

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
MELHORAMENTO ANIMAL**

# **GENÉTICA QUANTITATIVA**

## CONCEITOS ESTATÍSTICOS USADOS NO MELHORAMENTO ANIMAL

- **PROBABILIDADE:** No M.A., a segregação dos genes e a sua recombinação quando da união do óvulo com o espermatozóide na fecundação, obedecem as leis da probabilidade, que são úteis para detectar alguns genes que sejam desejáveis ou outros indesejáveis.
- Os efeitos conjuntos dos genes sobre as características QUANTITATIVAS, bem como o estudo da semelhança entre parentes, pedra fundamental na análise e interpretação de dados da população, são baseados na Teoria da PROBABILIDADE.
- Se é absolutamente certo que um sucesso se apresente, a probabilidade = 1 (100%), se o sucesso não ocorrerá, a probabilidade = 0.

## CARACTERES QUALITATIVOS

### Exemplos:

- Presença ou ausência de aspás nos bovinos;
- Cor da pelagem do Aberdeen Angus;
- Cor da pelagem do Shorthorn;
- Nanismo em Hereford;
- Pigmentação do velo em ovinos;
- Síndrome do estresse em suínos.

## CARACTERÍSTICAS DOS CARACTERES QUALITATIVOS

- Controlados por **um ou poucos locos**;
- Apresentam **classes** fenotípicas bem definidas, variação discreta;
- Sofrem pouca ou **NENHUMA** influência ambiental.
- Podem ser definidos através de **frequências fenotípicas, genotípicas e genéticas**.

## **CARACTERES QUANTITATIVOS:**

### **Exemplos:**

- **Peso à determinada idade;**
- **Altura as cruces;**
- **Peso de velo sujo;**
- **Peso de carcaça fria;**
- **Produção de leite por lactação.**

## CARACTERÍSTICAS DOS CARACTERES QUANTITATIVOS:

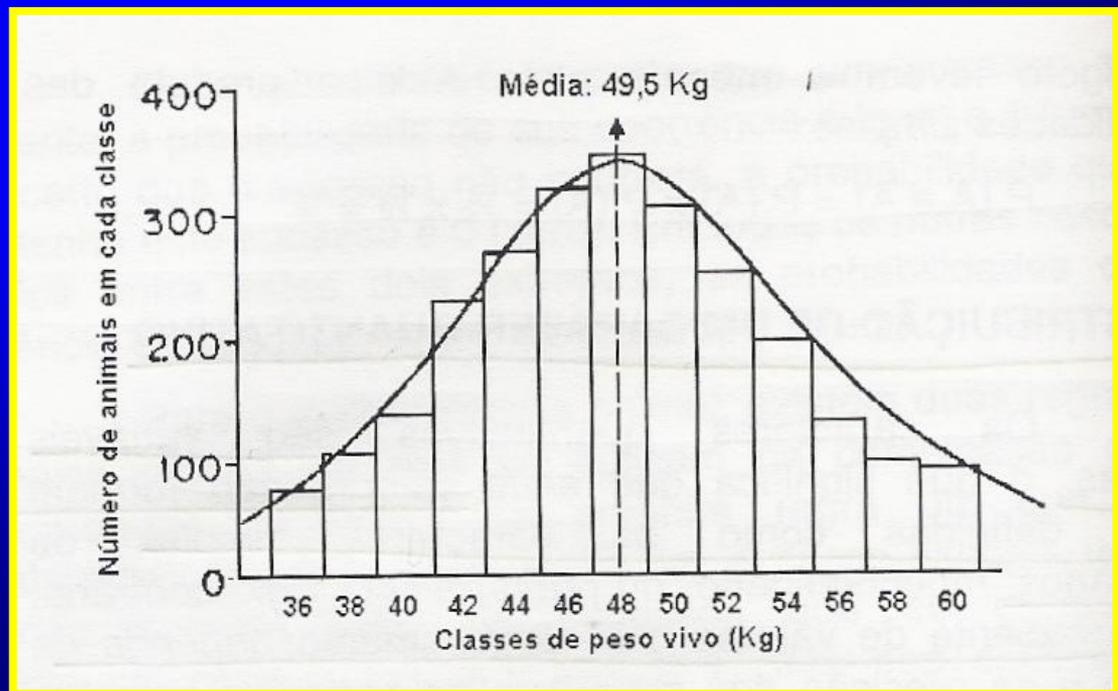
- Geneticamente, são determinados por um **GRANDE NÚMERO DE LOCOS**, cada um com pequeno efeito (poligênicos);
- Apresentam um número muito elevado de classes genotípicas, variação **CONTÍNUA**;
- Os indivíduos não podem ser classificados em categorias definidas;
- São **MUITO** influenciados pelo **AMBIENTE**;
- As análises das populações, em relação aos caracteres quantitativos são realizadas utilizando-se **ferramentas estatísticas** para descrever as tendências centrais, a homogeneidade ou heterogeneidade da população, sua variação.

## DISTRIBUIÇÃO DE UM CARACTER QUANTITATIVO

- Caracteres quantitativos são **variáveis contínuas**, seus valores não formam classes definidas;
- Há um gradiente de valores cujo detalhamento depende da exatidão e da precisão dos aparelhos de medição, balança, etc;

- Distribuição do peso vivo em um rebanho de ovinos da raça Romney Marsh;

- Distribuição **normal** ou de Gauss.

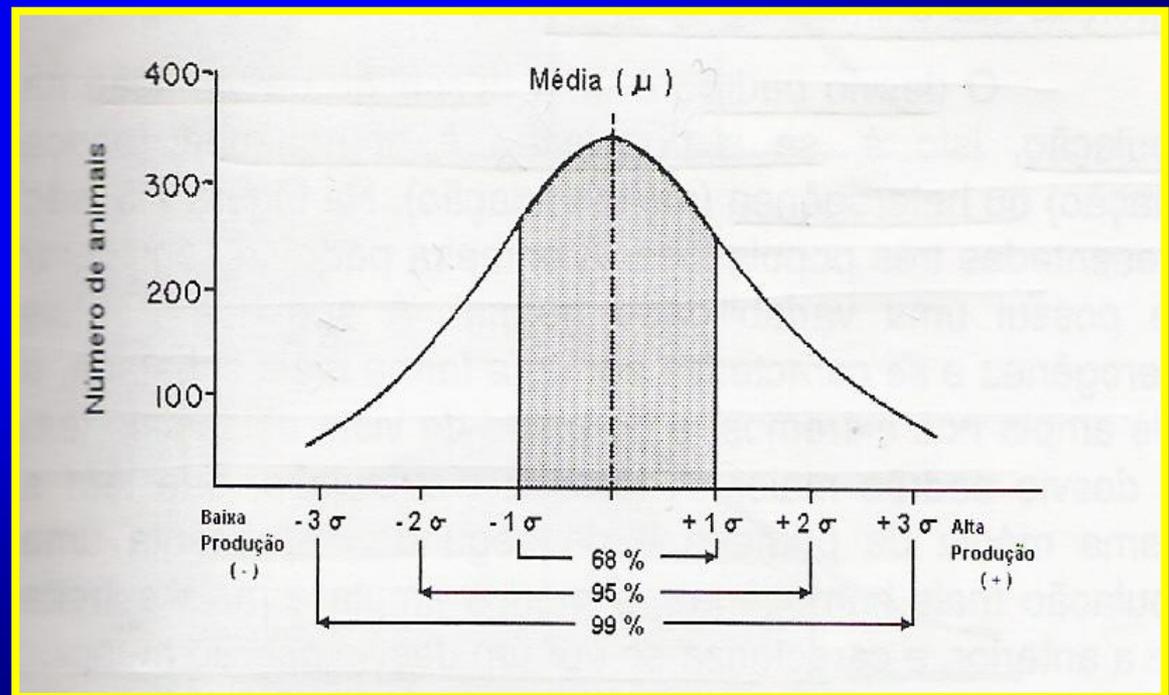


- A **média é a descrição do valor central**, da tendência média da população, onde a maior parte dos animais se agrupam;
- O **desvio padrão é a descrição da variação da população**, isto é, se a população é homogênea (pouca variação), ou heterogênea (muita variação).

- 68,3% entre -1 desvio e + 1 desvio;

- 95,5% entre - 2 desvios e + 2 desvios;

- 99,7% entre - 3 desvios e + 3 desvios.



# GENÉTICA QUANTITATIVA

É o estudo da herança dos caracteres quantitativos, os que constituem a maioria dos caracteres de importância econômica => **ALVO DOS PROGRAMAS DE M.A. PELA SELEÇÃO.**

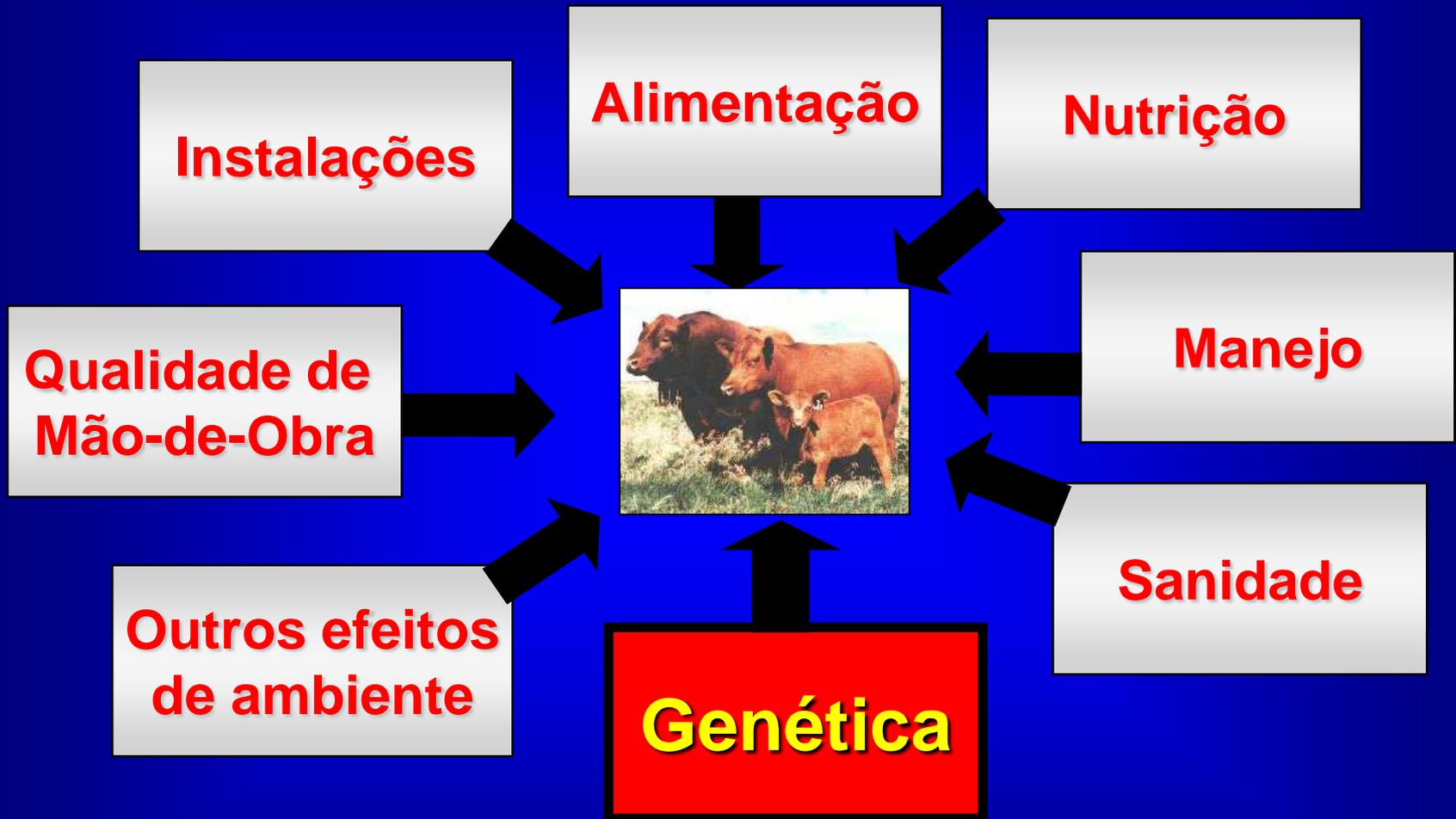
- Diferenças entre caracteres **QUANTI** e **QUALITATIVOS**:

---

<b>QUALITATIVOS</b>	<b>QUANTITATIVOS</b>
Controlados por 1 ou POUCOS locus	Controlados por MUITOS locus
Variáveis discretas	Variáveis contínuas
Descrições individuais / probabilidades	Descrições em populações, usando médias e variâncias
POUCO influenciado pelo ambiente	MUITA influência ambiental <b>FENÓTIPO = GENÓTIPO + AMBIENTE</b>

---

- **MODELO BÁSICO:  $P = G + E$**



- O **FENÓTIPO** do animal (sua produção, que pode ser observada ou medida) é a soma dos efeitos do genótipo do animal (seus genes, DNA contido nos seus cromossomas) e do ambiente em que o animal vive (clima, nutrição, manejo, sanidade);
- Principal problema: Não podemos observar o **GENÓTIPO** (verdadeiro valor genético do animal), mas somente o fenótipo, e este é o somatório  $G + E$ ;
- Somente o **GENÓTIPO** é **HERDADO**;
- As diferenças genéticas entre os animais são herdáveis, os efeitos de ambiente **NÃO**.

- Os efeitos GENÉTICOS podem ser divididos em 3 componentes:

$$G = A + D + I$$

- Onde:
- **A = efeitos genéticos aditivos:** resultam da ação direta de cada alelo, nos cromossomos homólogos. Somente estes são HERDÁVEIS, passam dos pais para progênie.
- **D = efeitos genéticos devido à dominância:** resultam da ação conjunta dos alelos nos cromossomas homólogos, dentro do mesmo loco (interação intra-loco). NÃO são HERDÁVEIS.
- **I = efeitos genéticos devido à epistasia:** são os que resultam da ação conjunta dos alelos em diferentes locus (interação inter-loco). Em geral, NÃO são HERDÁVEIS.
- Para fins de **SELEÇÃO**, o interesse é o valor genético aditivo do animal, a soma dos efeitos dos alelos que possui nos locus que controlam o caráter quantitativo que é selecionado.

• **RESUMINDO:**

<b>Modelo Básico:</b>	<b><math>P = G + E</math></b>
<b>Modelo Expandido:</b>	<b><math>P = A + D + I + E</math></b>
<b>Definições:</b>	<b>P = Fenótipo G = Genótipo A = Efeitos genéticos aditivos D = Efeitos genéticos da dominância I = Efeitos genéticos da epistasia E = Ambiente</b>

### 3. COMPONENTES DA VARIAÇÃO FENOTÍPICA

- Um caráter quantitativo em uma população, apresenta distribuição normal. Esta é a distribuição dos valores **FENOTÍPICOS** observados;
- O parâmetro que descreve a variação observada nessa população é a Variância Fenotípica ( $V_p$ );
- O **MA** está direcionado à seleção dos animais superiores para determinado caráter, e para isso é imprescindível que exista variação entre os animais da população;
- A seleção é baseada na existência de **variação**.

- Por que os animais diferem em seus fenótipos?

Se o fenótipo é genótipo + ambiente, então a variância fenotípica observada entre os animais (para determinado caráter quantitativo) é **em parte devida a diferenças genéticas** entre os animais ( $V_g$ ) e em parte, devida à **diferenças no ambiente** que recebe cada animal (variância ambiental,  $V_e$ ).

- Quanto maior a importância das diferenças genéticas entre os animais em relação à variação fenotípica total, maior o sucesso terá a seleção.

$$V_p = V_g + V_e$$

- A variância genética pode ainda ser causada pelas diferenças nos **efeitos aditivos entre os animais**, pelas diferenças entre os efeitos de **dominância** ou de **epistasia**.

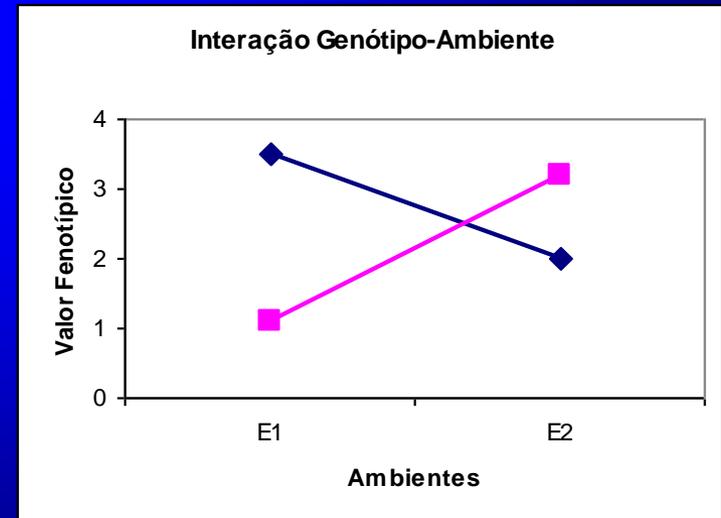
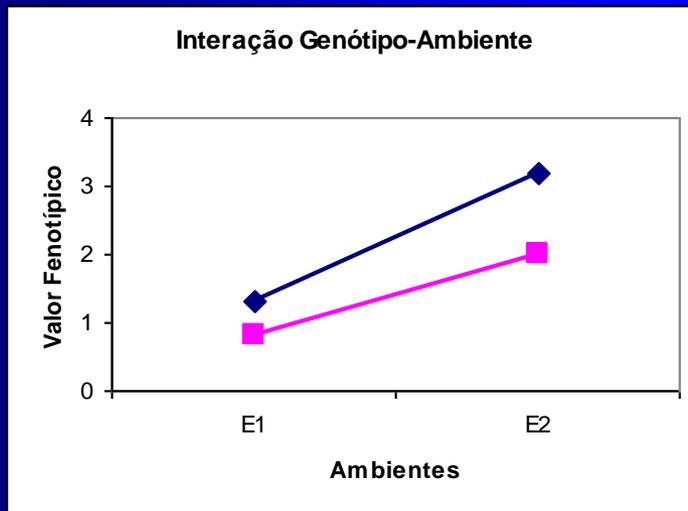
$$V_p = V_a + V_d + V_i + V_e$$

- Como somente as diferenças genéticas **ADITIVAS** entre os animais são **HERDÁVEIS**, será definida a **HERDABILIDADE ( $h^2$ )** de um caráter como o percentual das diferenças fenotípicas entre os animais que são causadas pelas diferenças genéticas aditivas:

$$h^2 = V_a / V_p$$

## 4.INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

- O fenótipo dos indivíduos é o resultado de seu genótipo, manifestado segundo o ambiente em que este indivíduo está exposto.
- A seleção de indivíduos em determinado ambiente resulta em progresso genético em outro tipo de ambiente?



Cardellino & Rovira (1987)

- A interação genótipo ambiente se caracteriza por uma **resposta diferenciada dos genótipos às variações ambientais**, o que pode ocasionar alteração no ordenamento de performance dos genótipos nos diferentes ambientes (Falconer, 1996);

**Exemplo: Raças européias e zebuínas de bovinos de corte em dois ambientes: temperado/frio e tropical/quente. No clima temperado as raças européias superam em produção as raças zebuínas, no clima tropical, o contrário.**

- **Espera-se que haja interação genótipo x ambiente quando as diferenças entre os genótipos e entre os indivíduos são grandes. As situações possíveis são:**

## SITUAÇÕES POSSÍVEIS DE G X E

Situação	Diferença G	Diferença A	Comportamento
Raças em diferentes áreas	Grande	Grande	Se espera G*E
Animais em diferentes áreas	Pequena	Grande	G*E pode ser importante
Raças em um mesmo rebanho	Grande	Pequena	G*E provavelmente baixa
Animais em um mesmo rebanho	Pequena	Pequena	G*E baixa

Vescovsky & Packer (1976)

## CONSIDERAÇÕES:

- Segundo Cardoso (2005), do ponto de vista de **seleção**, a interação genótipo x ambiente implica que os animais identificados **como melhoradores** em um determinado ambiente **não serão necessariamente os de melhor desempenho**, se transferidos para um ambiente diferenciado ou se sua progênie for criada em condições **diferentes do ambiente** no qual esses animais foram selecionados;
- Essa interação pode também provocar **alteração nas variâncias fenotípicas e ambientais**, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (Alencar et al., 2005)

## MÉTODOS DE AVALIAR G X A:

- Incluindo o efeito em **modelos genéticos** das análises estatísticas quantitativas tradicionais;
- Definindo a **expressão fenotípica** da característica em diferentes ambientes como características distintas e **estimar a correlação** entre elas;
- Pela **norma de reação** que descreve a expressão fenotípica dos genótipos como função do ambiente, podendo detectar mudanças graduais e contínuas dos genótipos no gradiente ambiental.

## 5. RELAÇÃO ENTRE DOIS CARACTERES

- **Coeficiente de correlação (r)**: É o quociente da covariância entre X e Y, dividido pelo produto dos desvios-padrões das duas variáveis;
- $r_{xy} = COV_{xy} / S_x S_y$
- Varia de -1,0 a +1,0 e indica a mudança em uma das variáveis, quando a outra muda.
- **Correlação positiva**: a medida que uma variável aumenta, a outra também;
- **Correlação negativa**: quando uma variável aumenta, a outra diminui;
- **Correlação zero, ou muito pequena**: caracteres independentes

- **Coeficiente de determinação ( $r^2$ )**: é o quadrado do coeficiente de correlação. Se define como o % da variação de Y que é devida a X (associação biológica).
- Ex.:  $r = 0,80 \Rightarrow r^2 = (0,8)^2 = 64\%$  da variação de Y devido a X.
- **Regressão**: A linha de regressão Y sobre X é da forma  $Y = a + bX$ , onde Y é a variável dependente ou efeito (posterior no tempo) e X é a variável independente ou causal (anterior no tempo);
- **a** = o ponto de intersecção com o eixo X
- **b** = coeficiente de regressão, que pode variar de  $-\alpha$  a  $+\alpha$  e indica quantas unidades aumenta (se +) ou diminui (se -) a variável Y, por cada unidade de aumento da variável X.

- Exemplo: Dados de 20 bezerros Devon X= P150 (peso aos 150 dias)  
Y= P300 (peso aos 300 dias)

Número do Bezerro	X	Y
1	105	300
2	95	265
3	80	250
4	85	270
5	90	290
6	100	310
7	110	325
8	95	280
9	95	300
10	90	250
11	80	230
12	100	300
13	95	290
14	90	280
15	85	240
16	100	330
17	90	280
18	110	350
19	105	330
20	95	265

a) Média e desvio-padrão:

$$X = 94,75 \text{ kg} \quad S = 8,81 \text{ Kg}$$

$$Y = 286,75 \text{ kg} \quad S = 32,25 \text{ kg}$$

b) Correlação entre X e Y:

$$r = 0,88$$

c) Coeficiente de determinação de Y por X:

$$r^2 = 0,77$$

d) Regressão de Y sobre X

$$b = 3,23 \text{ kg}$$

$$a = -19,29$$

$$Y = -19,29 + 3,23X$$

- Interpretação:

- A correlação entre o peso aos 150 e aos 300 dias é **alta e positiva** (0,88), indicando uma tendência dos animais mais pesados aos 150 dias, a serem mais pesados aos 300 dias e vice-versa;
- O **coeficiente de determinação** de Y por X (0,77) significa que 77% da variação nos pesos aos 300 dias é determinada pelos pesos aos 150 dias;
- O **coeficiente de regressão** de Y por X (3,23 kg) indica que, em média, por cada 1kg a mais do peso aos 150 dias, pode-se esperar um aumento de 3,23 kg no peso aos 300 dias.