

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO**  
**CRESCIMENTO DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM**

**Vanessa Rejane Nogueira Gavioli**

Zootecnista

JABOTICABAL, SP – BRASIL  
2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO  
CRESCIMENTO DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM**

Vanessa Rejane Nogueira Gavioli

Orientador: Dr. Mauricio Mello de Alencar

Co-orientador: Dr. Alfredo Ribeiro de Freitas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2010

Gavioli, Vanessa Rejane Nogueira  
G283e Estudo de modelos não-lineares na descrição do crescimento de  
fêmeas da raça Canchim / Vanessa Rejane Nogueira Gavioli. --  
Jaboticabal, 2010  
viii, 52 f. : 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2001  
Orientador: Maurício Mello de Alencar  
Banca examinadora: Danísio Prado Munari, Lenira El Faro Zadra  
Bibliografia

1. Curva de Crescimento. 2. Parâmetros genéticos. 3. Raça  
Canchim. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 636.2:636.082

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**VANESSA REJANE NOGUEIRA GAVIOLLI** - Nascida em 04 de janeiro de 1978, em Casa Branca, São Paulo, filha de Edwil João Gaviolli e Yara Nogueira Cobra Gaviolli, é Zootecnista formada pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, em Julho de 2005. Iniciou o curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal, em Agosto de 2007, obtendo o Título de Mestre em Fevereiro de 2010.

À Deus  
DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Dr. Mauricio Mello de Alencar, por sua atenção e orientação.

Ao Dr. Alfredo Ribeiro de Freitas, por sua dedicação, atenção e amizade todas as vezes durante toda elaboração deste trabalho.

À Embrapa Pecuária Sudeste por disponibilizar o banco de dados.

À Universidade Estadual Paulista pela realização deste curso.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal que de alguma forma contribuíram em minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Maurício Mello de Alencar e Dr. Danísio Prado Munari e Dra. Lenira El Faro, pelas valiosas sugestões.

À minha irmã Silvia T. N. G. Miron e ao meu cunhado Edison Martins Miron pela carinhosa acolhida em sua casa. À minha sobrinha Julia, que me trouxe alegria todas dos dias que passei em sua casa.

Aos amigos de Jaboticabal, Viviane Modesto, Rebecca Meystre, Joanna, Márcia Santana, Davi Nogueira, Carla Leite, Marcos Buzanskas, Severino, Iara, Leonardo, Naudin.

Às minhas irmãs Kátia e Márcia, e ao meu sobrinho Pedro, pelo amor e dedicação.

Aos meus pais, Yara e Edwil, por seu apoio e amor incondicional.

## SUMÁRIO

	Página
ESTUDO DE MODELOS NÃO - LINEARES NA DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM.....	v
Resumo.....	v
STUDY OF NON LINEAR MODELS TO DESCRIBE THE GROWTH CURVE OF FEMALES OF THE CANCHIM BREED.....	vii
Abstract.....	vii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
Uso de modelos não-lineares na descrição da curva de crescimento.....	3
Parâmetros genéticos dos parâmetros A e k da curva de crescimento.....	6
Referências.....	9
CAPÍTULO 2 – ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO PONDERAL DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM POR MEIO DE MODELOS NÃO – LINEARES.....	15
Resumo.....	15
CHAPTER 2 – STUDY OF GROWTH CURVES OF THE CANCHIM CATTLE USING NONLINEAR MODELS.....	16
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão.....	23
Conclusões.....	32
Referências.....	33
CAPITULO 3 – ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM UM REBANHO DA RAÇA CANCHIM.....	35
Resumo.....	35
CHAPTER 3 - ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR REPRODUCTIVE AND GROWTH TRAITS IN A CANCHIM HERD .....	37
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos .....	39
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	48
Referências.....	49

## ESTUDO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM

### RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram identificar as funções matemáticas que melhor se ajustam para descrever o crescimento de fêmeas da raça Canchim e do grupo genético MA (filhos de touros da raça Charolesa e vacas  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore), e estimar a herdabilidade dos parâmetros A e k da curva que melhor se ajustou aos dados e a correlação genética desses com a idade (IPP) e o peso (PPP) ao primeiro parto e idade (ISP) e peso (PSP) ao segundo parto. As funções não lineares Brody, Richards, Von Bertalanffy e duas alternativas de Gompertz e de Logístico foram ajustadas pelo método de Gauss Newton e procedimento NLIN do SAS, a dados peso-idade de 1.923 bovinos da raça Canchim e MA, nascidos de 1972 a 2006, com pesagens no mínimo até os 37 meses de idade e no máximo até os 100 meses de idade e com pelo menos sete pesagens. A comparação entre os modelos foi realizada com base na interpretação biológica dos parâmetros e nos avaliadores de qualidade de ajuste. A estimação dos parâmetros genéticos foi feita pelo método da máxima verossimilhança restrita, utilizando análises uni e bicaracterísticas com modelos que incluíram o efeito fixo de grupo de contemporâneos e o efeito aleatório aditivo direto. Os modelos Brody e Von Bertalanffy ajustaram aos dados peso-idade, enquanto que os demais não convergiram, sendo que o modelo Brody foi escolhido para a obtenção dos parâmetros A e k de cada animal. As estimativas de herdabilidade obtidas foram  $0,32 \pm 0,05$ ;  $0,12 \pm 0,04$ ;  $0,12 \pm 0,04$ ;  $0,43 \pm 0,06$ ;  $0,19 \pm 0,06$  e  $0,44 \pm 0,06$ , para

A, k, IPP, PPP, ISP e PSP, respectivamente. Estes resultados sugerem que é possível, mas difícil obter mudanças na curva de crescimento dos animais pela seleção. As estimativas de correlação genética dos parâmetros A e k com as idades e os pesos aos partos sugerem que a seleção para modificar A deve provocar mudanças no mesmo sentido em IPP, PPP, ISP e PSP, e que mudanças em k, se ocorrerem, devem ser acompanhadas de mudanças nas outras características, mas em sentido contrário.

**Palavras - chave:** curva de crescimento, idade ao parto, modelos não lineares, parâmetros genéticos, peso ao parto, raça Canchim.

**STUDY OF NON-LINEAR MODELS TO DESCRIBE THE GROWTH  
CURVE OF FEMALES OF THE CANCHIM BREED**

**ABSTRACT**

The objectives in this study were to identify the mathematical function that best fits the growth of Canchim and MA (offspring of Charolais bulls and  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore cows) females, and to estimate the heritability of parameters A and k of the function that best fitted the data and the genetic correlations of these parameters with age (IPP) and weight (PPP) at first calving and age (ISP) and weight (PSP) at second calving. Brody, Richards, Von Bertalanffy and two alternatives of Gompertz and of Logistic non-linear models were fitted by Gauss Newton method and NLIN procedure of SAS. Weight-age data of 1,923 females born from 1972 to 2006, with weighing at least at 37 months of age and at most at 100 months of age, and with at least seven weighing were used. The comparison between the models was based on the biological interpretation of parameters and measures of quality of adjustment. The genetic parameters were estimated by the restricted maximum likelihood method using one and two-trait analyses with animal models that included the fixed effect of contemporary group and the random additive direct effect. The Brody and the Von Bertalanffy models adjusted the weight-age data well, while the others did not converge, and the Brody function was chosen to obtain the parameters A and k of each animal. The heritability estimates were  $0.32 \pm 0.05$ ,  $0.12 \pm 0.04$ ,  $0.12 \pm 0.04$ ,  $0.43 \pm 0.06$ ,  $0.19 \pm 0.06$  and  $0.44 \pm 0.06$  for A, k, IPP, PPP, ISP and PSP were, respectively. These values suggest that it is possible, but difficult to obtain changes in the pattern of the growth curve of the animals by selection. Estimates of genetic correlation of

parameters A and k with the other traits suggest that selection to change A should cause changes in the same direction in PPI, PPP, ISP and PSP, and that changes in k, if they occur, should also be followed by changes in the other traits, but in the opposite direction.

**Keywords:** growth curve, age at birth, nonlinear models, genetic parameters, weight at calving, Canchim breed.

## **CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Estudos em melhoramento genético animal visam definir técnicas e/ou processos para diminuir o ciclo de produção, tornando-o mais viável economicamente. Segundo SARMENTO et al. (2003), o crescimento rápido é desejável na bovinocultura de corte, pois animais que têm maior potencial de crescimento precisam de menor período de tempo para atingir a idade de abate. Portanto, no Brasil, os programas de avaliação genética de bovinos de corte, geralmente, contemplam, além de outras, características de crescimento como o peso, medido em determinadas idades, normalmente, ao nascimento, ao desmame e ao sobreano (ALENCAR, 2002). A seleção para essas características pode resultar em animais mais pesados à idade adulta (SILVA et al., 2000; TALHARI et al., 2003; CASTRO-PEREIRA et al., 2007), o que pode ser não vantajoso em sistemas de produção em que o rebanho de vacas é mantido em pastagens, uma vez que correlações desfavoráveis do peso à idade adulta com características de eficiência reprodutiva (WINKLER et al., 1993; MELLO, 2004; BALDI et al., 2008a) e de produtividade (MELLO, 2004; BALDI et al., 2008b) foram reportadas em bovinos de corte, no Brasil. A disponibilidade de medidas de peso tomadas do nascimento até a idade adulta no mesmo indivíduo, permite o ajuste de funções de crescimento que podem auxiliar na definição de critérios de seleção.

Os modelos lineares e não-lineares, que relacionam os pesos ( $y$ ) e as idades ( $t$ ) dos animais, possibilitam modelar o crescimento do animal até a sua idade adulta. Por meio dos modelos não-lineares, é possível estudar dentro do intervalo de peso-idade mensurado, a estimativa do peso corporal em qualquer idade, a taxa de crescimento, a

taxa de maturidade, a aceleração do crescimento e o ponto de inflexão, entre outras. Outras utilidades desses modelos são a possibilidade de se identificar na população os animais mais pesados em idades mais jovens, estudar o perfil de respostas de tratamentos ao longo do tempo e utilizar os parâmetros estimados das curvas como novas características (FREITAS et al., 2000; PAZ et al., 2004; FREITAS, 2005; FREITAS et al., 2005). Além disso, todas essas novas características podem ser relacionadas com características reprodutivas e produtivas. Portanto, o estudo do crescimento dos animais utilizando modelos não-lineares pode auxiliar na definição de critérios de seleção, visando ao aumento da taxa de crescimento dos animais, de maneira sustentável.

Os objetivos neste trabalho foram estudar o crescimento de fêmeas da raça Canchim e do grupo MA (filhas de touros Charolês e vacas  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore) por meio de funções não-lineares, estimar parâmetros genéticos (herdabilidade e correlação genética) dos parâmetros da curva de crescimento que melhor se ajustou aos dados e estimar a correlação genética dos parâmetros da curva com as idades e os pesos ao primeiro e ao segundo parto.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Uso de modelos não lineares na descrição da curva de crescimento**

FITZHUGH JR. (1976) destaca que os principais objetivos no ajuste de curvas de crescimento são descritivos, de modo que a informação contida numa seqüência de pontos tamanho – idade é reduzida em relativamente poucos parâmetros que tenham interpretação biológica, e preditivos, pois os parâmetros da curva de crescimento são utilizados para prever taxas de crescimento, necessidades alimentares, respostas à seleção, peso à maturidade e grau de maturidade. Além disso, os parâmetros da curva descrevem vários aspectos do processo de crescimento, e a partir deles é possível prever outras medidas de interesse na produção animal, como o peso e a idade no ponto de inflexão da curva. Tais parâmetros também podem ser utilizados diretamente como critérios de seleção (FORNI, 2006).

Um ponto de partida para o entendimento da importância das curvas de crescimento é o livro de BRODY (1945), *Bioenergética e Crescimento*, em que o autor estabelece uma compreensível ligação entre aspectos biológicos do processo de desenvolvimento dos animais e algumas leis matemáticas. Após a publicação deste livro, nota-se claramente o aumento no interesse científico pelos modelos não-lineares na descrição do crescimento e o refinamento de técnicas associadas ao emprego destes modelos (FORNI, 2007). O emprego das curvas de crescimento evita os inconvenientes da interpretação independente de um grande número de medidas isoladas que estão sujeitas a efeitos ambientais temporários não identificáveis

(FITZHUGH, 1976), e permite estimar parâmetros genéticos para os parâmetros da curva.

Segundo SANDLAND (1983), os modelos mais freqüentemente utilizados na descrição de curvas de crescimento são funções não-lineares do tipo sigmóide. Entre elas, as mais utilizadas na modelagem da curva de crescimento dos animais são as de Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, Logística e Richards (RICHARDS, 1959).

Segundo RICHARDS (1959), citado em FREITAS (2005), o estudo de curvas de crescimento iniciou com o modelo de Von Bertalanffy em experimentos metabólicos. Este modelo foi descrito pela equação:

$$y = \left\{ \frac{\eta}{\kappa} - \left( \frac{\eta}{\kappa} - y_0^{-m} \right) e^{-(1-m)kt} \right\}^{1/(1-m)},$$

Posteriormente, esse modelo foi reescrito para  $y^{1-m} = A^{1-m} - \beta e^{-kt}$ , e mais tarde foi reparametrizado para  $y^{1-m} = A^{1-m} (1 \pm b e^{-kt})$ , em que  $b = \pm \beta A^{1-m}$ ; o sinal é negativo quando  $m < 1$  e positivo, quando  $m > 1$  (FREITAS, 2005).

Segundo FREITAS (2005), foi com base na equação  $y^{1-m} = A^{1-m} (1 \pm b e^{-kt})$  e, de acordo com o ângulo  $m$  (RICHARDS, 1959), que os modelos de Brody, de Von Bertalanffy, Logístico, de Gompertz e de Richards, que são as funções não lineares mais utilizadas em trabalhos científicos na descrição do crescimento de bovinos de corte, foram obtidos. Esses modelos são os seguintes:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Brody:} & y_t = A(1 - b e^{-kt}) \quad (m = 0) \\ \text{Von Bertalanffy:} & y_t = A(1 - b e^{-kt})^3 \quad (m = 2/3) \\ \text{Logística:} & y_t = A/(1 + b e^{-kt}) \quad (m = 2) \\ \text{Gompertz:} & y_t = A e^{-b e^{-kt}} \quad (m \rightarrow 1) \\ \text{Richards:} & y_t = A(1 - b e^{-kt})^m \quad (m \text{ variável}) \end{array} \right.$$

As interpretações matemáticas dos componentes destas funções podem ser resumidas como:  $y_t$  representa o peso em determinada idade  $t$ ;  $A$  representa o valor assintótico de  $y_t$  que é atingido quando  $t$  tende ao infinito, ou seja, é o peso à maturidade;  $k$  é a taxa de maturidade, que indica a velocidade com que o animal atinge o peso à maturidade ou peso assintótico ( $A$ ), em que valor maior para  $k$  indica maior velocidade de crescimento do animal;  $e$  representa a base do logaritmo natural;  $b$  representa a constante de integração relacionada com os pesos iniciais, que não possui interpretação biológica mas é importante para modelar o formato sigmoidal da curva desde o nascimento ( $t=0$ ) até a idade adulta; e  $m$  representa a constante que dá forma à curva (BROWN et al., 1976).

Derivando-se a variável dependente  $y_t$ , em função da idade  $t$ , várias propriedades da curva de crescimento são obtidas, entre elas:

1 - Taxa de crescimento absoluta instantânea:  $TCI = (\partial y_t / \partial t)$ :

Estima o incremento no peso ou o ganho de peso do animal para cada unidade de tempo  $t$ . O gráfico da TCI versus peso é representado por uma reta decrescente.

2 - Taxa de crescimento instantânea relativa:  $TCIR = (y_t^{-1}(\partial y_t / \partial t))$ :

Estima a taxa de crescimento absoluta instantânea em relação ao peso do indivíduo no particular tempo  $t$ . No gráfico da TCIR versus idade, é possível visualizar que o crescimento do animal proporcional ao seu próprio peso é bastante alto no período do nascimento até a puberdade, decrescendo linearmente daí por diante.

3 - Taxa de maturidade absoluta:  $TMA = (A^{-1} \partial y_t / \partial t)$

É a razão da TCI em relação ao peso assintótico  $A$ , que representa a taxa de crescimento instantânea em relação ao tamanho global. A TMA varia de 0 a 1. Quando

a TMA é multiplicada por 100 ( $TMA \times 100$ ), tem-se a percentagem do peso assintótico que é atingida pelo animal para cada tempo  $t$ . Por meio da associação entre  $k$ , o peso limite do animal ( $A$ ) e a idade, é possível identificar na população os animais mais pesados à idades mais jovens.

4 - Ponto de inflexão – PI ( $\partial y_t^2 / \partial t^2$ ):

Corresponde ao ponto peso-idade ( $y_i, t_i$ ) em que a TCI passa de crescente para decrescente. Exceto para o modelo Brody que não possui ponto de inflexão, o PI representa o ponto de máximo no gráfico da TCI versus tempo  $t$ . Em mamíferos o PI geralmente está associado à fase de puberdade do animal.

### **Parâmetros genéticos dos parâmetros A e k da curva de crescimento**

A herdabilidade é um dos parâmetros genéticos mais importantes e é definida como a razão entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica. Valores altos de herdabilidade indicam que grande parte da variação fenotípica da característica é devido ao valor aditivo dos genes. Maior variação das condições de criação reduz a herdabilidade, e maior uniformidade desta aumenta a herdabilidade (FALCONER & MACKAY, 1996).

A estimativa de herdabilidade é importante nos programas de seleção pelo fato de ter papel preditivo, que expressa a confiabilidade do valor fenotípico na predição do valor genético, uma vez que este depende da herdabilidade do caráter, ou seja, quanto maior a herdabilidade, maior a concordância entre genótipo e fenótipo.

Na literatura são encontradas estimativas de herdabilidade para os parâmetros A e k da curva de crescimento de bovinos de corte no Brasil (Tabela 1). Observa-se,

entretanto, variação muito grande nas estimativas, provavelmente em razão do modelo não-linear usado, da raça, do método de estimação e dos arquivos de dados utilizados. As estimativas mais baixas são, em geral, obtidas pelo método dos quadrados mínimos, tanto para A (0,04 a 0,09) quanto para k (0,13 a 0,22). As estimativas obtidas por máxima verossimilhança restrita têm sido, em geral, mais elevadas, com exceção daquelas reportadas por SANTORO et al. (2005), para as raças Nelore e Nelore Mocho, e podem ser consideradas como de magnitude média a alta, sugerindo a possibilidade de progresso genético para essas características.

Outro parâmetro genético importante na definição de critérios de seleção é a correlação genética, pois a seleção para determinada característica pode causar resposta correlacionada para outra característica. Com exceção dos trabalhos de SOUZA (1992), OLIVEIRA (1995) e FORNI (2007), que reportaram os valores de -0,19; -0,37 e 0,62, as estimativas de correlação genética entre os parâmetros A e k obtidas no Brasil são, em geral, altas e negativas (acima de -0,70; Tabela 1), sugerindo que a seleção para qualquer uma delas deve resultar em redução na outra. Isto indica que se a seleção for para maior precocidade de crescimento, ou seja, para maior valor de k, o que é desejável, ter-se-á resposta correlacionada com redução no peso à maturidade (A), o que não é desejável. Deste modo, apesar de a relação entre os dois parâmetros não ser perfeita, parece difícil aumentar a taxa de maturação sem modificar o peso à maturidade.

Tabela 1 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) e da correlação genética ( $r_{gAk}$ ) dos parâmetros A (peso à maturidade) e k (taxa de maturação) de bovinos de corte no Brasil, de acordo com o autor, a raça, o modelo (função) e o método de estimação utilizado.

Autor	Método <sup>a</sup>	Modelo	Raça	$h^2$		$r_{gAk}$
				A	k	
DUARTE (1975)	QM	Brody	Nelore	0,69	0,14	-0,71
LUDWIG et al. (1977)	QM	Brody	Nelore	0,04		
CARRIJO (1988)	QM	Bertalanffy	Nelore	0,09	0,13	-0,73
SOUZA (1992)	QM	Bertalanffy	Nelore	0,05	0,22	-0,19
OLI VEIRA (1995)	REML	Bertalanffy	Guzerá	0,64	0,13	-0,37
ELIAS (1998)	REML	Brody	Nelore	0,46	0,40	-0,92
SILVA et al. (2000)	REML	Bertalanffy	Canchim	0,38	0,35	-0,74
SILVA et al (2002)	REML	Brody	Nelore	0,27	0,36	-0,86
SANTORO et al. (2005)	REML	Brody	Nelore	0,10	0,22	-0,93
			Guzerá	0,96	0,40	-0,95
			N. Mocho	0,02	0,34	-0,08
FORNI (2007)	IB	Bertalanffy	Nelore	0,52	0,06	0,62

<sup>a</sup> QM= quadrados médios; REML= máxima verossimilhança restrita; IB= inferência bayesiana.

OLIVEIRA (1995) estimou correlações genéticas de 0,27 e -0,86 dos parâmetros A e k, do modelo de Von Bertalanffy, com a idade ao primeiro parto de vacas Guzerá, sugerindo que a seleção para aumentar A ou aumentar k deve aumentar ou reduzir a idade ao primeiro parto, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, M.M. Critérios de seleção em bovinos de corte no Brasil. In: SIMPOSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4., 2002.Campo Grande, MS. **Anais ...** Campo Grande:SMBA, 2002.

BALDI, F.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.247-253, 2008a.

BALDI, F.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R. Correlações genéticas de características de tamanho corporal e condição corporal com características de eficiência produtiva de fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.420-426, 2008b.

BIANCHINI SOBRINHO, E.; Duarte, F. A. M. Modelos matemáticos aplicados ao crescimento de bovinos da raça Nelore. In: Reunião Anual da Sociedade Internacional de Biometria, 36, 1991, Goiânia. Anais..., Goiânia: Sociedade Internacional de Biometria, 1991. p.24.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold. 1945. 1.023p.

BROWN, J. E.; FITZHUGH Jr.; H. A.; CARTWRIGTH, T. C. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 810-818, Apr. 1976.

CARRIJO, S.M. **Descrição e comparação de parâmetros de crescimento de animais das raças Chianina e Nelore**. Ribeirão Preto, SP: FMRP, 1988. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1988.

CARRIJO, S. M.; DUARTE, F. A. M. Description and comparison of growth parameters in Chianina and Nelore cattle breeds. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, 187-196, 1999.

CASTRO-PEREIRA, V.M.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características de crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1037-1044, 2007 (supl.).

DUARTE, F.M. **Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) através de cinco modelos estocásticos**. Ribeirão Preto, SP: FMRP, 1955. 284p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1975.

ELIAS, M. A. **Análise de curvas de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir.** 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FALCONER, D. S., MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics.** 3. ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1996. 438 p.

FITZHUGH Jr., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 1036 – 1051, Apr. 1976.

FORNI, S. **Análise da curva de crescimento de bovinos da raça Nelore utilizando funções não-lineares em análises Bayesianas.** 2007. 75p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, SP.

FREITAS, A. R. de. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 786-795, maio/jun. 2005.

FREITAS, A. R. de; BARIONI JUNIOR, W. Aplicação de curvas de crescimento em bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA (SEAGRO) 11.; REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA 50., 2005, Londrina. **Programa e resumos...** Londrina: UEL/Departamento de Estatística e Matemática aplicada: IBS, 2005.

FREITAS, A, R. de.; SILVA, L.O.C.; EUCLIDES FILHO, K.; JOSAHKIAN, L.A., ALENCAR, M.M. Curvas de crescimento na raça Nelore In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA., 37, 2000, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. CD3p.

GARNERO, A. V., FERNANDES, M. B., FIGUEIREDO, L. F. C., LÔBO, R. B. Influencia da incorporação de dados de progênies na classificação de touros da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p. 1587 – 1593, 2003.

LUDWIG, A. **Ajustamento de curvas exponenciais ao crescimento de gado Nelore e análise de seus parâmetros**. 1977. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELLO, S.P. **Análise genético-quantitativa da eficiência produtiva de um rebanho bovino da raça Canchim**. 2004. 65p. Tese de Doutorado (Genética e Evolução) - Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, 2004.

OLIVEIRA, H. N. **Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá**. 1985. 72 f. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1995.

PAZ, C. C. P.; PACKER, I. U.; FREITAS, A. R.; TALHARI, D. T.; REGITANO, L. C. A.; ALENCAR, M. M.; CRUZ, G. M. Ajuste de modelos não-lineares em estudos de

associação entre polimorfismos genéticos e crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1416-1425, 2004.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, n. 29, p. 290-300, 1959.

SANDLAND, R. L. Mathematics and the growth of organisms – some historical impressions. **Mathematical Scientist**, v. 8, p. 11-30, 1983.

SANTORO, K.R., BARBOSA, S.B.P., SANTOS, E.S., BRASIL, L.H.A. Herdabilidade de parâmetros de curvas de crescimento não-lineares em zebuínos, no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2280-2289, 2005 (supl.).

SARMENTO, J.L.R.; PIMENTA FILHO, E.C.; RIBEIRO, R.M.F. Efeitos ambientais e genéticos sobre ganho em peso diário de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.325-330, 2003.

SILVA, A.M., ALENCAR, M.M., FREITAS, A.R., BARBOSA, R.T., OLIVEIRA, M.C.S., NOVAES, A.P., TULLIO, R.R, CORRÊA, L.A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n.06, Suplemento 2, p. 2223-2230, 2000.

SILVA, F. F., AQUINO, L. H., OLIVEIRA, A. I. G. Estimativas de parâmetros genéticos de curva de crescimento de gado Nelore. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. Edição Especial, p.1562-1567, dez., 2002.

SOUZA, J. C. **Avaliação de parâmetros genéticos e ambientais e estimativas do peso aos 24 meses de bovinos de corte, usando curvas de crescimento.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 1992.

TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S. Correlações genéticas entre características produtivas das fêmeas em um rebanho da Raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.880-886, 2003.

WINKLER, R.; PENNA, V.M.; PEREIRA, C.S.; MADALENA, F.E. Estudo das relações entre o tamanho corporal e algumas características reprodutivas em fêmeas bovinas adultas da raça Guzerá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993, p.292.

## **CAPITULO 2 – ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO PONDERAL DE FÊMEAS DA RAÇA CANCHIM POR MEIO DE MODELOS NÃO-LINEARES**

### **RESUMO**

Sete modelos não-lineares, Brody, Richards, Von Bertalanffy e duas alternativas de Gompertz e de Logístico, foram ajustados, pelo método de Gauss Newton e procedimento NLIN do SAS, a dados peso-idade de 1.588 fêmeas de bovinos Canchim e 335 fêmeas MA (filhas de touros da raça Charolesa e vacas  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore), nascidos de 1972 a 2006, com pesagens no mínimo até os 37 meses de idade e no máximo até os 100 meses de idade e com pelo menos sete pesagens por animal. A qualidade de ajuste dos modelos foi estudada sob dois critérios, o estatístico, que incluiu o quadrado médio do resíduo, o coeficiente de determinação ajustado, o erro de predição e o desvio médio absoluto dos resíduos; e a interpretação biológica dos parâmetros, utilizando gráfico de pesos estimados versus médias de pesos, a taxa de crescimento instantânea, a taxa de maturidade absoluta, a taxa de crescimento instantânea relativa, o ponto de inflexão e a magnitude dos valores do peso assintótico (A) e da taxa de maturidade (k). Os modelos Brody e Von Bertalanffy ajustaram os dados peso-idade, enquanto que os demais não convergiram. Considerando-se os critérios estatísticos e biológicos, esses dois modelos foram muito semelhantes para prever o crescimento corporal do nascimento aos 100 meses de idade de bovinos Canchim.

**Palavras-chave:** bovinos Canchim, modelo Von Bertalanffy, curvas de crescimento, modelos não-lineares, modelo Brody.

## CHAPTER 2 – STUDY OF GROWTH CURVES OF FEMALES OF THE CANCHIM CATTLE USING NONLINEAR MODELS

### ABSTRACT

Seven nonlinear models, Brody, Richards, Von Bertalanffy and two alternatives of Gompertz and Logistic models, were fitted by Gauss Newton method and NLIN procedure of SAS to weight-age data of 1,588 Canchim and 335 MA (offspring of Charolais bulls and  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore cows) cattle. The animals were born from 1972 to 2006, and the weightings were taken at least up to 37 months of age and at most up to 100 months of age, and with at least seven weighing for each animal. The goodness of fit of the models was studied considering two criteria, an statistic, analyzing the residual mean square, the adjusted coefficients of determination, the prediction error and the absolute residual mean deviation; and the biological interpretation of the parameters, using plots of estimated weights versus mean of observed weights, the instantaneous growth rate, the absolute maturity rate, the relative instantaneous growth rate, the inflection point and the magnitude of the parameters A (assintotic weight) and k (maturing rate). The Brody and the Von Bertalanffy models fitted to the weight-age data, while the other models did not. Considering the statistical and the biological criteria, these two models were very similar to predict body weight from birth to 100 months of age of Canchim cattle.

**Key Words:** Von Bertalanffy model, Canchim cattle, growth curves, nonlinear models, Brody model.

## INTRODUÇÃO

A eficiência reprodutiva e as melhorias no desenvolvimento ponderal e na qualidade do produto final são as principais metas na pecuária de corte bovina. A busca por animais mais precoces, além de ser um dos objetivos da reprodução, atende também a exigência de frigoríficos, pois animais sexualmente mais precoces também o são quanto ao acabamento (JOSAHKIAN et al., 2008).

Para se obter um genótipo bovino adequado, em um sistema de produção de ciclo curto e sem aumentar as exigências nutricionais e de manutenção, é necessário alterar geneticamente as três precocidades em conjunto, ou seja, a sexual, a de crescimento e a de terminação e, ainda, a qualidade de carcaça (JORGE JUNIOR et al., 2001). Assim, características fenotípicas, como de conformação de carcaça, precocidade de terminação e de musculosidade, o peso corporal e ainda outras características reprodutivas devem ser estudadas em conjunto para prever animais sexualmente precoces e atingir a eficiência tanto reprodutiva quanto no desenvolvimento ponderal (FRIES, 1996).

Uma das possibilidades em bovinos de corte que nos permite estudar em conjunto várias características é o uso de modelos não-lineares. Dentre as aplicações destes modelos na produção animal, destacam-se as curvas de crescimento que relacionam os pesos ( $y$ ) e as idades ( $t$ ) dos animais, pois os parâmetros destes modelos possuem interpretação biológica e resumem de forma simplificada as características de crescimento da população.

Segundo FREITAS (2005), o estudo de curvas de crescimento em bovinos é ainda mais atraente, pois os modelos não-lineares são bastante flexíveis e acomodam razoavelmente bem características que são inerentes aos dados peso-idade da espécie, tais como: a) pesagens irregulares no tempo, isto é, o intervalo de duas medidas consecutivas quaisquer não é constante; b) estrutura incompleta; c) as avaliações adjacentes são mais estreitamente correlacionadas que as demais; e d) a resposta dos indivíduos em função do tempo tem variância crescente.

O ajuste dos modelos não-lineares aos dados peso-idade de bovinos, do nascimento até a idade adulta, possibilita conhecer com detalhes todo o fenômeno do crescimento do animal durante a sua vida, assim como a uma idade específica. Possibilita, ainda, conhecer o padrão médio de crescimento de uma raça, estimar peso individual de um animal em qualquer idade, comparar o padrão de crescimento entre raças e entre sexo dentro de uma mesma raça, verificar o efeito de tratamento dentro de raça e dentro de sexo, etc. (FREITAS, 2005).

Para a maioria dos modelos, algumas funções dos parâmetros possibilitam estimar a taxa de crescimento absoluta do animal em um dado instante  $t$ , determinar o peso e a idade em que o crescimento é máximo, estimar a taxa de maturidade absoluta ou a taxa de troca em peso proporcional ao peso assintótico ou o máximo peso que o animal pode atingir (FREITAS, 2005).

Os parâmetros  $A$  (peso assintótico) e  $k$  (taxa de maturação) destes modelos, quando estimados para cada animal, podem ser considerados como novas características, que isoladamente ou juntamente com outras características, tanto de

crescimento, quanto reprodutivas, podem ser utilizados para a elaboração de índices, para calcular correlações genéticas, estimar parâmetros genéticos, entre outras.

O objetivo neste trabalho foi escolher entre sete modelos não-lineares aquele mais adequado ao ajuste de dados peso-idade de fêmeas da raça Canchim puras e filhas de cruzamentos entre touros da raça Charolesa com fêmeas  $\frac{1}{2}$  Canchim  $\frac{1}{2}$  Nelore (MA).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Descrição dos dados**

Os dados analisados neste trabalho são provenientes do rebanho da raça Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, São Paulo. Foram utilizados dados peso-idade de 1.588 fêmeas de Canchim e 335 fêmeas do grupo MA (filhas de touros da raça Charolesa e fêmeas  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore), nascidas de 1972 a 2006, com pesagens no mínimo até os 37 meses de idade e no máximo até os 100 meses de idade, peso ao nascimento de 20 a 50 kg e com pelo menos sete pesagens.

Os animais foram criados exclusivamente em pastagens de diferentes gramíneas, com suplementação mineral, e a pesagem dos mesmos foi realizada sob diferentes critérios: até 1978, a pesagem foi realizada mensalmente nos dois primeiros dias úteis de cada mês; a partir de 1979, a pesagem foi realizada trimestralmente (em janeiro, abril, julho e outubro) e as vacas passaram a ser pesadas à entrada e à saída da estação de monta, à inseminação, ao parto e à desmama dos bezerros; a partir de 1980, as pesagens trimestrais dos animais foram substituídas por pesagens ao nascimento, ao desmame e aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade.

## Descrição dos modelos não-lineares

A descrição dos sete modelos não-lineares utilizados neste trabalho e suas propriedades são apresentadas na Tabela 1. Nestes modelos, o peso estimado ( $y$ ) como função da idade ( $t$ ) depende de quatro parâmetros:  $A$ ,  $b$ ,  $k$ ,  $m$ . O parâmetro  $A$  é uma estimativa do peso assintótico ou o peso limite, se  $t \rightarrow \infty$ ; quando o peso adulto do animal não é atingido,  $A$  reflete uma estimativa do peso às últimas pesagens;  $b$  é uma constante sem interpretação biológica, porém é importante para modelar o formato sigmoidal da curva desde o nascimento ( $t = 0$ ) até a idade adulta do animal ( $t \rightarrow \infty$ );  $k$  é o taxa de maturação, que indica a velocidade com que o animal atinge o peso assintótico ( $A$ ), sendo que valor maior para  $k$  indica maior velocidade de crescimento do animal; e  $m$  representa a constante que dá forma à curva.

Os modelos foram ajustados aos dados de pesos por meio do procedimento NLIN do SAS (SAS, 2002/2003), não sendo consideradas possíveis correlações seriais existentes entre os pesos de um mesmo animal

Para a comparação dos modelos foram utilizados dois critérios:

a) Critérios estatísticos:

a.1) Quadrado médio do resíduo (QMR).

a.2) Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ):  $R^2_{aj} = 1 - (\text{Soma Quadrado do Resíduo} / \text{Soma Quadrado Total}_{\text{corrigida}})$ .

a.3) Erro de predição (EP):  $EP = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)$

Foi testada a hipótese:  $H_0: EP = 0$  versus  $H_a: EP \neq 0$ , pelo teste t de Student, com o t calculado ( $T_{calc}$ ) dado por:  $T_{calc} = \bar{EP} \sqrt{n} / S_{EP}$ ;  $\bar{EP}$  é a média dos erros de predição, n é o número de pares peso-idade e  $S_{EP}$  é o desvio padrão dos erros de predição.

a.4) Desvio médio absoluto dos resíduos – DAM

$$DAM = \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| / n; \quad n = \text{número de pares peso-idade.}$$

b) Interpretação biológica dos parâmetros:

b1) Gráfico de pesos estimados versus médias de pesos observados.

b2) Taxa de crescimento instantânea:  $TCl = (\partial y_t / \partial t)$ .

b3) Taxa de maturidade absoluta:  $TMA = (A^{-1} \partial y_t / \partial t)$ .

b4) Taxa de crescimento instantânea relativa:  $TCIR = (y_t^{-1} (\partial y_t / \partial t))$ .

b5) Ponto de inflexão:  $PI = (\partial y_t^2 / \partial t^2)$ .

b6) Magnitude dos parâmetros A e k.

Para comparar os grupos genéticos Canchim e MA, quanto às curvas ajustadas, foi utilizado o teste  $F_{obs} = (SQR_r - SQR_c) / (GL_r - GL_c) / QMR_c$ , em que:  $SQR_r$  = Soma de quadrados de resíduo do modelo reduzido;  $SQR_c$  = soma de quadrados de resíduo do modelo completo;  $GL_r$  = graus de liberdade de resíduo do modelo reduzido;  $GL_c$  = graus de liberdade de resíduo do modelo completo;  $QMR_c$  = quadrado médio de resíduo do modelo completo. No modelo reduzido, o ajuste das curvas foi feito para os dois grupos genéticos em conjunto, sem considerar grupo

genético no modelo. No modelo completo, o ajuste foi feito para cada grupo genético separadamente, considerando-se grupo genético no modelo.

O nível de significância para Fobs é dado por:  $\text{Prob} > F = 1 - \text{PROBF}$  (Fobs, (GLr-Lc), GLRc)

A função PROBF retorna a probabilidade que uma observação da distribuição F com graus de liberdade do numerador igual a (GLr-GLc) e graus de liberdade do denominador igual a GLRc.

Tabela 1 – Propriedades dos modelos não-lineares (y): Brody (1), Gompertz (2a, 2b), Logístico (3a, 3b), Richards (4) e Von Bertalanffy (5). Taxa de crescimento instantânea ( $\partial y/\partial t$ ), taxa de maturidade absoluta ( $A^{-1}(\partial y/\partial t)$ ), taxa de crescimento instantânea relativa  $((\partial y/\partial t)/y)$  e ponto de inflexão ( $y_i ; t_i$ ).

Modelo: $y =$	$\partial y_t/\partial t$	$A^{-1}(\partial y_t/\partial t)$	$(\partial y_t/\partial t)/y_t$	$(y_i ; t_i)$
1. $A(1-bC_1)$	$AbkC_1$	$bkC_1$	$AbkC_1/y$	não possui
2a. $y_0 \cdot \exp[(L/K)(1-C_1)]$	$LyC_1$	$LyC_1/A$	$LC_1$	$0,368A ;$ $\log_e(L/K)/K$
2b. $A \exp(-bC_1)$	$bkyC_1$	$kyC_1/A$	$bkyC_1$	$A/e ; (\log b)/k$
3a. $A/(1+C_1)^m$	$KmyC_1/(1+C_1)$	$KmC_1(1+C_1)^{-m-1}$	$KmC_1/(1+C_1)$	$A[m/(m+1)]^m ;$ $\log_e m/K$
3b. $A/(1+bC_1)$	$ybk/(1+bC_1)C_1$	$bkC_1/(1+bC_1)^2$	$bk/(1+bC_1)C_1$	$A/2 ; (\ln b)/K$
4. $A(1-bC_1)^m$	$ymbkC_1/(1-bC_1)$	$mbkC_1(1-bC_1)^{m-1}$	$mbkC_1/(1-bC_1)$	$Am^{1/(1-m)} ; \ln(b(1-m)^{-1})/K$
5. $A(1-bC_1)^3$	$3AbkC_1(1-bC_1)^2$	$3bkC_1(1-bC_1)^2$	$3ybKC_1/(1-bC_1)$	$8A/27 ; \log_e(3b)/K$

$C_1 = \exp(-kt)$

Fonte: FREITAS (2005)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos sete modelos não-lineares estudados, o Brody e o de Von Bertalanffy ajustaram aos dados peso-idade, enquanto que os demais não convergiram, mesmo colocando-se vários valores iniciais para os diferentes parâmetros.

As estimativas dos parâmetros  $A$ ,  $b$  e  $k$ , para os modelos Brody e Bertalanffy, são apresentadas na Tabela 2, para cada grupo genético. Na Figura 1 é apresentada a curva de crescimento de bovinos Canchim e MA obtidas no ajuste destes dois modelos e também a curva de crescimento considerando a média de peso observada, do nascimento aos 100 meses de idade. Pelo teste F, houve diferença entre os dois grupos genéticos para ambos os modelos, entretanto, observa-se, dentro de grupo genético, boa concordância entre os dois modelos; porém, ambos tendem a subestimar o peso observado para o Canchim nas idades iniciais e a subestimar o peso observado nas últimas idades para MA.

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros ( $A$ ,  $b$  e  $k$ ) e respectivos erros-padrão obtidos dos modelos não-lineares Brody e Von Bertalanffy para os grupos genéticos Canchim e MA.

Grupo genético	Parâmetros <sup>1</sup>	Modelo	
		Brody	Bertalanffy
Canchim	A	509,4 ± 0,7937	492,5 ± 0,6499
	b	0,9187 ± 0,0015	0,4994 ± 0,0018
	k	0,0407 ± 0,0002	0,0591 ± 0,0003
MA	A	546,5 ± 1,2766	533,1 ± 1,1127
	b	0,9165 ± 0,0033	0,4843 ± 0,0037
	k	0,0475 ± 0,0004	0,0661 ± 0,0006

<sup>1</sup> A em kg e k em (mês)<sup>-1</sup>.

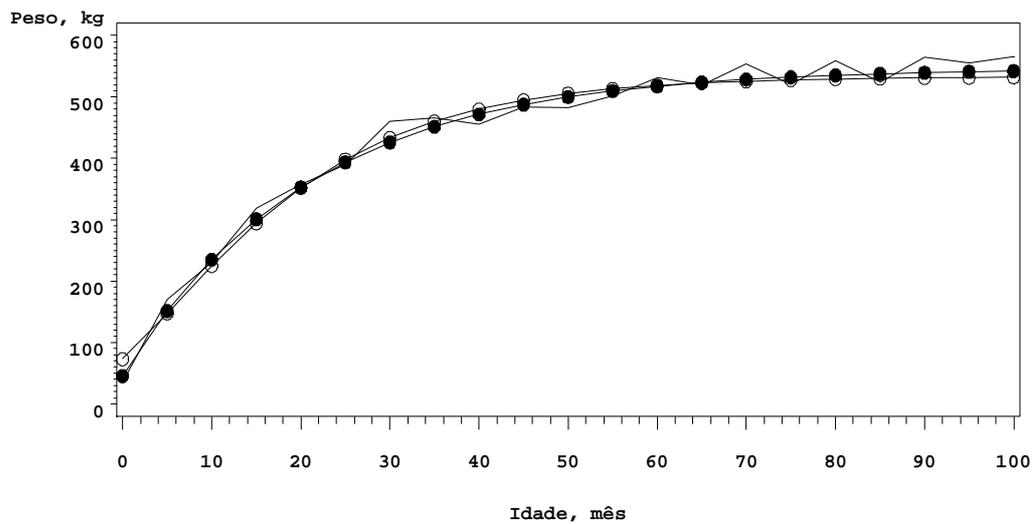
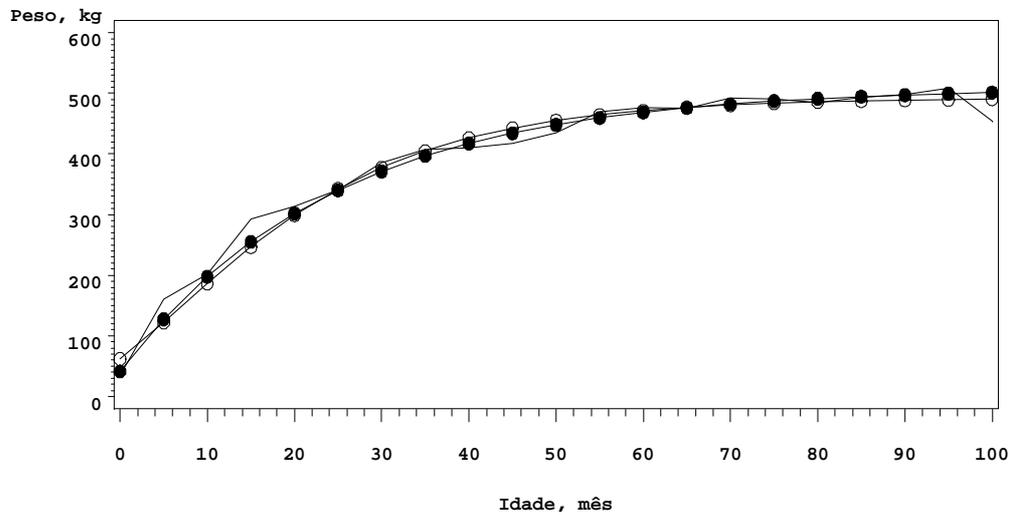


Figura 1- Estimativas de pesos de bovinos Canchim (superior) e MA (inferior), em kg, em função da idade, em meses, obtidas dos modelos Brody (●), Von Bertalanffy (○), e Média (-).

Consultando-se a literatura sobre estudos de modelos não-lineares para estimar curvas de crescimento em bovinos, verifica-se que existem divergências entre os resultados quanto à escolha de um ou outro modelo. Contudo, verifica-se que os

modelos Brody e o de Von Bertalanffy parecem ser os mais adequados em grande parte dos estudos. ELIAS (1998), no estudo de pesos de fêmeas das raças Nelore, Guzerá e Gir, verificou que os modelos de Brody, Logístico, Von Bertalanffy, Gompertz e Richards apresentaram bons ajustes aos dados; no entanto, o de Brody foi o mais adequado.

Utilizando-se dados de fêmeas da raça Guzerá, OLIVEIRA et al. (2000) verificaram que os modelos de Brody, Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico apresentaram boa qualidade de ajuste; porém, o modelo de Von Bertalanffy apresentou a melhor qualidade de ajuste. UNANIAN et al. (2000) também concluíram que para machos da raça Nelore, pesados ao nascimento, ao desmame e mensalmente dos 10 aos 16 meses de idade, o modelo de Von Bertalanffy apresentou o melhor ajuste.

De acordo com FREITAS (2005), no ajuste de dados de pesos mensais, do nascimento até 40 meses de idade de bovinos machos Canchim, os modelos Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy ajustaram adequadamente aos dados e proporcionaram resultados semelhantes, porém, na fase inicial o mais indicado foi o Brody. Contudo, considerando-se todos os pares peso-idade, o modelo Logístico, seguido pelo modelo Von Bertalanffy, foram os mais indicados.

Os parâmetros dos modelos não-lineares, além de possibilitar modelar o crescimento dos animais com a idade, possuem interpretação biológica. Quando se obtém a diferenciação da variável dependente  $y_t$ , em função da idade  $t$ , novas características do crescimento, em adição ao peso estimado, são investigadas, possibilitando compreender simultaneamente o processo de crescimento juntamente com o manejo e a reprodução.

Na Figura 2 é apresentada a taxa de crescimento instantânea ( $TCI = \partial y / \partial t$ ) que estima o incremento no peso para cada mês. Verifica-se que para o Canchim a TCI foi inferior do que para o MA do nascimento aos 100 meses de idade. O Canchim inicia com 12 kg/mês e aos 100 meses de idade está em torno de 140 g, significando que o animal praticamente atingiu o tamanho à maturidade (Brody).

Quanto à taxa de crescimento instantânea relativa ( $TCIR = (\partial y_i / \partial t) / y$ ), na escala de 0 a 100% (Figura 3), que estima a proporção do incremento no peso do animal para cada mês em relação ao peso do indivíduo nesse particular tempo, verifica-se que em ambos os modelos a TCIR é bastante alta até os cinco meses de idade, havendo redução significativa daí por diante. Observa-se que até os cinco meses de idade, quando estimado pelo modelo Bertalanffy, o ganho de peso mensal, equivale a uma proporção de 16% do peso do indivíduo nessa particular idade, para ambos os grupos genéticos. Para o modelo Brody, o resultado é bastante diferente até os cinco meses de idade, pois inicia com uma TCIR em torno de 50% no primeiro mês, reduzindo para 12% aos cinco meses de idade. Aos 40 meses de idade, verifica-se para ambos os modelos que a proporção do incremento no peso do animal em relação ao seu próprio peso está em torno de 1%, significando que nesta idade o animal praticamente já atingiu o peso à maturidade.

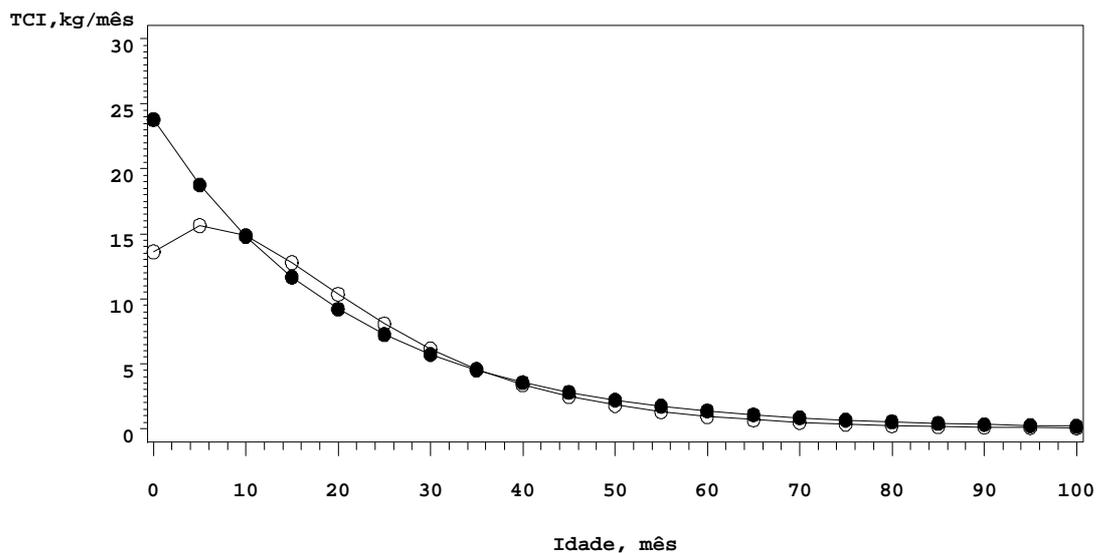
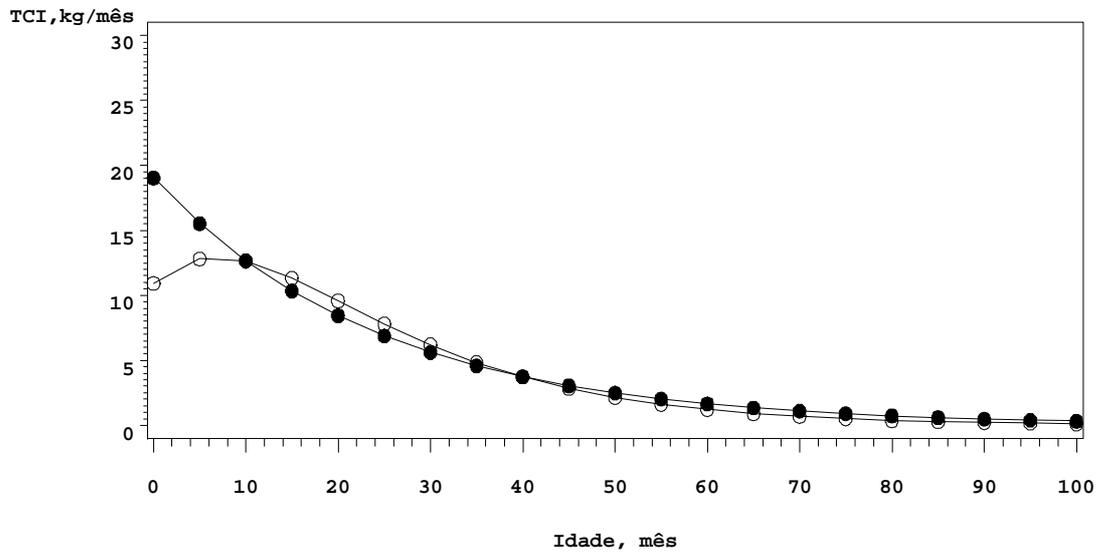


Figura 2 – Taxas de crescimento instantâneas - TCI ( $\partial y/\partial t$ ), em kg/mês, de bovinos Canchim (superior) e MA (inferior), em função da idade, em meses, obtidas dos modelos Brody (●) e Von Bertalanffy (○).

Para a taxa de maturidade absoluta ( $TMA = A^{-1}(\partial y_i/\partial t)$ ), que representa a taxa de mudança em peso relativa ao peso à maturidade ( $A$ ) (Figura 4), variando na escala de 0 a 100%, verifica-se que, para o modelo Bertalanffy, a taxa de maturidade está em torno

de 2,2% até os 15 meses de idade, enquanto que para o modelo Brody a TMA é bastante alta nos primeiros meses de idade, iniciando com 3,5% e aos 15 meses está em torno de 2%, sendo que a mesma tendência foi observada para os dois grupos genéticos.

Observando-se as Figuras 2, 3 e 4, até 10 meses de idade, aproximadamente, observa-se diferença nos resultados entre o modelo Brody e o modelo Bertalanffy quanto à taxa de crescimento instantânea (Figura 2), à taxa de crescimento instantânea relativa (Figura 3) e à taxa de maturidade absoluta (Figura 4). Com base na análise deste período, constata-se ligeira superioridade do comportamento do modelo Bertalanffy em relação ao modelo Brody. Entretanto, no período de 10 até 100 meses de idade, os resultados proporcionados pelos dois modelos são bastante similares.

Quando se faz a comparação dos modelos utilizando-se critérios estatísticos como os apresentados na Tabela 3, para todas as situações, os coeficientes de determinação foram superiores a 83,0%, mostrando que o crescimento dos animais, do nascimento até 100 meses de idade, foi estimado adequadamente pelos dois modelos. Essa constatação também é confirmada quando se verifica que, no teste de hipótese do erro de predição, a hipótese:  $H_0: EP = 0$  versus  $H_a: EP \neq 0$ , não foi rejeitada pelo teste t de Student (Tabela 3), indicando que uma pressuposição requerida na metodologia dos quadrados mínimos, ou seja, de que os erros têm média zero, foi constatada.

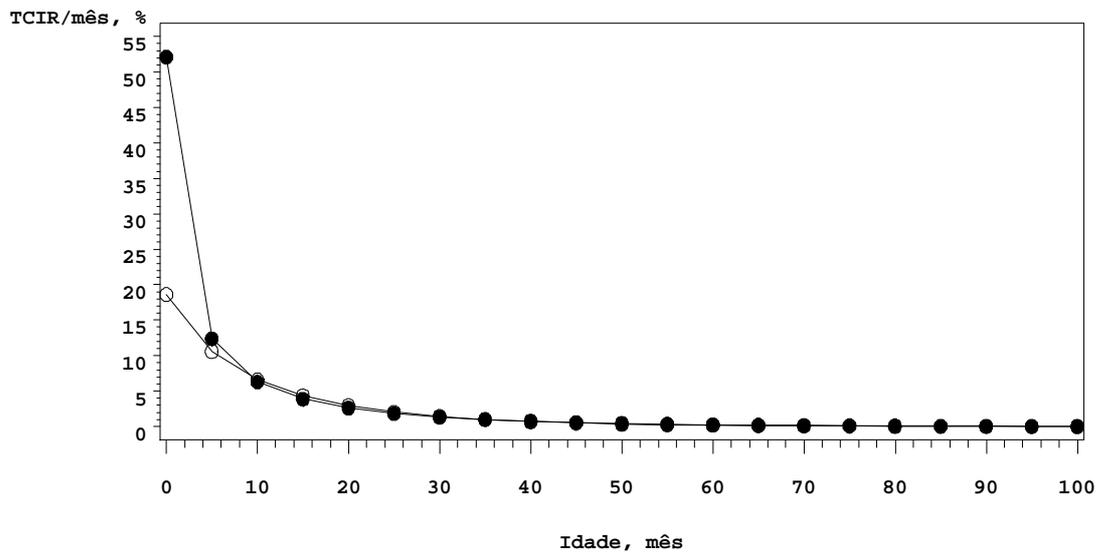
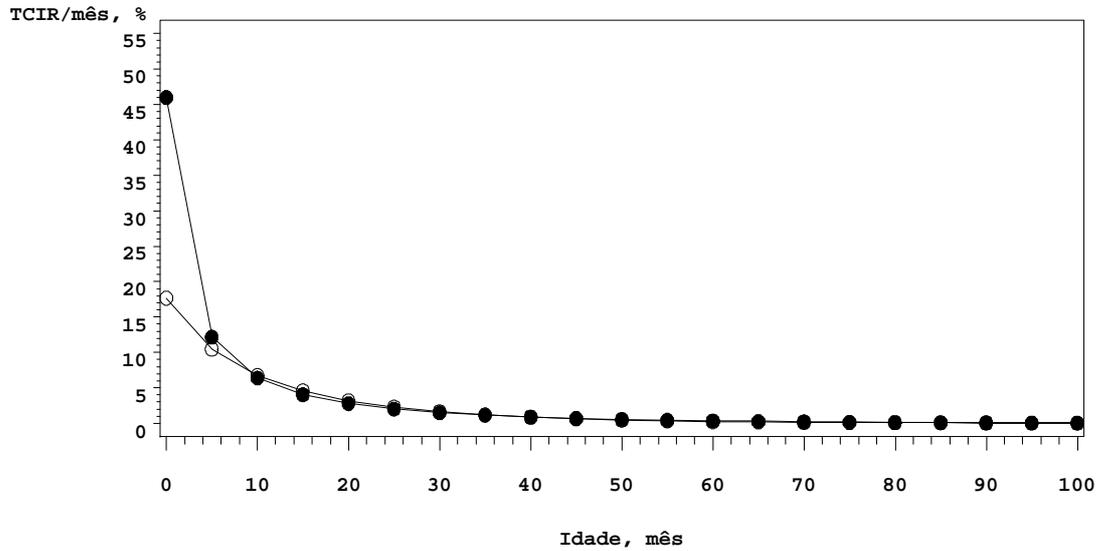


Figura 3 – Taxas de crescimento instantâneas relativas – TCIR , em %, de bovinos Canchim (superior) e MA (inferior), em função da idade, em meses, obtidas dos modelos: Brody: (●) e Von Bertalanffy: (○) .

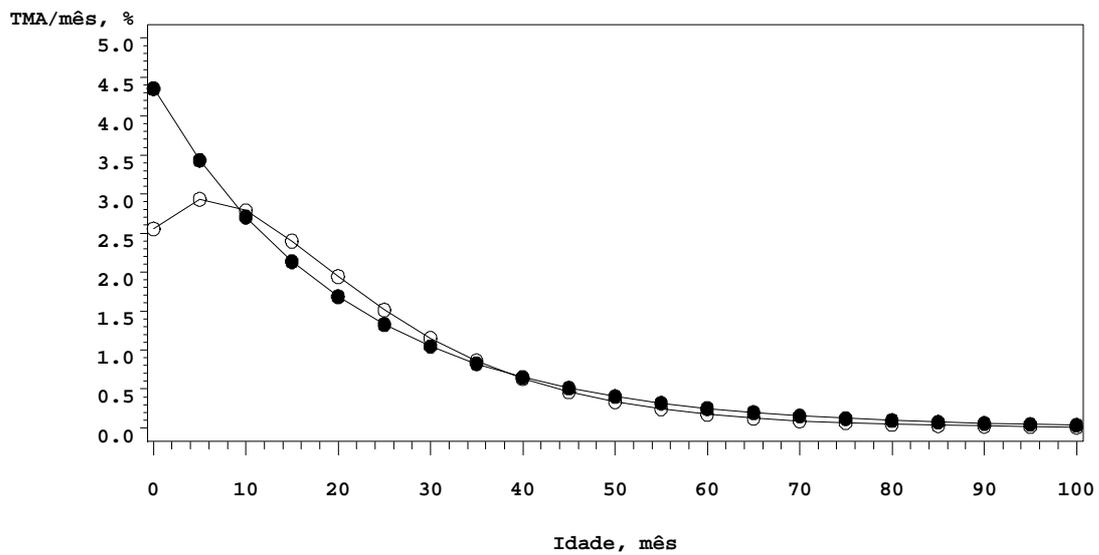
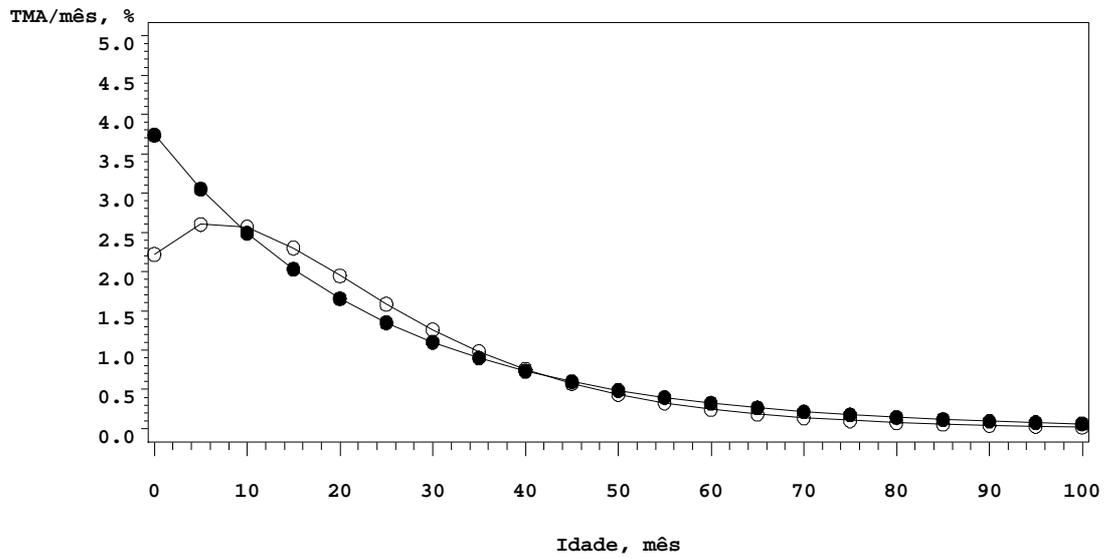


Figura 4 – Taxa de maturidade absoluta – TMA, em %, de bovinos Canchim (superior) e MA (inferior), em função da idade, em mês, obtidas dos modelos: Brody (●) e Von Bertalanffy (○).

Tabela 3 – Comparação dos modelos não-lineares de Brody e Von Bertalanffy quanto ao ajuste de dados peso-idade de bovinos dos grupos genéticos Canchim e MA utilizando-se os critérios estatísticos quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro de predição (EP) e desvio absoluto médio dos resíduos (DAM).

Grupo genético	Estatística	Modelo	
		Brody	Bertalanffy
Canchim	$R^2_{aj}$	83,88	83,32
	QMR	3.183,8	3.293,5
	DAM	43,24	45,14
	EP	2,6254E-11	-0,4743
		$t_{cal}=7,5662E-11$ ( $P>0,05$ )	$t_{cal}=-1,3438$ ( $P>0,05$ )
MA	$R^2_{aj}$	86,49	85,67
	QMR	2.551,5	2.707,7
	DAM	39,24	41,44
	EP	1,3661E-12	-0,5309
		$t_{cal}=7,5662E-11$ ( $P>0,05$ )	$t_{cal}=-0,8361$ ( $P>0,05$ )

" $t_{cal}$  ( $P>0,05$ )" → indica que no teste de hipótese:  $H_0: EP = 0$  versus  $H_a: EP \neq 0$ , a hipótese de nulidade não foi rejeitada pelo teste t de Student.

Como se pode observar nas análises realizadas, constata-se que os resultados proporcionados pelos dois modelos são bastante similares. Entretanto, verifica-se, para ambos os grupos (Canchim e MA), que o quadrado médio do resíduo obtido do modelo Brody foi ligeiramente inferior, o mesmo ocorrendo com o desvio absoluto médio (DAM), indicando que para este modelo os erros foram ligeiramente menores, e que houve maior associação entre os pesos observados e os estimados.

## **CONCLUSÕES**

De sete modelos não-lineares (Brody, Richards, Von Bertalanffy, duas alternativas de Gompertz e duas alternativas de Logístico) ajustados a dados peso-idade de bovinos Canchim e MA, do nascimento aos 100 meses de idade, somente os modelos Brody e Von Bertalanffy foram adequados para descrever os dados.

Considerando-se os critérios estatísticos e também a interpretação biológica dos parâmetros, conclui-se que ambos os modelos estimaram adequadamente o crescimento das fêmeas de bovinos Canchim, sendo adequados para predizer o crescimento corporal do nascimento aos 100 meses de idade de bovinos Canchim.

## REFERÊNCIAS

ELIAS, A.M. **Análise de curva de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1998. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, 1998.

FREITAS, A. R. de. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 786-795, maio/jun. 2005.

FRIES, L.A. Uso de escores visuais em programas de seleção para produtividade em gado de corte. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE REVISÃO DE CRITÉRIOS DE JULGAMENTO E SELEÇÃO EM GADO DE CORTE. Uberaba, MG, 1996. **Anais...** Uberaba, MG: 1996, p. 1-6.

JORGE JÚNIOR, J. **Análise genética de escores de avaliações visuais e suas respectivas relações com desempenho ponderal na raça Nelore.** 2002, 67p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP - Jaboticabal.

JOSAHKIAN, L.A.; MACHADO, C.H.C.; GARBELINI, E.C. PMGZ - Programa de Melhoramento Genético de zebuínos. Seleção Corte. p.17-46 In: 7<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUINAS – Expo Genética o DNA da pecuária Moderna. 17 a 22 de agosto de 2008, **Anais...** Uberaba.

OLIVEIRA, H.N.L.; LÔBO, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9,p.1843-1851, 2000.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM – SAS. User's guide: statistics. version 8, v.2, Cary: 2002-2003.

UNANIAN, M.M.; BARRETO, C.C.; FREITAS, A.R. et al. Associação do polimorfismo do gene do hormônio de crescimento com a característica peso em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.380-386, 2000.

### **CAPÍTULO 3 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E DE CRESCIMENTO EM UM REBANHO DA RAÇA CANCHIM**

#### **RESUMO**

O estudo das relações genéticas entre características de crescimento e de medidas da eficiência reprodutiva é importante para os sistemas de produção de bovinos de corte do País. Assim, o objetivo neste trabalho foi estimar a herdabilidade dos parâmetros A (peso à maturidade) e k (taxa de maturação) da curva de crescimento (Brody) de fêmeas e a correlação genética dessas características com a idade (IPP) e o peso (PPP) ao primeiro parto e idade (ISP) e peso (PSP) ao segundo parto, em um rebanho da raça Canchim. Utilizou-se o método da máxima verossimilhança restrita, com modelos uni e bicaracterística que incluíram o efeito fixo de grupo de contemporâneos (grupo genético-ano-época de nascimento ou grupo-genético-ano-época de parto) e os efeitos aleatórios aditivo direto e residual. As estimativas de herdabilidade e respectivos erros-padrão foram iguais  $0,32 \pm 0,05$ ;  $0,12 \pm 0,04$ ;  $0,12 \pm 0,04$ ;  $0,43 \pm 0,06$ ;  $0,19 \pm 0,06$  e  $0,44 \pm 0,06$  para A, k, IPP, PPP, ISP e PSP, respectivamente. Estes resultados sugerem que é possível, mas difícil obter mudanças na curva de crescimento dos animais pela seleção. As estimativas de correlação genética dos parâmetros A e k com as idades e os pesos aos partos sugerem que a seleção para modificar A deve provocar mudanças no mesmo sentido em PPP e ISP e que mudanças em k, se

ocorrerem, devem ser acompanhadas de mudanças nas outras características, mas em sentido contrário.

**Palavras-chaves:** Correlação genética, herdabilidade, peso assintótico, taxa de maturação, idade e peso ao parto.

## **CHAPTER 3 - ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR REPRODUCTIVE AND GROWTH TRAITS IN A CANCHIM HERD**

### **ABSTRACT**

The study of genetic relationships between growth traits and measures of reproductive efficiency is important for the production systems of beef cattle in the country. Thus, the objective of this study was to estimate the heritability of the parameters A (mature weight) and k (maturing rate) of the growth curve (Brody) of females and the genetic correlation of these traits with age (IPP) and weight (PPP) at the first calving and age (ISP) and weight (PSP) at second calving in a herd of Canchim (5/8 Charolais + 3/8 zebu) cattle. The restricted maximum likelihood method, with one and two-trait analyses that included the fixed effect of contemporary group (genetic group-year-season of birth or genetic-group-year-season of calving) and the additive direct and residual random effects, was used. The heritability estimates were equal to  $0.32 \pm 0.05$ ,  $0.12 \pm 0.04$ ,  $0.12 \pm 0.04$ ,  $0.43 \pm 0.06$ ,  $0.19 \pm 0.06$  and  $0.44 \pm 0.06$  for A, k, IPP, PPP, ISP and PSP, respectively. These results suggest that it is possible, but difficult to obtain changes in the pattern of the growth curve of the animals by selection. Estimates of genetic correlation of parameters A and k with the other traits suggest that selection to change A should cause changes in the same direction in IPP, PPP, ISP and PSP, and that changes in k, if they occur, should also be followed by changes in the other traits, but in the opposite direction.

**KEY WORDS:** Genetic correlation, heritability, asymptotic weight, maturing rate, age and weight at birth calving.

## INTRODUÇÃO

Durante a fase de cria, a produtividade das vacas de corte está ligada ao número e ao peso dos bezerros desmamados, e o número de bezerros produzidos está relacionado à eficiência reprodutiva da vaca, que depende da idade ao primeiro parto, do intervalo de partos e do tempo de permanência da vaca no rebanho (BALDI et al., 2008b). Considerando todas as fases do sistema de produção, as características de maior valor econômico são a eficiência reprodutiva do rebanho e a taxa de crescimento dos animais (WILLHAM, 1971).

Apesar de características reprodutivas e de habilidade materna serem consideradas nos programas de avaliação genética, o peso corporal ou a taxa de crescimento em idades jovens ainda é o critério de seleção mais utilizado pelos criadores de bovinos de corte no Brasil. Baseado em valores de correlações genéticas, a seleção para maiores pesos e taxas de crescimento pode resultar em aumento no peso adulto das fêmeas (SILVA et al., 2000; TALHARI et al., 2003; CASTRO-PEREIRA et al., 2007b) e esse aumento pode resultar em redução no tempo de permanência de vacas no rebanho (BALDI et al., 2008a) e no número e quilogramas de bezerros desmamados (MELLO et al., 2006; BALDI et al., 2008b). Portanto, o tamanho das vacas é fator importante na eficiência dos sistemas de produção, principalmente naqueles em que os animais são mantidos em pastagens durante todo o ano. Isso porque havendo limitação de alimentos, as reservas corporais podem ser utilizadas para suprir os requerimentos nutricionais de manutenção e lactação, podendo,

dependendo do grau de restrição alimentar, afetar a eficiência reprodutiva e o número de bezerros produzidos (JENKINS & FERREL, 1992, citados por BALDI et al., 2008b). Desse modo, o estudo das relações genéticas entre características de crescimento e de medidas da eficiência reprodutiva é importante nos sistemas de produção do Brasil. Assim, neste trabalho, objetivou-se estimar a herdabilidade dos parâmetros A (peso à maturidade) e k (taxa de maturação) da curva de crescimento individual de fêmeas e a correlação genética dessas características com a idade e o peso ao primeiro e ao segundo parto, em um rebanho da raça Canchim.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do rebanho da raça Canchim da Embrapa Pecuária Sudeste, localizada no município de São Carlos, São Paulo. Os animais deste rebanho foram criados exclusivamente em pastagens, recebendo suplementação mineral durante todo o ano.

Este rebanho foi formado pelo cruzamento alternado, iniciado em 1940, de animais da raça Charolesa e animais de raças zebuínas. Os primeiros animais Canchim (bimestiços  $5/8$  Charolês +  $3/8$  zebu) nasceram em 1953. O rebanho foi mantido fechado até 1990, quando nasceram os primeiros animais do grupo MA, filhos de touros da raça Charolesa acasalados com vacas  $1/2$  Canchim +  $1/2$  Nelore, que cruzados entre si produziram também animais Canchim. Em 2003, o rebanho foi aberto também para a utilização de touros Canchim oriundos de outros criadores.

O manejo reprodutivo das fêmeas incluiu diferentes critérios de entrada em reprodução durante toda a existência do rebanho. Até 1975, as novilhas entravam em reprodução próximas aos 34 meses de idade e 360 kg de peso vivo e, a partir de 1976, esses critérios foram mudados para 24 a 28 meses de idade e aproximadamente 300 kg de peso vivo. As vacas eram colocadas com touros após a desmama dos bezerros, ou seja, sete a oito meses após a parição. Este manejo foi modificado em 1969, quando todas as fêmeas paridas antes da estação de monta entravam em reprodução. Em 1976, nova mudança ocorreu, quando todas as vacas foram colocadas com touros durante a estação de monta. Em vários anos foram utilizadas duas estações de monta, uma no primeiro semestre e outra no segundo, mas que não tinham mês fixo para iniciar nem para terminar, com duração variável (dois a quatro meses). Os lotes de monta eram compostos por um touro e cerca de 30 vacas e, a partir de 1979, começou-se a utilizar também a inseminação artificial. A eliminação de vacas do rebanho se deu principalmente por motivos de doença e/ou acidente; contudo, a partir de 1977, iniciou-se o descarte de vacas consideradas de fertilidade mais baixa, ou seja, que saíssem vazias de duas estações de monta consecutivas. Procurou-se manter no rebanho apenas novilhas prenhes da primeira estação de monta.

Até 1978, todos os animais do rebanho foram pesados mensalmente. A partir de 1979, as pesagens foram feitas trimestralmente e as vacas passaram a ser pesadas logo após o parto, à desmama dos bezerros e à entrada e saída da estação de monta. A partir de 1980, as pesagens passaram a ser feitas ao nascimento, à desmama, aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade.

Neste trabalho foram utilizados apenas dados de fêmeas Canchim, nascidas de 1972 a 2006 e, de fêmeas MA (filhas de touros Charolês e vacas  $\frac{1}{2}$  Canchim +  $\frac{1}{2}$  Nelore), nascidas de 1990 a 2006 e paridas até 2009.

O modelo não-linear utilizado para descrever o crescimento do animal em função do tempo foi o de Brody (BRODY, 1945), que foi adequado para descrever o crescimento dos animais. Neste modelo, o parâmetro A é o peso assintótico e representa o peso à maturidade, ou seja, o peso quando o tempo t tende ao infinito, e o parâmetro k é a taxa de maturação, ou seja, a velocidade com que o animal atinge o peso assintótico. Foram estimados, individualmente, os parâmetros A e k para 1.588 fêmeas Canchim e 335 fêmeas do grupo MA, com pesagens no mínimo até os 37 meses de idade e no máximo até os 100 meses de idade, peso ao nascimento de 20 a 50 kg e com pelo menos sete pesagens.

As estimativas dos componentes de variância e de covariância e dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita, usando um algoritmo livre de derivadas (DFREML), disponível no programa MTDFREML (BOLDMAN et al., 1995). O modelo animal utilizado incluiu efeitos fixos e os efeitos aleatórios aditivos diretos. Foram feitas, inicialmente, análises unicaracterística, para obter os componentes de variância e estimar os coeficientes de herdabilidade de cada característica, e análises bicaracterística, para obter os componentes de variância e estimar as correlações genéticas de A e k com a idade (IPP) e o peso (PPP) ao primeiro parto e a idade (ISP) e o peso (PSP) ao segundo parto. Os efeitos fixos foram representados pelo grupo de contemporâneos compostos pelo ano, época de

nascimento (1=janeiro a março; 2=abril a junho; 3= julho a setembro; e 4=outubro a dezembro) e grupo genético (Canchim e MA) da vaca para A, k, IPP e ISP e ano e época de parto e grupo genético para PPP e PSP. Foram considerados grupos de contemporâneos com no mínimo quatro observações. A estrutura e as estatísticas descritivas dos dados utilizados nas análises são apresentadas na Tabela 1. Em todas as análises foi usada uma mesma matriz de parentesco com 13.491 animais.

Tabela 1 - Estrutura e estatísticas descritivas para o peso à maturidade (A, kg) e taxa de maturação (k, mês<sup>-1</sup>) obtidos pelo modelo Brody, idade (IPP, dias) e peso (PPP, kg) ao primeiro parto e idade (ISP, dias) e peso (PSP, kg) ao segundo parto

Item	Característica					
	A	k	IPP	PPP	ISP	PSP
Nº de fêmeas com registros	1.923	1.923	1.909	1.819	1.473	1.440
Nº de grupos de contemporâneos	106	106	106	109	101	96
Média	527	0,043	1.189	440	1.758	496
Mínimo	400	0,012	630	300	1.003	332
Máximo	800	0,155	1934	650	3.129	714
Desvio-padrão	88,1	0,013	186,5	58,7	265,4	66,1
Coef. de variação (%)	16,7	30,9	15,7	13,3	15,1	13,3

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa de herdabilidade do peso assintótico (A), obtida pela análise unicaracterística, foi igual a  $0,32 \pm 0,05$  (Tabela 2), valor próximo ao de 0,38 reportado por SILVA et al. (2000) para fêmeas Canchim do mesmo rebanho, mas nascidas de 1953 a 1975, e também próximo à média de 0,35 daquelas obtidas para fêmeas zebuínas no Brasil (DUARTE, 1975; LUDWIG et al., 1979; CARRIJO, 1988; SOUZA,

1992; OLIVEIRA, 1995; ELIAS, 1998; SILVA et al., 2002 ; SANTORO et al., 2005; FORNI, (2007), que variaram de 0,09 a 0,96. Também para a raça Canchim, SILVA et al. (2000) e TALHARI et al., 2003 obtiveram coeficientes de herdabilidade iguais a 0,38 e 0,42, respectivamente, para o peso de fêmeas à idade adulta, em análises unicaracterística e bicaracterística. CASTRO-PEREIRA et al.(2007b) relataram valores que variaram de 0,47 a 0,60, para a mesma característica, mas obtidas de análises bicaracterísticas.

Para o parâmetro k, a estimativa de herdabilidade foi de  $0,12 \pm 0,04$  (Tabela 2), valor inferior ao relatado por SILVA et al., 2000 para a raça Canchim (0,35) e dentro da amplitude de 0,06 a 0,40 daquelas obtidas para raças zebuínas (DUARTE, 1975; CARRIJO, 1988; SOUZA, 1992; OLIVEIRA, 1995; ELIAS, 1988; SILVA et al., 2002; SANTORO et al., 2005; FORNI, 2007).

Tabela 2 - Componentes de variância<sup>a</sup>, herdabilidade e efeito residual do peso à maturidade (A), taxa de maturação (k), idade (IPP) e peso (PPP) ao primeiro parto e idade (ISP) e peso (PSP) ao segundo parto, obtidos por meio de análises unicaracterísticas

Característica	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_P^2$	$h^2$
A	2.192	4.657	6.849	$0,32 \pm 0,05$
k	$0,1862^*$	$1,3269^*$	$1,5131^*$	$0,12 \pm 0,04$
IPP	2.101	14.930	17.031	$0,12 \pm 0,04$
PPP	1.111	1.454	2.565	$0,43 \pm 0,06$
ISP	7.861	33.599	41.460	$0,19 \pm 0,06$
PSP	1.519	1.953	3.472	$0,44 \pm 0,06$

$\sigma_a^2$ ,  $\sigma_e^2$ ,  $\sigma_P^2$  e  $h^2$  = componentes de variância aditivo direto, residual e fenotípico total e herdabilidade, respectivamente.

<sup>a</sup>  $\text{kg}^2$ ,  $(\text{m}^{-1})^2$ ,  $\text{dias}^2$ ,  $\text{kg}^2$ ,  $\text{dias}^2$  e  $\text{kg}^2$  para A, k, IPP, PPP, ISP e PSP, respectivamente.  
x 10.000.

As estimativas de herdabilidade obtidas neste trabalho para os parâmetros A e k indicam que é possível mudar, pela seleção, o parâmetro A da curva de crescimento das fêmeas da raça Canchim do rebanho estudado, e que mudanças no parâmetro k são mais difíceis, o que indica que é possível, mas difícil mudar a forma da curva.

A estimativa de correlação genética entre os parâmetros A e k da curva de crescimento obtida neste estudo (-0,39; Tabela 3) é inferior ao valor de -0,74 obtido por SILVA et al. (2000), para a raça Canchim, e está bem abaixo da amplitude (-0,71 a -0,95) e da média (-0,85) daqueles valores relatados para fêmeas zebuínas no Brasil por DUARTE (1975), CARRIJO (1988), ELIAS (1998), SILVA et al., (2002) e SANTORO et al. (2005). Entretanto, está de acordo com o valor de -0,37 reportado por OLIVEIRA (1995) e está acima dos valores -0,19 e -0,08 estimados por SOUZA (1992) e SANTORO et al. (2005), para as raças Nelore e Nelore Mocho, respectivamente. A estimativa da correlação genética obtida neste estudo indica que parte da variação genética aditiva responsável pelo aumento no peso assintótico também é responsável pela redução na taxa de maturação das fêmeas. Este valor, juntamente com os valores de herdabilidade, indica que é possível mudar o padrão de crescimento dos animais do rebanho estudado, e que mudanças no peso assintótico não devem provocar grandes mudanças na taxa de maturação.

As estimativas dos componentes de variância e de herdabilidade dos parâmetros A e k obtidas pelas análises bicaracterística (Tabela 3) são muito semelhantes às aquelas obtidas pelas análises unicaracterística, portanto não são discutidas.

Observam-se (Tabela 3) estimativas de herdabilidade de magnitude baixa para IPP ( $0,12 \pm 0,04$ ) e ISP ( $0,19 \pm 0,06$ ). Para IPP, a estimativa concorda com os valores 0,12 (SILVA et al., 2000), 0,13 (TALHARI et al., 2003), 0,09 (CASTRO-PEREIRA et al., 2007a) e 0,10 (BALDI et al., 2008a) obtidos para a raça Canchim. Entretanto, a estimativa está abaixo do valor de 0,23 obtido por TALHARI (2002). Para ISP a estimativa de herdabilidade foi superior aos valores 0,04 e 0,08 obtidos, respectivamente, por SILVA et al. (2000) e BALDI et al. (2008a) e igual ao valor reportado por TALHARI (2002). As estimativas deste estudo indicam que essas características devem apresentar pouca resposta à seleção.

Tabela 3 - Componentes de (co)variância<sup>a</sup>, herdabilidade e correlação genética das características 1 (peso à maturidade - A e taxa de maturação - k) e das características 2 (taxa de maturação - k, idade ao primeiro parto - IPP, peso ao primeiro parto -PPP, idade ao segundo parto - ISP e peso ao segundo parto - PSP), obtidos por meio de análises bicaracterísticas

Caract. 2	Característica 1 : A							
	Característica 1			Característica 2			Caracter. 1 e 2	
	$\sigma_{a1}^2$	$\sigma_{e1}^2$	$h_{a1}^2$	$\sigma_{a2}^2$	$\sigma_{e2}^2$	$h_{a2}^2$	$\sigma_{a1a2}$	$\rho_g$
k	2.216	4.656	0,32	0,1864*	1,3268*	0,12	-8*	-0,39
IPP	2.230	4.639	0,32	2.495	14.694	0,15	1.221	0,52
PPP	2.768	4.359	0,39	1.217	1.477	0,45	1.794	0,98
ISP	2.196	4.654	0,32	7.533	34.683	0,18	1.504	0,37
PSP	2.458	4.561	0,35	1.690	2.559	0,40	1.917	0,94
	Característica 1 : k							
IPP	0,2076*	1,3148*	0,14	2.484	14.677	0,14	-18,7373	-0,83
PPP	0,2033*	1,3147*	0,13	1.121	1.450	0,44	-7,8245	-0,52
ISP	0,1766*	1,3348*	0,12	6.443	36.027	0,15	-19.1798	-0,57
PSP	0,1972*	1,3195*	0,13	1.357	2.121	0,39	-4,1481	-0,25

$\sigma_a^2$ ,  $\sigma_e^2$ ,  $h_a^2$  e  $\rho_g$  = componentes de variância aditivo direto, residual, herdabilidade direta e correlação genética, respectivamente.

<sup>a</sup> kg<sup>2</sup>, (m<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>, dias<sup>2</sup>, kg<sup>2</sup>, dias<sup>2</sup> e kg<sup>2</sup> para A, k, IPP, PPP, ISP e PSP, respectivamente.

\* x 10.000.

As estimativas de correlação genética do parâmetro A da curva de crescimento com as idades ao primeiro e ao segundo parto, obtidas neste estudo, são medianas (Tabela 3), 0,52 e 0,37, respectivamente, indicando que os genes de ação aditiva que controlam o peso assintótico têm alguma ação sobre as características reprodutivas estudadas, sugerindo que a seleção para maior A deve aumentar IPP e ISP. VERA (1991), citado por OLIVEIRA (1995), com a raça Brahman na Venezuela, observou correlação de 0,45 entre o peso assintótico e a idade ao primeiro parto. OLIVEIRA (1995) obteve correlação genética igual a 0,27 para o parâmetro A do modelo de Von Bertalanffy com a idade ao primeiro parto de vacas Guzerá. Esse resultado era esperado, pois animais com maior A são mais tardios em crescimento, devendo também ser mais tardios quanto à reprodução. TALHARI (2002) relatou estimativas de correlação genética de medidas de tamanho corporal de fêmeas adultas da raça Canchim com a idade ao primeiro parto baixas e negativas (favoráveis) e baixas e positivas com a idade ao segundo parto, sugerindo mudança de relação entre as características do primeiro para o segundo parto. Também na raça Canchim, MELLO et al. (2006) relataram correlação genética de 0,19 para peso à idade adulta e IPP, enquanto que BALDI et al. (2008a) obtiveram correlações genéticas iguais a -0,01; 0,32 e 0,28 de peso à idade adulta e iguais a 0,19; 0,44 e 0,45 de índice de tamanho à idade adulta com as idades ao primeiro, segundo e terceiro partos, respectivamente.

As estimativas de correlação genética do parâmetro k com as idades ao primeiro e ao segundo parto obtidas neste estudo, -0,83 e -0,57, são de magnitude mediana a alta (Tabela 3), sugerindo que respostas à seleção em k devem ser acompanhadas de mudanças nas idades aos partos. Estes valores estão de acordo com aquele de -0,86

reportado por OLIVEIRA (1995) para a correlação genética do parâmetro  $k$  do modelo de Von Bertalanffy com a idade ao primeiro parto de vacas Guzerá. O resultado deste trabalho também era esperado, pois  $k$  é uma característica indicativa de precocidade de crescimento enquanto as idades ao parto são características de precocidade reprodutiva, e o aumento em  $k$  deve ser acompanhado de redução nas idades.

As estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo para os pesos ao primeiro ( $0,43 \pm 0,06$ ) e ao segundo ( $0,44 \pm 0,06$ ) parto podem ser consideradas de alta magnitude (Tabela 2), sugerindo que são características que apresentarão elevadas respostas à seleção. TALHARI et al. (2003) e CASTRO-PEREIRA et al. (2007a) reportaram os valores de 0,39 e 0,42 para PPP, respectivamente.

As estimativas de correlação genética de  $A$  com os pesos ao primeiro e ao segundo parto, obtidas neste trabalho, são muito altas (Tabela 3), 0,98 e 0,94, respectivamente, indicando que a maior parte dos genes de ação aditiva que influencia  $A$  também influencia PPP e PSP. Desta maneira, a seleção para modificar o peso assintótico resultará em mudanças nos pesos aos partos, ou vice versa. Já as estimativas de correlação genética da taxa de maturação com os pesos ao primeiro e ao segundo parto são mais baixas (Tabela 3), -0,52 e -0,25, respectivamente, mas também sugerem que mudanças em  $k$  como resultado da seleção serão acompanhadas de mudanças nos pesos, mas em sentido contrário. Estes resultados também eram esperados em razão da natureza das características estudadas.

## CONCLUSÕES

É possível obter mudanças no peso assintótico dos animais do rebanho estudado pela seleção, que devem ser acompanhadas por mudanças pequenas na taxa de maturação.

A seleção para modificar o peso assintótico ( $A$ ) deve resultar em respostas correlacionadas nos pesos e nas idades ao primeiro e ao segundo parto. Já, apesar da baixa herdabilidade da taxa de maturação ( $k$ ), se houver mudanças nesta característica pela seleção, estas deverão também ser acompanhadas de mudanças correlacionadas nos pesos e nas idades ao parto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDI, F.S., ALENCAR, M.M., FREITAS, A.R., BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.247-253, 2008a.

BALDI, F.S., ALENCAR, M.M., FREITAS, A.R. Correlações genéticas de características de tamanho corporal e condição corporal com características de eficiência produtiva de fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p. 420-426, 2008b.

BOLDMAN, K.; KRIESE, L.; Van VLECK, L.D. **A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variances (DRAFT)**. Lincoln: Department of Agriculture, Agriculture Research Service, 1993. 120p.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold. 1945. 1.023p.

CARRIJO, S.M. **Descrição e comparação de parâmetros de crescimento de animais das raças Chianina e Nelore**. Ribeirão Preto, SP: FMRP, 1988. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1988.

CASTRO-PEREIRA, V.M., ALENCAR, M.M., BARBOSA, R.T. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características reprodutivas e de crescimento em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1029-1036, 2007a (supl.).

CASTRO-PEREIRA, V.M., ALENCAR, M.M., BARBOSA, P.F. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características de crescimento de machos e fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1037-1044, 2007b (supl.).

DUARTE, F.M. **Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) através de cinco modelos estocásticos**. Ribeirão Preto, SP: FMRP, 1955. 284p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1975.

ELIAS, A.M. **Análise de curva de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1998. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, 1998.

LUDWIG, A., SILVA, M.A., GOMES, F.R. Análise genética dos parâmetros de curvas de crescimento do gado Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.8, n.1, p.133-151, 1979.

MELLO, S.P., ALENCAR, M.M., TORAL, F.B., GIANLORENÇO, V.K. Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento e produtividade em vacas da raça Canchim, utilizando-se inferência bayesiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.92-97, 2006.

OLIVEIRA, H. H. **Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá**. Ribeirão Preto, SP: FMRP, 1995. 73p. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1995.

SANTORO, K.R., BARBOSA, S.B.P., SANTOS, E.S., BRASIL, L.H.A. Herdabilidade de parâmetros de curvas de crescimento não-lineares em zebuínos, no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2280-2289, 2005 (supl.).

SILVA, A. M., ALENCAR, M. M., FREITAS, A. R., BARBOSA, R. T., OLIVEIRA, M. C. S., NOVAES, A. P., TULLIO, R. R, CORRÊA, L. A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n.06, Suplemento 2, p. 2223-2230, 2000.

SILVA, F. F., AQUINO, L. H., OLIVEIRA, A. I. G. Estimativas de parâmetros genéticos de curva de crescimento de gado Nelore. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. Edição Especial, p.1562-1567, dez., 2002.

**SOUZA, J. C. Avaliação de parâmetros genéticos e ambientais e estimativas do peso aos 24 meses de bovinos de corte, usando curvas de crescimento.**

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 1992.

**TALHARI, F. M. Parâmetros genéticos e fatores de meio para medidas corporais e características reprodutivas de fêmeas das raças Canchim e Santa Gertrudis.** São

Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2002. 54p. Dissertação de Mestrado (genética e Evolução) - Universidade Federal de São Carlos, 2002.

TALHARI, F. M., ALENCAR, M. M., MASCIOLI, A.S., SILVA, A. M., BARBOSA, P. F. Correlações genéticas entre características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.880-886, 2003.

WILLHAM, R.L. Purebreeding: achieving objectives. In: Breeding for beef. MEAT AND LIVESTOCK COMMISSION NATIONAL CONFERENCE, Peebles, Scotland.

**Proceedings...** Peebles: Meat and Livestock Commission, v.1, p.15-21, 1971.