Revista da Estatística UFOP, Vol III(3), 2014, ISSN 2237-8111
Edição especial: 59ª Reunião Anual da Regional Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria - RBRAS
Trabalhos apresentados na versão poster.

Avaliação de curvas de crescimento em caprino da raça Angorá

André Luiz Pinto dos Santos [1]
Guilherme Rocha Moreira [2]
Maria das Vitórias Alexandre Serafim [3]
Ewerton Pereira de Oliveira [4]

1 Introdução

O ajuste de curva de crescimento peso-idade para animais tem papel importante no planejamento da produção animal. No entanto, as curvas de crescimento ajustadas devem ser coerentes com as interpretações biológicas do crescimento do animal. A análise de curvas de crescimento consiste na análise de dados longitudinais por meio de ajustamento de um modelo matemático que descreve todo o período de vida do animal relacionando seu peso com sua idade.

Uma grande vantagem desses modelos é a simplicidade e facilidade na interpretação dos parâmetros, pois em muitas situações, são requeridos menos parâmetros nos modelos não-lineares do que nos lineares. Na literatura, são propostos vários modelos não-lineares para descrever curvas de crescimento. No entanto, alguns critérios para selecionar a função de crescimento devem ser observados [2] e [4].

O objetivo deste trabalho foi obter estimativas para os parâmetros dos modelos não-lineares Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy através de métodos numéricos e identificar o modelo que melhor se ajustou ao padrão de crescimento de caprino da raça Angorá.

[1]Mestrando - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. e-mail: *andredefensor@hotmail.com*
[2]Professor do departamento de Estatística e Informática - DEINFO-UFRPE e-mail: *guilhermerm@deinfo.ufrpe.br*
[3]Mestrando - UFRPE. e-mail: *mv.barros@hotmail.com*
[4]Mestrando - UFRPE. e-mail: *ewerpereira@hotmail.com*

2 Material e métodos

2.1 Dados

Foram utilizados dados de peso (y) de um caprino da raça Angorá em relação ao tempo (x) em dias (tabela 1).

Tabela 1: Peso (kg) de animal da raça Angorá ao longo do tempo (dias)

Peso (kg)	5,911	7,909	8,683	11,910	10,435	17,833	21,822	28,781	38,828
Idade (dias)	0	30	60	90	120	180	360	480	720

2.2 Modelos não-lineares para curvas de crescimento

Os modelos não-lineares para descrever as curvas de crescimento foram:

- Von Bertalanffy:
$$y_t = \alpha\left(1-\beta e^{-kt}\right)^3 + \varepsilon \tag{1}$$
- Logístico:
$$y_t = \alpha\left(1+\beta e^{-kt}\right)^{-m} + \varepsilon \tag{2}$$
- Gompertz:
$$y_t = \alpha e^{-\beta e^{-kt}} + \varepsilon \tag{3}$$

em que y_i é o peso do animal, x_i é a variável independente (idade em dias), α, β e k são parâmetros a serem estimados e e_i é um erro aditivo. Estes parâmetros são definidos como: α é o peso assintótico, β é uma constante de integração e k é a taxa de maturidade.

Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado por meio do procedimento “nls”do Software livre R.

2.3 Critério para seleção de modelo

Os critérios para selecionar a melhor função de crescimento foram:

2.3.1. Quadrado Médio do Resíduo (QMR), onde:

$$QMR = \sum_{x=1}^{n} \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{(n-p)} \tag{4}$$

em que y_i são os pesos observados e $\hat{y}_i$ são os pesos estimados. Sendo n o tamanho da amostra e p o número de parâmetros do modelo.

2.3.2. Coeficiente de determinação (R^2).

É calculado como o quadrado da correlação entre os pesos observados e estimados, que é equivalente a equação:

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT_c}, \tag{5}$$

em que SQR é a soma de quadrados dos resíduos definida por $SQ_{res} = \sum_{i=1}^{n} (\widehat{y_i} - y_i)^2$ e a Soma de quadrados total pelo $SQ_{total} = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{y})^2$. Onde, n é o número de observações; y_i é o valor observado; $\overline{y}$ é a média das observações; $\widehat{y_i}$ é o valor estimado (previsão) de y_i.

2.3.3. Critérios de AIC (Akaike 1974) e BIC (Schwarz 1978).

São calculados pelas seguintes equações:

$$AIC = -2lnL + 2(p+1), \tag{6}$$

$$BIC = -2lnL + (p+1)ln(n), \tag{7}$$

em que L é a função de verossimilhança das curvas de crescimento apresentadas, n o tamanho da amostra e p é o número de parâmetros livres.

3 Resultados e discussões

As estimativas dos parâmetros em cada modelo (Tabela 2), foram todos significantes ao nível de 5%, ou seja, todos os modelos podem ser utilizados para estimativas de crescimento de caprino da raça Angorá. Entretanto, critérios para selecionar a melhor função de crescimento tem sido utilizado em diversos trabalhos [3].

Tabela 2: Estimativas de peso assintótico (α), maturidade do animal ao nascimento (β), taxa de maturação (k), o erro padrão (E. Pad), Parâmetro (Par.), Estimativas (Estim.) e seus respectivos intervalos de confiança(Min. IC e Max. IC)

Modelo	Par.	Estim.	E. Pad.	t	p	Min. IC	Max. IC
	α	62,81	18,22	3,447	0,0137	42.27	*NA*
Von Bert.	β	0,523	0,038	13,896	0,000006	0.4495	0.7983
	K	0,0017	0,0006	2,867	0,0285	0.4495	0.7983
	α	45,96	6,192	7,423	0,0003	35,6783	98,5256
Logístico	β	5,074	0,766	6,625	0,0005	3,5302	10,1491
	K	0,00454	0,0007	47,7542	0,001	3,5302	10,1491
	α	55,08	12,00	4,592	0,003	39,8620	234,56
Gompertz	β	2,056	0,1783	11,531	0,00002	1,692	3,332
	K	0,002426	0,0006	3,755	0,00946	0,0009	0,0042

Para comparar a qualidade de ajuste dos modelos (Tabela 3) foram utilizados o QMR, R^2, AIC (Informação de Akaike) e BIC (Informação de Bayes). O melhor modelo ajustado foi o modelo de Von Bertalanffy seguido do modelo de Gompertz e pelo modelo Logístico, pois esse apresentou o menor valor de QMR, AIC e BIC e maior valor para R^2.

Tabela 3: Estatísticas da qualidade de informação de ajuste, valores da soma de quadrado dos resíduos (SQR) e coeficiente de determinação (R^2), AIC (Informação de Akaike) e BIC (Informação de Bayes).

	Von Bertalanffy	Logístico	Gompertz
QMRes	17.2917	22.32055	18.59078
R^2	0.9824	0.9773	0.9811
AIC	39.41791	41.71544	40.06987
BIC	40.20681	42.50434	40.85876

4 Conclusão

O modelo Von Bertalanffy apresenta ajuste superior e, portanto, deve ser preferido para descrição da curva de crescimento de caprino da raça Angorá.

5 Referências

[1] AKAIKE, H. A new look at the statistical model identication. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v.19, n.16, p.716-723, Dec. 1974

[2] GUEDES, M.H.P.; MUNIZ, J.A.; SILVA, F.F.; AQUINO, L.H. Análise Bayesiana da Curva de Crescimento de Cordeiros da Raça Santa Inês.**Arquivo Brasileiro de Mededicina Veterinária e Zootecnia**., v. 57, n.3, p.415-417, 2005.

[3] SANTOS, V.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Avaliação de curva de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (Oreochromis niloticus) **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n.5, p.1486-1492. 2007.

[4] SARMENTO, J.L.R; REGAZZI, A.J.; SOUSA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Estudo de Curvas de Crescimento de Ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.2, p.435-444, 2006.

[5] SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. **Annals of Statistics**. Hayward, v.6, p.461-464, Mar.1978.