

AJUSTE DE MODELOS NAO-LINEARES AOS DADOS DE CRESCIMENTO DE BUFALAS DA RAÇA MURRAH CRIADAS EM TERRAS BAIXAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

Ronyere Olegário de Araújo², Cintia Righetti Marcondes³, Maria Cecília Florisbal Dame⁴, Analía del Valle Garnero⁵, Ricardo José Gunski⁵, Paulo Roberto Nogara Rorato⁶

¹Relacionado ao projeto Embrapa MP2 – 02.07.07.009.00.00, Atividades 10.03 e 02.02

²Aluno do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/UFMS, 97105-900, Santa Maria-RS, Bolsista CAPES ronyere@yaho.com.br

³Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, e-mail: cimarcon@cpatu.embrapa.br

⁴Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, bubalus3@gmail.com

⁵Campus de São Gabriel/UNIPAMPA, São Gabriel-RS analíagarnero@yahoo.com.br, rgunski@yahoo.com.br

⁶Departamento de Zootecnia/UFMS, 97105-900, Santa Maria-RS, Bolsista de Prod. CNPq rorato@smail.ufsm.br

Resumo: Com o objetivo de ajustar modelos não-lineares ao crescimento ponderal de búfalas criadas em terras baixas do Estado do Rio Grande do Sul, foram utilizados registros mensais (do nascimento aos dois anos de idade) de 63 animais nascidos no período de 1982 a 1989, totalizando-se 1.638 pares de observação peso-idade. Os modelos utilizados foram: Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e logístico. Os parâmetros foram estimados usando-se o procedimento NLIN do SAS. Todos os modelos superestimaram o peso ao nascimento em maior ou menor magnitude. Em ordem crescente, os modelos Von Bertalanffy, Gompertz, logístico e Brody superestimaram o peso ao nascimento em 28,55; 32,74; 37,49 e 42,70 kg. O modelo logístico subestimou o peso assintótico (-5,07 kg) e os demais modelos (Gompertz, Von Bertalanffy e Brody) superestimaram este parâmetro, em ordem crescente: 3,07; 17,7 e 280,33 kg, respectivamente. Com base nos critérios de ajuste e no comportamento das curvas previstas, o modelo Gompertz, seguido dos modelos logístico e Von Bertalanffy seriam os de melhor ajuste. Sugere-se que o modelo Brody não seja utilizado para descrever a curva de crescimento de búfalas da raça Murrah, criadas sob as condições deste trabalho. A correlação fenotípica entre as estimativas do peso assintótico (A) e da taxa de maturação (K), obtidas pelo modelo Gompertz, foi de -0,69, evidenciando o antagonismo existente entre taxa de crescimento e peso à maturidade.

Palavras-chave: bubalinos, peso assintótico, taxa de maturação, terras inundáveis

Adjustment of nonlinear models to deal with growth data for female Murrah buffalo raised in lowlands, Rio Grande do Sul, Brazil¹

Abstract: This study aimed to adjust nonlinear models to deal with growth curve data for female buffalo raised in lowlands in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Monthly records made between birth and two years of age were used from 63 animals born between 1982 and 1989, a total of 1,638 weight-age pairs of data. The Von Bertalanffy, Brody, Gompertz and Logistic models were used in the study. The parameters were estimated by the NLIN procedure, SAS (2001). All the models overestimated weight at birth. In ascending order, the Von Bertalanffy, Gompertz, logistic and Brody models have each overestimated weight at birth at 28.55; 32.74; 37.49 and 42.70 kg. The asymptotic weight was underestimated only by the logistic model (-5.07 kg), whereas the other models (Gompertz, Von Bertalanffy and Brody) overestimated this parameter in ascending order at: 3.07; 17.7 and 280.33 kg, respectively. Based on the adjustment criteria and the predicted curves, the Gompertz model, followed by the logistic and the Von Bertalanffy, showed best adjustment. However, it is recommended that the Brody model should not be used to describe growth curve of female Murrah buffalo under the conditions of this study. The phenotypic correlation between the estimated asymptotic weight (A) and maturation rate (K), following the Gompertz model, was -0.69, which clearly demonstrates the antagonism between the growth rate and maturity weight.

Keywords: asymptotic weight, buffalo, floodable lands, maturation rate

As curvas de crescimento relacionam o peso do animal à sua idade, reunindo informações de todo seu período de vida em um pequeno conjunto de parâmetros interpretáveis biologicamente (GARNERO et al., 2006). Além disso, são importantes no estabelecimento de programas de melhoramento para obtenção de animais com maior produção, menores custos e menor tempo para atingir determinado peso (FITZHUGH JR., 1976).

Enquanto para bovinos, ovinos e outros animais (FREITAS, 2005) são encontrados estudos recentes sobre curvas de crescimento, raros são os relatos para bubalinos no Brasil. Nogueira et al. (1998) estimaram parâmetros da curva de crescimento (pelo modelo Brody) para 99 machos e 112 fêmeas da raça Mediterrâneo (*Bubalus bubalis*), criados para a produção de carne em condições do Estado de São Paulo. Observaram que o modelo Brody subestima os pesos dos animais aos 720 dias de idade, mesmo apresentando um bom ajuste do modelo aos dados. Malhado et al. (2008) estudaram dados bimestrais (do nascimento aos 40 meses de idade) de animais pertencentes a rebanhos bubalinos da raça Murrah do Nordeste brasileiro, concluindo que os modelos logístico, Gompertz e Von Bertalanffy seriam adequados para descrever o crescimento de machos e fêmeas.

Assim, objetivou-se com este trabalho estudar o ajuste de modelos não-lineares, Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e logístico, aos dados de crescimento de fêmeas bubalinas da raça Murrah criadas em terras baixas no Estado do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

Os dados são provenientes da Estação Experimental Terras Baixas (Capão do Leão) da Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS e correspondem a 63 fêmeas bubalinas da raça Murrah, nascidas no período de 1982 a 1989, filhas de três reprodutores e 38 matrizes. Nesta fase experimental, os animais permaneceram principalmente em área de terras baixas, a qual 1/3 está sujeita às inundações periódicas. A vegetação era composta, principalmente, por gramíneas (grama forquilha, grama tapete, grama do banhado e gramas boiadeiras), além de algumas ciperáceas e juncáceas, sendo essas as únicas fontes de alimentação desses animais.

Os pares de registro peso-idade foram obtidos por meio de pesagens periódicas (a intervalos de 28 dias), ocorridas do nascimento até os dois anos de idade (ou 750 dias de idade), totalizando 26 pesagens/fêmea e 1.638 observações. Foram ajustados os modelos não-lineares: Von Bertalanffy, $Y = A(1 - B \exp^{-kt})^3 + \varepsilon$; Brody, $Y = A(1 - B \exp^{-kt}) + \varepsilon$; Gompertz, $Y = A \exp^{-B e^{-k(t)}}$; logístico, $Y = A(1 + \exp^{-kt})^{-M} + \varepsilon$, em que: Y representa o peso do animal a uma determinada idade (t); A é o valor assintótico de Yt (peso médio à maturidade); B é a constante de integração relacionada com os pesos iniciais (grau de maturidade do animal ao nascimento); K é a taxa de variação da função exponencial (velocidade com que o animal se aproxima do tamanho adulto); M é o parâmetro que dá forma a curva; e é o logaritmo em base natural; ε representa o erro aleatório associado a cada pesagem. Os parâmetros dos modelos foram preditos pelo método de Gauss-Newton modificado por meio do procedimento NLIN do SAS (2001), em um processo iterativo.

Os critérios utilizados para selecionar o modelo que melhor descreveu a curva de crescimento foram: Número de Iterações; Quadrado Médio do Resíduo (QMR), calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo obtida pelo SAS pelo número de observações; Coeficiente de Determinação (R^2) calculado como o quadrado da correlação entre os pesos observados e estimados e Desvio Médio Absoluto dos resíduos (DMA), calculado como:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

em que Y_i é o valor observado; \hat{Y}_i , o valor estimado e n o tamanho da amostra.

A covariância, assim como a correlação fenotípica entre os parâmetros estimados das curvas (A e K) foram obtidas pelo procedimento PROC CORR do SAS (2001).

Resultados e Discussão

A partir dos valores dos coeficientes de determinação - R^2 (Tabela 1) observa-se que todos os modelos se ajustaram de forma semelhante aos dados de crescimento, quanto à obtenção de uma curva média, não indicando diferença entre os quatro modelos estudados, com isso, pelo R^2 , qualquer um dos modelos teria o mesmo ajuste.

Contudo, ao analisar o desvio médio absoluto (DMA), nota-se maior variância do modelo Brody, em relação aos demais modelos, fato este corroborado pela Figura 1, indicando em um primeiro momento que este modelo não seria adequado para descrever a curva média das

fêmeas bubalinas. Com base neste critério, menores desvios são observados entre os modelos logístico e Gompertz, seguido do modelo Von Bertalanffy (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros (A, B, K e M), número de iterações (Iter), Quadrado Médio do Resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2) e desvio médio absoluto (DMA) a partir dos modelos utilizados.

Modelo	Estimativas dos Parâmetros				Iter	QMR	R^2	DMA
	A (kg)	B	K (kg/dia)	M				
Von Bertalanffy	426,75 ± 4,1	0,485 ± 0,001	0,0034±0,00003	-	8	1422	0,981	11,30
Brody*	689,38±39,8	0,911 ± 0,001	0,0020±0,00002	-	13	1353	0,982	80,38
Gompertz	412,75 ± 2,9	1,866 ± 0,005	0,0041±0,00003	-	5	1460	0,981	8,65
logístico	403,98 ± 2,6	-	0,0049±0,00004	2,540 ± 0,0064	17	1505	0,981	7,79

*Três animais não atingiram convergência

Os pesos assintóticos (A) preditos por todos os modelos foram inferiores aos relatados por Malhado et al. (2008), apresentando, conseqüentemente, maior taxa de maturação (K). As médias, seguidas dos seus respectivos desvios-padrão, do peso ao nascimento (PN) e do peso aos dois anos (P750) foram, respectivamente, 38,27 ± 4,23 kg e 409,05 ± 44,92 kg. O valor do PN está de acordo com os 36,61 ± 4,84 kg relatados por Malhado et al. (2008) para machos e fêmeas da raça Murrah, criados no Nordeste brasileiro. No entanto, para o P750, este valor de aproximadamente 409 kg é superior aos 373,18 ± 68,02 kg obtidos por Malhado et al. (2008), para o peso aos 730 dias de idade (P730). Em relação ao PN, todos os modelos superestimaram seu valor em maior ou menor magnitude. Em ordem crescente, os modelos Von Bertalanffy, Gompertz, logístico e Brody superestimaram o PN em 28,55; 32,74; 37,49 e 42,70 kg (Figura 1).

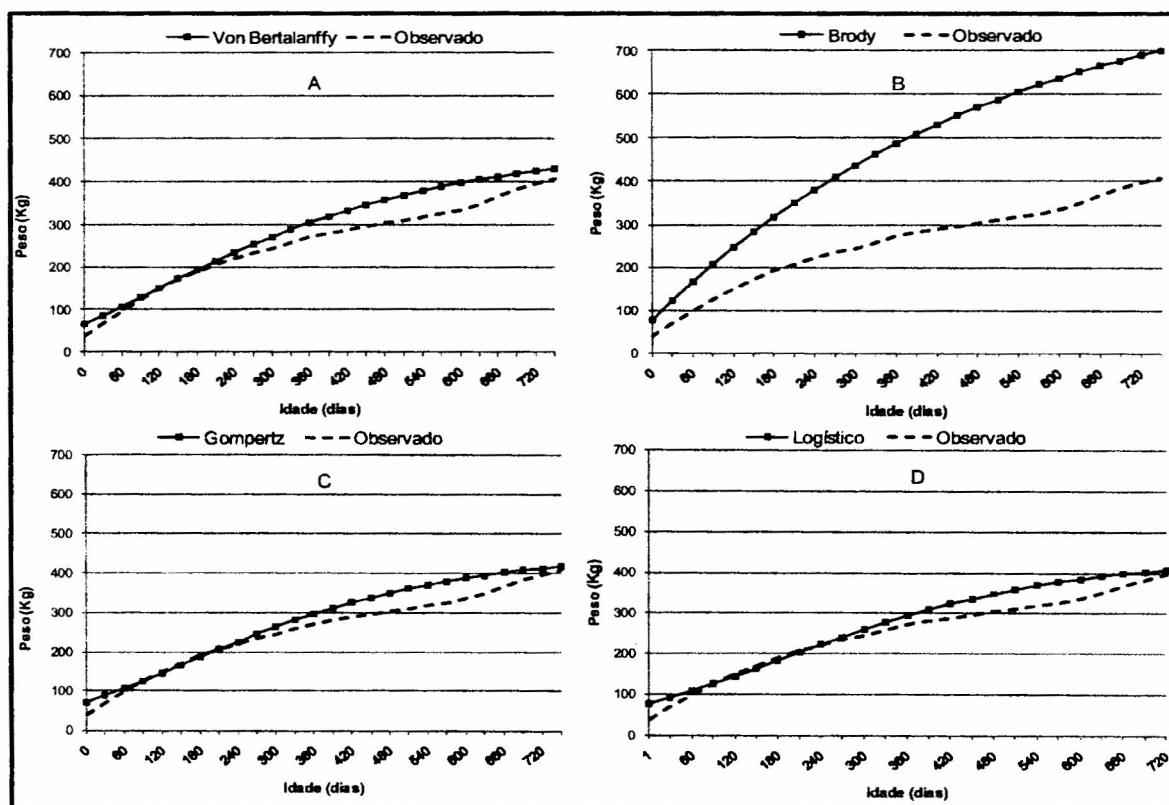


Figura 1. Curvas de crescimento observadas e preditas pelos modelos Von Bertalanffy (A), Brody (B), Gompertz (C) e logístico (D).

Somente o modelo logístico subestimou A (-5,07 kg). Os demais modelos superestimaram este parâmetro, em ordem crescente: 3,07; 17,7 e 280,33 kg para os modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Brody, respectivamente.

Malhado et al. (2008), concluíram que o modelo logístico apresentou o melhor ajuste aos búfalos, machos e fêmeas, desta mesma raça. A divergência quanto à adequação dos modelos à espécie e às raças é perfeitamente aceitável, visto que existe variação nas condições de criação entre os estudos, diferenciando o padrão de crescimento dos animais.

A covariância e a correlação fenotípica entre os parâmetros A e K, preditos pelo modelo Gompertz, foram respectivamente -0,1042 e -0,69 ($P < 0,0001$), tendências esperadas visto ser comprovado o antagonismo entre estes dois parâmetros (GARNERO et al., 2006), uma vez que animais que apresentam maiores pesos à maturidade possuem baixas taxas de crescimento (MALHADO et al., 2008).

Conclusões

Com base nos critérios de ajuste e no comportamento das curvas preditas, recomenda-se o modelo Gompertz para ajustar a curva de crescimento de búfalos da raça Murrah seguido dos modelos logístico e Von Bertalanffy. O modelo Brody não deve ser utilizado para ajustar a curva de crescimento da presente raça.

Literatura Citada

1. FITZHUGH JR., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, n.4, p.1036-1051, 1976.
2. FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
3. GARNERO, A. DEL V.; MARCONDES, C. R.; GUNSKI, R. J.; OLIVEIRA, H. N.; LOBO, R. B. Genetic trends in the expected progeny difference of the asymptotic weight of Nellore females. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, n.4, p.648-652, 2006.
4. MALHADO, C. H. M.; RAMOS, A. A.; CARNEIRO, P. L. S.; SOUZA, J. C.; WECHSLER, F. S.; ELER, J. P.; AZEVEDO, D. M. M. R.; SERENO, J. R. B. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. **Archivos de Zootecnia**. v. 57, p.497-503, 2008.
5. NOGUEIRA, J. R.; LIMA, M. L. P.; GADINI, C. H.; SOARES, W. V. B. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de búfalos da raça Mediterrâneo. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998 (CD-ROM. p. 374-376).
6. SAS, **SAS user's guide: statistical**, Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, 2001.