

# AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES EM BOVINOS DE CORTE I. PADRÃO DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

ALFREDO RIBEIRO DE FREITAS<sup>1</sup>, MAURÍCIO MELLO DE ALENCAR<sup>1</sup>, ANA MARY DA SILVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador da EMBRAPA/CPPE, Caixa Postal 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Pós-graduanda - FCAV/UNESP - Jaboticabal, SP. Bolsista da FAPESP

8472

**RESUMO:** Três modelos não lineares de crescimento : Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy, foram ajustados pelo método de Gauss Newton a dados peso-idade, do nascimento até 40 meses de idade, de bovinos da raça Canchim, machos e fêmeas, nascidos de 1953 a 1975, em São Carlos, SP. O objetivo foi estudar o padrão de crescimento de animais Canchim no seu ambiente de origem e discutir características destes modelos, para estimar o desenvolvimento corporal em outras raças de bovinos de corte. Os modelos proporcionaram coeficientes de determinação superiores a 98,0%, exceto o Gompertz que não convergiu para machos, os demais proporcionaram boa qualidade de ajuste aos pesos observados, para ambos os sexos.

**PALAVRAS-CHAVES:** curvas de crescimento, modelos Von Bertalanffy, Gompertz e logístico

THE FITTING OF NONLINEAR MODELS BEEF CATTLE DATA: I. POPULATION GROWTH PATTERN

**ABSTRACT:** Three nonlinear growth models, namely Gompertz, logistic and von Bertalanffy, were fitted by the Gauss Newton method to weight-age data, collected from birth to 40 months of age in a Canchim herd, from 1953 to 1975, in São Carlos, SP, Brazil. The objective was to study the growth pattern of a Canchim herd, in its original environment, and to discuss characteristics of these models in order to estimate body growth of other beef cattle breeds. The models showed coefficients of determination greater than 98.0%, except the Gompertz model, which did not converge for males, while the other models showed good fit to the observed weights for both sexes.

**KEYWORDS:** growth curves, Gompertz, logistic, von Bertalanffy.

## INTRODUÇÃO

As análises de medidas repetidas ou dados longitudinais têm despertado grande interesse em diversas áreas da pesquisa. Por definição, estudos de crescimento envolvem avaliações repetidas tomadas sobre a mesma unidade experimental ao longo do tempo, cujo parentesco entre as variáveis  $y$  e  $x$  é do tipo não linear. Estes modelos cujos parâmetros possuem interpretabilidade biológica, resumem de forma simplificada as características de crescimento da população, possibilitam estudar o perfil e as interações de respostas de tratamentos com o tempo, e a comparação de padrão de crescimento entre fatores como raças e tratamentos (SANDLAND e MCGILCHRIST, 1979; SNEE et al. 1979; CULLIS e MCGILCHRIST, 1990; DAVIDIAN e GILTINAM, 1996). No melhoramento genético animal, por meio da associação entre a taxa de crescimento e o peso limite do animal é possível identificar na população os animais mais pesados em idades mais jovens. O objetivo deste trabalho foi ajustar três modelos não lineares a dados peso-idade de animais Canchim, para estudar o padrão de crescimento dessa raça no seu ambiente de origem e discutir características destes modelos para estimar o desenvolvimento corporal em outras raças de bovinos de corte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados peso-idade, do nascimento até 40 meses, são provenientes de bovinos da raça Canchim machos e fêmeas, nascidos de 1953 a 1975 em São Carlos, SP.

Para  $K > 0$ , e integração das taxas de crescimento  $\partial y/\partial t = Ky \log(A/y)$ ,  $\partial y/\partial t = Ky(A - y)/a$  e  $\partial y/\partial t = K(A - y)$  com relação ao tempo (RICHARDS, 1959, DRAPER E SMITH, 1980) produz, respectivamente, os modelos Gompertz, Logístico e de Von Bertalanffy, cujas características estão no Quadro 1:  $y$  é o peso estimado para o mês  $t$ ;  $A$  é o crescimento limite, quando  $t \rightarrow \infty$ ;  $B$ ,  $L$  e  $M$ , são constantes de integração, sem interpretabilidade biológica e  $K$  é a taxa de declínio na taxa de crescimento relativa, expresso em  $t^{-1}$  sendo importante para comparação entre curvas (DAVIDIAN e GILTINAM, 1996). No modelo

Gompertz,  $y = Ae^{-L/K}$  quando  $t \rightarrow 0$  e  $A = ye^{L/K}$ , quando  $t \rightarrow \infty$ . Além da taxa de crescimento instantânea - TCI  $(\partial y/\partial t)$ , que estima o incremento no peso do animal para cada unidade de tempo, outras características destes modelos são o ponto de Inflexão  $(\partial^2 y/\partial t^2)$ , em que a TCI passa de crescente para decrescente e a taxa de crescimento relativa ao peso estimado  $-T\dot{C}R (\partial y/\partial t)/y$  é constante. Os modelos foram ajustados aos dados de pesos por meio do procedimento NLIN do SAS (SAS, 1993), não sendo consideradas possíveis correlações serial existentes entre os pesos de um mesmo animal

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos parâmetros dos modelos não-lineares estão no Quadro 2. Todos os modelos proporcionaram coeficientes de determinação superiores a 98,0 %. Entretanto, o Gompertz, embora seja o mais adequado para ajuste de crescimento de suínos (FREITAS e COSTA, 1983) e de frangos de corte (FREITAS et al. 1984), não convergiu para machos. Houve concordância das estimativas do peso obtidas dos modelos com relação aos pesos observados (Figura 1); independente de sexo, todos superestimaram os pesos observados, do nascimento até três meses. Observou-se ao longo da idade, para ambos os sexos, oscilações nas médias dos pesos observados com a idade, certamente atribuídas a perdas e ganhos compensatórios de pesos decorrentes de influências ambientais e de manejo. Associado a este fato, observou-se nas fêmeas que os modelos subestimaram os pesos observados do 5º ao 11º e do 30º ao 37º mês e superestimaram do 13º ao 27º e do 22º ao 29º mês. Nos machos, subestimaram do 5º ao 21º e do 29º ao 40º mês e superestimaram do 23º ao 27º mês, havendo boa concordância entre os modelos de Von Bertalanffy e o Logístico.

Quanto à taxa de crescimento corporal no instante t (TCI), em kg/mês, verificou-se que nas fêmeas, a TCI do nascimento até o 40º mês, variou de 9,203 a 2,809 kg; 11,343 a 3,305 kg; 8,925 a 2,514 kg, com a maior TCI equivalendo a ponto de inflexão do modelo correspondendo a (14,102 kg; 8º mês), (12,356 kg; 5º mês) e (10,994 kg; 5º mês) para os modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico, respectivamente.; Observa-se ainda que o modelo Bertalanffy foi superior ao Logístico do nascimento até o 11º mês e do 29º ao 41º mês. Para machos, do nascimento até o 40º mês, os valores da TCI variaram de 12,128 a 6,342 kg; 11,223 a 9,817 kg; 9,059 a 9,796 kg, com pontos de inflexão de (15,852 kg; 8º mês), (13,470 kg; 10º mês) e (13,461 kg; 14º mês), para Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico, respectivamente.

### CONCLUSÕES

Os modelos não-lineares Von Bertalanffy e Logístico proporcionaram boa qualidade de ajuste para pesos do nascimento até 40 meses de idade de bovinos canchim.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CULLIS, B.R., MCGILCHRIST, C.A. A model for the analysis of growth data from designed experiments. *Biometrics*, v.46, n.1, p.1315-142, 1990.
2. DAVIDIAN, M., GILTINAN, D.M. *Nonlinear models for repeated measurement data*. 2.ed. London: Chapman Hall, 1996. 359p.
3. DRAPER, N.R., SMITH, H. *Applied regression analysis*. 2.ed. Wiley, New York, 1980. 709p.
4. FREITAS, A.R. de., COSTA, C.N. da. Ajustamento de modelos não lineares a dados de crescimento de suínos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.18, n.10, p.1147-54, out, 1983.
5. FREITAS, A.R. de; ALBINO, L.F.; MICHELAN FILHO, T. & ROSSO, L.A. de. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.19, n.9, p.1057-1064, set, 1984.
6. RICHARDS, F.J. a flexible growth function for imprical use. *J. Exper. Bot.*, v.10, n.29, p.290-300, 1959.
7. SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST. Stochastic growth curve analysis. *Biometrics*, v.35, n.1, p.255-272, 1979
8. SAS INSTITUTE. *SAS/STAT User's guide: statistics*, versão 6, v.1, 4. ed. Cary, 1993
9. SNEE, R.D., ACUFF, S.K., GIBSON, J.R. A useful method for the analysis of growth studies. *Biometrics*, v.35, n.4, p.835-848, 1979



QUADRO 1 – Modelos não lineares  $y_t$  (1: Von Bertalanffy, 2: Gompertz e 3: Logístico)

$y_t =$	$\frac{\partial y}{\partial t}$	$(\frac{\partial y}{\partial t})/y_t$	$y_t; t_t$
1. $A(1 - Be^{-Kt})^3$	$3BKy_t[(e^{-Kt}/(1-e^{-Kt}))]$	$3BK[(e^{-Kt}/(1-e^{-Kt}))]$	$8A/27 ; \log_e(3B)/K$
2. $y_0 \cdot \exp[(L/K)(1-e^{-Kt})]$	$Ky_t \log_e(A/y_t)$	$K(\log_e A - \log_e y_t)$	$0,368A ; \log_e(L/K)/K$
3. $A/(1 + e^{-Kt})^M$	$-KM y_t [(e^{-Kt}/(1+e^{-Kt}))]$	$-KM [(e^{-Kt}/(1+e^{-Kt}))]$	$A[M/M+1]^M ; \log_e M/K$

QUADRO 2. Estimativas dos parâmetros obtidas dos modelos não-lineares  $y_t$  (1: Von Bertalanffy, 2: Gompertz e 3: Logístico) para bovinos Canchim fêmeas (F) e machos (M)

Modelo $y_t =$	Sexo	A, kg	B	K, $t^{-1}$	L	M	$Y_0$ , kg
1. $A(1 - Be^{-Kt})^3$	F	462,952867	0,464230	0,060064			
	M	694,296105	0,517410	0,043668			
2. $y_0 \cdot \exp[(L/K)(1-e^{-Kt})]$	F	448,445688		0,085553	0,199022		43,793635
	M	504,229137		0,061233	0,122821		67,845606
3. $A/(1 + e^{-Kt})^M$	F	430,741165		0,088223		2,389893	
	M	604,086762		0,071300		2,756073	

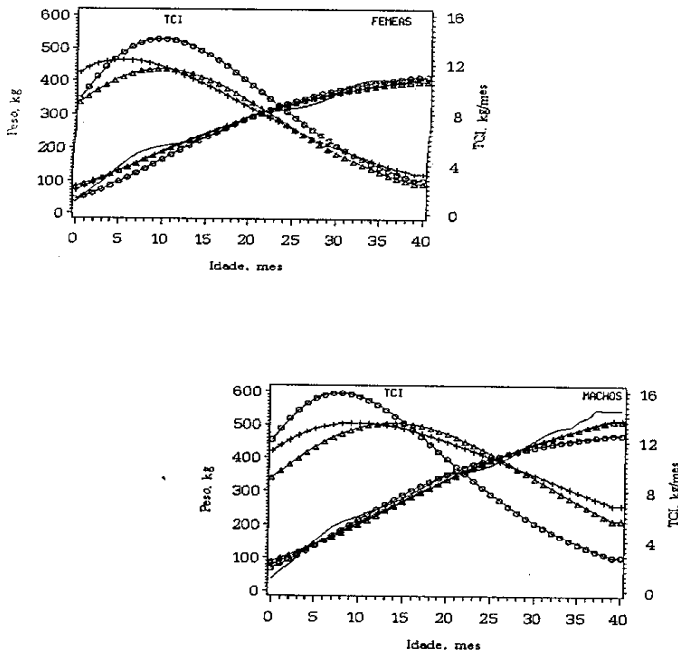


FIGURA 1 - Estimativas de pesos, em kg, e da taxa de crescimento instantânea - TCI, kg/mês, do nascimento até 40 meses de idade de bovinos da raça Canchim, fêmeas e machos, obtidas dos modelos não lineares Von Bertalanffy (+), Gompertz (o) e logístico (Δ) e médias de pesos observados (—)