

Curvas de crescimento de bovinos com coeficientes aleatórios para peso à maturidade

Nayara Negrão Pereira^{1 4}

Antonio Policarpo Souza Carneiro^{1 4}

Elisabeth Regina de Toledo^{1 4}

Paulo César Emiliano^{1 4}

Fabyano Fonseca e Silva^{1 4}

Paulo Luiz Souza Carneiro^{2 4}

Joel Camilo Souza Carneiro^{3 4}

1 Introdução

Estudos relacionados a curvas de crescimento que levam em consideração dados de peso-idade, com a utilização de modelos não-lineares, têm aplicações estratégicas em programas de melhoramento genético na definição de critérios de seleção para precocidade e ganho de peso.

Diferentes modelos não-lineares são apresentados na literatura para descrever curvas de crescimento, e assim há uma busca pelo modelo que se ajuste melhor aos dados. Para definição desse melhor ajuste são utilizados avaliadores de qualidade de ajuste, os quais indicam estatisticamente qual o melhor modelo.

Dentre os modelos utilizados para o ajuste de curvas de crescimento, os modelos não-lineares mistos, tem tido aplicação prática (AGGREY, 2009; MILANI et al., 2013; CRAIG e SCHINCKEL, 2001). Os modelos mistos são compostos por efeitos fixos e aleatórios, consideram a variabilidade entre e dentro dos indivíduos, permitindo com isso, estimativas mais confiáveis e de maior precisão.

Os modelos mistos permitem o ajuste de curvas de crescimento médias e individuais, facilitando com isso, o critério de seleção dos melhores indivíduos, tendo em vista que para cada animal é gerado um coeficiente aleatório.

¹ DET - UFV. Email: nayara.negrao@ufv.br; policarpo@ufv.br; erdtoledo@gmail.com.

¹ DET - UFV. Email: fabyano@dpi.ufv.br; paulo.emiliano@ufv.br.

² DCB – UESB. Email: plscarneiro@uesb.br

³ DCB – UFES. Email carneirojoel@hotmail.com

⁴ Agradecimento à ABCZ, FAPEMIG, CAPES e ao CNPq pelo apoio.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do ajuste de curvas de crescimento para bovinos de corte da raça Tabapuã com coeficientes aleatórios para peso à maturidade.

2 Material e métodos

Neste trabalho foram utilizados dados provenientes da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), referentes a 52.756 observações de peso-idade de 7.931 animais da raça Tabapuã criados na região Nordeste. O conjunto de dados consiste de informações relativas a peso corporal em diferentes idades de 4.236 fêmeas e 3.695 machos da raça Tabapuã pertencentes a cinco regiões de produção do nordeste: Maranhão, Gado Algodão, Mata-Agreste, Sertão e Itapetinga-Valadares (ARRUDA e SUGAI, 1994).

Foram ajustados os seguintes modelos não-lineares:

Brody		Logístico	
$y_{ij} = \beta_1(1 - \beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})$	(1)	$y_{ij} = \beta_1(1 + \beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})^{-1}$	(2)
Gompertz		MMM	
$y_{ij} = \beta_1 \exp(-\beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})$	(3)	$y_{ij} = \frac{\beta_2 \beta_3^{\beta_4} + \beta_1 x_{ij}^{\beta_4}}{\beta_3^{\beta_4} + x_{ij}^{\beta_4}}$	(4)
Richards		von Bertalanffy	
$y_{ij} = \beta_1(1 \pm \beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})^{\beta_4}$	(5)	$y_{ij} = \beta_1(1 - \beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})^3$	(6)

As análises foram realizadas considerando modelos não-lineares de efeito fixo e modelos mistos com a incorporação de coeficientes aleatórios no parâmetro peso à maturidade, β_1 . A seguir é apresentado, como exemplo, o modelo von Bertalanffy com coeficientes aleatórios em β_1 :

$$y_{ij} = (\beta_1 + b_{1i})(1 - \beta_2 e^{-x_{ij}/\beta_3})^3 \quad (7)$$

Aos modelos, Brody, Michaelis Menten Modificado (MMM), Richards, Logístico e Gompertz, também foi incorporado coeficientes aleatórios em β_1 , semelhantemente ao apresentado para o modelo von Bertalanffy.

Para comparação entre modelos fixos e mistos foram utilizados os seguintes avaliadores de qualidade de ajuste: critério de informação Akaike (AIC), critério de informação bayesiano (BIC), desvio médio absoluto (DMA), erro quadrático médio (EQM) e

coeficiente de determinação (R^2) calculado como o quadrado da correlação entre o valor observado e o valor estimado pela regressão.

Os métodos de estimação e aproximação numérica, utilizados foram o método da máxima verossimilhança marginal e a quadratura gaussiana adaptativa, respectivamente. O software utilizado para o ajuste dos modelos foi o SAS 9.3 (SAS, 2013), por meio do procedimento PROC NLMIXED.

3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os avaliadores de qualidade de ajuste para os modelos fixos. Verifica-se que o modelo Brody ajustado para machos, obteve o menor valor de AIC (243.002), BIC (243.035), DMA (32,29), EQM (1.877) e maior coeficiente de determinação R^2 (89,92). E para fêmea o modelo Michaelis-Menten Modificado (MMM) foi o que apresentou menores valores de avaliadores de qualidade de ajuste AIC (300.089), BIC (300.131), DMA (29,09), EQM (1.622) e maior coeficiente de determinação ($R^2= 88,06$).

Tabela 1: Avaliadores de qualidade de ajuste para modelos de curva de crescimento de bovinos, para machos e fêmeas, da raça Tapapuã, considerando modelo fixo

Modelo		AIC	BIC	DMA	EQM	R^2
Brody	Macho	243.002	243.035	32,29	1.877	89,92
	Fêmea	300.198	300.231	29,32	1.628	88,01
Gompertz	Macho	243.569	243.601	33,15	1.922	89,66
	Fêmea	300.933	300.966	30,12	1.669	87,69
Logístico	Macho	244.111	244.143	33,93	1.968	89,41
	Fêmea	301.670	301.703	30,85	1.711	87,36
MMM	Macho	243.103	243.143	32,28	1.885	89,87
	Fêmea	300.089	300.131	29,09	1.622	88,06
Richards	Macho	243.544	243.585	33,13	1.921	89,67
	Fêmea	300.920	300.961	30,09	1.668	87,70
Von Bertalanffy	Macho	243.361	243.393	32,86	1.906	89,75
	Fêmea	300.678	300.711	29,85	1.655	87,80

MMM: Michaelis-Menten Modificado; AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério de informação bayesiano; DMA: desvio médio absoluto; EQM: erro quadrático médio; R^2 : coeficiente de determinação.

Na tabela 2 são apresentados os avaliadores de qualidade de ajuste para modelos mistos. De acordo com os modelos ajustados, nota-se que o coeficiente de determinação R^2

foi maior para todos os modelos, quando comparado aos resultados mostrados na Tabela 1, em que se considerou o modelo sem a incorporação de coeficientes aleatórios, de modo geral, valores maiores de R^2 indicam que os modelos estudados se ajustaram bem aos dados.

Com a incorporação de coeficientes aleatórios em β_I houve redução nos valores dos avaliadores de qualidade de ajuste para machos e fêmeas de aproximadamente 8% nos valores de AIC e BIC, 48% nos valores de DMA e 75% nos valores de EQM, quando comparados aos resultados obtidos com modelo fixo, indicando melhor qualidade de ajuste modelo misto.

O modelo Brody foi o que apresentou melhor qualidade de ajuste para machos e o modelo MMM foi o que apresentou melhor qualidade de ajuste para fêmea, apresentando menores valores de AIC, BIC, DMA, EQM e maior valor de R^2 .

Tabela 2: Avaliadores de qualidade de ajuste para modelos de curva de crescimento de bovinos, para machos e fêmeas, da raça Tapapuã, considerando modelo misto com coeficiente aleatório (b_{li}) em β_I

Modelo		AIC	BIC	DMA	EQM	R^2
Brody	Macho	223.116	223.147	16,30	443,00	95,48
	Fêmea	274.303	274.335	14,76	370,55	94,87
Gompertz	Macho	225.058	225.089	17,34	489,10	95,02
	Fêmea	276.803	276.835	15,74	409,85	94,33
Logístico	Macho	226.906	226.937	18,29	537,47	94,54
	Fêmea	279.205	279.237	16,62	451,64	93,77
MMM	Macho	223.661	223.698	16,43	450,06	95,42
	Fêmea	273.486	273.524	14,47	357,13	95,07
Richards	Macho	225.065	225.108	17,34	489,15	95,02
	Fêmea	276.806	276.844	15,74	409,85	94,33
Von Bertalanffy	Macho	224.392	224.423	16,99	472,77	95,18
	Fêmea	275.944	275.976	15,42	395,89	94,52

MMM: Michaelis-Menten Modificado; AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério de informação bayesiano; DMA: desvio médio absoluto; EQM: erro quadrático médio; R^2 : coeficiente de determinação.

Craig e Schinckel (2001) ajustaram modelos não-lineares mistos para crescimento de suínos e mostraram que a utilização de modelos não-lineares mistos permitem a obtenção de estimativas mais precisas para parâmetros das funções de crescimento animal, do que os tradicionais modelos de efeitos fixos. Os modelos mistos também podem reduzir o impacto de potenciais vieses de amostragem seletiva e pode proporcionar um parâmetro adicional que descreve a variação devido a cada animal.

4 Conclusões

A incorporação de coeficientes aleatórios no parâmetro peso à maturidade melhorou a qualidade de ajuste dos modelos em relação aos modelos fixos.

Os modelos, com coeficientes aleatórios no peso a maturidade, recomendados para descrever curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã é o Michaelis-Mentem Modificado e o Brody, respectivamente, para machos e fêmeas.

5 Bibliografia

- [1] AGGREY, S. E. Logistic nonlinear mixed effects model for estimating growth parameters. **Poultry science**, v. 88, n. 2, p. 276-280, 2009.
- [2] ARRUDA, Z. J.; SUGAI, Y. **Regionalização da pecuária bovina no Brasil**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC; Brasília: Embrapa-SPI, 144p, 1994.
- [3] CRAIG, B. A.; SCHINCKEL, A. P. Nonlinear mixed effects model for swine growth. **The Professional Animal Scientist**, v. 17, n. 4, p. 256-260, 2001.
- [4] MILANI, E.J.; SCHNEIDER, P.R.; CUNHA T.A. Crescimento em diâmetro de árvores de *Podocarpus lambertii* em duas regiões fitogeográficas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 443-448, abr.-jun., 2013.
- [5] SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide. Version 9.3 ed. Cary: SAS Institute USA, 2008. Licenciado pela Universidade Federal de Viçosa, 2013.