

## Novo modelo não linear para descrever curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia

Denise S. A. Ferreira<sup>1†</sup>, André Luiz P. Santos<sup>2</sup>, Jucarlos R. Freitas<sup>3</sup>, Mickaelle Maria A. Pereira<sup>4</sup>, Luiz Carlos Machado<sup>5</sup>, Maria L. L. Costa<sup>6</sup> Guilherme R. Moreira<sup>7</sup>

<sup>1</sup>DEINFO-UFRPE.

<sup>2</sup>DEINFO-UFRPE. E-mail: [andredefensor@hotmail.com](mailto:andredefensor@hotmail.com).

<sup>3</sup>DEINFO-UFRPE. E-mail: [jucarlos123@hotmail.com](mailto:jucarlos123@hotmail.com).

<sup>4</sup>DEINFO-UFRPE. E-mail: [mickaellealmeida1@gmail.com](mailto:mickaellealmeida1@gmail.com).

<sup>5</sup>IFMG. E-mail: [luiz.machado@ifmg.edu.br](mailto:luiz.machado@ifmg.edu.br).

<sup>6</sup>UFPB. E-mail: [lindomarcia@cca.ufpb.br](mailto:lindomarcia@cca.ufpb.br).

<sup>7</sup>DEINFO-UFRPE. E-mail: [guirocham@gmail.com](mailto:guirocham@gmail.com).

**Resumo:** Avaliaram-se curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia. Para estimar o crescimento em função do peso-idade, utilizaram-se os modelos: proposto, Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy. Os critérios utilizados para indicação do modelo que melhor descreveram a curva de crescimento foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o desvio médio absoluto (DMA), quadrado médio dos resíduos (QMR), Critério de informação de Akaike (AIC), e Critério de informação de Bayesiano (BIC). Testes de Shapiro-Wilk foram realizados para verificar o pressuposto de normalidade residual; Durbin-Watson, para verificar a independência; e o teste de Breusch-Pagan, para verificar a homocedasticidade dos resíduos. O modelo que apresentou a maior estimativa de peso a maturidade (A), levando em consideração a coerência biológica, foi o modelo Logístico (3006 g), seguido pelo o proposto (2459,84 g). A taxa de crescimento dos animais (k) foi superior no modelo Logístico (0,05), seguido pelo Proposto (0,04), Gompertz (0,02), e Von Bertalanffy (0,02). O  $R^2$  foi semelhante entre os modelos. Entretanto, o modelo Logístico apresentou menores valores de DMA, QMR, AIC e BIC, sendo caracterizado como o de melhor ajuste. Logo, dentre os demais modelos analisados, o Logístico e o Proposto podem ser utilizados para descrever curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia, de acordo com a metodologia e condições em que foi desenvolvido o presente estudo.

**Palavras-chave:** Cunicultura, produção animal; seleção de modelos.

**Abstract:** New Zealand rabbits growth curves were evaluated. In order to estimate growth as weight-age function, we used the models: proposed, Logistic, Gompertz and Von Bertalanffy. The criteria used to indicate the model that best described the growth curve were the determination coefficient ( $R^2$ ), the mean absolute deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC). Shapiro-Wilk tests were performed to verify the residual normality assumption; Durbin-Watson, to verify the Independence; and the Breusch-Pagan test, to verify the residues homoscedasticity. The model that presented the highest weight at maturity (A), taking into account biological coherence, was the Logistic (3006g) followed by the one proposed (2459,84 g). The animals growth rate (k) was higher in the Logistic model (0.05), followed by the proposed (0,04), Gompertz (0,02) and Von Bertalanffy (0,02) models. The  $R^2$  was similar between the models. However, the Logistical model presented the lowest values for MAD, MSE, AIC and BIC, being characterized as the best fit. Therefore, among the other models analyzed, Logistic and Proposed can be used to describe growth curves of New Zealand rabbits, according to the methodology and conditions which the present study was developed.

**Keywords:** Rabbit breeding, animal production; selection of models.

### Introdução

A produção brasileira de coelhos atinge aproximadamente 179 mil cabeças de animais, sendo mais concentrada na região Sul do país (IBGE, 2012; FAO, 2017). O estado do Rio Grande do Sul foi o maior contribuidor, totalizando 40,9% de toda a produção nacional, seguido por Santa Catarina com 18,3% e Paraná com 16,5%, sendo 75,7% só na região Sul (PELLECHIA; SERAFIM, 2017).

<sup>†</sup> Autora correspondente: [deniialmeida@gmail.com](mailto:deniialmeida@gmail.com).

Dentre as raças produzidas, o grupamento genético Nova Zelândia, de origem americana, destaca-se no Brasil pela sua dupla aptidão (carne e pele); docilidade; fácil reprodução e manejo; peso entre 3,5 a 6 kg quando fisiologicamente adultos, e precocidade, atingindo idade adulta aos 5 meses para fêmeas e seis meses para os machos (MATHIAS; BRUM JÚNIOR, 2015; DENARDIN et. al, 2015).

Os coelhos possuem a carne saborosa e altamente digestível. Em comparação com os cortes cárneos bovinos, suínos, ovinos e de aves, a carne do coelho possui reduzidas calorias, menor teor de gordura, colesterol e sódio, sendo mais rica em vitaminas e minerais, e com maior valor proteico (FORRESTER-ANDERSON et al., 2006; ZOTTE et al., 2011; KLINGER; TOLEDO, 2018). Além desses aspectos, o coelho utiliza com eficiência a proteína dos alimentos vegetais presentes na dieta, convertendo até 20% da proteína consumida em carne. (SCAPINELLO et al., 2003; NUNES; MORAES, 2018). Sendo assim, a proteína oriunda dos coelhos possui grande valor nutricional na alimentação humana.

A produção de coelhos também possui alto grau de aproveitamento de subprodutos como o sangue, que pode ser utilizado para produção de soro com grande aplicação na biotecnologia; a tromboplastina, substância adquirida do cérebro utilizada na indústria de fármacos; a pele e couro, utilizados na indústria têxtil; as vísceras, voltadas para a fabricação de farinha de carne para alimentação animal; e esterco de alta qualidade, considerado como adubo orgânico para agricultura (MACHADO; FERREIRA, 2011; BONAMIGO et al., 2017). Ademais, os coelhos podem ser utilizados como animal de estimação, principalmente em países em desenvolvimento, e com elevado potencial para produção de carne (BROWER, 2006; SZENDRO et al., 2012).

A análise de medidas repetidas é de grande importância para produção animal, pois compreendem as situações em que indivíduos ou unidades experimentais, de subpopulações ou tratamentos distintos (sexo, grupamento genético, entre outros), são estudados ao longo de diversas condições de avaliação (períodos, dosagens, entre outros). Dentre essas análises, destacam-se as curvas de crescimento na produção animal, relacionando os pesos ( $y$ ) e as idades ( $t$ ) dos animais, através de modelos não-lineares (FREITAS, 2007).

Dentre os modelos não-lineares mais utilizados para descrever a curva de crescimento em animais de produção, estão os modelos Logístico, Gompertz e von Bertalanffy (GUEDES, et al., 2004).

No entanto, existem poucos estudos sobre curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia (SAMPAIO, 2005; TELEKEN et al., 2017). Portanto, o objetivo do presente estudo foi de propor um novo e estudar modelos de crescimento em coelhos da raça Nova Zelândia.

## Metodologia

### Dados

Foram utilizados dados de crescimento de coelhos Nova Zelândia, originalmente apresentados no estudo de Machado (2010).

Tabela 1. Peso médio (g) de coelhos da raça Nova Zelândia ao longo do experimento.\*

	Idade dos animais (dias)									
	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
Peso (g)	735,75	847,38	1026,75	1219,88	1418,25	1624,75	1805,13	1972,88	2159,75	

\*Tabela adaptada de Machado (2010).

*Sigmae*, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64<sup>a</sup> Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18<sup>o</sup> Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica (SEAGRO).

## Modelos avaliados

Os modelos de crescimento avaliados foram:

- $Y = A + Be^{-kt} + \varepsilon$ , Proposto,
- $Y = A(1 + Be^{-kt})^{-1} + \varepsilon$ , Logístico,
- $Y = Ae(-Be^{-kt}) + \varepsilon$ , Gompertz;
- $Y = A(1 + Be^{-kt})^3 + \varepsilon$ , Von Bertalanffy.

Sendo  $Y$  o peso vivo do animal;  $A$  é o peso assintótico (peso à maturidade);  $B$  é a constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal;  $k$  é a taxa de maturidade, como um indicador da velocidade com que o indivíduo se aproxima do seu tamanho adulto; e  $t$  é a variável independente (idade em dias). Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado por meio do procedimento "nls" do Software livre R versão 3.3.1, (2016).

O modelo proposto foi obtido a partir do trabalho de Santos et al. (2018), que apresenta os modelos Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz como subcasos do que eles denominaram de método gerador de modelos de crescimento e decrescimento obtidos a partir de equações diferenciais. Assim, o modelo proposto neste trabalho foi desenvolvido segundo este método gerador.

## Critério para seleção de modelo

Os critérios utilizados para selecionar o modelo que melhor descreveu a curva de crescimento foram:

- Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), descrito como:

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT}$$

sendo a razão entre a soma de quadrados da regressão (SQR) e a soma de quadrado total (SQT);

- Desvio médio absoluto (DMA), sendo:

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

definida como a média das diferenças absolutas entre os valores reais ( $y_i$ ) e os valores previstos no modelo ( $\hat{y}_i$ ), dividido por  $n$  (número de observações).

- Quadrado Médio dos Resíduos (QMR):

$$QMR = \frac{SQR}{(n - p)}$$

Sendo  $p$  o número de parâmetros utilizados.

- Critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1972), descrito como:

$$AIC = n + n \log(2\pi) + n \log\left(\frac{SQ_{resíduo}}{n}\right) + 2(p + 1)$$

- Critério de informação Baysiano (BIC) (SCHWARZ, 1978), sendo:

$$BIC = n + n \log(2\pi) + n \log\left(\frac{SQ_{resíduo}}{n}\right) + (\log n)(p + 1)$$

sendo  $n$  o tamanho da amostra e  $p$  o número de parâmetros do modelo.

**Sigmae**, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

### Análise de resíduo

Foram realizados testes de Shapiro-Wilk, para verificar o pressuposto de normalidade residual; Durbin-Watson, para verificar a independência e o teste de Breusch-Pagan, para verificar a homocedasticidade dos resíduos.

### Resultados e discussão

A análise de resíduos para os modelos estudados, apresentaram distribuição normal, são independentes e homocedásticos ( $p > 0,05$ ), ou seja, todos os modelos podem ser utilizados para estimativas de curvas crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia (Tabela 2).

Como os dados são tomados longitudinalmente em cada animal (DE ASSUMPCÃO MAZZINI et al, 2005). Se tais considerações são ignoradas no processo de ajuste, podem ocorrer, a obtenção de estimativas viesadas (PASTERNAK; SHALEV, 1994) e a subestimação das variâncias dos parâmetros (SOUZA, 1998).

Tabela 2. Valores das estatísticas dos testes de normalidade, independência e homocedasticidade, com os respectivos p-valor, aplicados aos resíduos dos modelos avaliados.

Modelos	Shapiro-Wilk	P-Valor	Durbin-Watson	P-Valor	Breusch-Pagan	P-Valor
Proposto	0,90	0,30	2,12	0,39	0,09	0,75
Logístico	0,97	0,93	1,98	0,31	1,75	0,18
Gompertz	0,96	0,86	1,60	0,13	2,64	0,10
Von Bertalanffy	0,94	0,64	1,51	0,10	2,36	0,12

As estimativas dos parâmetros foram todos significativos ( $p < 0,05$ ), ou seja, todos os modelos podem ser utilizados para estimativas de crescimento (Tabela 3 e Figura 1). Os avaliadores de qualidade de ajuste permitiram a escolha do modelo mais adequado, conforme a Tabela 4.

Do ponto de vista biológico, os parâmetros mais importantes para a curva de crescimento são A (peso à maturidade) e k (taxa de maturidade). O modelo que apresentou a maior estimativa de peso à maturidade (Tabela 3) foi o Von Bertalanffy (5568,14g), seguido dos modelos Gompertz (4222g), Logístico (3006 g) e o proposto (2459,84 g). No entanto, a coerência biológica deve ser levada em consideração durante a avaliação desses modelos.

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros: peso à maturidade (A), constantes de integração (B), taxa de maturidade (k).

Modelos	Estimativa dos parâmetros		
	A (g)	B	K
Proposto	2459,84	1,013	0,04
Logístico	3006,00	20,04	0,05
Gompertz	4222,00	4,22	0,02
Von Bertalanffy	5568,14	0,85	0,02

Coelhos em crescimento possuem ganho de peso médio diário (GMD) de 40 g de peso vivo por dia, sendo abatidos entre 75 e 80 dias de idade, pesando cerca de 2,5 kg, fornecendo 1,3 kg de carcaça (MACHADO; FERREIRA, 2011). Dessa forma, o modelo de Von Bertalanffy superestimou o valor de peso à maturidade; e os modelos de melhor ajuste à resposta biológica encontrada nos dados observados (figura 1) foram o Logístico, seguido pelo Proposto.

*Sigmae*, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

Santos et al. (2018) descreveram o modelo de Gompertz como o de melhor ajuste para o crescimento de coelhos Nova Zelândia, do nascimento aos 150 dias de vida, porém com menor peso à maturidade ( $A = 2026,84\text{g}$ ) que o observado nesse trabalho. Entretanto, Curi et al (1985), estabeleceram peso à maturidade  $A = 3600,00\text{g}$  como assíntotas à curva de crescimento, para coelhos das raças Nova Zelândia, Norfolk e Califórnia, evidenciando o melhor desempenho da função de Gompertz em comparação ao modelo Logístico em relação aos três grupamentos genéticos estudados. Já Teleken et al. (2017), propuseram o modelo de Von Bertalanffy como o mais adequado para a curva de crescimento das raças Nova Zelândia e Norfolk.

Segundo Freitas (2007), apenas o modelo Logístico ( $A = 2,0270\text{ kg}$ ) e Von Bertalanffy ( $A = 2,6223\text{ kg}$ ) foram adequados para estimar o crescimento de coelhos Nova Zelândia, porém, ambos os modelos subestimaram os pesos iniciais e finais, sendo que o Bertalanffy demonstrou desempenho inferior ao Logístico, corroborando com o resultado encontrado no presente estudo.

Outro parâmetro importante é o  $k$ , que representa a velocidade de crescimento para atingir o peso adulto. O modelo Logístico (0,05) foi superior aos demais modelos: Proposto (0,04), Gompertz (0,02), e Von Bertalanffy (0,02), como demonstrados na Tabela 3.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2018) em coelhos da raça Nova Zelândia, sendo a taxa de maturidade do animal ( $k$ ) superior no modelo Logístico com valores de 0,0528, seguidos do modelo Gompertz ( $k = 0,0362$ ), e von Bertalanffy ( $k = 0,0299$ ).

As taxas de crescimento e mortalidade das ninhadas são fundamentais no estabelecimento do potencial produtivo de um plantel (REBOLLAR et al., 2009), e influenciam diretamente nos resultados finais da produção (SZENDRO et al., 2012). Sendo assim, a cunicultura moderna, em relação à produção comercial, busca raças mais precoces, prolíferas, produtivas e resistentes, com a finalidade de que os animais sejam abatidos precocemente, com maior rendimento de carcaça possível, otimizando os custos com a alimentação (que corresponde a 70% do custo total da criação), sem ferir os preceitos ambientais e de bem-estar animal. (FERREIRA et al., 2012).

Comumente, animais que possuem maior taxa de maturidade ( $k$ ), terão menor peso à idade adulta ( $A$ ), ou seja, os animais precoces apresentam um menor tamanho por ocasião da maturidade. Consequentemente, os coelhos Nova Zelândia entram na fase de acabamento mais jovens e com pesos mais leves do que os animais de raças de maior porte, sendo abatidos entre 75 e 80 dias, ocasionando o rápido retorno dos investimentos (BARBOSA, 1999; MACHADO; FERREIRA, 2011).

Tabela 4. Avaliadores de qualidade de ajuste: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), desvio médio absoluto (DMA), Quadrado Médio dos Resíduos (QMR), Critério de informação de Akaike (AIC) e Critério de informação Bayesiano (BIC) dos modelos estudados.

Modelos	Avaliadores de qualidade				
	$R^2$	DMA	QMR	AIC	BIC
Proposto	0,9993	11,02	279,92	80,96	81,94
Logístico	0,9993	9,94	225,21	78,64	79,43
Gompertz	0,9989	13,22	366,44	83,02	83,81
Von Bertalanffy	0,9986	14,89	446,08	84,79	85,58

O coeficiente de determinação tem sido utilizado como critério de seleção do modelo mais adequado na maioria dos estudos sobre curvas de crescimento animal. Porém, critérios para selecionar a melhor função de crescimento têm sido utilizados em diversos trabalhos (CURI et al., 1985; TELEKEN et al., 2017; SANTOS et al., 2018).

**Sigmae**, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64<sup>a</sup> Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18<sup>o</sup> Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica (SEAGRO).

O  $R^2$  indica a proporção da variabilidade total na variável resposta (peso dos animais), explanado pela variável explicativa (idade dos animais), foi semelhante entre os modelos (Tabela 4); e resultados similares são encontrados em Teleken et al., 2017, ao analisarem curvas de crescimento em coelhos das raças Nova Zelândia ( $R^2 = 0.9985$ ), Norfolk ( $R^2 = 0.9991$ ), ambas com melhor ajuste para o modelo Von Bertalanffy, e Califórnia ( $R^2 = 0.9976$ ), com melhor ajuste para o modelo Gompertz. Além disso,  $R^2$  tiveram valores altos (acima de 0.94), sugerindo que houve o ajuste adequado dos modelos em relação aos dados observados, como representado na Figura 1, na qual constam as curvas de crescimento correspondentes às equações ajustadas dos referidos modelos.

Entretanto, o modelo Logístico apresentou menor valor de DMA (Tabela 4), sendo o de melhor qualidade de ajuste para esse critério, seguido dos modelos proposto, Gompertz e Von Bertalanffy. Segundo Lock et al. (2017), caso um modelo ajuste perfeitamente aos dados observados, o DMA será igual a zero. Caso um modelo se ajuste precariamente os dados à série, o DMA será grande. Ao comparar dois ou mais modelos, seleciona-se o modelo com o DMA menor.

Esses resultados foram distintos aos apresentados por Santos et al. (2018), com relação aos valores de DMA, em um estudo sobre a curva de crescimento em coelhos da raça Nova Zelândia, onde o modelo Logístico se apresentou como aquele de pior resultado para este critério seguido dos modelos Gompertz e Von Bertalanffy. Santos et al. (2018) observaram valores de DMA de (25,34; 25,47 e 28,11) para os modelos Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico, respectivamente.

Verificando a soma de quadrados do resíduo (QMR), dos quatro modelos analisados, observamos que o Logístico apresentou melhor ajuste para as estimativas de crescimento (Tabela 4).

O QMR é classificado como um indicador de qualidade de ajuste, diretamente relacionado à variância do erro. Através no QMR torna-se possível analisar como se comporta o erro do ajuste, de modo que quanto maior seu valor, mais alta é a variabilidade do erro, questionando assim a qualidade do modelo a ser utilizado (SOUZA, 2013).

Para os critérios de informação de Akaike (AIC) e Baysiano (BIC), o modelo de melhor ajuste observado foi o Logístico, com valores de 78,64 e 79,43, respectivamente (Tabela 4). Já no estudo de Teleken et al. (2017), o modelo Logístico foi considerado inadequado, por possuir maiores valores (AIC = 74,255 e BIC = 70,307, para raça Califórnia; AIC = 75,238 e BIC = 71,289, para raça Nova Zelândia; AIC = 76,214 e BIC = 72,266, para raça Norfolk), em comparação aos obtidos pelos modelos Gompertz, ao analisar o crescimento de coelhos das raça Califórnia (AIC = 67,425; BIC = 63,477) e modelo Von Bertalanffy, ao analisar o crescimento de coelhos das raça Nova Zelândia (AIC = 64,752; BIC = 60,803) e Norfolk (AIC = 62,870 ; BIC = 58,922).

AIC é definido como um critério que atribui uma pontuação para o modelo, baseado em sua adequação aos dados e na ordem do modelo (quantidade de parâmetros utilizados). Logo, torna-se útil quando são comparados diversos modelos, classificando-os como os melhores aqueles que possuem o menor AIC (SOUZA, 2013).

O BIC é definido como um método consistente, que auxilia na escolha do modelo de ordem correta com probabilidade 1, à medida que o número de amostras tende ao infinito, levando em consideração que o modelo correto deve estar no conjunto de modelos a serem testados. (SOBRAL; BARRETO, 2011). Ou seja, possui o pressuposto da existência de um “modelo verdadeiro”, que descreve a relação entre a variável dependente e as diversas variáveis a serem testadas, entre os diversos modelos sob seleção, maximizando a probabilidade de se identificar o verdadeiro modelo dentre os avaliados. O modelo com menor BIC é considerado o de melhor ajuste (SOUZA, 2013).

Essa divergência quanto aos diferentes modelos ajustados é teoricamente compreensível, pois depende do padrão de crescimento dos animais em estudo, pode ser em função da falta de

uniformidade dos estudos quanto a quantidade de dados, oscilação nos valores dos pesos, número de pesagens por animal e idade da última pesagem (TORAL, 2008).

Segundo Freitas (2007), das espécies estudadas, o ajuste de curvas de crescimento para coelho Nova Zelândia foi o mais difícil. Contudo, apesar das limitações, Curi et al (1985) demonstraram a importância destes ajustes, relacionados ao progresso computacional, de forma que a simulação do peso dos animais à maturidade possui interesse não apenas biológico, mas também do ponto de vista econômico.

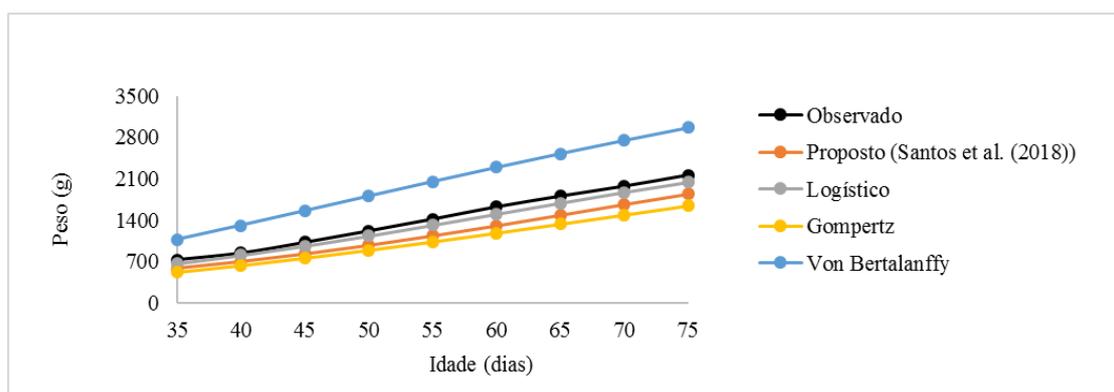


Figura 1. Curvas de crescimento observada e dos modelos estudados, em coelhos da raça Nova Zelândia

## Conclusão

Os modelos não-lineares Logístico, Von Bertalanffy, Gompertz e o Proposto, são indicados para descrever curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia. No entanto, os modelos Logístico e Proposto apresentaram condições mais ajustadas aos dados analisados e, portanto, devem ser preferidos para descrição da curva de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia, de acordo com a metodologia e condições em que foi desenvolvido o presente estudo.

Logo, o ajuste de curvas de crescimento, além do interesse biológico, possui uma grande importância de natureza econômica, auxiliando na tomada de decisão na produção animal, como a determinação de peso e idade ao abate.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)

## Referências Bibliográficas

AKAIKE, H. *Information theory and an extension of the maximum likelihood principle*. In: PROC. SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION THEORY, SUPP. TO PROBLEMS OF CONTROL AND INFORMATION THEORY, p. 267-281, 1972.

BARBOSA, P. F. Raças e estratégias de cruzamento para produção de novilhos precoces. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa: UFV, 1999. p. 01-19.

*Sigmae*, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).  
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônoma (SEAGRO).

- BONAMIGO, A.; DUARTE, C.; WINCK, C. A.; SEHNEM, S. Produção da carne cunícula no Brasil como alternativa sustentável. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 10, n. 4, p. 1247-1270, 2017.
- BROWER, M. Practioner's guide to pocket pet and rabbit theriogenology. *Theriogenology*, v. 66, n. 3, p. 618-623, 2006.
- CURI, P. R.; NUNES, J. R. V.; CURI, M. A. Modelos matemáticos para estimar o peso de coelhos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 20, n. 7, p. 853-863, 1985.
- DE ASSUMPCÃO MAZZINI, A R.; MUNIZ, J. A.; SILVA, F. F.; de AQUINO, L. H. Curva de crescimento de novilhos Hereford: heterocedasticidade e resíduos autorregressivos. *Ciência Rural*, v. 35, n. 2, p. 422-427, 2005.
- DENARDIN, I. T.; BRUM JÚNIOR, B. S.; DIONELLO, N. J. L.; SEVERO, M. M.; NIGELISKII, A. F.; LICINIO, A. S.; SANTOS, D. R. Desempenho, características de carcaça e órgãos de coelhos filhotes de matrizes oriundas de dois cruzamentos. *Science and Animal Health*, v. 3, n. 2, p. 229-244, 2015.
- FERREIRA, W. M.; MACHADO, L. C.; JARUCHE, Y. G.; CARVALHO, G. G.; OLIVEIRA, C. E. A.; SOUZA, J. D. S.; CARÍSSIMO, A. P. G. *Manual prático de cunicultura*. Bambuí: Ed. do Autor, 2012. 75 f.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE – FAO. *FAOSTAT*: statistical database. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#country>>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- FORRESTER-ANDERSON, I. T.; MCNITT, J. WAY, R.; WAY, M. Fatty acid content of pasture-reared fryer rabbit meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, Elsevier, New York, v. 19, n. 6-7, p. 715-719, 2006.
- FREITAS, A. R. *Estimativas de curvas de crescimento na produção animal*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.
- GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J. R. O. P.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; SANTOS, C. L. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das Raças Santa Inês e Bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388, 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal*. 2012
- KLINGER, A. C. K.; TOLEDO, G. S. P. *Cunicultura: didática e prática na criação de coelhos*. Editora UFSM: Santa Maria, 2018.

**Sigmae**, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).  
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

LOCK, R. H.; LOCK, P. F. MORGAN, K. L.; LOCK, E. F.; LOCK, D. F. *Estatística revelando o poder dos dados*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MACHADO, L. C. Avaliação da parte aérea de cultivares de mandioca, desempenho e digestibilidade em dietas simplificadas e semi-simplificadas com ou sem suplementação enzimática para coelhos em crescimento. *Tese* (Doutorado em Zootecnia: Nutrição Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M. *A cunicultura e o desenvolvimento sustentável*. 2011. Disponível em: <<http://acbc.org.br/site/index.php/notas-tecnicas/a-cunicultura-e-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MATHIAS, J. BRUM JÚNIOR, B. *Como criar coelhos*. 2015. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-criar/noticia/2015/07/como-criar-coelho.html>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

NUNES, A. V.; MORAES, P. O. Panorama prático: conheça a organização da cunicultura do Vale do Itajaí. *Boletim informativo ACBC*, v. 13, p. 07-08, 2019.

PASTERNAK, H.; SHALEV, B.A. The effect of a feature of regression disturbance on the efficiency of fitting growth curves. *Growth, Development & Aging*, Bar Harbor, v. 58, n. 1, p. 33-39, 1994.

PELLECCHIA, M. S. R.; SERAFIM, R. S. Qualidade da carne de coelhos alimentados com folha de bananeira desidratada ou in natura. *Revista Brasileira de Cunicultura*, v. 12, n. 1, p. 01-08, 2017.

REBOLLAR, P. G.; PÉREZ-CABAL, M. A.; PEREDA, N.; LORENZO, P. L.; ARIAS-ÁLVAREZ, M.; GARCÍA-REBOLLAR P. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livestock Science*, v. 121, n. 2-3, p. 227-233, 2009.

SAMPAIO, I. B. M.; FERREIRA, W. M.; BASTOS, A. F. The use of a stochastic model of rabbit growth for culling. *World Rabbit Science*, v. 13, n. 2, p. 107-112, 2005.

SANTOS, A. L. P.; MOREIRA, G. R.; BRITO, C. C. R.; GOMES-SILVA, F.; DA COSTA, M. L. L.; PIMENTEL, P. G.; FILHO, M. C.; MIZUBUTI, I. Y. Method to generate growth and degrowth models obtained from differential equations applied to agrarian sciences. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 6, p. 2659-2672, 2018.

SANTOS, D. C. E.; SOUSA, C. A.; SILVA, E. S.; NASCIMENTO NETO, R. A.; MARQUES, R. M.; CAMARGO, P. H. G.; SANTOS, N. P. S.; BIAGIOTT, D. *Comparison of non-linear models adjustment in New Zealand rabbits growth curve*. 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-1694.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

SCAPINELLO, C.; ANTUNES, E. B.; FURLAN, A. C.; JOBIM, C. C.; FARIA, H. G. Fenos de leucena (*Leucaena leucocephala* e *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) para coelhos em

**Sigmae**, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).  
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

crescimento: digestibilidade e desempenho. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 25, n. 2, p. 301-306, 2003.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SOBRAL, T. E. L.; BARRETO, G. *Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos auto-regressivos*. In.: X CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE DINÂMICA, CONTROLE E AUTOMAÇÃO (DINCON 2011), p. 379–382, 2011.

SOUZA, G. B. Ajuste de modelos de degradabilidade ruminal por meio da técnica de produção de gases utilizando as metodologias clássica e bayesiana. **Dissertação** (Mestrado: Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiros, ESALQ/USP, Piracicaba, 2013.

SOUZA, G. S. *Introdução aos modelos de regressão linear e não linear*. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-SEA, 1998. 489p.

SZENDRO, Z.; SZENDRO, K.; ZOTTE, A. D. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: a review. *Asian Australian Journal of Animal Sciences*, v. 25, n. 5, p. 738-748, 2012.

TELEKEN, J. T.; GALVÃO, A. C.; ROBAZZA, W. S. Avaliação comparativa de modelos matemáticos não lineares para descrever o crescimento animal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 39, n. 1, p. 73-81, 2017.

TORAL, F. L. B. Número e intervalo de pesagens para estimação de parâmetros de curvas de crescimento em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 12, p. 2120–2128, 2008.

ZOTTE, A. D.; SZENDRO, Z. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, v. 88, n. 3 p. 319-331, 2011.