

Solução exercício em aula 2

1. Algumas espécies alternam tamanhos populacionais ao longo do tempo, passando por fases populosas e outras com tamanho populacional baixo. O gráfico abaixo mostra um exemplo hipotético, descrevendo uma espécie que alterna períodos de 5 gerações com tamanho de 50 e 1 geração com tamanho de apenas 5 indivíduos. Note que o decréscimo de taxa de heterozigose reflete essas mudanças abruptas de tamanho populacional.

- (a) Calcule o tamanho efetivo populacional para esta população, lembrando que o tamanho efetivo de uma população que altera seu tamanho é a média harmônica dos tamanhos.

Resposta:

Basta calcula a média harmônica ponderada pelo tempo em cada tamanho populacional

$$\frac{1}{N_e} = \frac{5}{6} \times \frac{1}{50} + \frac{1}{6} \times \frac{1}{5}$$

$$(5/6 * (1/50) + 1/6 * (1/5))^{-1}$$

[1] 20

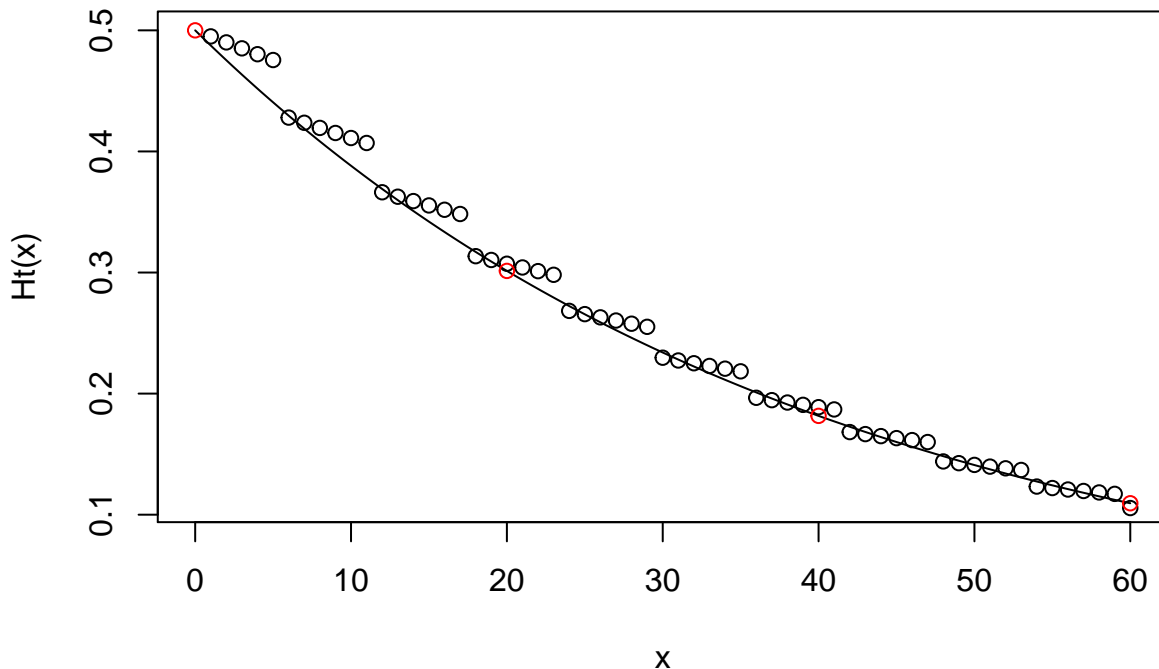
- (b) Calcule os valores de H para as gerações 0, 20, 40 e 60 para o tamanho populacional efetivo. Coloque esses valores no gráfico e trace a trajetória de H esperada. Compare com os valores reais e discuta utilidade da estimativa do tamanho efetivo populacional.

Resposta:

Como o tamanho efetivo é de 20, basta usar a seguinte formula para $H_0 = 0.5$ e $t = (0, 20, 40, 60)$:

$$H_t = H_0 \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)^t$$

Colocando no gráfico:



2. De acordo com a teoria neutra da evolução molecular, a taxa de substituição de um gene (o número de mutações que se fixam por unidade de tempo) deve ser proporcional à taxa de mutação. Examine o gráfico abaixo, que apresenta a relação entre número de substituições e tempo de divergência para 4 genes diferentes. Os valores foram calculados comparando genes de espécies com diferentes graus de divergência.

(a) Os resultados são consistentes como a expectativa da teoria neutra?

Resposta: Sim, pois as relações são lineares.

(b) Porque as linhas indicando a relação entre k (eixo y) e tempo de divergência (eixo x) difere entre os genes? Isso é compatível com a hipótese desses genes possuírem a mesma taxa de mutação?

Resposta: A relação difere pois a proporção de mutações neutras é diferentes entre os genes. Isso é consistente com todos possuírem a mesma taxa de mutação molecular, pois a proporção de mutações neutras pode variar devido a diferentes níveis de restrições funcionais em cada gene.

3. Um dos primeiros estudos a testar a validade da teoria neutra no contexto de populações humanas foi o de Kimura e Ohta (1973). Eles partiram da premissa que a taxa de mutação (μ) tem o valor de 10^{-7} , que refere-se à probabilidade de haver uma mutação em um gene, a cada ano.

(a) Se humanos possuem um tempo de geração de 20 anos, qual é a taxa de substituição por geração? (Esse conversão é necessária, pois o cálculo da relação entre H e N μ que fizemos assume que μ é medido por geração).

Resposta: $10^{-7} \times 20 = 2 \times 10^{-6}$

(b) Kimura e Ohta usaram a informação de que a taxa de heterozigose (H) média, para um conjunto grande de genes humanos, é de aproximadamente $H=0,1$ (resultado da análise da diversidade em vários genes). Com base nessa informação, calcule o tamanho efetivo populacional para nossa espécie. Esse valor parece ser razoável?

Resposta:

Vamos utilizar a equação de heterozigose de equilíbrio (\hat{H}) para estimar N_e :

$$\hat{H} = \frac{4N_e\mu}{4N_e\mu + 1}$$

Resolvendo pra N_e :

$$N_e = \frac{\hat{H}}{4\mu(1 - \hat{H})}$$

($N_e = 0.1 / (4 \times 2e-6 \times (1 - 0.1))$)

[1] 13889

Esse valor é baixo quando comparado à população de senso humana atual, mas é razoável, pois reflete uma história evolutiva (e portanto uma variabilidade genética) relacionada a períodos com populações muito menores.