



EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG

Uma população é a reunião de famílias com diferentes genótipos. A estrutura da população é definida pela frequência dos alelos que compõem os diferentes genótipos das diferentes famílias.

Considerando apenas o gene A/a, define-se uma população de tamanho n como sendo aquela constituída de n1 indivíduos AA, n2 Aa e n3 aa, tal como ilustrado no quadro a seguir:

Genótipo	Nº de Indivíduos	Frequência
AA	n1	D = n1/n
Aa	n2	H = n2/n
aa	n3	R = n3/n
Total	n	1

$$n = n1 + n2 + n3 \quad D + H + R = 1,0$$

As frequências dos alelos A e a, na população, podem ser obtidas por meio das expressões:

$$f(A) = p = (2n1 + n2)/2n = D + 1/2H$$

$$f(a) = q = (2n3 + n2)/2n = R + 1/2H$$

$$p + q = 1,0$$

Como exemplo, será considerada a seguinte população:

Genótipo	Nº de Indivíduos	Frequência
AA	200	D = 0,2
Aa	400	H = 0,4
aa	400	R = 0,4
Total	1000	1

A partir destes valores, obtém-se:

$$p = f(A) = 0,2 + 1/2 (0,4) = 0,4 \quad q =$$

$$f(a) = 0,4 + 1/2 (0,4) = 0,6$$



FREQUÊNCIA ALÉLICA

Os seguintes fatores podem ser utilizados para alterar a frequência gênica de uma população:

Processos Sistemáticos

São aqueles cuja alteração na frequência gênica pode ser conhecida, tanto em termos de magnitude quanto em direção. Considera-se como processos sistemáticos: a seleção, migração e mutação.

Processos Dispersivos

São aqueles em que é possível conhecer apenas a magnitude da alteração da frequência, mas não a direção em que ela foi alterada. Como processo dispersivo é considerada a oscilação genética ou amostragem.

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Este teorema, formulado em 1908 pelos cientistas Hardy e Weinberg, tem o seguinte enunciado:

Em uma população infinitamente grande, em que os cruzamentos ocorrem ao acaso e sobre o qual não há atuação de fatores evolutivos, as frequências gênicas e genotípicas permanecem constantes ao longo das gerações.

Este teorema, então, só é válido para populações:

- ▶ Infinitamente grandes;
- ▶ Com cruzamentos ao acaso;
- ▶ Isentas de fatores evolutivos, tais como mutação, seleção natural e migrações.

Uma população assim caracterizada encontra-se em equilíbrio genético. Na natureza, entretanto, não existem populações sujeitas rigorosamente a estas condições.

A importância do teorema de Hardy-Weinberg para as populações naturais está no fato de ele estabelecer um modelo para o comportamento dos genes. Desse modo, é possível estimar frequências gênicas e genotípicas ao longo das gerações e compará-las com as obtidas na prática. Se os valores observados são significativamente diferentes dos valores esperados, pode-se concluir que fatores evolutivos estão atuando sobre essa população e que ela está evoluindo. Se os valores não diferem significativamente, pode-se concluir que a população está em equilíbrio e que, portanto, não está evoluindo.



Para demonstrar esse teorema, vamos supor uma população com as características por ele pressupostas. Nessa população, chamaremos de p a frequência de gametas portadores do alelo A e de q a frequência de gametas portadores do alelo a .

Desta forma temos:

$$\text{Frequência alélica (A)} = p$$

$$\text{Frequência alélica (a)} = q$$

Considerando os cruzamentos, temos:

$$\text{Frequência genotípica (AA)} = p^2$$

$$\text{Frequência genotípica (aa)} = q^2$$

$$\text{Frequência genotípica (Aa)} = pq$$

Hardy e Weinberg compreenderam que esse resultado nada mais era do que o desenvolvimento do binômio $(A+B)$ elevado à segunda potência, aprendido em álgebra elementar:

$$(A+B)^2 = A^2 + 2AB + B^2$$

Chamando de p a frequência de um gene, e de q a frequência de seu alelo, e sabendo-se que $p+q=1$, obtém-se a fórmula de Hardy-Weinberg:

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

Para facilitar o entendimento deste teorema, analise o exemplo a seguir:

Exemplo 1

Vamos supor uma população com as seguintes frequências gênicas:

p = frequência do gene B = 0,9 q = frequência do gene b = 0,1

Pode-se estimar a frequência genotípica dos descendentes utilizando a fórmula de Hardy-Weinberg:

$$\begin{aligned} (p+q)^2 &= p^2 + 2pq + q^2 = \\ &= (0,9)^2 + 2(0,9) \cdot (0,1) + (0,1)^2 = \\ &= 0,81 + 0,18 + 0,01 \\ &\mathbf{81\% BB \quad 18\% Bb \quad 1\% bb} \end{aligned}$$

Frequência genotípica



Se a população estiver em equilíbrio, a frequência será sempre mantida constante ao longo das gerações. Se, no entanto, verificarmos que os valores obtidos na prática são significativamente diferentes desses esperados pela fórmula de Hardy-Weinberg, a população não se encontra em equilíbrio genético e, portanto, está evoluindo.

A frequência de cada gene também não sofrerá alteração ao longo das gerações se esta população estiver em equilíbrio genético.

Fatores evolutivos

Na prática, vários fatores interferem nas frequências gênicas das populações, determinando o processo evolutivo.

Entre eles podemos citar:

▶ Mutações

Diferentes genes podem surgir por mutações ao acaso. Um gene mutante que determine maior viabilidade dos indivíduos vai aumentar a sua frequência no conjunto gênico da população.

▶ Seleção natural

Nas populações os diferentes genótipos não têm a mesma viabilidade. A eliminação ou redução dos genótipos menos viáveis provoca alteração nas frequências gênicas de uma geração à outra.

▶ Migrações

Movimentos migratórios introduzem ou retiram genes das populações, provocando mudanças nas frequências gênicas e genotípicas.

▶ Oscilação gênica

A estabilidade das frequências gênicas varia conforme o tamanho das populações. Nas grandes populações, a estabilidade pode manter-se constante, mas, nas pequenas, as frequências sofrem desvios. A oscilação gênica pode ocorrer em populações que variam de tamanho em função da estação do ano, da predação, do parasitismo e de outros fatores.

ANOTAÇÕES
