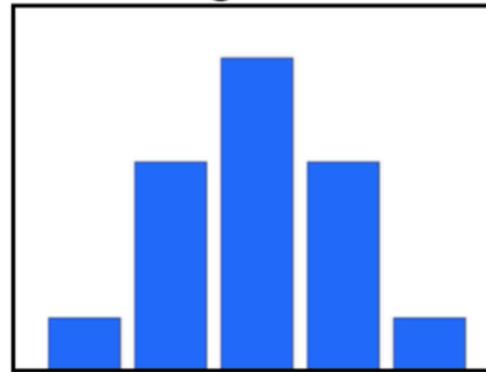
Genética quantitativa

Estudo da herança de características
complexas

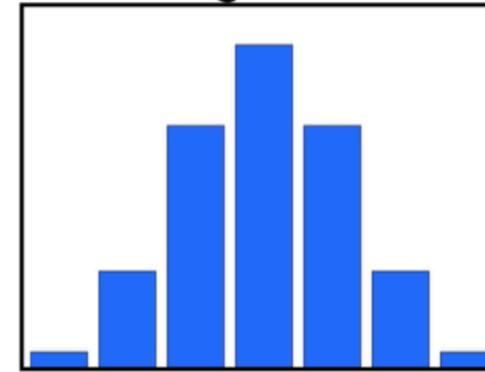
1 gene



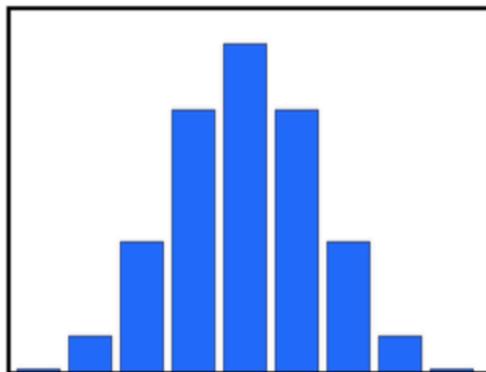
2 genes



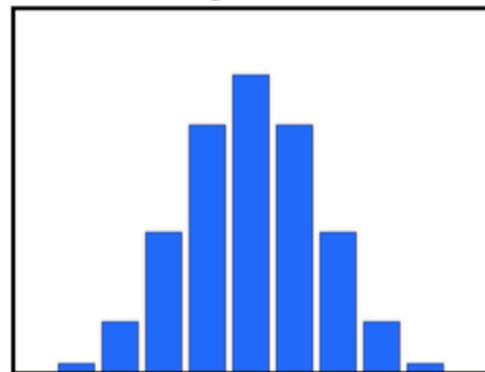
3 genes



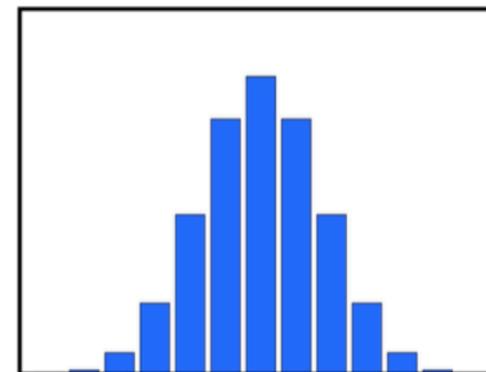
4 genes



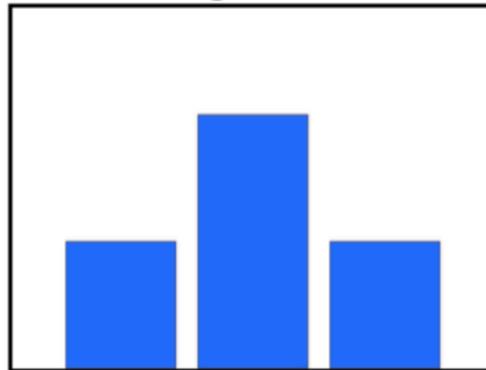
5 genes



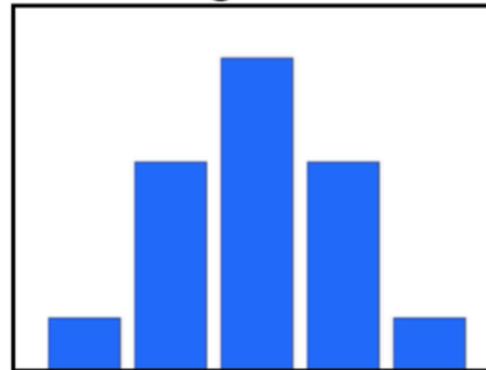
6 genes



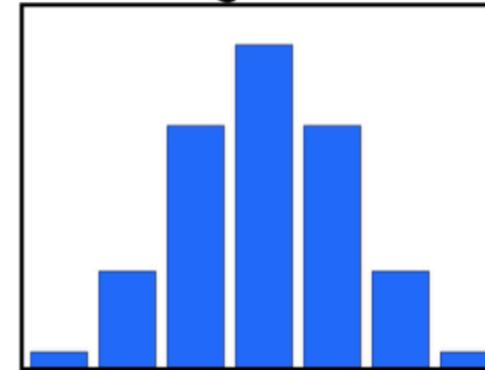
1 gene



2 genes



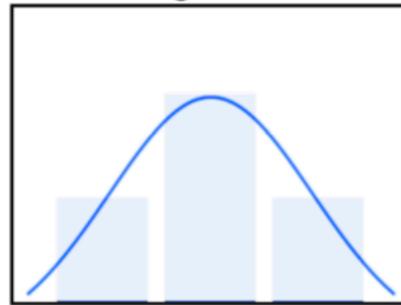
3 genes



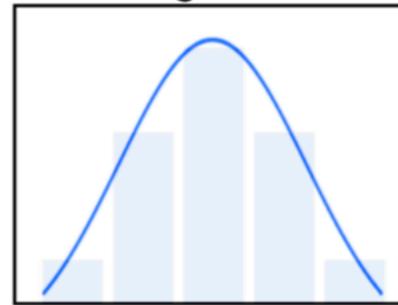
Caracteres contínuos estão sujeitos as mesmas leis de Mendel, no entanto com muitos genes influenciando a expressão fenotípica do caráter



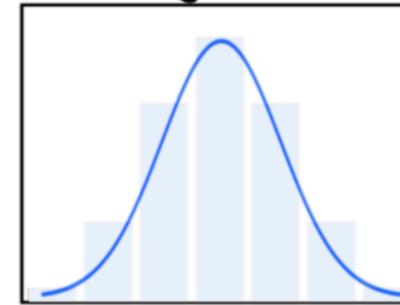
1 gene



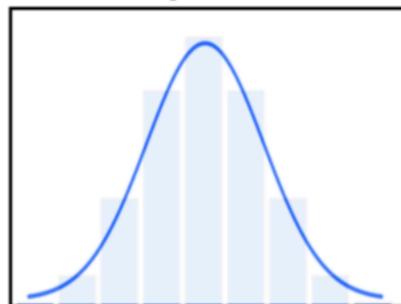
2 genes



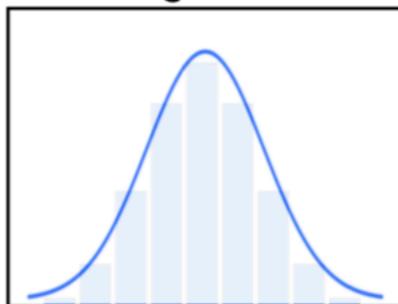
3 genes



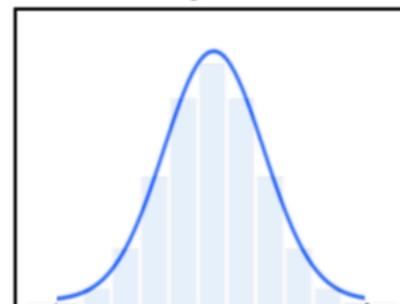
4 genes



5 genes



6 genes



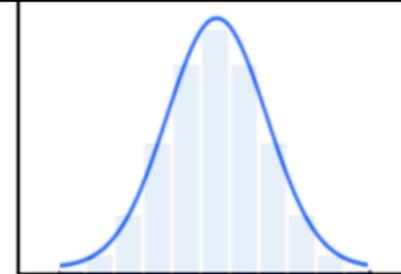
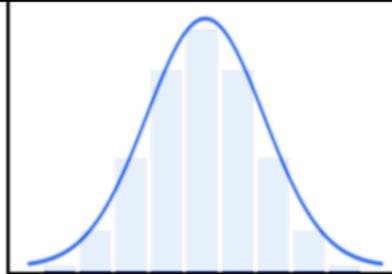
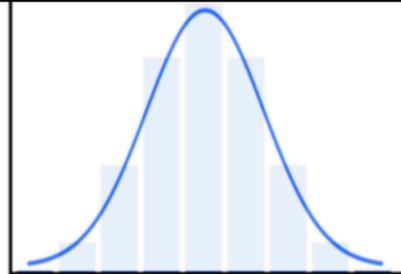
1 gene

2 genes

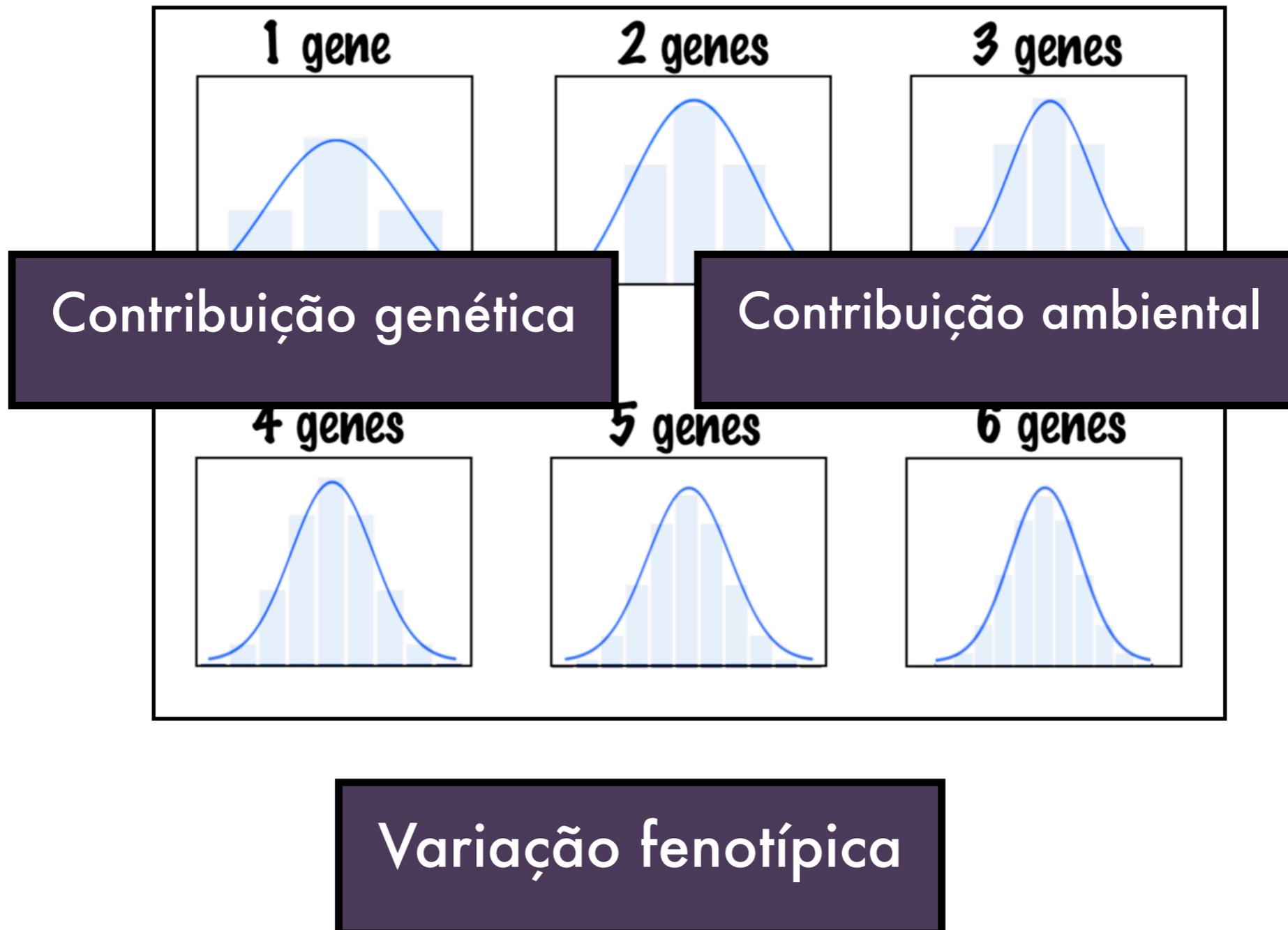
3 genes



Variação fenotípica = Variação ambiental + variação genética



Herança quantitativa



Genética quantitativa

- Ferramentas para se medir variação herdável
- Ferramentas para prever a resposta à seleção



Herdabilidade pode nos ajudar a prever a resposta evolutiva

equação do criador ou equação de resposta a seleção

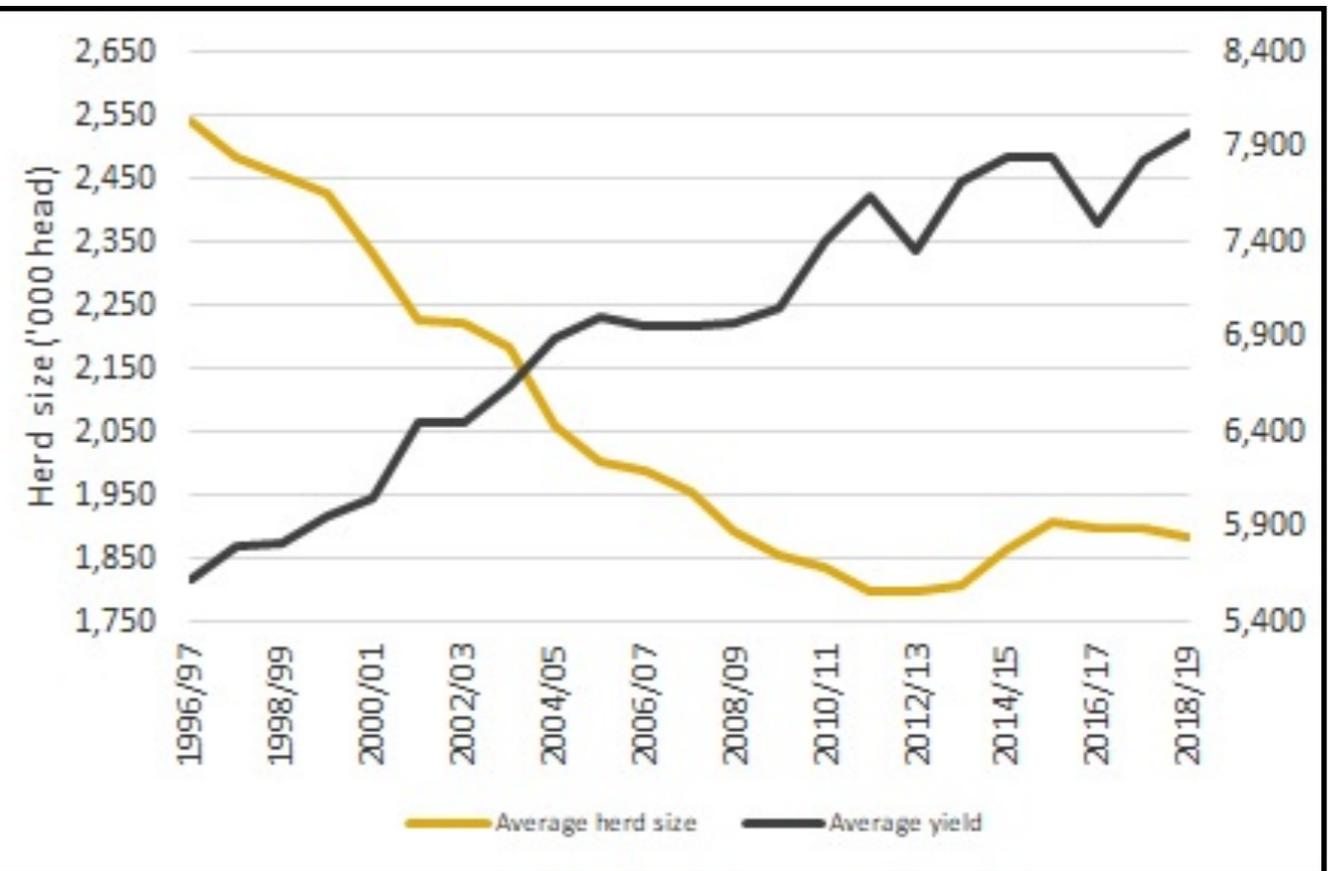
$$R = h^2 S$$

Resposta evolutiva

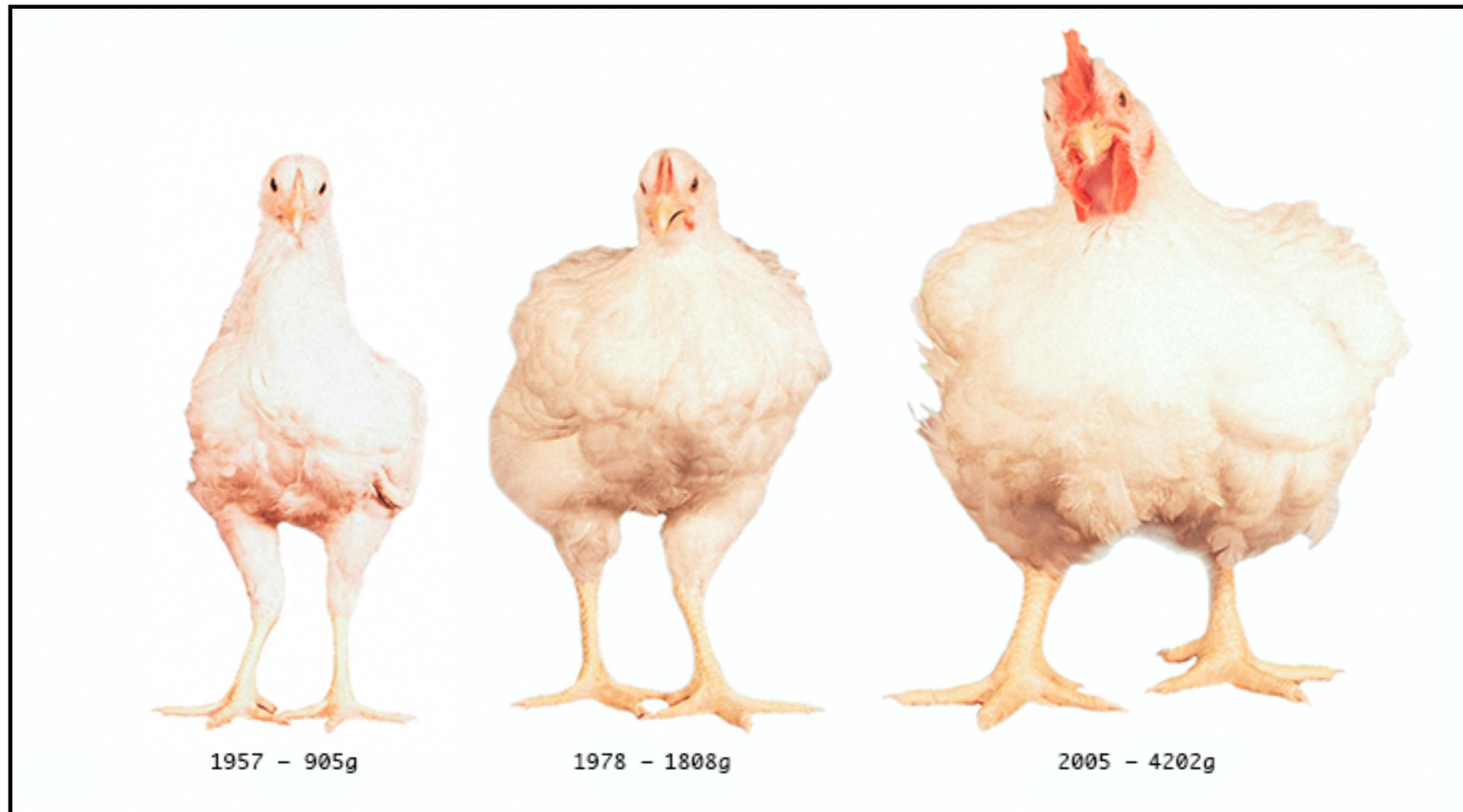
Diferencial de seleção

herdabilidade

Herdabilidade pode nos ajudar a prever a resposta evolutiva



Herdabilidade pode nos ajudar a prever a resposta evolutiva



Herdabilidade pode nos ajudar a prever a resposta evolutiva

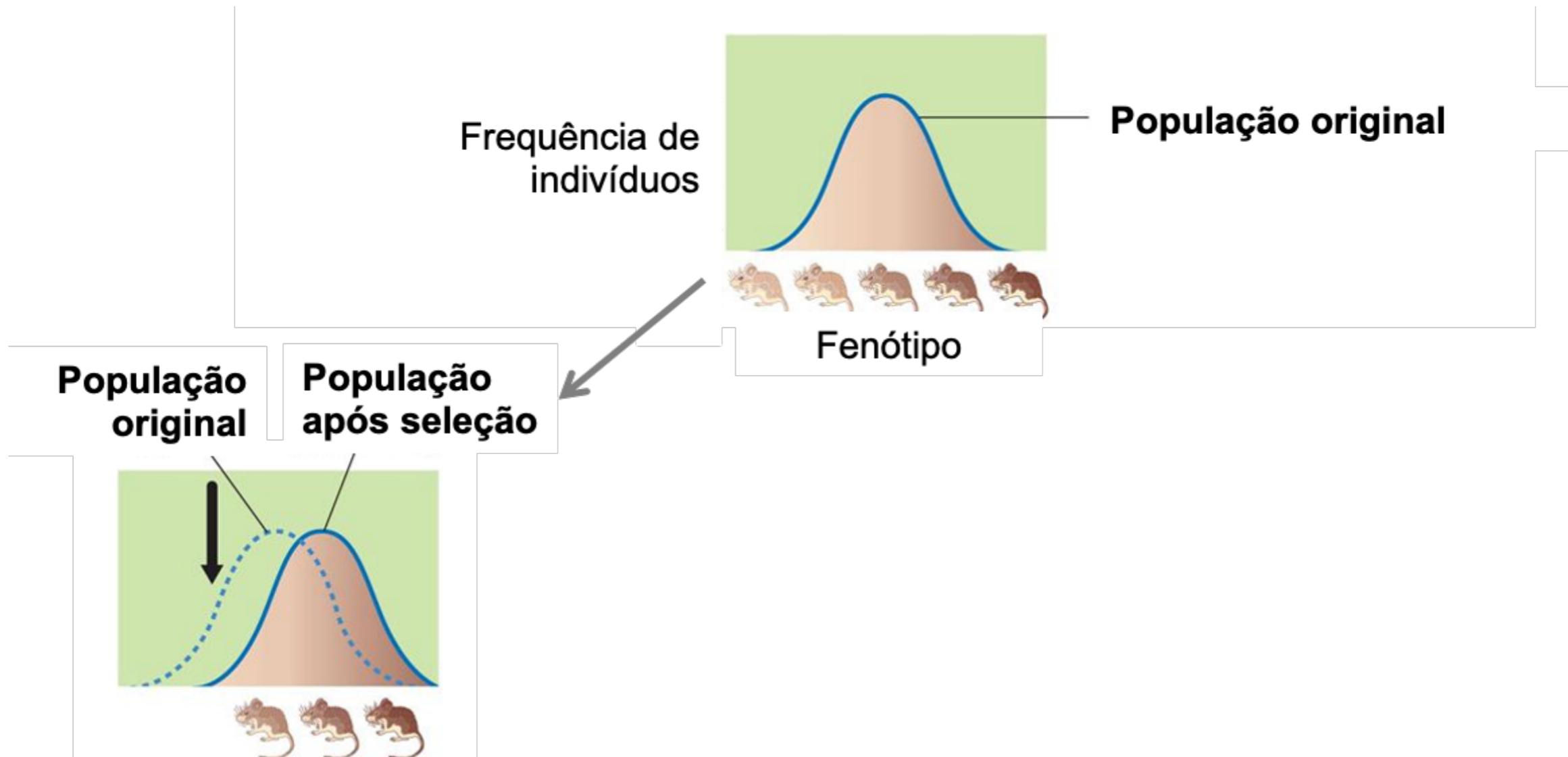


**Herdabilidade pode nos ajudar
a prever a resposta evolutiva**

**Estimar resposta à seleção em
populações naturais!!**

Modos de seleção natural (fenótipo)

Seleção direcional: um fenótipo extremo é favorecido



Peter e Rosemary Grant

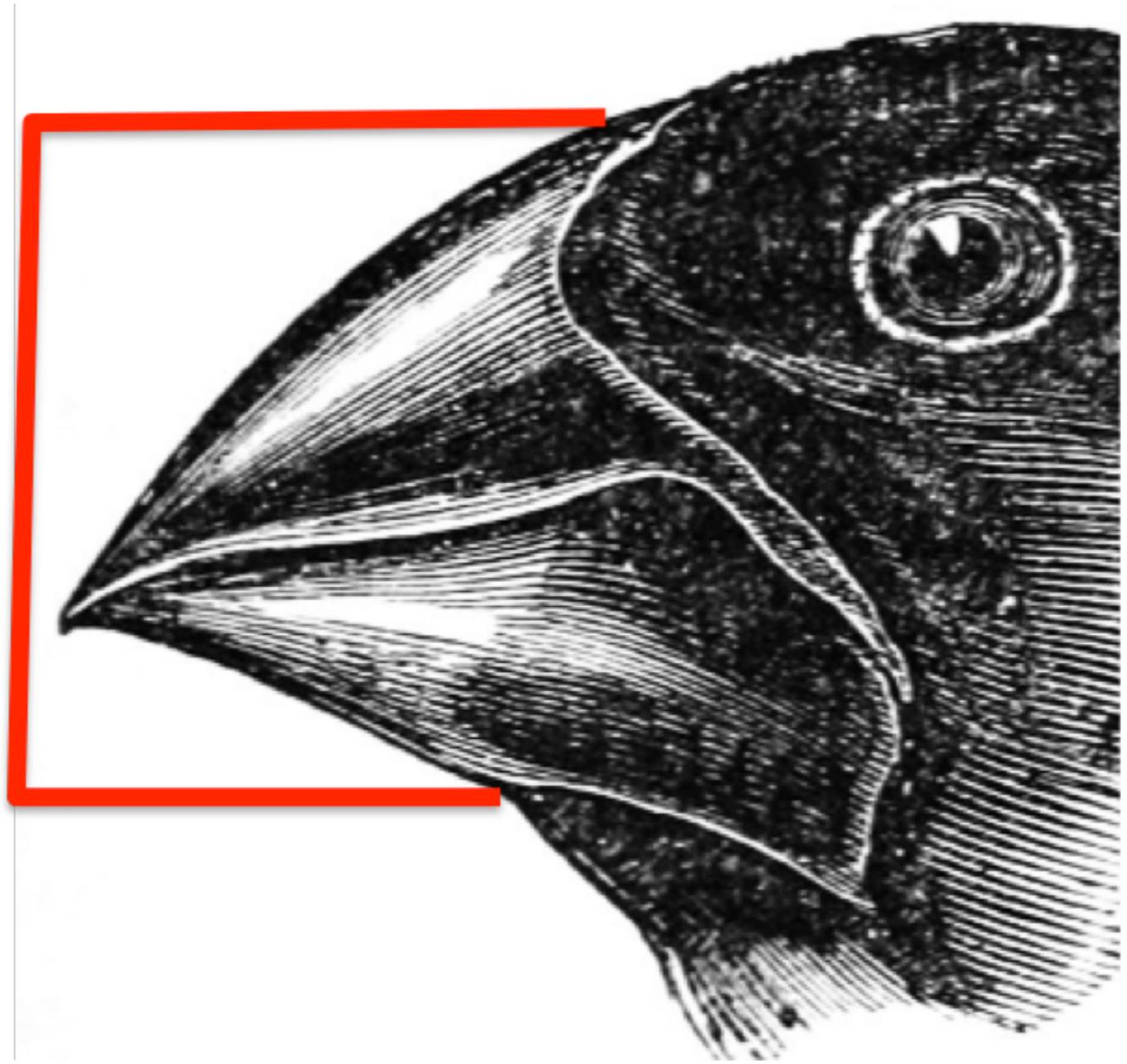




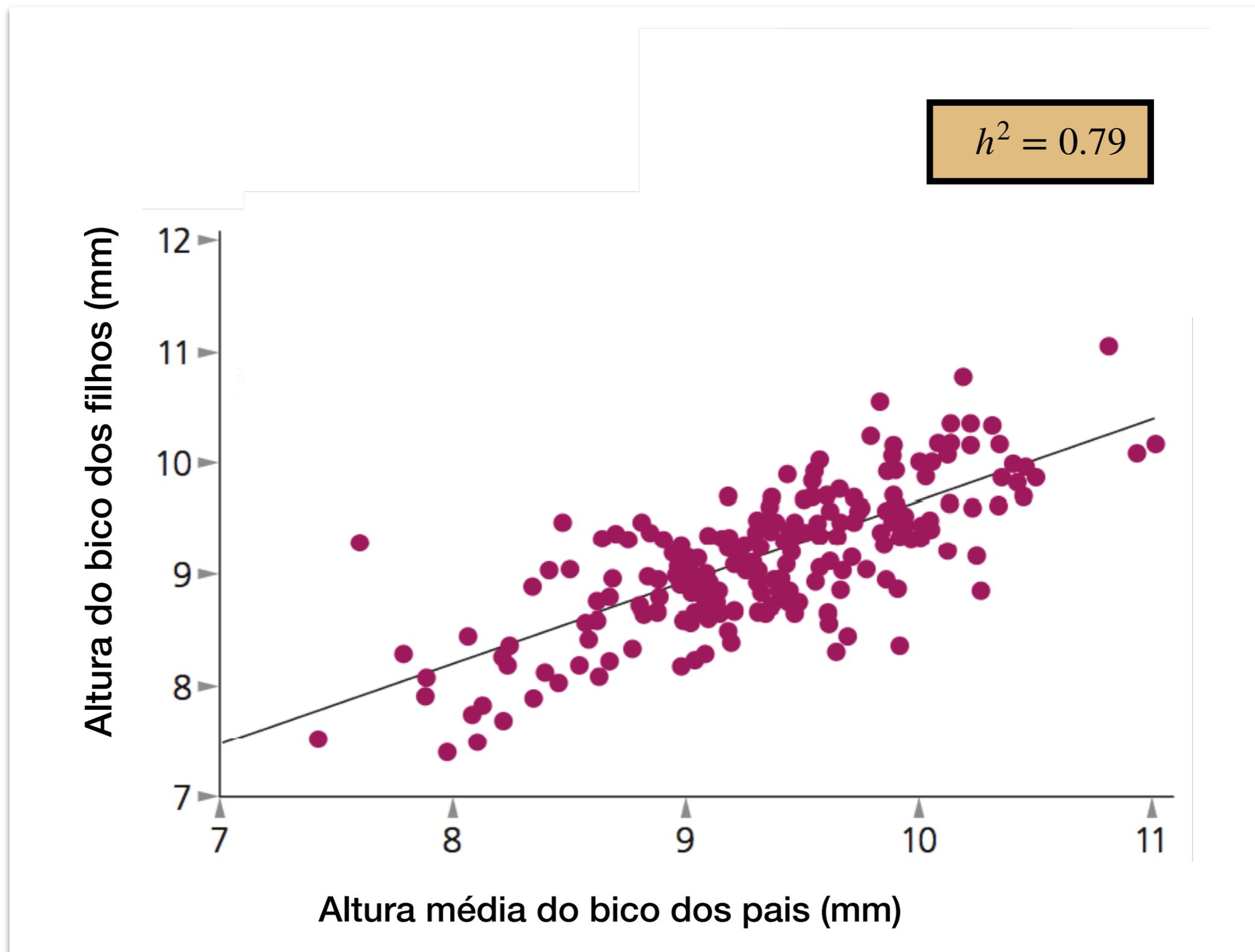
Geospiza fortis



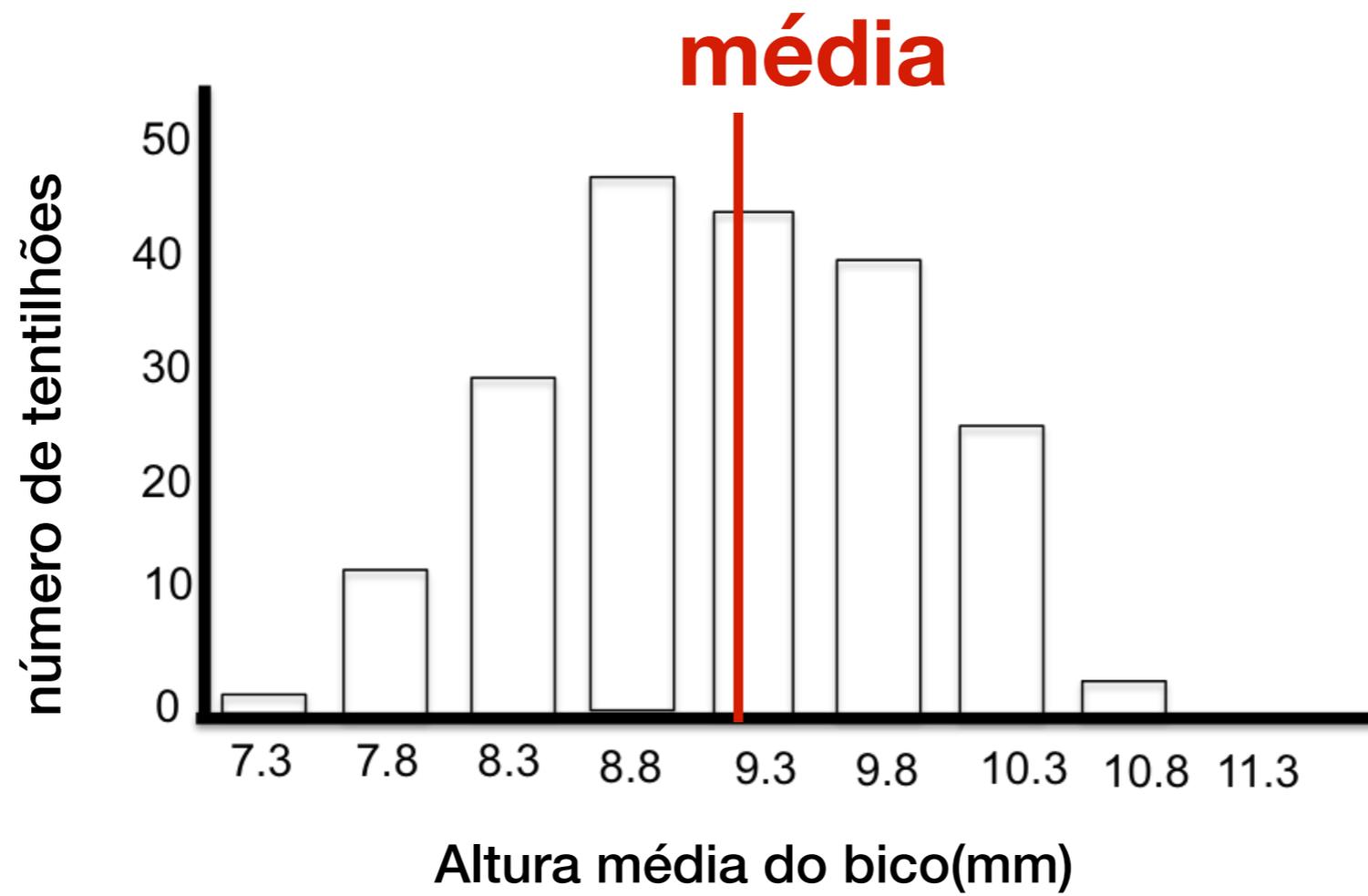
Daphne Major

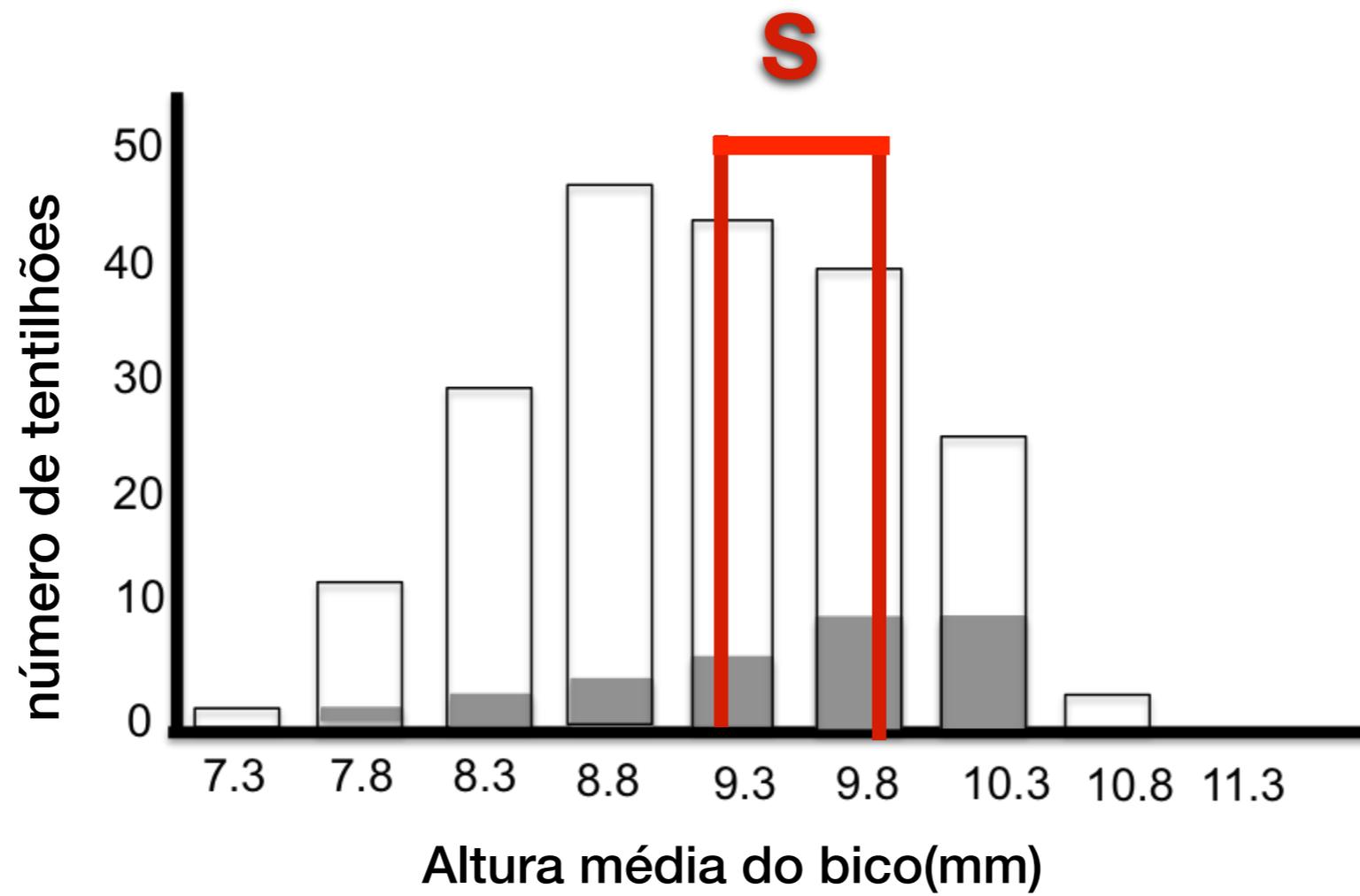


A variação é herdável

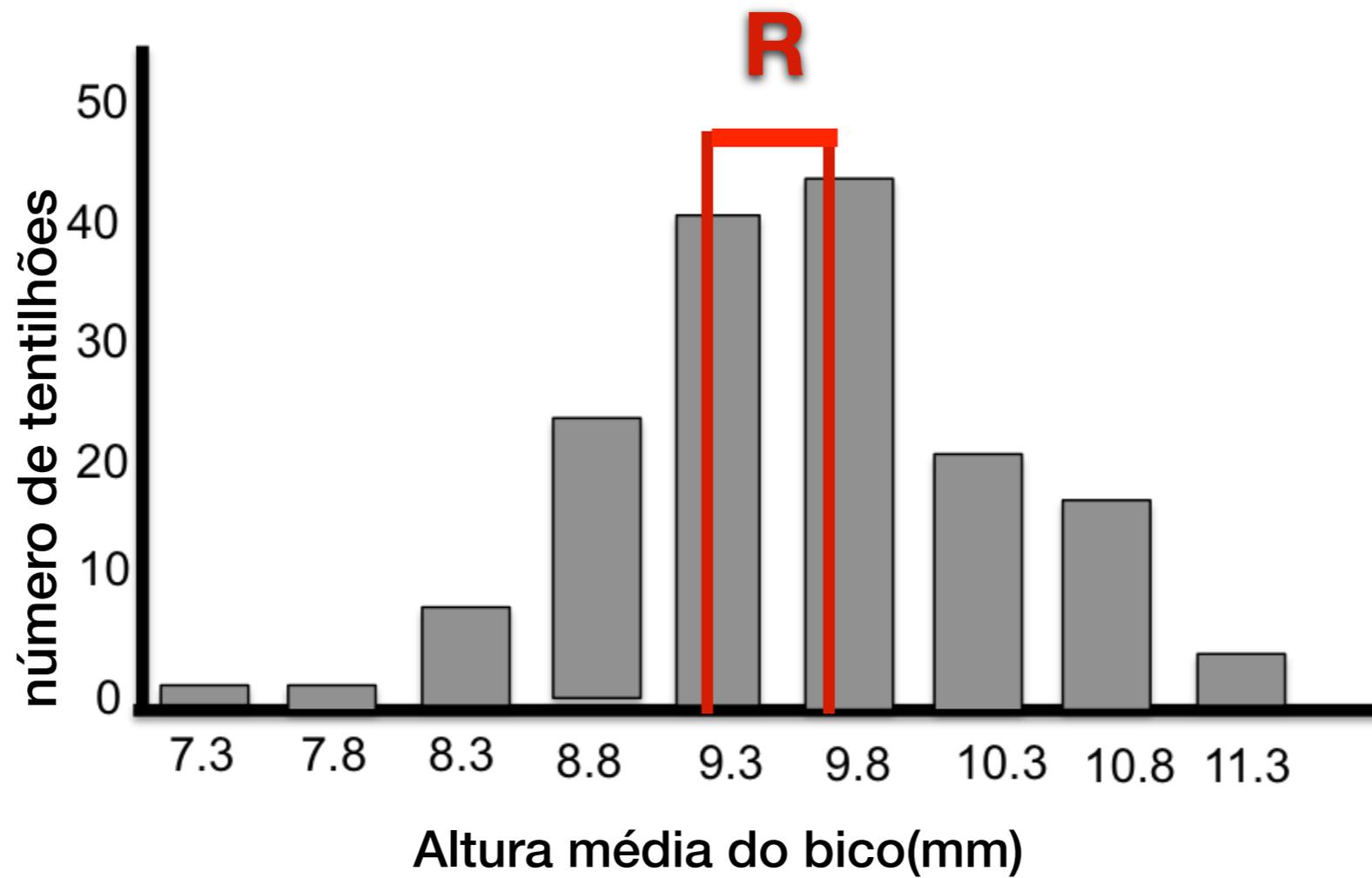


Em 1976





$$\bar{X}_P = 9.2; \bar{X}_S = 9.9$$



$$R = h^2 S$$

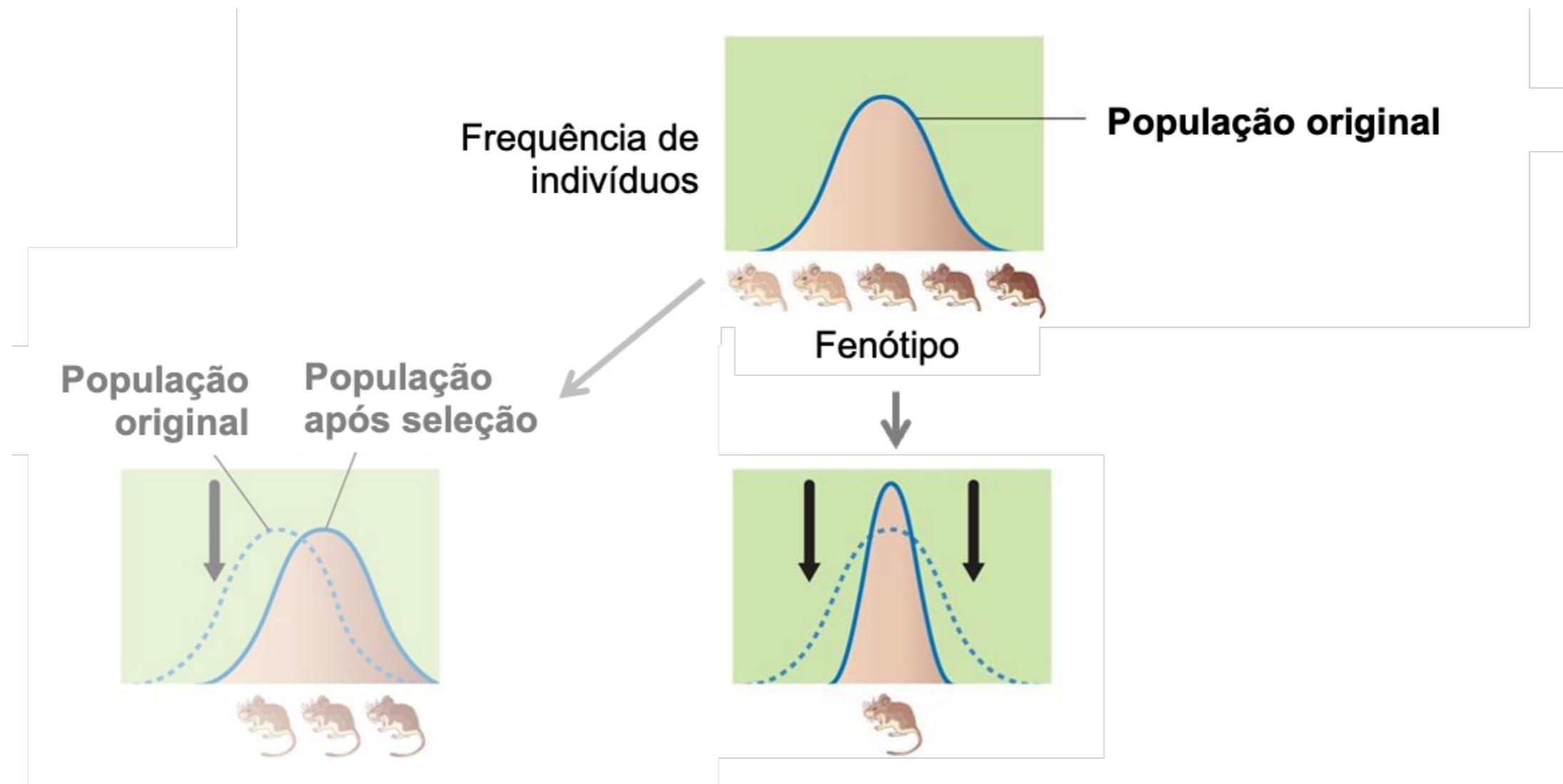
$$S = 0.7$$

$$R = 0.553$$

$$h^2 = 0.79$$

Modos de seleção natural (fenótipo)

Seleção estabilizadora: fenótipo intermediário é favorecido

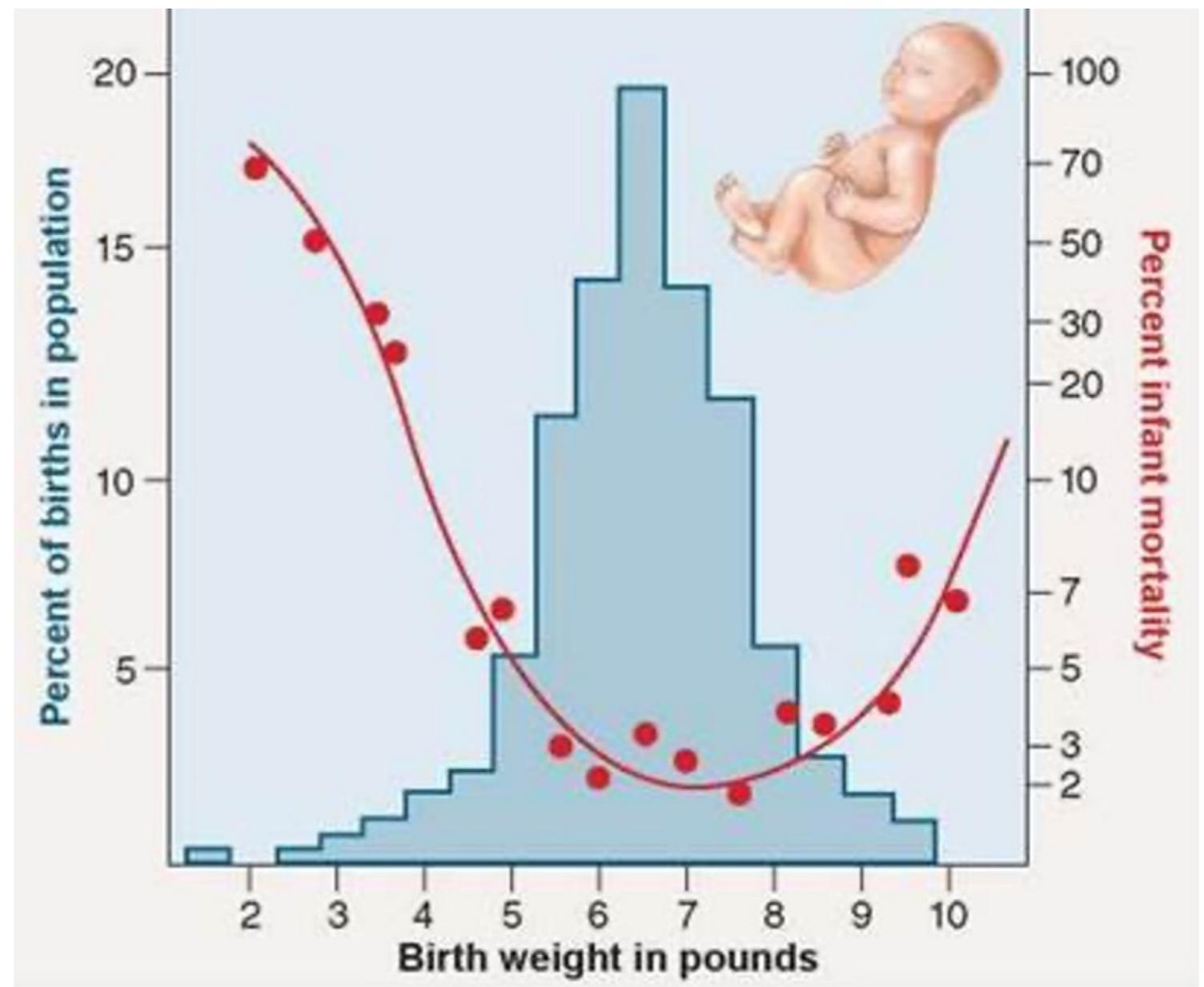


Modos de seleção natural (fenótipo)

Seleção estabilizadora: fenótipo intermediário é favorecido

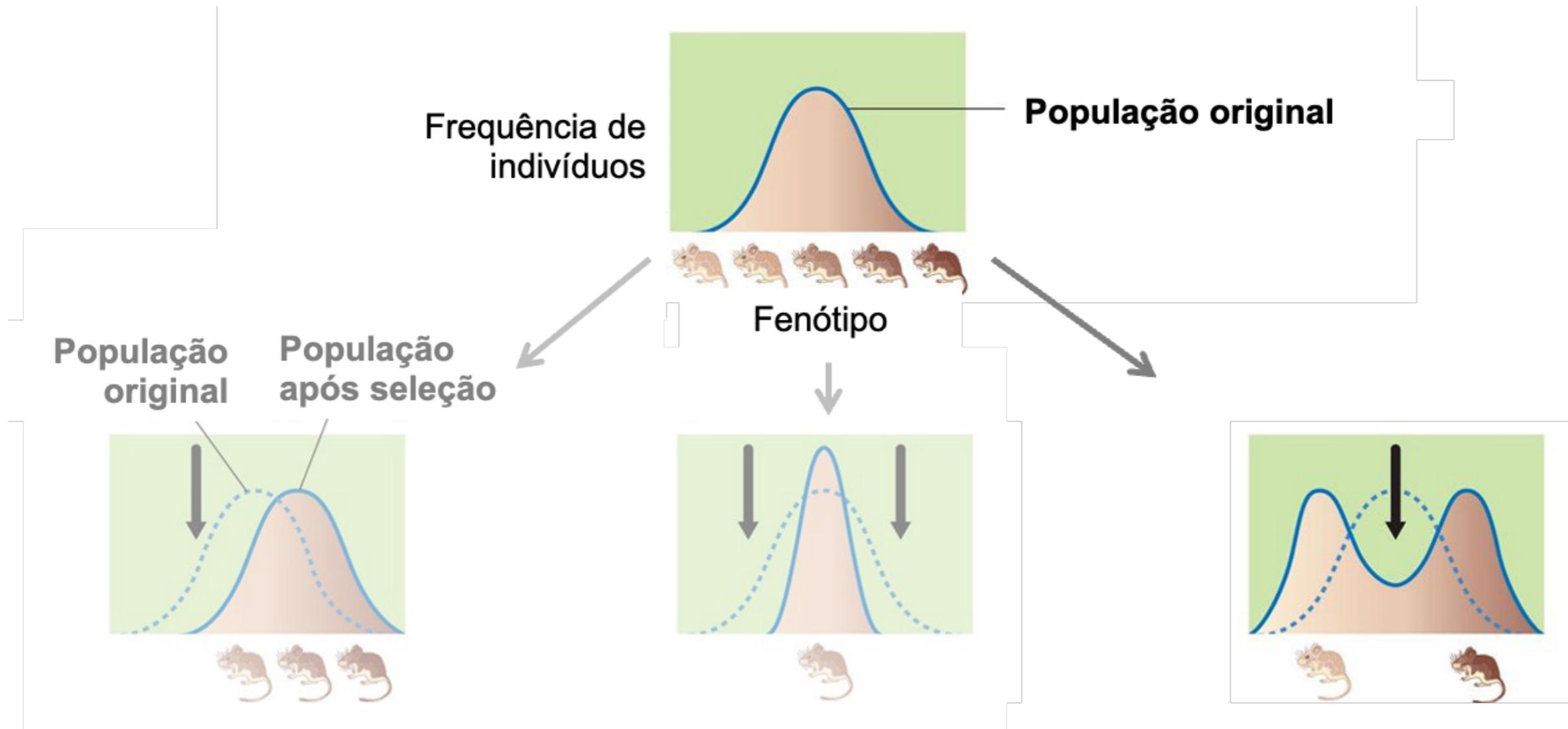
Mortalidade infantil
X
Peso no nascimento

Atualmente:
seleção foi
relaxada



Modos de seleção natural (fenótipo)

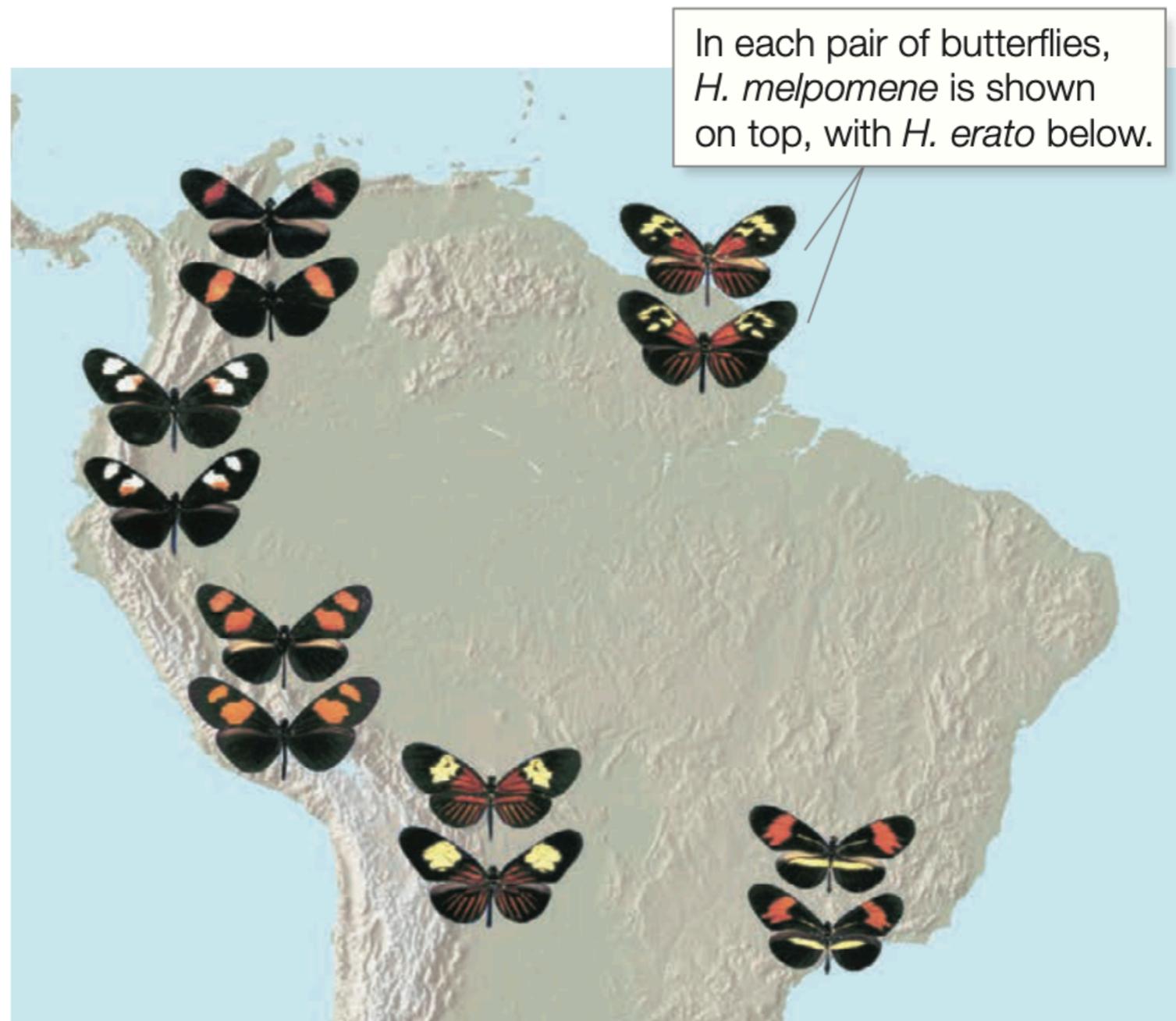
Seleção disruptiva: fenótipo intermediário é não favorecido



Modos de seleção natural (fenótipo)

Seleção dependente de frequência: fenótipo menos/mais frequente é favorecido

Mimetismo
Mulleriano:
várias
espécies
convergem
para o mesmo
fenótipo a fim
de evitar
predadores.



Trade-offs (demandas conflitantes)

Soya sheep



Outer Hebrides

Trade-offs (demandas conflitantes)

Soya sheep



+ chifre maior o sucesso reprodutivo!

Trade-offs (demandas conflitantes)

Soya sheep

(A)



a arquitetura genética do caráter é conhecida (quais genes influenciam)

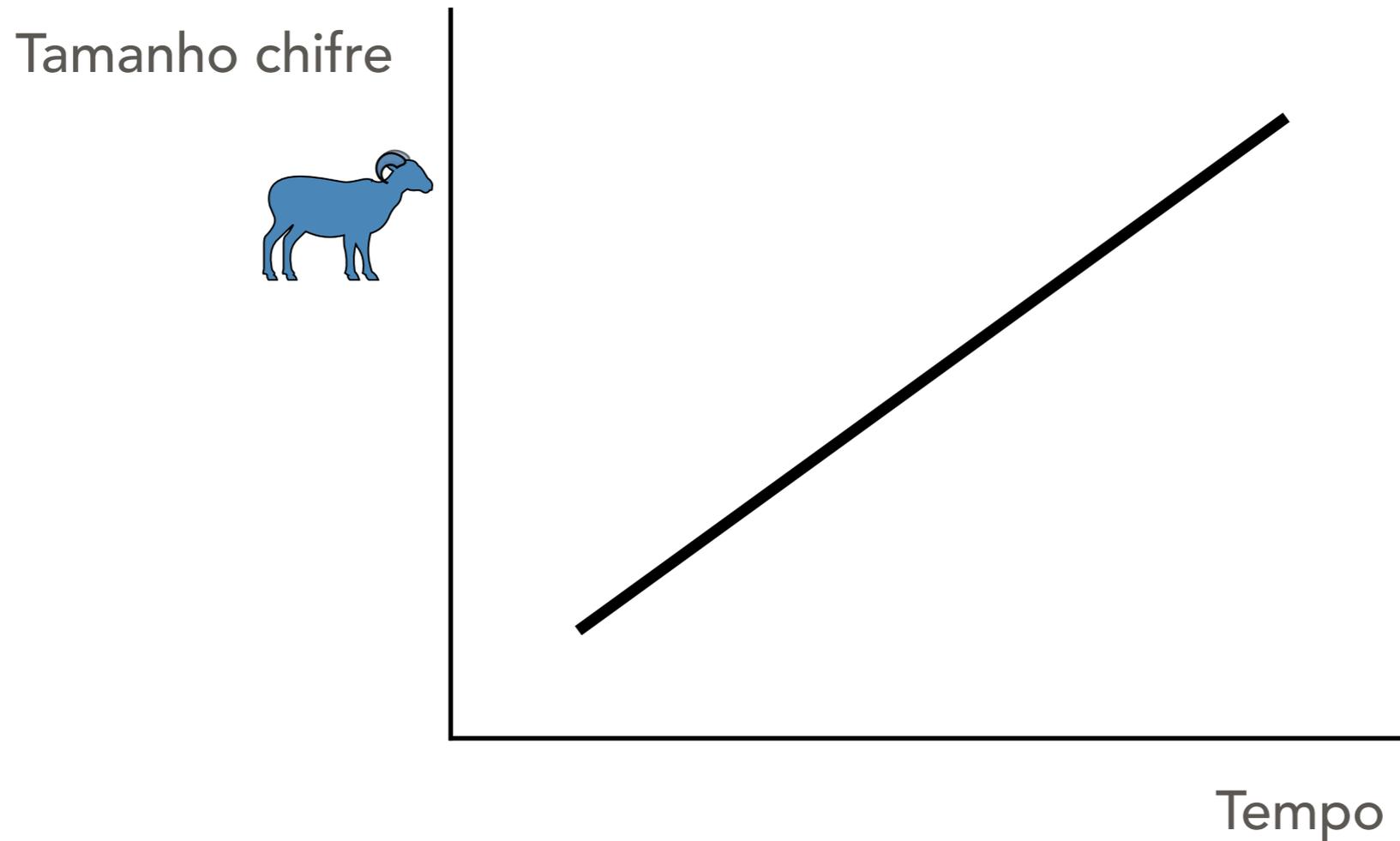
(B)



Trade-offs (demandas conflitantes)

Soya sheep

O que esperaríamos que acontecesse ao longo do tempo?

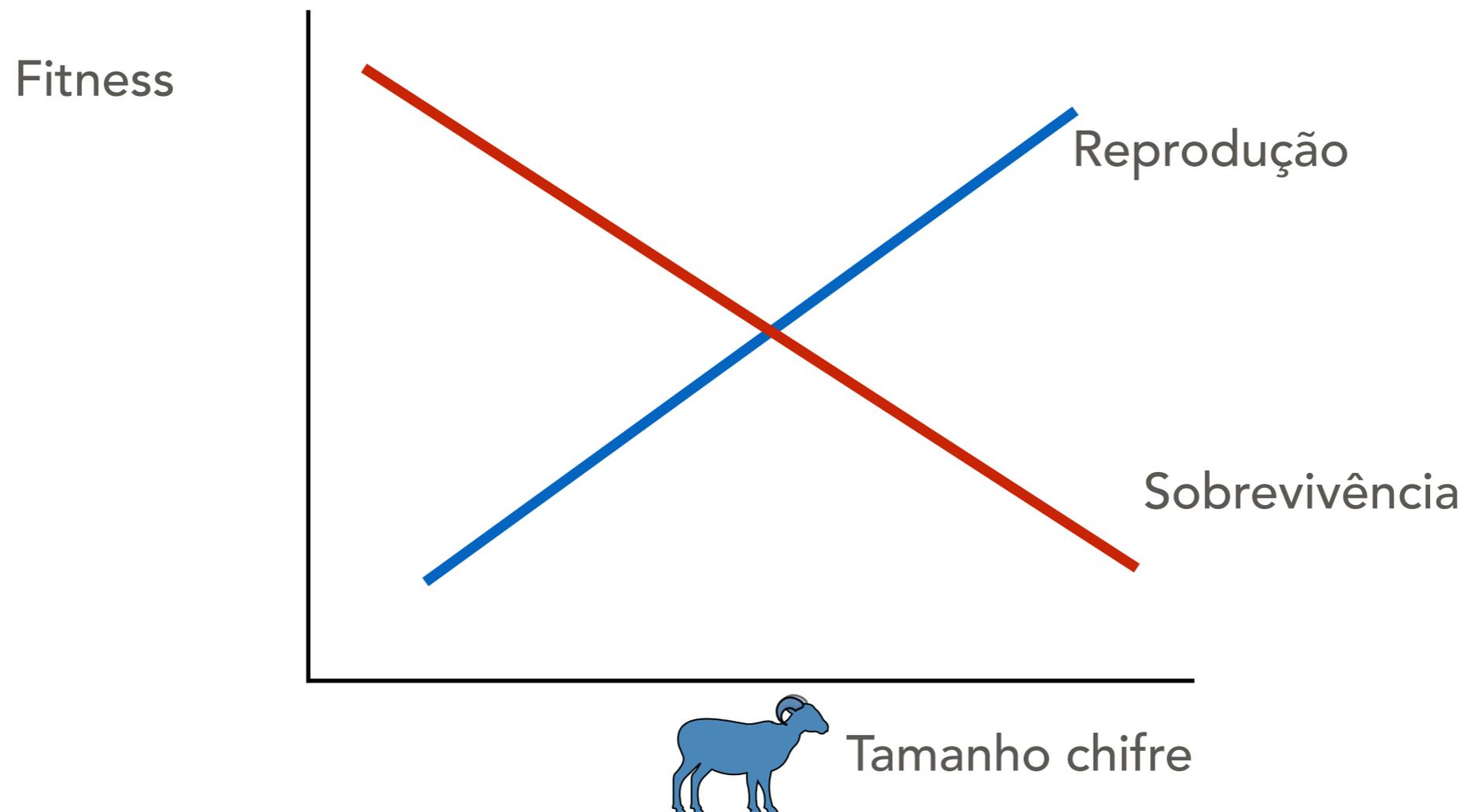


Trade-offs (demandas conflitantes)

Soya sheep

O que esperaríamos que acontecesse ao longo do tempo?

O chifre não está mudando ao longo do tempo!!!



As espaneirelas de São Marcos



As espadrelas de São Marcos

-Gould e Lewontin(1979) crítica ao pensamento adaptacionista onde todas as estruturas eram consideradas adaptações

Estruturas podem evoluir como um sub-produto da evolução



As espadrelas de São Marcos

Exaptações: adaptação de um caráter a uma função que não é a qual ele evolui primariamente.

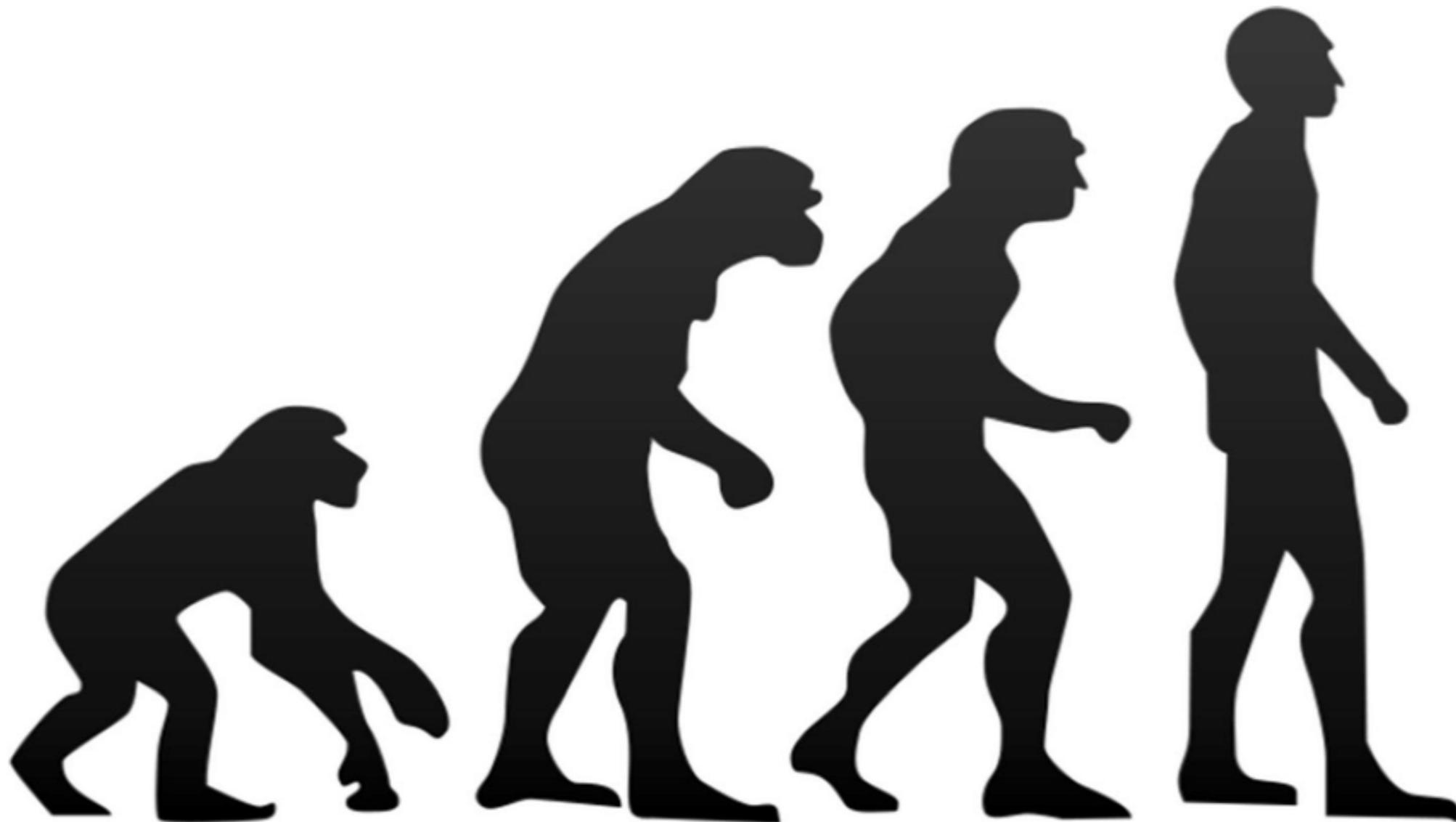


Importante

- Seleção é diferente de perfeição / progresso
- Seleção natural não é toda poderosa, só pode operar em variação genética existente! (Vide trade-offs)
- Seleção não é toda poderosa e remove *toda* variação desvantajosa (evolução é um processo onde outros processos também operam).

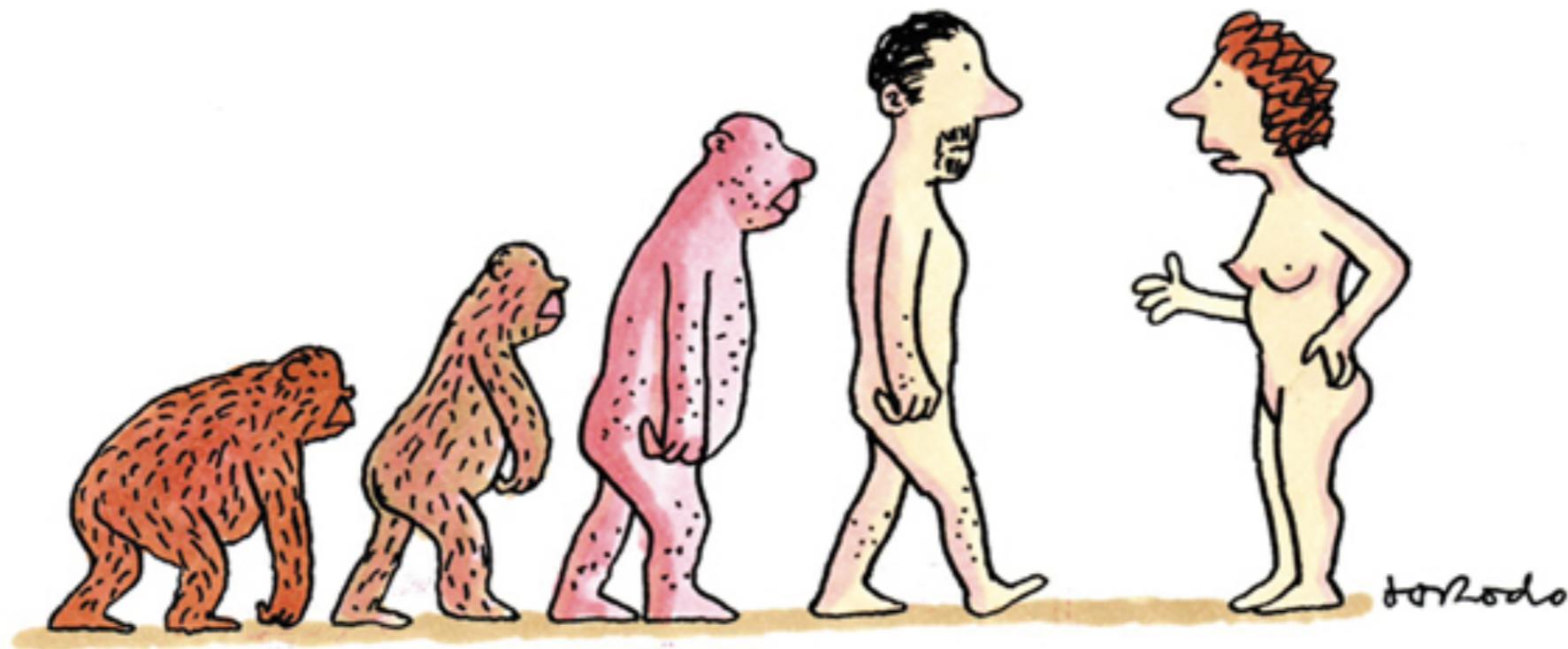
Importante

- Seleção é diferente de perfeição / progresso
- (Não é uma boa representação evolução humana)



Importante

- Seleção é diferente de perfeição / progresso



"WHAT TOOK YOU SO LONG?"

Importante

- Seleção natural não é toda poderosa, só pode operar em variação genética existente! (Vide trade-offs)



Importante

- Seleção não é toda poderosa e remove *toda* variação desvantajosa (evolução é um processo onde outros processos também operam).
- Deriva
- Mutação
- Fluxo gênico
- Seleção pode mudar no espaço e tempo