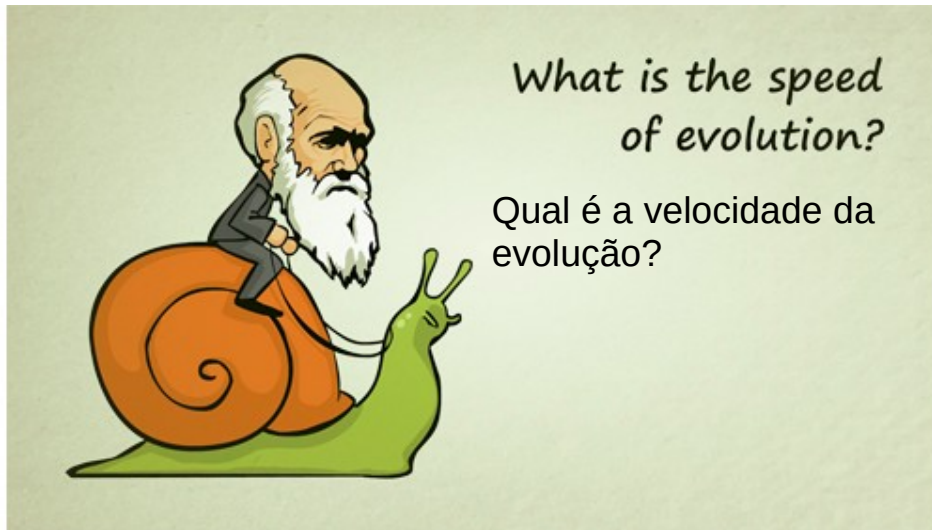


Evolução neutra



29 Setembro 2020

Moodle

Estou com fome e você está muito amarga.

As sementes de muitas frutas (maçã, mamão, pimentão) são amargas ou desagradáveis e as cuspiamos ou engolimos sem mastigar. Isso tem relação com a seleção natural? Eu acho que sim, mas quero que você proponha um cenário evolutivo em que uma planta frutífera que produz sementes, digamos, normais, dê origem a uma linhagem de frutíferas com sementes amargas.

Rubia de Andrade Silva

Carolina Pinheiro Rodrigues

5 respostas

Rafael: Inicialmente, temos os dois tipos de frutas. As com sementes amargas e as com sementes normais. Os animais, ao se depararem com os dois tipos de frutas, acabam ingerindo as sementes das frutas normais, e cuspidas as sementes amargas. Isso faz com que as sementes normais não sejam usadas para reprodução das frutas, mas as amargas sim, pois elas foram cuspidas de volta à terra. E ao longo do tempo, temos as frutas com sementes amargas sendo naturalmente mais aptas à reprodução, e as de sementes normais não. Depois de várias gerações, as frutas com sementes normais acabam por desaparecer completamente, e sobram apenas as amargas. Isso é seleção natural.

Vera: Por meio do estudo do DNA, cientistas identificaram a amigdalina, uma toxina que deixa as sementes com sabor amargo. A retirada de três letras no genoma da planta resulta a ausência da toxina. A explicação é: A proteína produzida pelo gene bHLH2 é responsável por ligar dois genes que estão diretamente relacionados com a produção da toxina. No processo de domesticação, a amendoeira “perdeu” as três letras que faziam parte do bHLH2. Sem isso, a planta produz uma proteína minimamente diferente, mas que não consegue ligar o gene responsável pela produção da amigdalina. (Fonte de pesquisa: <https://www.revistarural.com.br/2019/07/22/segredo-do-sabor-da-amendoeira-esta-em-seu-dna/>)

Fernanda: Uma planta frutífera produzia sementes normais algumas amargas e as normais eram as favoritas dos animais que as mastigavam e comiam, porém jogavam as amargas fora , então com o tempo as de sementes amargas se tornaram maioria pois os animais não as comiam e as normais foram parando de existir.

João Vitor: A planta frutífera mesmo produzindo a polpa doce, irá evoluir por seleção natural direcional favorecendo a sua modificação, para produzir sementes não comestíveis, uma vez que as sementes possam ser dispostas na terra para que ocorra a germinação e conseqüentemente ter uma chance de sobreviver. Se as sementes fossem doces, nós iríamos ingerir a fruta toda e implicaria em acabar com a população da planta frutífera.

Larissa: Os hábitos de determinada espécie **alteram os genes** da mesma para que ela possa continuar a sobreviver, então pode-se dizer que cuspir ou engolir sementes, são hábitos que tem relação com a seleção natural tanto dos homens como das plantas.

Uma planta frutífera que produziu sementes normais sofreu variação induzida pelo ambiente ao longo do tempo, e passou por mudanças que alteraram o fluxo gênico, e quando suas sementes passam por reprodução com as de outra espécie com características diferentes, essas alterações no fluxo gênico são passadas para a próxima geração, fazendo com que as próximas gerações tenham sementes, tanto amargas, como as comuns em seu fenótipo.

Participação dos alunos no fórum Pergunta-Resposta no Moodle

18 ago - Criacionismo nas aulas / Henderson	69 respostas
28 ago - Árvores, não árvores...O que você responderia?	44
1 set – O que é evolução?	35
8 set – Transformação no tempo e diversificação no espaço	22
15 set – Eu quero saber	48
29 set – Você está muito amarga	22

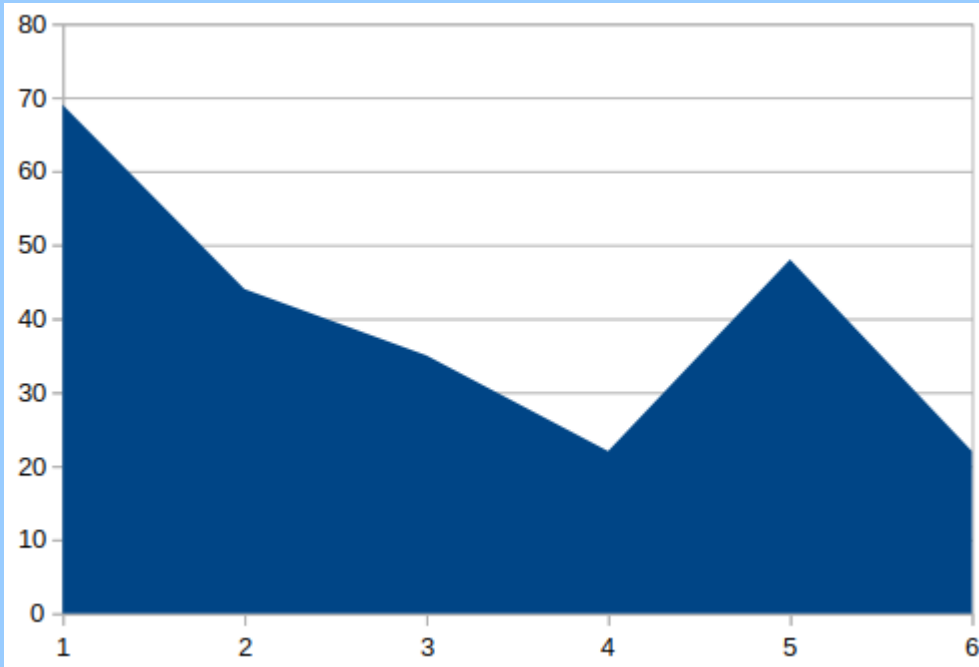


Fig. 1. Representação gráfica da participação dos alunos no fórum do Moodle. Y: Respondentes. X: Tempo (medido em aulas)

2 voluntários/-as para semana que vem?

Pamella Christini Pereto e Silva
Leticia Bezerra da Silva

Dúvida do Rafael: exemplos de epistasia

Epistasia. Uma interação de genes de dois ou mais locos, de tal modo que os fenótipos diferem dos que seriam esperados se esses locos se expressassem independentemente (Ridley 2007).

Exemplo: cor da pelagem dos cães sa raça Labrador preta, marrom ou dourada, controlada por dois genes B e D.

Um loco determina o tipo de pigmento produzido pelas células da pele

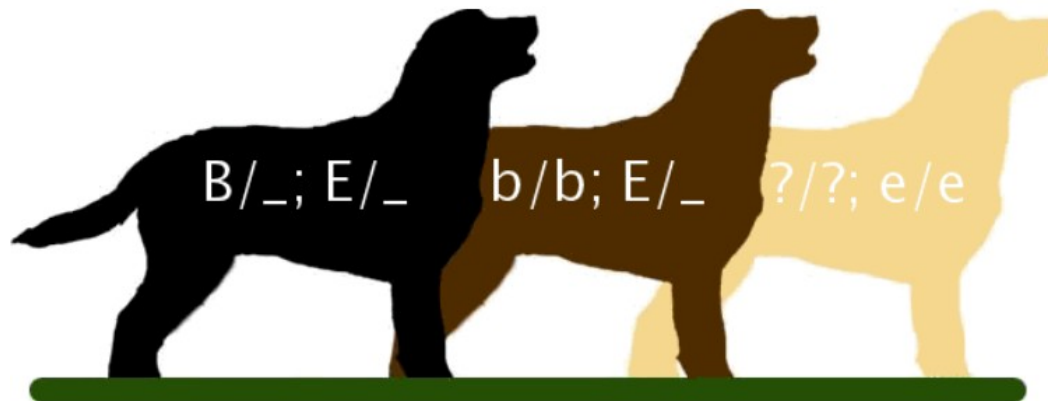
B: preto

b: marrom

Outro loco afeta a expressão do pigmento

E: expressa-se o pigmento escuro (preto ou marrom);

e: não se expressa o pigmento



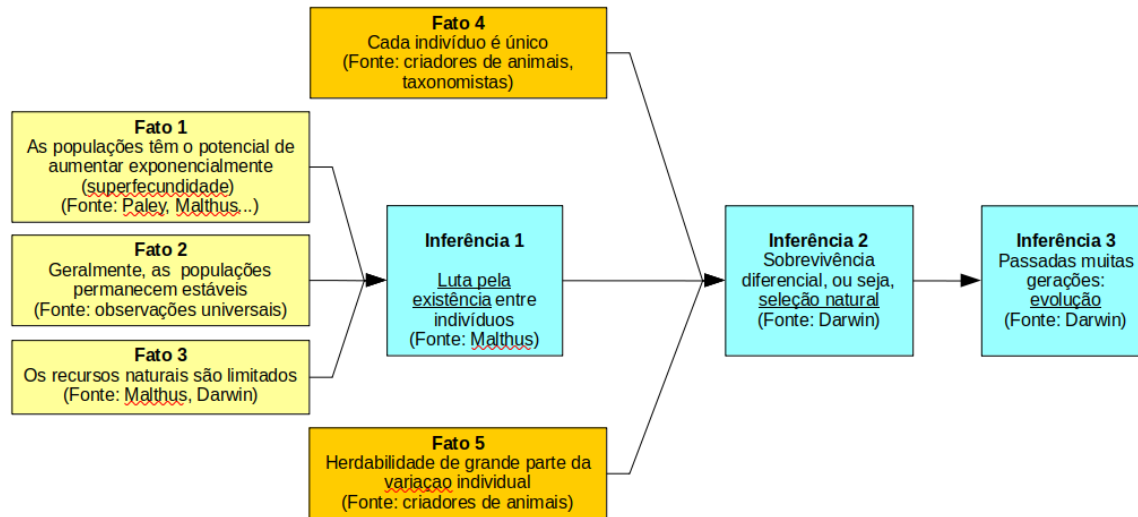
- **Seleção natural:** Leonardo (um indivíduo) tem uma característica mal-adaptativa: é daltônico



- **Definição da evolução:** modificação das frequências alélicas de uma população em intervalos geracionais



- **Evolução por seleção natural:** modificação das frequências alélicas de uma população em intervalos geracionais que contribuem para a adaptação da população ao ambiente



- **Evolução neutra:** alteração ao acaso da frequência alélica em uma população medida entre gerações.

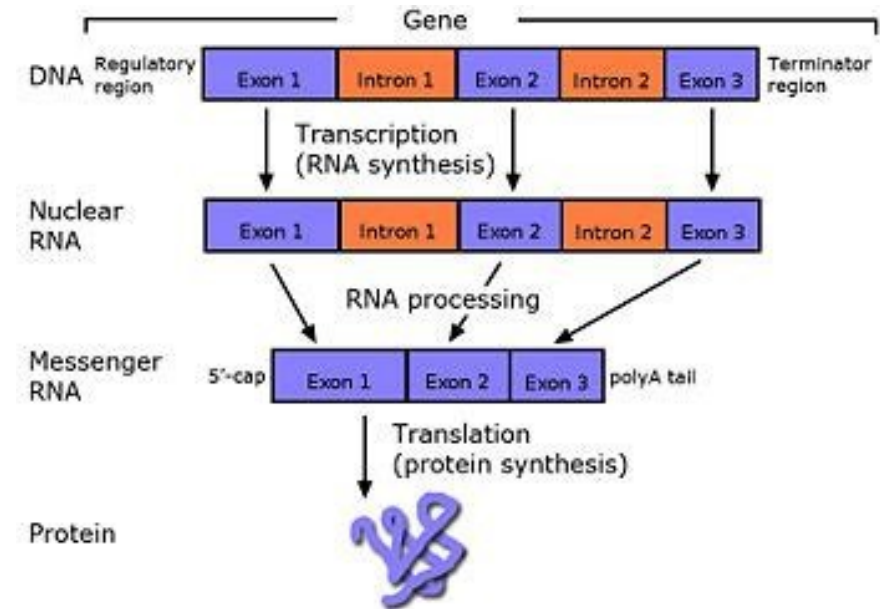
Mutação neutra: não afeta o desempenho de um indivíduo em relação a outro que não tem essa mutação.

Evolução neutra: alteração ao acaso da frequência alélica medida entre gerações.

EXEMPLOS DE MUTAÇÕES NEUTRAS OU APROXIMADAMENTE NEUTRAS (não afetam o desempenho):

		Segunda Letra							
		U		C		A		G	
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	STOP	UGA	STOP	A
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	STOP	UGG	Try	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
	CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
	CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
A	AUU	Iso	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC	Iso	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
	AUA	Iso	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
	GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
	GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G

© EBIOINNOVA, inovabiologia.com



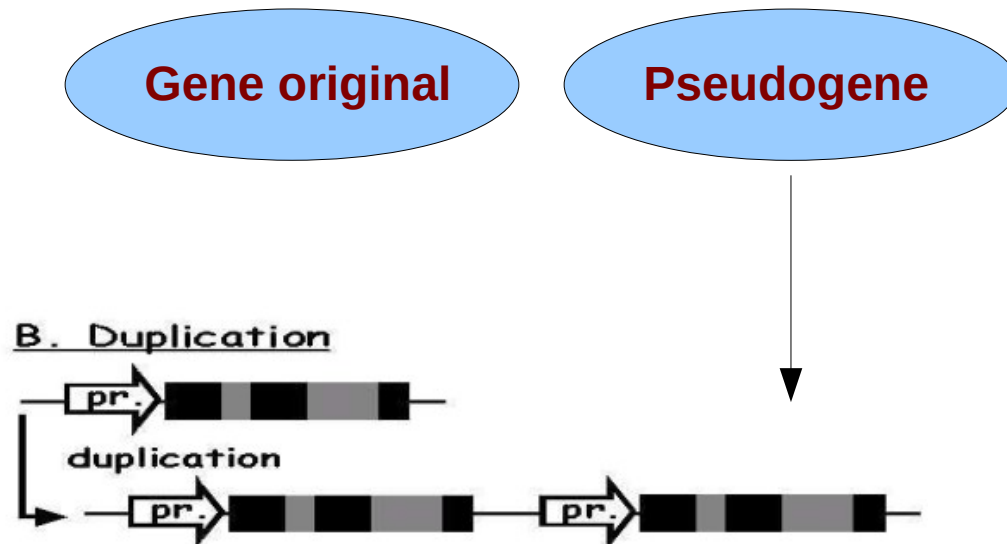
O aminoácido Serina é codificado por 6 códons:

UCU
 UCC
 UCA
 UCG
 AGU
 AGC

Uma mutação no DNA da 3a base:
 AGA → AGG tem efeito nulo, pois ambas trincas
 codificam para o mesmo aminoácido.

***Pseudogenes* evoluem por seleção neutra:**

São sequências não funcionais de DNA semelhantes a genes funcionais, originados por duplicação destes e posterior degeneração



(1) Gene duplicado (cópia do original, por erro) que

(2) subsequentemente sofre mutações que o tornam não funcional, mas

(3) ele não piora o desempenho do organismo, pois o gene original é funcional

Uma analogia:

Você tem duas bicicletas. Todos os dias, você vai à universidade de bicicleta. Numa manhã, uma das bicicletas está com um pneu furado, mas isso não afeta seu deslocamento diário, pois tem a outra bicicleta disponível.

ALELOS ADAPTATIVOS E NÃO ADAPTATIVOS SÃO SUSCETÍVEIS DE SOFRER SELEÇÃO NEUTRA

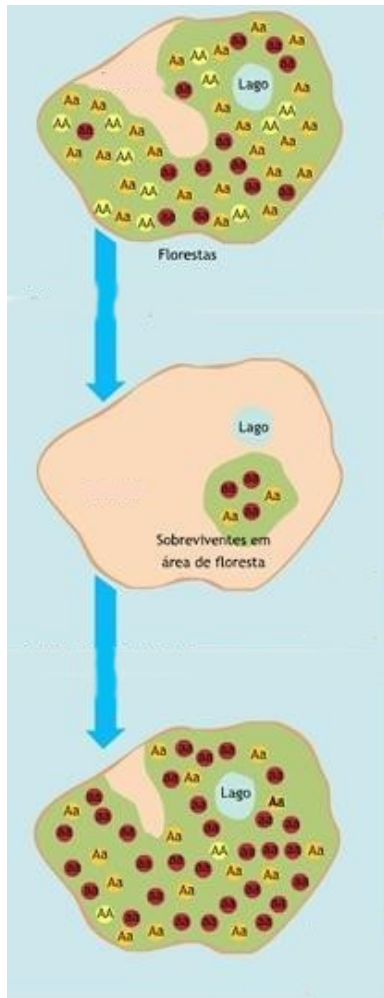
Evolução neutra: alteração ao acaso da frequência alélica medida entre gerações.

Deriva genética

No âmbito da população

Alteração ao acaso, devida ao pequeno tamanho populacional, da frequência com que ocorre uma característica numa população. A deriva genética se aplica a todo tipo de alelos (adaptativos, mal-adaptativos, neutros), mas o uso deste tipo de alelos como exemplo o estudo teórico é facilitado.

(a) Efeito gargalo populacional. Redução drástica do tamanho de uma população, seguida da sua recuperação, com frequências alélicas (A, a) diferentes das originais. Pode levar à diminuição de variabilidade genética da espécie e, por tanto, sua adaptabilidade.



A: 0,7
a: 0,3

Apenas uma pequena área não é desmatada porque seu proprietário não quis.

A: 0,2
a: 0,8

Após alguns anos, a área pode recuperar-se a partir da população remanescente

A: 0,2
a: 0,8

(b) Efeito fundador.

Um ambiente é colonizado por uns poucos indivíduos da população original. Eles podem reunir todos os alelos da população original, mas em frequências diferentes.



Continente

A: 0,4
a: 0,6

Uma ilha é colonizada por umas poucas moscas, arrastadas ao acaso por rajadas de vento.

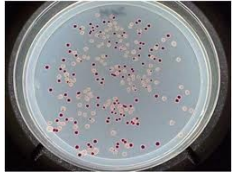


Ilha

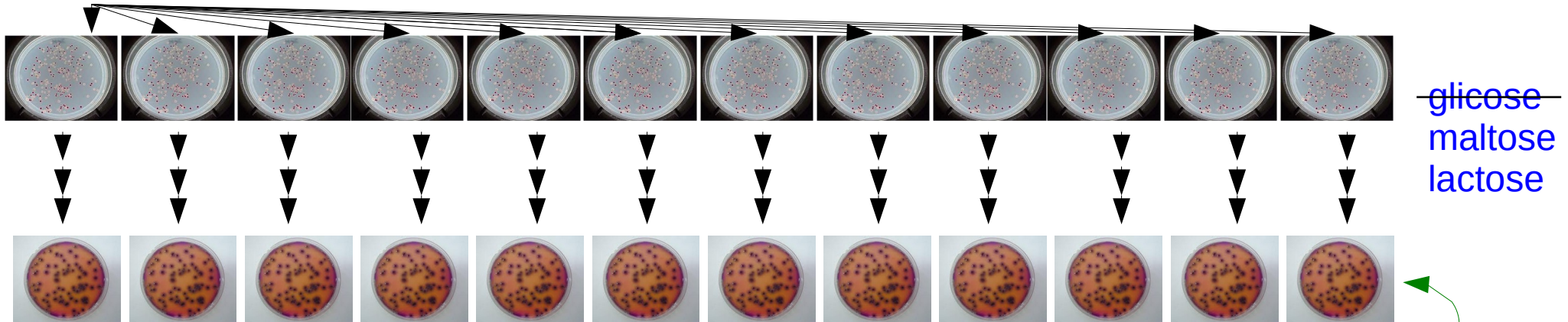
A: 1
a: 0

Evolução adaptativa e neutra “ao vivo”

Caso experimental: cultura da bactéria *Escherichia coli* em laboratório



Colônia original de *E. coli*, que tem desempenho máximo em um meio com maltose, lactose e glicose. A colônia é dividida em 12 placas, que se deixam reproduzir por 2000 gerações em meio com maltose e lactose

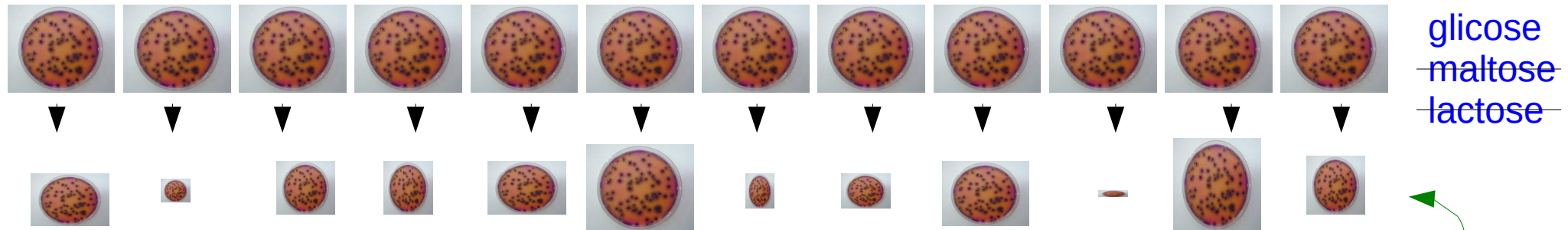


Após 2000 gerações, as novas colônias de bactérias das 12 placas crescem igualmente bem sem glicose.

Visto que as bactérias das 12 colônias têm igual desempenho e tamanho no meio sem glicose, as bactérias de todas as placas sofreram as mesmas mutações?

As bactérias de todas as placas sofreram as mesmas mutações? Como verificar?

As novas colônias são criadas em meio com apenas glicose

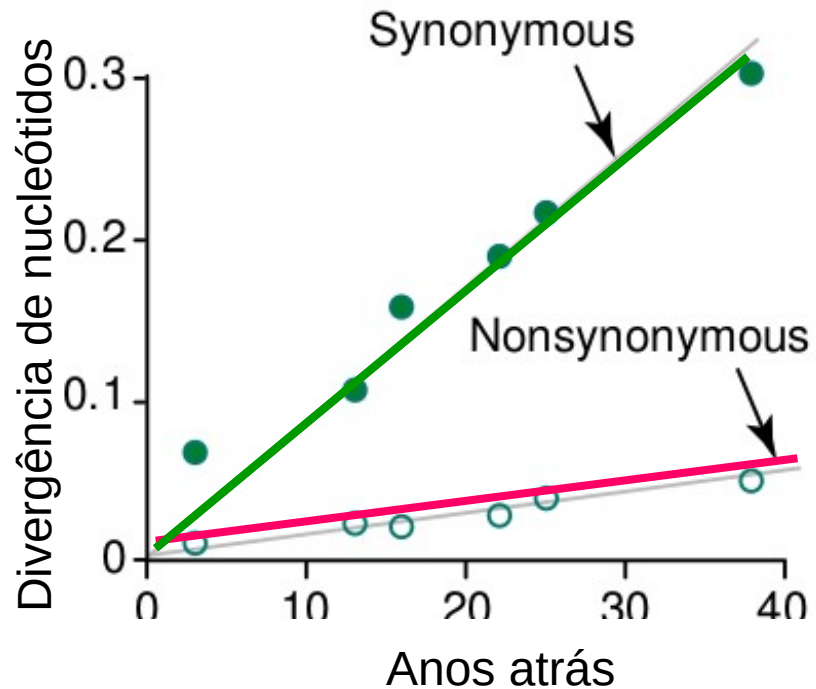


As novas colônias de bactérias têm diferentes graus de crescimento no meio de cultura com glicose, mas sem maltose nem lactose. Ou seja, têm diferentes desempenhos

O tamanho representa o crescimento: a maior tamanho, melhor desempenho

- Em 2000 gerações ocorreram mutações em muitas partes do genoma das bactérias que se reproduzem.
- Mutações que melhoram as rotas metabólicas de aproveitamento de maltose e lactose aumentaram o desempenho (**evolução adaptativa**).
- Mutações que pioraram o aproveitamento de maltose e lactose tendem a desaparecer (**evolução não adaptativa**).
- Simultaneamente ocorreram mutações que modificaram a nutrição com glicose mas não eram vantajosas nem desvantajosas no ambiente sem glicose (**evolução neutra**). Estas mutações geraram variabilidade genética.

Velocidade da evolução



Vírus influenza A (RNA)

- A taxa de substituição de nucleotídeos é aproximadamente constante com o tempo
- Mutações não sinônimas são menos frequentes porque normalmente produzem proteínas defeituosas.
- Mas cada região do genoma tem sua própria taxa evolutiva
- **Relógio molecular:** incremento linear do número acumulado de mutações com o avanço do tempo. Aplica-se para determinar, aproximadamente, o tempo de divergência de duas linhagens.



Taxa de substituição de aminoácidos por sítio por 1.000.000.000 anos para diversas proteínas de mamíferos



Fibrinopeptídeos têm uma taxa de mutação por substituição nucleotídica muito elevada

Histonas e ubiquitina têm uma taxa de mutação por substituição nucleotídica muito baixa

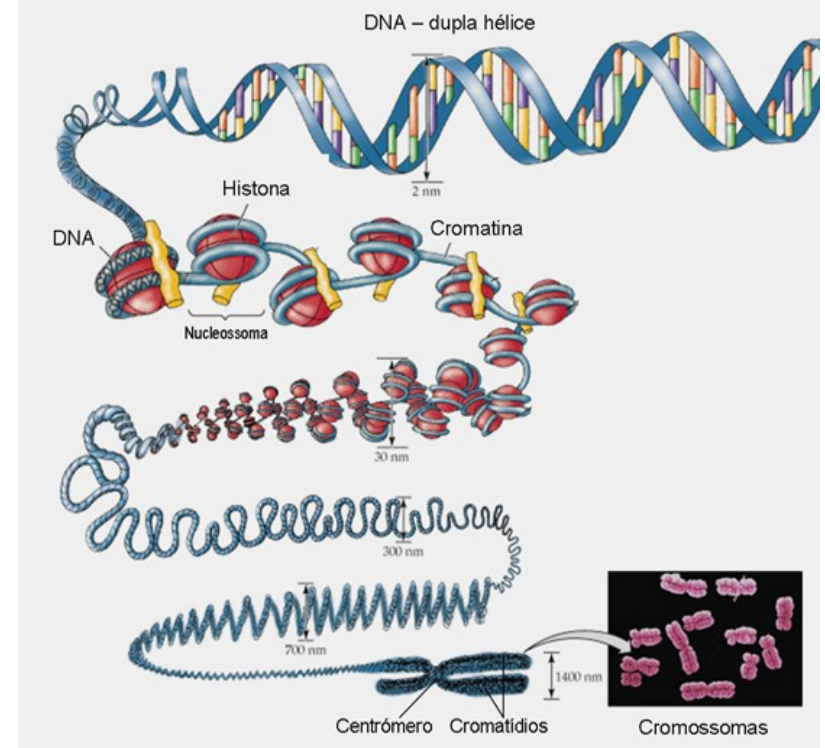
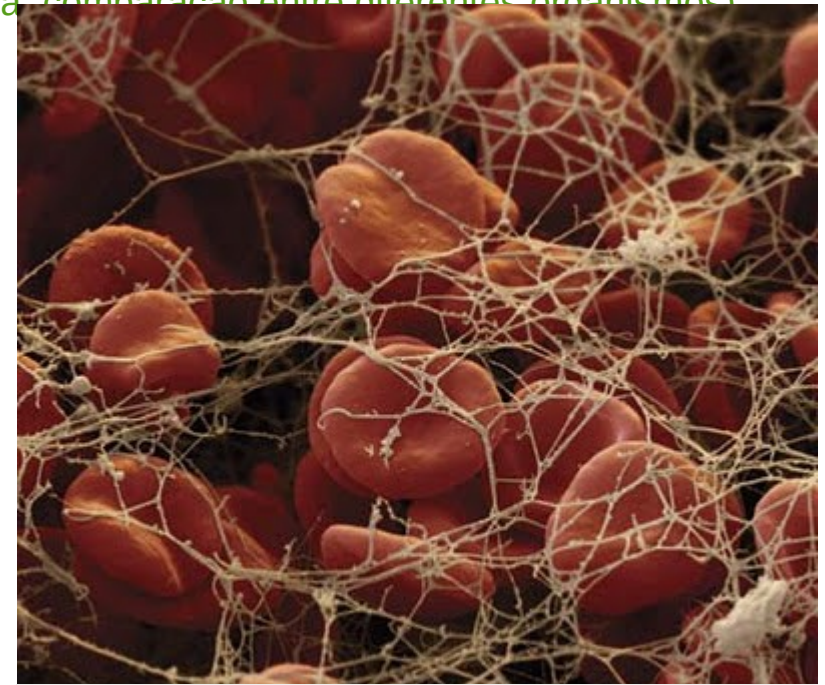
Taxas de substituição, K , para diferentes proteínas

(K = número de substituições reais de aminoácidos -inferidas da comparação entre diferentes organismos)

Depende da funcionalidade da proteína.

Histonas ($K=0,01 \times 10^{-9}$): cada aminoácido da histona interage intimamente com o DNA. Uma substituição de aminoácido desestabilizaria a ligação com o DNA

Fibrinopeptídeos ($K=9 \times 10^{-9}$): produto da reação do fibrinogênio na formação da fibrina (coagulação sanguínea) e a forma final da fibrina não afeta sua função



Qual a implicação evolutiva das mutações neutras?

- Matéria-prima genética para novas soluções adaptativas
- 'Celeiro genético' que aumenta a chance de perpetuação de uma espécie

Considerações finais

Novos organismos carregam novas mutações. Que estas se preservem na linhagem, ou não, depende do equilíbrio de forças entre seleção natural e deriva genética (evolução neutra). Não se pode generalizar a importância destas forças de evolução para todas as espécies, pois a influência de cada uma varia em função do próprio genoma, da espécie e do ambiente.



Fontes consultadas

Ridley, Mark. Evolução. 2006. ArtMed, Porto Alegre. Cap. 7

Stearns, SC. & Hoekstra, RF. 2003. Evolução: uma introdução. Atheneu, São Paulo. Cap. 4

Fontdevila, A. & Moya, A. 2003. Evolución: origen, adaptación y divergencia de las especies. Síntesis, Madrid. Cap 6

Hedges, SB and Kumar S. 2003. Genomic clocks and evolutionary timescales. TRENDS in Genetics Vol.19 No.4