



Modelos não-lineares clássicos para descrever a curva de crescimento de búfalos da raça Murrah criados em terras baixas no Estado do Rio Grande do Sul¹

Cintia Righetti Marcondes², Ronyere Olegário de Araújo³, Maria Cecília Florisbal Damé⁴, 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

²Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, e-mail: cimarcon@cpatu.embrapa.br

³Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/UFSM, Santa Maria-RS, Bolsista CAPES ronyere@yahoocom.br

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

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

⁶Departamento de Zootecnia/UFSM, 97105-900, Santa Maria-RS, Pesquisador do CNPq rorato@smail.ufsm.br

Resumo: Com o objetivo de ajustar modelos não-lineares clássicos aos dados de crescimento ponderal de búfalos criados em terras baixas do Estado do Rio Grande do Sul, foram utilizados registros mensais mensurados do nascimento aos dois anos de idade, de 64 machos nascidos no período de 1982 a 1989, totalizando-se 1.664 pares de observação peso-idade. Os modelos utilizados foram: Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e logístico. Os parâmetros foram estimados utilizando-se o procedimento NLIN do pacote SAS (2001). Todos os modelos superestimaram o peso ao nascimento. Os modelos Von Bertalanffy e Brody superestimaram o peso assintótico, ao passo que os modelos Gompertz e Logístico o subestimaram. O menor quadrado médio do resíduo foi estimado pelo modelo Brody, caracterizando um maior coeficiente de determinação, entretanto este modelo apresentou o maior desvio médio absoluto. Considerando-se todos os critérios, o modelo Gompertz apresentou o melhor ajuste, seguido dos modelos logístico e Von Bertalanffy. A correlação fenotípica entre as estimativas obtidas para o peso assintótico (A) e para a taxa de maturação (K), obtidas pelo modelo Gompertz, foi de -0,55, confirmando o antagonismo existente entre eles, uma vez que animais que apresentam maior peso à maturidade possuem menor taxa de crescimento.

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

Classical nonlinear models to describe the growth curve for Murrah buffalo raised in lowlands in the state of Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract: With the objective of adjusting classical nonlinear models to assess the growth curve of buffalo raised in lowlands in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, monthly readings taken between birth and two years of age were used from 64 males born between 1982 and 1989, a total of 1,664 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 software (2001). All the models overestimated weight at birth. The Von Bertalanffy and Brody models led to overestimated asymptotic weight, whereas the Gompertz and Logistic models underestimated this parameter. The lowest mean squared error was estimated by the Brody model, which represents a higher coefficient of determination. However, this model presented the largest average absolute error. If all the criteria are taken into account, the Gompertz model presented the best adjustment, followed by the Logistic and Von Bertalanffy models. The phenotypic correlation between the estimated asymptotic weight (A) and maturation rate (K), following the Gompertz model, was -0.55, which confirms their antagonism since animals that show higher maturity weights present lower growth rates.

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

Introdução

Entre as análises com medidas repetidas destacam-se as curvas de crescimento, as quais relacionam os pesos (y) e as idades (t) dos animais, por meio de modelos não-lineares que apresentam parâmetros com interpretação biológica (Freitas, 2005), possibilitando a avaliação dos fatores genéticos e de ambiente que influenciam a forma da curva de crescimento e, desse modo, alterá-la por meio da seleção, identificando e selecionando animais com maior velocidade de crescimento, sem alterar o peso adulto, em vez de selecionar animais cada vez maiores (Garnero et al., 2006).

Enquanto para bovinos, ovinos e outros animais são encontrados vários estudos recentes sobre curvas de crescimento (Freitas, 2005), raros são os relatos para bubalinos. Para búfalos da raça Jafarabadi, Gimenez et al. (2004) testaram 14 modelos de regressão, concluindo que a equação de regressão logarítmica descreveria de maneira satisfatória a curva de crescimento. Malhado et al. (2008) estudaram dados bimestrais (do nascimento aos 40 meses de idade) de animais pertencentes a rebanhos bubalinos da raça Murrah no Nordeste brasileiro, concluindo que os modelos logístico, Gompertz e Von Bertalanffy seriam adequados para descrever o crescimento de machos e fêmeas. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de ajustar os modelos não-lineares clássicos Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e logístico, aos dados de crescimento de machos bubalinos da raça Murrah, criados 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 e correspondem a uma população bubalina de 64 machos da raça Murrah, nascidos no período de 1982 a 1989, filhos e três reprodutores e 42 matrizes. Nesta fase experimental, os animais permaneceram principalmente em área de terras baixas, a qual 1/3 está sujeita às inundações periódicas.

Os dados de desenvolvimento ponderal foram obtidos através de pesagens periódicas, a intervalos de 28 dias, do nascimento (PN) até os dois anos de idade (P750) totalizando 26 pesagens/macho e 1.664 observações. Foram ajustados os modelos não-lineares clássicos: Von Bertalanffy, $Y = A(1 - Be^{-Kt})^3 + \varepsilon$; Brody, $Y = A(1 - Be^{-Kt}) + \varepsilon$; Gompertz, $Y = Ae^{Be^{-Kt}} + \varepsilon$; logístico, $Y = A(1 + e^{-Kt})^{-M} + \varepsilon$, em que Y representa o peso do animal a uma determinada idade (t); A é o valor assintótico de Y (peso médio à maturidade); B é a constante de integração relacionada ao grau de maturidade do animal ao nascimento; K é a taxa de variação da função exponencial (velocidade de crescimento); 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 aplicativo 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); Coeficiente de Determinação (R^2) 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 os quatro modelos se ajustaram de forma semelhante à curva média de crescimento, não indicando diferença entre eles. Todavia, ao analisar a desvio médio absoluto (DMA) nota-se a maior variância do modelo Brody em relação aos demais modelos, fato este corroborado na Figura 1, indicando, em um primeiro momento, que o modelo Brody não se ajusta adequadamente aos dados. Com base neste critério, menores desvios foram observados entre os modelos logístico e Gompertz, seguido do modelo Von Bertalanffy.

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 estudados.

Modelo	Estimativas dos Parâmetros				Iter	QMR	R^2	DMA
	A	B	K	M				
Von Bertalanffy	454,5 ± 5,8	0,4831 ± 0,001	0,0041 ± 0,00003	-	21	1914	0,978	13,98
Brody*	607,0 ± 21,0	0,9076 ± 0,001	0,0024 ± 0,00003	-	6	1840	0,979	53,59
Gompertz	434,8 ± 3,5	1,8543 ± 0,005	0,0047 ± 0,00004	-	5	1955	0,978	9,83
Logístico	426,5 ± 2,8	-	0,0069 ± 0,00004	4,089 ± 0,006	12	2007	0,977	9,06

*Dois animais não atingiram convergência

Os pesos assintóticos (A) preditos por todos os modelos foram inferiores aos relatados por Malhado et al. (2008) apresentando, consequentemente, maiores taxas de maturação (K). As médias do

peso ao nascimento (PN) e do peso aos dois anos (P750) foram, respectivamente, $39,89 \pm 5,38$ kg e $439,78 \pm 59,98$ kg. O valor do PN está de acordo ao relatado por Malhado et al. (2008 - $36,61 \pm 4,84$ kg) para búfalos da raça Murrah criados no Nordeste brasileiro. A média do P750 foi superior ao estudo de mencionado ($373,18 \pm 68,02$ kg), visto que utilizaram 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 Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e logístico superestimaram o PN em 28,43; 29,14; 33,16 e 38,13 kg (Figura 1).

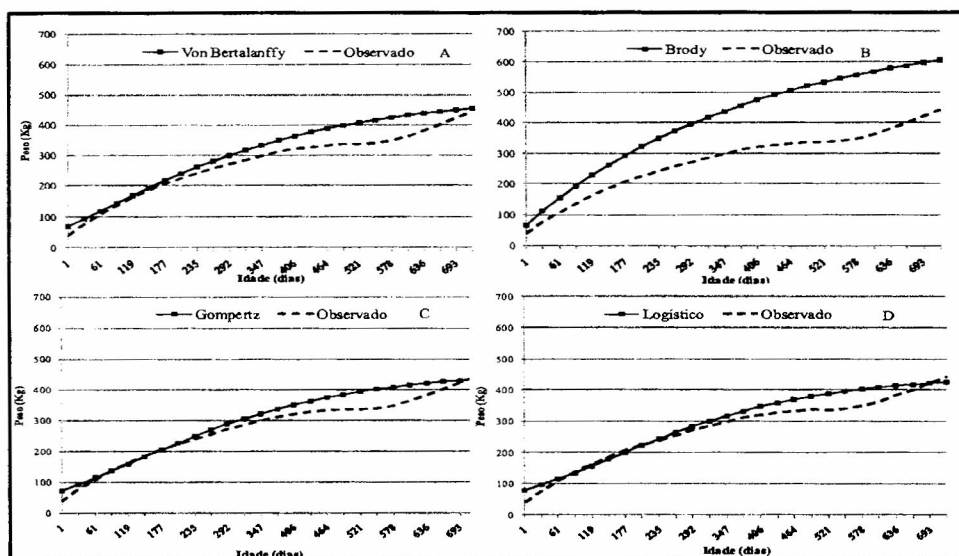


Figura 1. Curvas de crescimento observadas e previstas pelos modelos Von Bertalanffy (A), Brody (B), Gompertz (C) e logístico (D).

Para P750, os modelos Von Bertalanffy e Brody superestimaram o A , respectivamente, em 12,30 e 164,48 kg e os modelos Gompertz e logístico subestimaram este parâmetro em 7,37 e 15,7 kg, respectivamente. Com base nos critérios de ajuste (Tabela 1) e no comportamento das curvas previstas, verifica-se que o modelo Gompertz, seguido do logístico e do Von Bertalanffy, ajustaram de maneira mais adequada os dados de crescimento de machos bubalinos da raça Murrah, para a descrição de uma curva média de crescimento. Malhado et al. (2008) concluíram que o modelo logístico apresentou o melhor ajuste na descrição da curva de crescimento para esta mesma raça, divergência esta aceitável e, provavelmente, devida às diferenças ambientais e à seleção a que estes rebanhos foram submetidos, além do fato de que o estudo destes autores considerou machos e fêmeas, de maneira conjunta. A covariância e a correlação fenotípica entre os parâmetros A e K , previstas pelo modelo Gompertz, foram respectivamente iguais a -0,133 e -0,55 (com significância a $P < 0,0001$), comprovando o antagonismo existente entre estes dois parâmetros (Garnero et al., 2006), uma vez que os animais que apresentam maiores pesos à maturidade costumam ser aqueles com menores taxas de crescimento (Malhado et al., 2008).

Conclusões

Com base nos critérios de ajuste e no comportamento das curvas estudadas, recomenda-se o modelo Gompertz para ajustar os dados de crescimento de machos da raça Murrah, seguido pelos modelos logístico e Von Bertalanffy.

Literatura Citada

- FREITAS, A.R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- GARNERO, A.V.; MARCONDES, C.R.; GUNSKI, R.J. et al. Genetic trends in the expected progeny difference of the asymptotic weight of Nelore females. *Gen. Mol. Biol.*, v.29, n.4, p.648-652, 2006.
- GIMENEZ, J.N.; RAMOS, A.A.; PICCININ, A. etc. Estudo da curva de crescimento em búfalos da raça Jafarabadi. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004 (CD-ROM, p.3).
- MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S. et al. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. *Arch. Zootec*, v. 57, p.497-503, 2008.
- SAS, *SAS user's guide: statistical*, Analysis System Institute, Inc., Cary, NC, 2001.