



# Genética Quantitativa

Aulas e Anotações

**D.A.S**



Copyright - 2018 D.A.S  
PUBLISHED BY D.A.S

BOOK-WEBSITE.COM

Is not Licensed yet.

*2018*

# Contents

| I        | Conceitos                                  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução à Genética Quantitativa</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1      | Interação Aditiva                          | 8         |
| 1.2      | Interação de Dominância                    | 9         |
| 1.3      | Grau médio de Dominância                   | 10        |
| 1.4      | Caráter Quantitativo                       | 10        |
| 1.4.1    | Variância Genética                         | 11        |
| 1.4.2    | Estudo do Caráter                          | 12        |
| 1.4.3    | Variância Ambiental                        | 12        |
| 1.5      | Herdabilidade                              | 13        |
| 1.5.1    | Ganho de Seleção                           | 14        |
| 1.5.2    | Média Predita                              | 14        |
| 1.5.3    | Número de Genes                            | 14        |
| 1.5.4    | Exemplo                                    | 14        |
| <b>2</b> | <b>Introdução à Genética de Populações</b> | <b>19</b> |
| 2.1      | Frequência Genica                          | 19        |
| 2.2      | Equilíbrio de Harday-Weinberg (EHW)        | 20        |





# Conceitos

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução à Genética Quantitativa . . .</b> | <b>7</b> |
| 1.1      | Interação Aditiva                               |          |
| 1.2      | Interação de Dominância                         |          |
| 1.3      | Grau médio de Dominância                        |          |
| 1.4      | Caráter Quantitativo                            |          |
| 1.5      | Herdabilidade                                   |          |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>2</b> | <b>Introdução à Genética de Populações</b> | <b>19</b> |
| 2.1      | Frequência Genica                          |           |
| 2.2      | Equilíbrio de Harday-Weinberg (EHW)        |           |



# 1. Introdução à Genética Quantitativa

A genética quantitativa, em suma, é o entendimento da relação entre fenótipo e genótipo. Para isto, é necessário estudar tudo que influencia esta relação.

O modelo básico para um ambiente é  $F = G + A$ . Sendo F (Fenótipo), G (Genótipo) e A (Ambiente). Para que este modelo seja aplicado a vários ambientes, é necessário adicionar outro parâmetro GA que consiste na interação entre genótipo e ambiente. Como resultado temos  $F = G + A + GA$ .

A análise do fenótipo pode ser qualitativa, como é feita na genética mendeliana, ou quantitativa como será visto ao longo do texto.

| Fator                         | Caráter Qualitativo                            | Caráter Quantitativo  |
|-------------------------------|--|-----------------------|
| <b>Controle Gênico</b>        | Poucos   | Poligênica            |
| <b>Efeito Ambiental</b>       | Nenhum ou Pouco                                | Alto                  |
| <b>Distribuição dos Dados</b> | Discreto (Classe)                              | Contínuo              |
| <b>Estado do Caráter</b>      | (P1xP2) e Qui Quadrado                         | Média e Variância     |
| <b>Interação Alélica</b>      | Dominância completa, incompleta e codominância | Aditiva e Não Aditiva |

Table 1.1: Caráter qualitativo x quantitativo

Os alelos são segmentos homólogos de DNA, os alelos dominantes, são representados por letras maiúsculas, enquanto os recessivos são representados por letras minúsculas. A Interação Alélica consiste na interação ou não de genes alélicos.

As interações alélicas qualitativas são: dominância completa, dominância incompleta e codominância. As interações alélicas quantitativas podem se dividir em aditivas: quando cada alelo contribui individualmente para o valor genotípico e consequentemente para o valor fenotípico final; não aditivas: que podem ser dominância completa, parcial ou sobredominância.

A Epistasia não é uma interação alélica, consiste em uma interação gênica.

As interações de dominância criam uma perturbação na análise quantitativa do melhoramento genético.

### 1.1 Interação Aditiva

Para as demonstrações assumamos dois genes A: A1,A2 e B: B1, B2. Além disso vamos admitir valores para A1,B1,A2 e B2; sendo A1 = B1 = 30 unidades e A2 = B2 = 5 unidades.

Temos:

1. Parental 1 (P1): A1A1B1B1 (120 unidades)
2. Parental 2 (P2): A2A2B2B2 (20 unidades)
3. \*P1 e P2 são puros e contrastantes

O cruzamento entre P1 e P2 terá como resultado F1 (A1A2B1B2), realizando a autofecundação em F1, teremos F2 que poderá gerar os genótipos como mostra a tabela abaixo:

| Genótipos | Frequência | Valor Genotípico |
|-----------|------------|------------------|
| A1A1B1B1  | 1/16       | 120              |
| A1A1B1B2  | 2/16       | 95               |
| A1A1B2B2  | 1/16       | 70               |
| A1A2B1B1  | 2/16       | 95               |
| A1A2B1B2  | 4/16       | 70               |
| A1A2B2B2  | 2/16       | 45               |
| A2A2B1B2  | 1/16       | 70               |
| A2A2B1B1  | 2/16       | 45               |
| A2A2B2B2  | 1/16       | 20               |

Table 1.2: Genótipos Possíveis em F2

Considere  $\bar{X}$  como a média aritmética de um conjunto de valores.

A média pode ser calculada utilizando a soma simples ou a frequência dos itens.

#### Fórmula 1.1.1 — Média.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.1)$$

(1.2)

#### Fórmula 1.1.2 — Média.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times x_i}{f_i} \quad (1.3)$$

Utilizando os dados da tabela 1.2, pode-se calcular a média dos valores genotípicos de F2.

#### Solução 1.1.1 — Solução do Exemplo.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times x_i}{f_i} \quad (1.4)$$

$$\bar{X} = \frac{1 \times 120 + 2 \times 95 + 2 \times 70 + 2 \times 95 + 4 \times 70 + 2 \times 45 + 1 \times 70 + 2 \times 45 + 1 \times 20}{16} \quad (1.5)$$

$$\bar{X} = 70 \quad (1.6)$$

(1.7)

Quando a interação é aditiva, a média de qualquer descendência é igual a média de seus pais.



Segregantes transgressivos consistem em indivíduos em que seus valores genotípicos sejam maiores ou menores que seus pais. Para exemplificar, considere  $A1, B1, C1, D1 = 30$  unidades e  $A2, B2, C2, D2 = 5$  unidades. Considere os seguintes valores:

1.  $P1 = A1A1B1B1C2C2D2D2$
2.  $P2 = A2A2B2B2C1C1D1D1$
3.  $F1 = A1A2B1B2C1C1D1D2$
4.  $F2 = \text{Autofecundação de } F1$

Dentre as 81 possibilidades de  $F2$ , pode-se listar dois exemplos de segregantes transgressivos:

1.  $F2-1 = A1A1B1B1C1C1D1D1 = 240$  unidades
2.  $F2-2 = A2A2B2B2C2C2D2D2 = 40$

## 1.2 Interação de Dominância

As interações de dominância ocorrem quando existe a relação de dominância entre alelos, ou seja, quando o alelo dominante está presente, o recessivo não contribui para a característica. Para exemplificar considere:

1. Gene A, sendo 'A' (Dominante) e 'a' (recessivo)
2. Gene B, sendo 'B' (Dominante) e 'b' (recessivo)
3.  $AA = 60$  unidades
4.  $Aa = 60$  unidades
5.  $aa = 10$  unidades
6.  $BB = 60$  unidades
7.  $Bb = 60$  unidades
8.  $bb = 10$  unidades

Considere também os parentais  $P1: AABB$  (120 unidades) e  $P2: aabb$  (15 unidades). O cruzamento entre  $P1$  e  $P2$  dá origem ao descendente  $F1: AaBb$  (120). Neste caso, quando existe relação de dominância, o valor genotípico não será a média de seus parentais, podendo ser igual a um deles, como foi o caso.

| Genótipos | Frequência | Valor Genotípico |
|-----------|------------|------------------|
| $AABB$    | 1/16       | 120              |
| $AABb$    | 2/16       | 120              |
| $AAbb$    | 1/16       | 70               |
| $AaBB$    | 2/16       | 120              |
| $AaBb$    | 4/16       | 120              |
| $Abbb$    | 2/16       | 70               |
| $aaBB$    | 1/16       | 70               |
| $aaBb$    | 2/16       | 70               |
| $aabb$    | 1/16       | 20               |

Table 1.3: Genótipos Possíveis em  $F2$

Com base nos dados da 1.3 a média de  $F2 = 95$ , como a média de  $F1$  é 120, pode-se concluir que houve a diminuição na média dos valores genotípicos.

| X  | AB   | Ab   | aB   | ab   |
|----|------|------|------|------|
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | AaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

Table 1.4: Genótipos Possíveis

1.3 Grau médio de Dominância

O grau médio de dominância mede a posição relativa do heterozigoto em relação à média dos homozigotos.

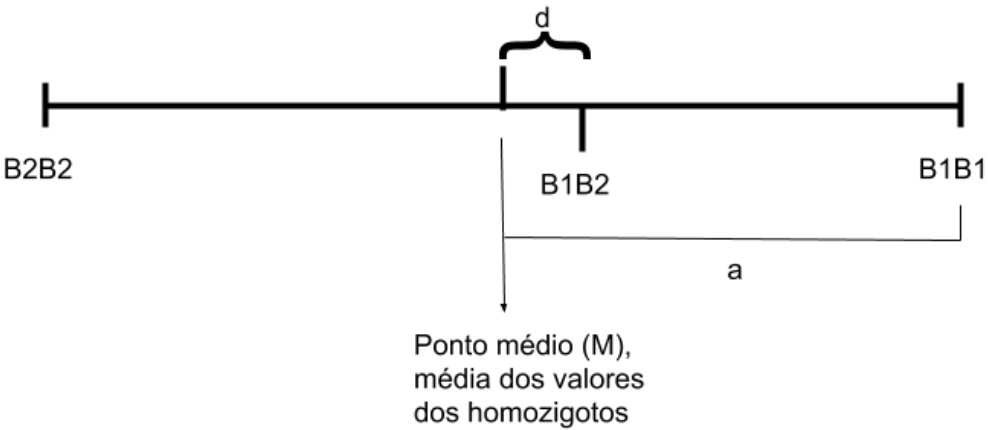


Figure 1.1: Grau Médio de Dominância

O valor do grau médio de dominância pode ser obtido dividindo-se  $d$  por  $a$ , esses valores são apresentados na 1.1.

| Resultado da Divisão | Interação Intra Alélica |
|----------------------|-------------------------|
| $d/a = 0$            | Interação Aditiva       |
| $d/a = 1$            | Dominância Completa     |
| $0 < d/a < 1$        | Dominância Parcial      |
| $d/a > 1$            | Sobredominância         |

Table 1.5: Genótipos Possíveis

O efeito de dominância mascara o processo de seleção, pois, ele dificulta o conhecimento dos indivíduos superiores pelos efeitos aditivos.

1.4 Caráter Quantitativo

O modelo para o estudo do caráter quantitativo é:

**Fórmula 1.4.1 — Fórmula Geral.**  $F = G + A$ 

**Definição 1.4.1** Considere  $V(X)$  como a variância de  $X$  e  $Cov(X)$  como a covariância de  $X$ .

$$V(F) = V(G + A) \rightarrow V(F) = V(G) + V(A) + 2 \times Cov(G + A) \quad (1.8)$$

Como:

$$Cov(G + A) = 0 \quad (1.9)$$

Temos:

$$V(F) = V(G + A) \rightarrow V(F) = V(G) + V(A) \quad (1.10)$$

A variância ( $V$ ) é descrita pela seguinte fórmula:

**Fórmula 1.4.2**

$$V(F) = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (1.11)$$

ou

**Fórmula 1.4.3**

$$V(F) = \frac{\sum_1^n x^2 - [\sum_1^n x]^2}{n - 1} \quad (1.12)$$

Para o cálculo da dedução da variância ambiental, considere um gene  $A$ , com dois alelos ' $A$ ' e ' $a$ '.

| Genótipos | Nº Indivíduos | Frequência | Valor Genotípico | Val. Gen. Codificado |
|-----------|---------------|------------|------------------|----------------------|
| AA        | n1            | n1/n = D   | X1 = u + a       | a                    |
| Aa        | n2            | n2/n = H   | X2 = u + d       | d                    |
| aa        | n3            | n3/n = R   | X3 = u - a       | -a                   |

Table 1.6: Dedução

Aplicando a fórmula da média na média genotípica:

**Definição 1.4.2 — Média Genotípica.**

$$Mg = \frac{\sum_1^n f_i \times x_i}{f_i} \quad (1.13)$$

$$Mg = D \times a + H \times d + R \times -a \quad (1.14)$$

$$Mg = a \times (D - R) + H \times d \quad (1.15)$$

$$Mg = u + a \times (D - R) + H \times d \quad (1.16)$$

**1.4.1 Variância Genética**

$$Va(x) = \left( \sum_1^n x_i^2 \right) - \left( \sum_1^n f_i \times x_i \right)^2 \quad (1.17)$$

$$V(G) = D \times a^2 + H \times d^2 + R \times (-a)^2 - [a \times (D - R) + H \times d]^2 \quad (1.18)$$

### 1.4.2 Estudo do Caráter

Para o estudo do caráter, considere:

1. P1: AA
2. P2: aa
3. F1: Aa (P1xP2)
4. F2: [AA,Aa,aa]

#### Definição 1.4.3 — Análise de P1.

$$Mg(P1) = u + a \times (D - R) + H \times d \quad (1.19)$$

$$Mg(P1) = u + a \times (1 - 0) + 0 \times d \quad (1.20)$$

$$Mg(P1) = u + a \quad (1.21)$$

$$(1.22)$$

#### Definição 1.4.4 — Variância de P1.

$$V(P1) = D \times a^2 + H \times d^2 + R \times (-a)^2 - [a \times (D - R) + H \times d]^2 \quad (1.23)$$

$$V(P1) = 1 \times a^2 + 0 \times d^2 + 0 \times (-a)^2 - [a \times (1 - 0) + 0 \times d]^2 \quad (1.24)$$

$$V(P1) = 1 \times a^2 + -1 \times a^2 \quad (1.25)$$

$$V(P1) = 0 \quad (1.26)$$

Portanto, como só existe um genótipo possível, não existe variância. A análise de P2 utiliza o mesmo método de P1, portanto, não há variância em P2.

#### Definição 1.4.5 — Análise de F2.

$$Mg(F2) = u + a \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4}\right) + \frac{1}{2} \times d \quad (1.27)$$

$$Mg(F2) = u + \frac{1}{2} \times d \quad (1.28)$$

$$(1.29)$$

#### Definição 1.4.6 — Variância de F2.

$$V(F2) = D \times a^2 + H \times d^2 + R \times (-a)^2 - [a \times (D - R) + H \times d]^2 \quad (1.30)$$

$$V(F2) = \frac{1}{4} \times a^2 + \frac{1}{2} \times d^2 + \frac{1}{4} \times (-a)^2 - [a \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4}\right) + \frac{1}{2} \times d]^2 \quad (1.31)$$

$$V(F2) = \frac{1}{4} \times a^2 + \frac{1}{2} \times d^2 + \frac{1}{4} \times a^2 - \left[\frac{1}{2} \times d\right]^2 \quad (1.32)$$

$$V(F2) = \frac{1}{2} \times a^2 + \frac{1}{2} \times d^2 - \frac{1}{4} \times d^2 \quad (1.33)$$

$$V(F2) = \frac{1}{2} \times a^2 + \frac{1}{4} \times d^2 \quad (1.34)$$

$$(1.35)$$

### 1.4.3 Variância Ambiental

**Definição 1.4.7 — Fórmulas mais utilizadas.**

$$V(Amb) = V(P1) \quad (1.36)$$

$$V(Amb) = V(P2) \quad (1.37)$$

$$V(Amb) = V(F1) \quad (1.38)$$

$$V(Amb) = \frac{V(P1) + V(P2)}{2} \quad (1.39)$$

$$V(Amb) = \frac{V(P1) + V(P2) + V(F1)}{2} \quad (1.40)$$

$$V(Amb) = \frac{V(P1) + V(P2) + 2 \times V(F1)}{4} \quad (1.41)$$

$$(1.42)$$

**1.5 Herdabilidade**

A herdabilidade é um coeficiente que expressa a relação entre a variância genotípica e a variância fenotípica, ou seja, mede o nível da correspondência entre o fenótipo e o valor genético.

**Definição 1.5.1 — Dedução de Herdabilidade.**

$$r = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{v(x) \times v(y)}} \quad (1.43)$$

$$r(F,G) = \frac{Cov(F,G)}{\sqrt{v(F) \times v(G)}} \quad (1.44)$$

$$r(F,G) = \frac{Cov(G+A,G)}{\sqrt{v(F) \times v(G)}} \quad (1.45)$$

$$r(F,G) = \frac{Cov(G,G) + Cov(G,A)}{\sqrt{v(F) \times v(G)}} \quad (1.46)$$

$$Como : Cov(G,A) = 0 \quad (1.47)$$

$$\rightarrow r(F,G) = \frac{Cov(G,G)}{\sqrt{v(F) \times v(G)}} \quad (1.48)$$

$$Como : Cov(X,X) = V(X) \quad (1.49)$$

$$\rightarrow r(F,G) = \frac{V(G)}{\sqrt{v(F) \times v(G)}} \quad (1.50)$$

$$r(F,G) = \sqrt{\frac{[V(G)]^2}{v(F) \times v(G)}} \quad (1.51)$$

$$r(F,G) = \sqrt{\frac{[V(G)]}{v(F)}} \quad (1.52)$$

$$Como : H = \frac{[V(G)]}{v(F)} \quad (1.53)$$

$$\rightarrow r(F,G) = \sqrt{H^2} \quad (1.54)$$

$$(1.55)$$

**Definição 1.5.2 — Fórmula da Herdabilidade.**

$$H^2 = \frac{V(G)}{V(F)} \quad (1.56)$$

(1.57)

O valor da herdabilidade pode variar entre 0 e 1. Por definição, quando o valor da herdabilidade é maior que 0,7 é considerado alto para plantas. Em caso de animais, pode variar entre 0,3 e 0,4.

### 1.5.1 Ganho de Seleção

**Definição 1.5.3 — Fórmula do Ganho de Seleção (GS).**

$$GS = H^2 \times (\bar{X}_s - \bar{X}_0) \quad (1.58)$$

(1.59)

Sendo  $\bar{X}_s$  a média dos indivíduos selecionados e  $\bar{X}_0$  a média inicial dos indivíduos.

### 1.5.2 Média Predita

**Definição 1.5.4 — Fórmula Média Predita ( $\bar{X}_m$ ).**

$$\bar{X}_m = GS + \bar{X}_0 \quad (1.60)$$

(1.61)

### 1.5.3 Número de Genes

**Definição 1.5.5 — Fórmula Número de Genes (Nrg).**

$$Nrg = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8 \times V(G)_{F1}} \quad (1.62)$$

(1.63)

Sendo  $\bar{P}_1$  a média dos parentais 1 e  $\bar{P}_2$  a média dos parentais 2

### 1.5.4 Exemplo

■ **Exemplo 1.1** Considere os dados das apresentados abaixo para resolução das questões.

| Dados Pai 1 |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 13,13       | 20,35 | 21,60 | 17,77 | 15,74 |
| 19,90       | 24,92 | 16,81 | 22,91 | 15,68 |
| 19,05       | 19,30 | 20,78 | 20,64 | 15,46 |
| 17,14       | 19,21 | 15,45 | 17,88 | 18,43 |

Table 1.7: Valores Fenotípicos

1. Média  $\bar{P}_1 = 18,6075$
2. Média  $\bar{P}_2 = 100,5445$
3. Média  $\bar{F}_1 = 15,7740$
4. Média  $\bar{F}_2 = 60,1949$

■

Questões:

| Dados Pai 2 |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 103,39      | 100,94 | 99,26  | 104,13 | 97,54  |
| 96,24       | 106,47 | 105,45 | 95,40  | 104,52 |
| 97,60       | 95,36  | 98,85  | 98,89  | 98,13  |
| 98,56       | 100,37 | 105,99 | 104,95 | 98,85  |

Table 1.8: Valores Fenotípicos

1. Calcule a média fenotípica de P1, P2, F1 e F2;
2. Calcule a variância Fenotípica de P1, P2, F1 e F2;
3. Calcule a variância Genética de P1, P2, F1 e F2;
4. Calcule a herdabilidade e interprete o resultado;
5. Calcule o número de genes;
6. Calcule o ganho de seleção ao selecionar os 10% melhores;
7. Calcule a heterose e heterobeliose;

**Solução 1.5.1 — Média de P1, P2, F1 e F2.** Para calcular a média, deve-se utilizar a fórmula da média aritmética por soma de valores:

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n x_i}{n} \quad (1.64)$$

Assim, obtemos como resultado:

$$\bar{P1} = 18,6075 \quad (1.65)$$

$$\bar{P2} = 100,5445 \quad (1.66)$$

$$\bar{F1} = 15,7740 \quad (1.67)$$

$$\bar{F2} = 60,1949 \quad (1.68)$$

**Solução 1.5.2 — Variância Fenotípica de P1, P2, F1 e F2.** Para calcular a variância, deve-se utilizar a fórmula da média aritmética por soma de valores:

$$V(F) = \frac{\sum_1^n x^2 - \frac{[\sum_1^n x]^2}{n}}{n_1} \quad (1.69)$$

Assim, obtemos como resultado:

$$V(P1) = 8,1699 \quad (1.70)$$

$$V(P2) = 13,4026 \quad (1.71)$$

$$V(F1) = 15,7740 \quad (1.72)$$

$$V(F2) = 45,1901 \quad (1.73)$$

**Solução 1.5.3 — Variância Genética de P1, P2, F1 e F2.** Como P1 e P2 são puros, não possuem variância genética. Filhos de pais puros, também não possuem variância. Logo,  $Vg(P1) = Vg(P2) = Vg(F1) = 0$ .

Para calcular a variância genética de F2, é necessário utilizar a fórmula:

$$Vg(F2) = Vf(F2) - V(amb) \quad (1.74)$$

Para isto vamos calcular a Variância Ambiental:

$$V(amb) = \frac{8,1694 + 13,4026 + 2 \times 15,7740}{4} \quad V(amb) = 13,2801 \quad (1.75)$$

Então, temos:

$$Vg(F2) = 45,1901 - 13,2801 \quad V(amb) = 31,91 \quad (1.76)$$

**Solução 1.5.4 — Herdabilidade.** Para calcular a herdabilidade, é necessário utilizar a fórmula:

$$\begin{aligned} H^2 &= \frac{V(G)}{V(F)} \\ H^2 &= \frac{31,91}{45,1901} \\ H^2 &= 0,707 \end{aligned} \quad (1.77)$$



Portanto, 70,7% das alterações estão relacionadas aos genes. Por definição, pode-se concluir que é um valor alto.

**Solução 1.5.5 — Número do Genes.** Para calcular o número de genes, é necessário utilizar a fórmula:

$$Nrg = \frac{(\overline{P_1} - \overline{P_2})^2}{8 \times V(G)_{F1}}$$

$$Nrg = \frac{(18,6075 - 100,5445)^2}{8 \times 31,91}$$

$$Nrg = 27genes \quad (1.78)$$

**Solução 1.5.6 — Ganho de Seleção.** Para calcular o número de genes, primeiramente deve-se calcular a média fenotípica dos 10% melhores indivíduos ( $\overline{X_s}$ ), após este cálculo, pode-se utilizar a fórmula:

$$GS = H^2 \times (\overline{X_s} - \overline{X_0})$$

$$GS = 0,707 \times (73,0035 - 60,1949)$$

$$GS = 9,044 \quad (1.79)$$

**Solução 1.5.7 — Média Predita.** Para calcular a média predita pode-se utilizar a fórmula:

$$\overline{X_m} = \overline{X_0} + GS$$

$$\overline{X_m} = 60,1949 + 9,04$$

$$\overline{X_m} = 69,2394 \quad (1.80)$$

**Solução 1.5.8 — Heterose e Heterobeltiose.** Para calcular a heterose pode-se utilizar a fórmula:

$$h = \overline{F_1} - \frac{\overline{P_1} + \overline{P_2}}{2}$$

$$h = 69,2710 - \frac{18,6075 + 100,5445}{2}$$

$$h = 9,695$$

$$(1.81)$$

Para calcular a heterobeltiose pode-se utilizar a fórmula:

$$h_b = \overline{F_1} - \overline{MelhorPai}$$

$$h_b = 69,2710 - 100,5445$$

$$h_b = -31,2735$$

(1.82)

Nota: Heterobeltiose consiste na superioridade do híbrido em relação ao progenitor de melhor desempenho. Heterose, consiste no vigor híbrido, de tal maneira que o F1 híbrido destaca-se favoravelmente dos pais homozigotos com relação a um ou mais caracteres desejados.

## 2. Introdução à Genética de Populações

Para este capítulo, admitir os seguintes termos:

1. 1 gene e dois alelos ('A' e 'a')
2. D: Frequência de Homozigotos A
3. H: Frequência de Heterozigoto
4. R: Frequência de Homozigotos a

| Genótipos Possíveis | Frequência (f) | Frequência |
|---------------------|----------------|------------|
| AA                  | $n1/n$         | D          |
| Aa                  | $n2/n$         | H          |
| aa                  | $n3/n$         | R          |

### 2.1 Frequência Genica

**Definição 2.1.1 — Frequência do alelo A.**

$$Freq(A) = \frac{N^{\circ}alelosA}{N^{\circ}totaldealelos} \quad Freq(A) = \frac{n1}{n} + \frac{n1}{2 \times n} \quad Freq(A) = D + \frac{H}{2} = p \quad (2.1)$$

**Definição 2.1.2 — Frequência do alelo A.**

$$Freq(a) = \frac{N^{\circ}alelosA}{N^{\circ}totaldealelos} \quad Freq(a) = \frac{n3}{n} + \frac{n1}{2 \times n} \quad Freq(a) = R + \frac{H}{2} = q \quad (2.2)$$

■ **Exemplo 2.1** Seja uma população com 1000 indivíduos, sendo 400 com genótipo AA, 400 com genótipo Aa, 200 indivíduos com genótipo aa. Calcule a frequência genotípica e frequência genica.

■

| Genótipos Possíveis | Frequência (f) | Frequência           |
|---------------------|----------------|----------------------|
| AA                  | $n1/n$         | $D = 400/1000 = 0,4$ |
| Aa                  | $n2/n$         | $H = 400/1000 = 0,4$ |
| aa                  | $n3/n$         | $R = 200/1000 = 0,2$ |

A frequência gênica pode ser calculada obtendo o valor de p e q.

$$Freq(A) = D + \frac{H}{2} = p \quad Freq(A) = 0,4 + \frac{0,4}{2} p = 0,6 \quad q = 1 - p \quad q = 1 - 0,6 \quad q = 0,4 \quad (2.3)$$

## 2.2 Equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW)

Uma população está em EHW se for suficientemente grande, os acasalamentos forem ao acaso e tiver livre de fatores que alteram a frequência gênica. Assim, as frequências genotípicas e gênicas mantem-se constantes a cada geração.

Os fatores que alteram a frequência gênica podem ser sistemáticos ou dispersivos.

Os fatores sistemáticos são aqueles cuja alteração na frequência gênica podem ser conhecidas, tanto em termos de magnitude quanto em direção, como: seleção, migração e mutação.

Os fatores 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 considerado a oscilação genética ou amostragem.

Quando uma população está em equilíbrio, as frequências genotípicas são dados pelo quadrado da frequência gênica.

### Definição 2.2.1

$$(p + q)^2 = p^2 + 2 \times p \times q + q^2 \quad (2.4)$$

$$\text{Sendo :} \quad (2.5)$$

$$p^2 = Freq(AA) \quad (2.6)$$

$$e \quad (2.7)$$

$$q^2 = Freq(aa) \quad (2.8)$$

$$(2.9)$$

**Definição 2.2.2 — Demonstração da teoria de EHW.** Para esta demonstração admita:

1.  $freq(A) + freq(a) = 1$
2.  $p + q = 1$
3.  $freq(AA) = D$
4.  $freq(Aa) = H$
5.  $freq(aa) = R$
6. População de tamanho 'n'
7. Análise de um gene 'A'



## Bibliografia

