

LGN 215 - GENÉTICA

Aula 7 - Genética Quantitativa I

Antonio Augusto Franco Garcia

Filipe Inácio Matias

Marianella F. Quezada Macchiavello

Departamento de Genética
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo

Sumário

Caracteres Qualitativos

Caracteres Quantitativos

Fenótipo = Genótipo + Ambiente

Coeficiente de Herdabilidade (h^2)

Progresso com seleção

Híbridos

Literatura

Caracteres Qualitativos e Quantitativos

Caracteres quantitativos

- ▶ Caracteres controlados por muitos genes são denominados **caracteres poligênicos** e como se referem a mensurações de quantidades (pesos, volumes, medidas: *kg*, *m*, *cm*, *g*, *m²*, etc.) são comumente denominados de **caracteres quantitativos**

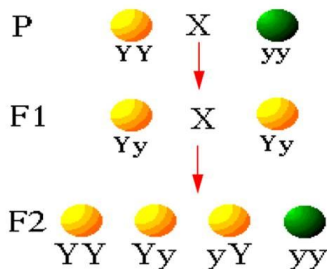
Caracteres qualitativos

- ▶ Os caracteres controlados por poucos genes são denominados de **caracteres qualitativos**, em contraste com os anteriores

- ▶ **Mapping QTLs for kernel oil content in a tropical maize population** (Mangolin et al., 2004)

Caracteres Qualitativos

- ▶ Segregações conhecidas, por exemplo, 3:1, 1:2:1 e 9:3:3:1, para um e dois locos, respectivamente, com dois alelos por loco
- ▶ Genótipos classificados em grupos fenotípicos distintos
- ▶ Pouco influenciados pelo ambiente
- ▶ **Exemplo 1:** cor de ervilhas

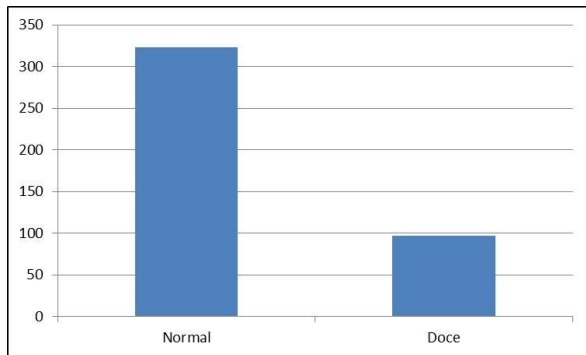


► **Exemplo 2:** cor do tegumento de grãos de milho

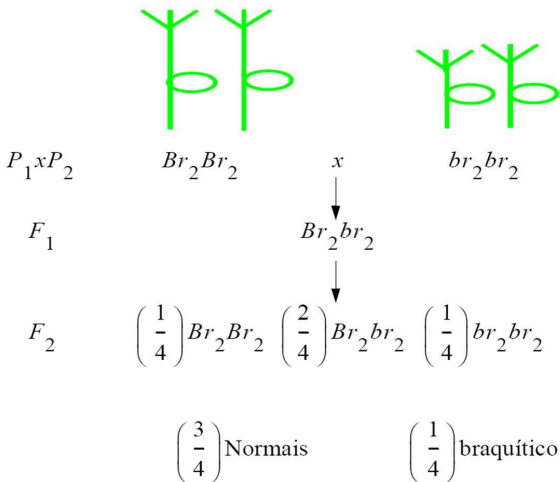


► **Exemplo 3:** milho doce

Em F_2 , 323 grãos normais e 97 grãos doces:



- **Exemplo 4:** milho normal, Br_2Br_2 , e milho anão (braquítico), br_2br_2 .



► **Exemplo 5:** gene “dwarf” em arroz



► Caracteres qualitativos avaliados por Mendel

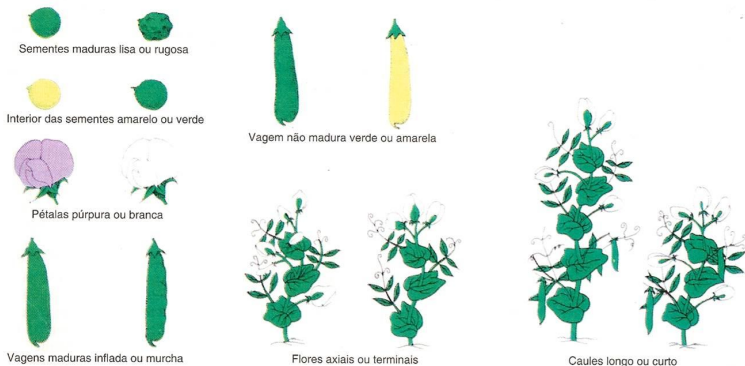


Fig. 2.3 As sete diferenças de características estudadas por Mendel. (S. Singer e H. Hilgard, *The Biology of People*. Copyright © 1978 por W. H. Freeman and Company.)

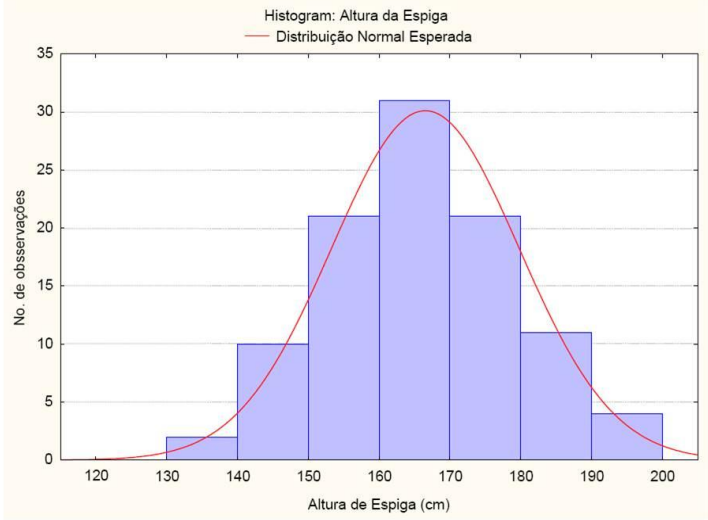
Caracteres Quantitativos

- ▶ Devido a segregação de um grande número de genes, não há a possibilidade de serem classificados em grupos fenotípicos distintos
- ▶ Apresentam variação contínua e podem ser modelados usando a **distribuição normal**
- ▶ O estudo de caracteres quantitativos é baseado em médias, variâncias, etc., portanto requer uso de **métodos estatísticos**
- ▶ Muito influenciados pelo ambiente.

- ▶ Muito influenciados pelo ambiente. Por quê?
 - Como cada loco (gene) é influenciado pelo ambiente, e como são muitos os genes controlando esses caracteres, a influência total do ambiente é alta
- ▶ Existem caracteres mais sensíveis que outros as diferenças ambientais. A produção de grãos é muito afetada pelo ambiente, enquanto que a precocidade é menos afetada.
- ▶ Ambiente = fertilidade, umidade, insolação, etc.
- ▶ **Exemplo 1:** produção de grãos, carne, leite, peso, etc.

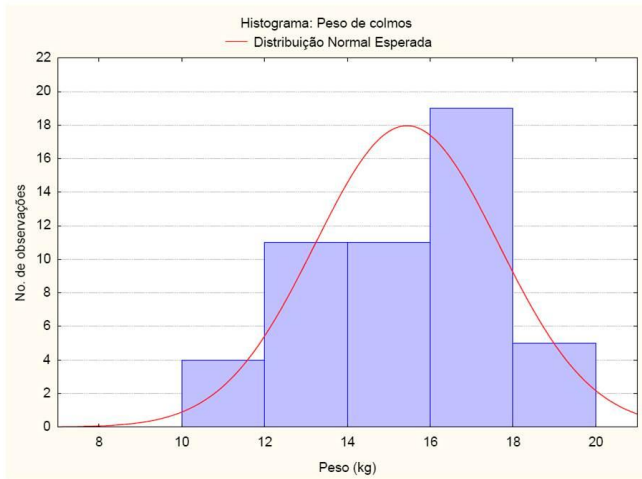
- **Exemplo 2:** Altura da espiga (*cm*) de 100 plantas F_2 de milho

154	174	160	194	158
191	156	160	182	156
152	162	156	135	169
145	158	162	172	161
156	169	156	162	184
166	168	166	176	180
169	160	174	179	164
144	165	180	145	150
172	175	164	174	180
154	171	159	154	165
190	182	190	194	179
175	146	186	174	168
140	184	148	165	161
170	164	162	175	160
144	148	195	164	161
171	164	180	168	172
167	151	184	171	154
159	169	170	146	160
165	148	166	165	168
155	190	189	178	186



- **Exemplo 3:** Peso de colmos (*kg*) de uma população F_1 de cana-de-açúcar

16,89	11,84	18,69	16,51	13,97
15,21	17,90	17,38	12,56	13,73
14,60	18,94	16,72	14,41	13,23
16,65	15,73	16,86	17,87	15,45
18,19	16,04	15,72	16,68	17,76
12,03	14,00	14,74	16,68	12,39
15,30	15,49	11,53	19,13	15,01
13,47	16,83	15,47	11,63	16,22
12,14	17,69	12,54	18,73	17,02
17,03	16,44	13,58	10,46	16,89



► **Exemplo 4:** Diferenças na altura na mesma população

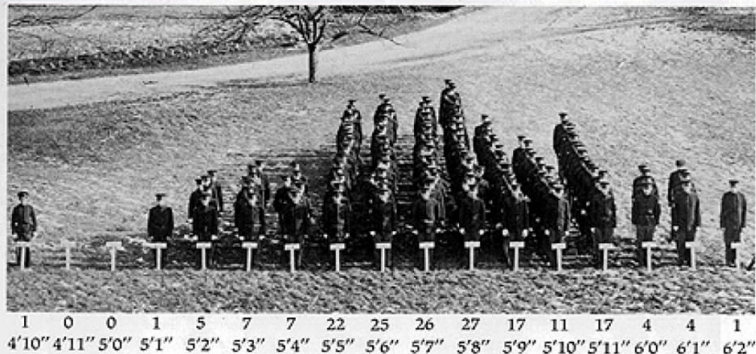


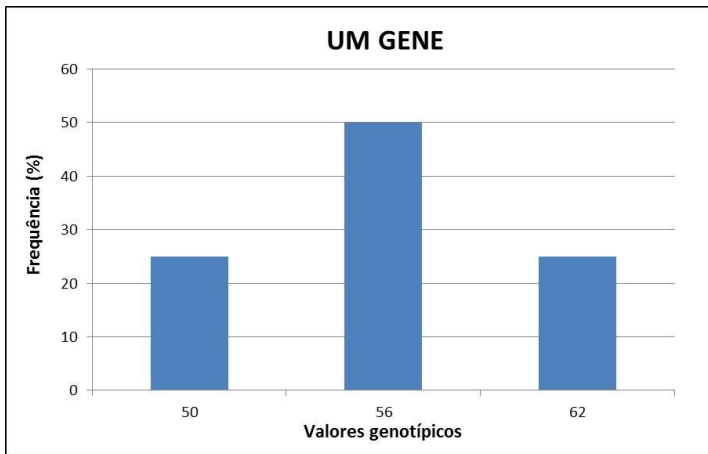
Figure 1.5

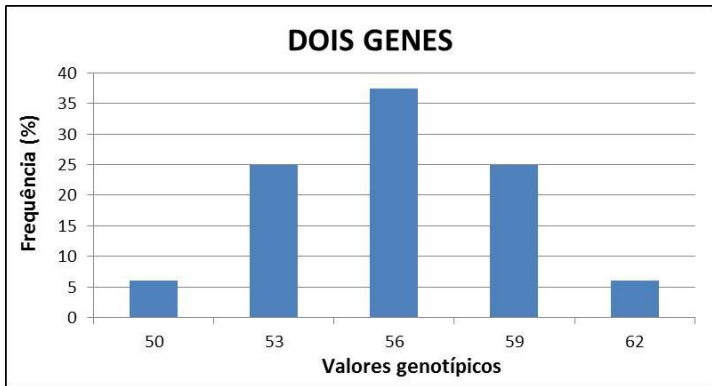
*Differences in height in the same population: heights of conscripts over 60 years ago. (From A. Blakeslee, *Journal of Heredity*, vol. 5, 1914.)*

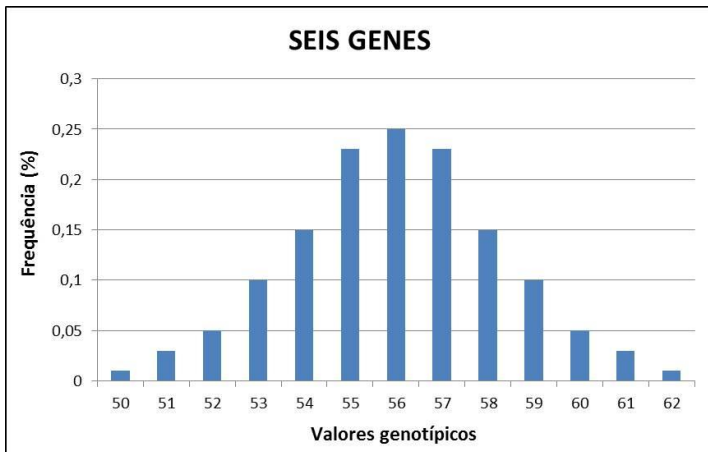
► **Exemplo 5:** Posição da mão ao abrir uma porta



► Explicação: múltiplos genes





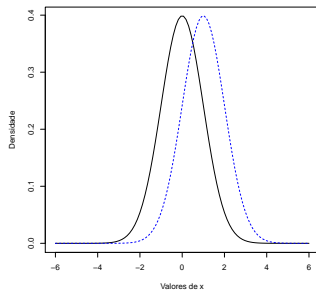
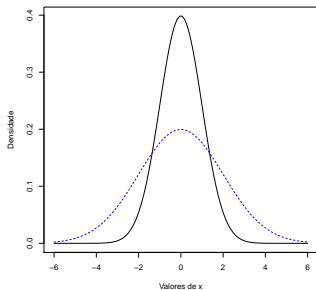


Distribuição Normal

► Função densidade de probabilidade:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}}$$

$\mu = \text{Média}$, $\sigma^2 = \text{Variância}$



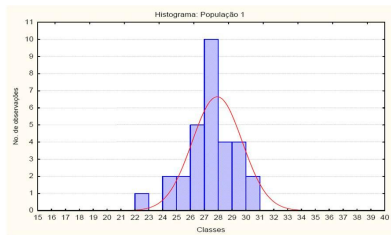
► **Média:**

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{N}$$

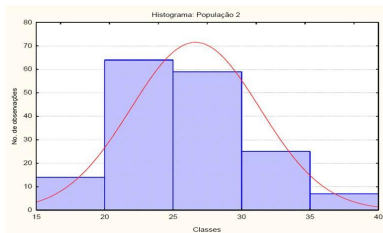
► **Variância:** medida de dispersão (variabilidade) em torno da média

$$\sigma^2 = \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum (x_i - \bar{x})^2 = \left(\frac{1}{n-1} \right) \left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right)$$

► População 1:



► População 2:



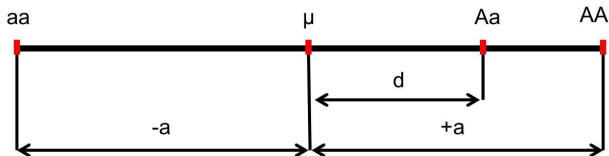
► Número de genes e de genótipos

Número de pares de alelos	Número de genótipos	Número de fenótipos*
1 (A,a)	3	2
2 (A,a; B,b)	9	4
...
n	3^n	2^n
$n = 20$	3.486.784.401	1.048.576

*com dominância completa

- Portanto, a consequência de um elevado número de genes controlando um caráter é o elevado número de genótipos possíveis

► Interações alélicas



► μ : média

► **a**: efeito aditivo

► **d**: efeito de dominância

- $d = 0$: ausência de dominância (interação alélica do tipo aditiva)
- $d = a$: dominância completa
- $0 < d < a$: dominância parcial
- $d > a$: sobredominância

► Interações alélicas

- A relação **d/a** mede o que se denomina **grau de dominância** de um gene, o qual dá idéia do tipo de interação alélica
- $d/a = 0$: interação alélica aditiva
- $d/a = 1$: dominância completa
- $0 < d/a < 1$: dominância parcial
- $d/a > 1$: sobredominância

- Como o caráter quantitativo é controlado por muitos genes, procura-se determinar o tipo de interação alélica predominante, uma vez que, na prática é impossível determinar o tipo de interação alélica de cada gene individualmente

► Interações alélicas

► Ação dominante:

$$F_1 = P_1$$

$$\bar{F}_2 < \bar{F}_1$$

► Ação aditiva:

$$F_1 = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_1$$

► Ação sobredominante:

$$F_1 > P_1$$

- Da mesma maneira que os caracteres qualitativos, os quantitativos apresentam estas interações gênicas
- A diferença é que nunca apenas um dos tipos estará envolvido; o que importa para os caracteres quantitativos é a conjunta destas ações gênicas

Heterose

- ▶ **Heterose** (h_{mp}) ou **vigor do híbrido**: superioridade do híbrido em relação a média dos genitores

$$h_{mp} = \bar{F}_1 - \frac{(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{2}$$

- ▶ **Heterobeltiose** (h_{ps}): superioridade do híbrido em relação a média do genitor superior

$$h_{ps} = \bar{F}_1 - \bar{P}_s$$

Fenótipo = Genótipo + Ambiente

- ▶ Para o melhoramento, não interessa conhecer somente os fenótipos individuais das plantas mas, principalmente, as diferenças entre os fenótipos ou a **variabilidade** que se expressa entre os indivíduos
- ▶ Para quantificar a variabilidade utiliza-se da estatística conhecida como **variância**, que é uma medida da dispersão dos dados
- ▶ Quanto mais dispersos os dados em torno da média, maior a variância

Variância

$$\sigma^2 = \frac{1}{(n - 1)} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

Fenótipo = Genótipo + Ambiente

$$F = G + E$$

Portanto

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$$

- ▶ σ_F^2 : *variância fenotípica*
- ▶ σ_G^2 : *variância genotípica (genética)*
- ▶ σ_E^2 : *variância ambiental, variância residual (resíduo)*

$$F_1 = G_1 + E_1$$

$$F_2 = G_2 + E_2$$

$$F_3 = G_3 + E_3$$

...

$$\underline{F_n = G_n + E_n}$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$$

Variância genética

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

- ▶ σ_G^2 : *variância genética*
- ▶ σ_A^2 : *variância aditiva*
- ▶ σ_D^2 : *variância de dominância*

Coefficiente de Herdabilidade (h^2)

- ▶ Quanto da variabilidade fenotípica observada é devido a causas genéticas?
- ▶ **Herdabilidade no sentido amplo (h_a^2)**

$$h_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

- ▶ **Herdabilidade no sentido restrito (h_r^2)**

$$h_r^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} \times 100$$

Exemplo: Feijoeiro

- ▶ **Caracteres de alta herdabilidade:**
 - Número de vagens por planta (0,87 ou 87%)
 - Número de sementes por vagem (0,94 ou 94%)
- ▶ **Caráter de baixa herdabilidade:**
 - Produção de grãos (0,46 ou 46%)

- ▶ **Herdabilidade no sentido amplo (h_a^2):** adequada para plantas de propagação vegetativa (toda a variação genética é transmitida à descendência)
- ▶ **Herdabilidade no sentido restrito (h_r^2):** plantas de propagação sexuada e indivíduos não homocigotos (a variação genética pode estar dividida entre os efeitos aditivos e dominantes)

Progresso com seleção



- ▶ Qual será o progresso com seleção, ou seja, quanto será a produtividade da população selecionada?



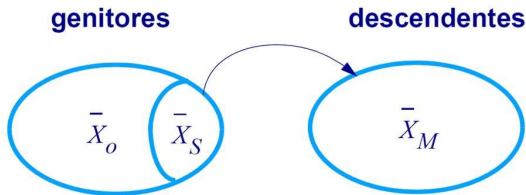
População de milho

Seleção →



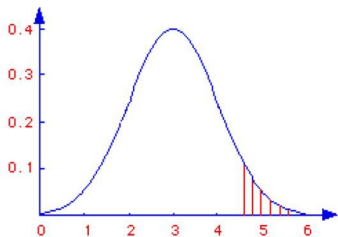
**Indivíduos
selecionados**

- ▶ O progresso ou ganho com seleção refere-se ao incremento na média da população original



Em que:

- ▶ \bar{X}_o : *média da população original*
- ▶ \bar{X}_s : *média das plantas selecionadas*
- ▶ G_s : *progresso (ou ganho) com a seleção*
- ▶ $ds = (\bar{X}_s - \bar{X}_o)$: *diferencial de seleção*
- ▶ \bar{X}_M : *média da população melhorada*

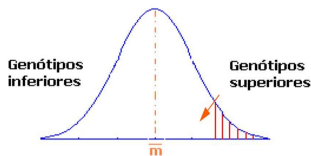


$$G_S = ds \cdot h^2 = ds \cdot \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2}$$

$$\bar{X}_M = \bar{X}_o + G_S$$

Híbridos

- ▶ Para espécies alógamas, como o milho e o girassol, que não podem ser propagadas vegetativamente, a seleção é feita via hibridação (método de obtenção de híbridos)



- ▶ **Objetivo:** selecionar e reproduzir os genótipos das plantas superiores
- ▶ **Como proceder?**
 - Obter linhagens puras (homozigóticas) que poder ser reproduzidas. Cruzá-las e selecionar o melhor cruzamento (híbrido), que pode ser obtido indefinidamente, um vez que as linhagens são passíveis de manutenção

► Exemplo

L₁: AAbbCCDDeeff

x

L₂: aaBBccDDeeFF

Gameta L₁: AbCDef

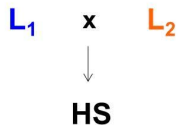


Gameta L₂: aBcDeF

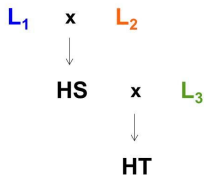
Híbrido L₁ x L₂: **AaBbCcDDeeFf**

► Tipos de híbridos

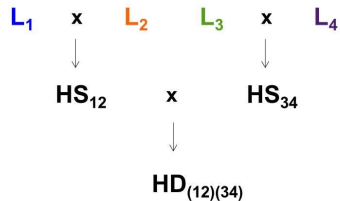
► Híbrido simples:



► Híbrido triplo:



► Híbrido duplo:



- ▶ Com n linhagens, tem-se:

$$HS = \frac{n(n-1)}{2}$$

$$HT = \frac{n(n-1)(n-2)}{2}$$

$$HD = \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{8}$$

- ▶ Predição de híbridos:

$$HT_{(AB)(C)} = \left(\frac{1}{2}\right)(HS_{(AC)} + HS_{(BC)})$$

$$HD_{(AB)(CD)} = \left(\frac{1}{4}\right)(HS_{(AC)} + HS_{(AD)} + HS_{(BC)} + HS_{(BD)})$$

- ▶ Assim, tendo-se os comportamentos dos híbridos simples, pode-se prever os comportamentos dos híbridos triplos e duplos possíveis

Heterose

- ▶ **Heterose** (h_{mp}) ou **vigor do híbrido**: superioridade do híbrido em relação a média dos genitores

$$h_{mp} = \bar{F}_1 - \frac{(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{2}$$

- ▶ **Heterobeltiose** (h_{ps}): superioridade do híbrido em relação a média do genitor superior

$$h_{ps} = \bar{F}_1 - \bar{P}_s$$

Leitura recomendada



A.J.F. GRIFFITHS; S.R. WESSLER; R.C. LEWONTIN; S.B. CARROLL.

Capítulo 18: Genética quantitativa.

Introdução à genética, 2008.



M.A.P RAMALHO, J.B. SANTOS, and C.A.B.P. PINTO.

Capítulo 12: Genética quantitativa.

Genética na Agropecuária, 2004.