

Modelos de regressão assumindo erros normais e skew-normais para avaliar a conversão alimentar em suínos Piau nas fases inicial, de crescimento e de terminação

**Robson Marcelo Rossi¹
Fabyano Fonseca e Silva²
Paulo Sávio Lopes²
Elias Nunes Martins³**

1 Introdução

As necessidades nutricionais dos animais tem sido diferentes em função de diferentes variáveis. Os genótipos com maior deposição muscular são mais sensíveis às variações dos níveis proteicos, como a proteína bruta (PB). Assim, têm-se sugerido, sem a devida constatação, que as necessidades proteicas dos suínos de raças nativas como o Piau são menores do que os das raças especializadas, por serem mais precoces, menores e terem maior de deposição de gordura corporal (SOUZA Jr., 2013).

As inferências sobre os fatores nutricionais e produtivos avaliados em diferentes estudos e em sistemas de produção demandam, normalmente, que se indique a eficiência com que o processo de construção de produto animal é realizado, ou seja, a eficiência com que o *input* de recursos alimentares (normalmente representado pelo consumo) define o *output* do sistema de produção (comumente representado pelo ganho de peso) (DETMANN et al., 2011). De forma rotineira, um indicador dessa eficiência é produzido pela ponderação do consumo por unidade de ganho, índice denominado conversão alimentar (CA). Em geral o estudo dessa característica é tradicionalmente realizado por meio de procedimentos frequentistas assumindo o pressuposto de normalidade nos dados. Todavia, sob tal pressuposto é sabido que vários inconvenientes estatísticos e biológicos são apontados na utilização direta da CA, o que pode comprometer a confiabilidade das inferências obtidas (GUIDONI, 1994; DETMANN et al., 2011; ROSSI, MARTINS e LOPES, 2013).

O presente trabalho estudou diferentes níveis de PB (%) para a observação da CA de suínos machos castrados e de fêmeas da raça Piau, nas fases iniciais, de crescimento e de terminação, em análise univariada via estimação de máxima verossimilhança - Frequentista e INLA (*Integrated Nested Laplace Approximations*) - Bayesiano, considerando a distribuição normal e a skew-normal para o erro.

¹ Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil; rmrossi@uem.br

² Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil;

³ Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.

2 Material e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho fazem parte da tese de doutorado de Souza Jr. (2013), de um experimento conduzido na Granja de Melhoramento Genético de Suínos, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada no município de Viçosa, região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, Brasil. Foi realizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos referentes a níveis de proteína bruta, em dois períodos distintos e seis repetições com um animal por unidade experimental. Os quatro níveis de PB usados foram: 10,2%, 12,6%, 15,0% e 17,40% para a fase inicial (15 aos 35 kg de peso vivo (PV)), 9,6%, 12,0%, 14,4% e 16,8% para a fase de crescimento (35 aos 65 kg de PV) e 9,0%, 10,6%, 12,2% e 13,8% para a fase de terminação (65 aos 95 kg de PV).

O modelo de efeitos mistos, na sua forma linear múltipla, considerando a variável resposta analisada ($y=CA$), obtida da razão entre consumo de ração (CR) e ganho de peso em kg (GP), é dado por:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + \beta_3 P_j + \beta_4 X_{ijkl} + TR_k + \varepsilon_{ijkl}, \text{ tal que:}$$

y_{ijkl} = observação referente ao animal no tratamento i , do período j ;

μ = intercepto ou média geral;

β = vetor de parâmetros das variáveis independentes;

T_j e T_j^2 = efeitos de tratamento (nível de proteína), respectivamente, linear e quadrático;

P_j = efeito do período j ;

X_{ijkl} = peso inicial do animal no tratamento i , do período j ;

TR_k = efeito aleatório da interação Tratamento x Repetição, tal que $TR_k \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_p^2)$;

ε_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação assumindo distribuição normal e skew-normal, respectivamente, representadas por $\varepsilon \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_e^2)$ e $\varepsilon \stackrel{iid}{\sim} SN(0, \sigma_e^2, \lambda)$.

Os resultados foram obtidos no software *R* versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) por meio dos pacotes *nlme* (PINHEIRO et al., 2013) *sn* (AZZALINI e CAPITANIO, 2014) e *INLA* (RUE et al., 2013), respectivamente, métodos frequentista (MLE: *maximum likelihood estimation*, REML: *maximum restricted likelihood estimation* e MPLE: *maximum penalized likelihood estimation*) e Bayesiano considerando distribuições *a priori* não informativas (*default*) para todos os parâmetros do modelo. A significância dos parâmetros de interesse foi testada em nível de 5% ($p < 0,05$) e, no caso Bayesiano, por meio dos seus respectivos intervalos de credibilidade de 95% *a posteriori* [$P_{2,5\%}$; $P_{97,5\%}$], isto é, caso o valor zero não esteja contido no mesmo. Os valores preditos foram comparados aos

observados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (MARSAGLIA, TSANG e

WANG,
2003).

3 Resultados e Discussões

Os resultados referentes ao ajuste do desempenho CA com as referidas variáveis independentes em função dos efeitos do nível de PB, dos suínos machos castrados e fêmeas nas fases inicial, de crescimento e de terminação estão apresentados na Tabela 1. Foram detectados efeitos quadráticos de tratamento apenas em machos castrados, na fase inicial, e nas fêmeas na fase de crescimento, respectivamente e, os níveis de PB que influenciaram as suas CA's foram de 13,4% e 13,1% (Figura 1).

Tabela 1. Estimativas para os parâmetros do modelo, por fase, sexo, ⁽¹⁾método e tipo de ⁽²⁾erro.

Fase	Sexo	Parâmetro	F-N (REML)	F-SN (MLE/MPLE)	B-SN (INLA)		
			e.m.v (dp)	e.m.v (dp)	Média (dp)	P _{2,5%}	P _{97,5%}
Inicial	Macho	μ	6,51 (2,17)*	6,44 (1,56)*	6,47 (1,92)*	2,67	10,29
		β_1	-0,60 (0,32)	-0,56 (0,23)*	-0,57 (0,28)*	-1,14	-0,02
		β_2	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)*	0,02 (0,01)*	0,01	0,04
		β_3	0,20 (0,12)	0,16 (0,11)	0,19 (0,12)	-0,07	0,45
		β_4	0,04 (0,02)	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	-0,01	0,07
		$-LogL$	-14,88	⁽³⁾ -1,79	-22,60	-	-
	Fêmea	μ	2,84 (1,93)	2,83 (2,27)	2,83 (1,88)	-0,90	6,55
		β_1	0,06 (0,28)	0,05 (0,32)	0,06 (0,27)	-0,47	0,59
		β_2	-0,01 (0,01)	-0,02 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,02	0,02
		β_3	0,14 (0,13)	0,14 (0,16)	0,14 (0,13)	-0,11	0,39
β_4		0,01 (0,03)	0,01 (0,03)	0,01 (0,03)	-0,05	0,07	
	$-LogL$	-13,50	-0,33	-20,99	-	-	
Crescimento	Macho	μ	0,82 (2,41)	1,41 (2,12)	0,91 (2,25)	-3,55	5,37
		β_1	0,46 (0,36)	0,36 (0,33)	0,44 (0,34)	-0,23	1,11
		β_2	-0,02 (0,01)	-0,02 (0,01)	-0,02 (0,01)	-0,04	0,01
		β_3	0,26 (0,16)	0,22 (0,16)	0,27 (0,16)	-0,04	0,58
		β_4	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	-0,02	0,03
		$-LogL$	-19,84	-7,44	-27,96	-	-
	Fêmea	μ	7,63 (1,90)*	7,89 (1,62)*	7,88 (1,76)*	4,39	11,37
		β_1	-0,57 (0,28)	-0,61 (0,24)*	-0,61 (0,26)	-1,11	-0,09
		β_2	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)*	0,02 (0,01)*	0,01	0,04
		β_3	-0,01 (0,12)	-0,01 (0,12)	-0,01 (0,12)	-0,26	0,25
β_4		-0,01 (0,12)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)	-0,03	0,03	
	$-LogL$	-14,12	-0,94	-21,73	-	-	
Terminação	Macho	μ	7,57 (5,34)	7,57 (5,34)	7,55 (5,18)	-2,72	17,81
		β_1	-0,71 (0,94)	-0,71 (0,94)	-0,71 (0,91)	-2,52	1,10
		β_2	0,03 (0,04)	0,03 (0,04)	0,03 (0,04)	-0,05	0,11
		β_3	0,39 (0,23)	0,39 (0,23)	0,39 (0,22)	-0,05	0,82
		β_4	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	-0,01	0,05
		$-LogL$	-25,19	-15,18	-33,89	-	-
	Fêmea	μ	3,78 (9,00)	8,13 (5,29)	2,42 (7,87)	-13,23	17,94
		β_1	0,38 (1,56)	-0,61 (0,96)	0,44 (1,35)	-2,22	3,12
		β_2	-0,02 (0,07)	0,02 (0,04)	-0,02 (0,06)	-0,13	0,10
		β_3	0,03 (0,29)	0,20 (0,24)	0,11 (0,29)	-0,53	0,74
β_4		-0,03 (0,03)	-0,01 (0,02)	-0,01 (0,03)	-0,07	0,05	
	$-LogL$	-32,05	-23,49	-41,86	-	-	

¹F: Frequentista (REML-Restricted Maximum Likelihood Estimation, MLE-Maximum Likelihood Estimation e MPLE- Maximum Penalized Likelihood Estimation) e B: Bayesiano (INLA- Integrated Nested Laplace Approximations); ²N: Normal e SN: Skew-Normal; ³-LogL penalizada; *Significância em nível de 5%.

Para machos castrados na fase de crescimento e de terminação, as CA's médias (dp) $[P_{2,5\%}; P_{97,5\%}]$ foram, respectivamente, 3,85 (0,18) [3,55; 4,15] e 4,51 (0,31) [4,06; 5,08]. Para fêmeas na fase inicial e de terminação, foram, respectivamente, 3,30 (0,08) [3,19; 3,42] e 4,49 (0,14) [4,23; 4,71].

Por meio da estatística - *LogL* verificou-se que o método Bayesiano, assumindo a distribuição skew-normal para o erro (B-SN), foi o que proporcionou um melhor (quanto menor melhor!) ajuste aos dados, em todas as análises (Tabela 1), além de apresentar maior precisão (menores dp's) nas estimativas e ser sensível à detecção de efeito quadrático nos níveis de PB. Em contrapartida o método frequentista (F-SN) apresenta estimativas não congruentes com os demais métodos para os dados das fêmeas na fase de terminação, o que provoca incertezas na utilização desse método.

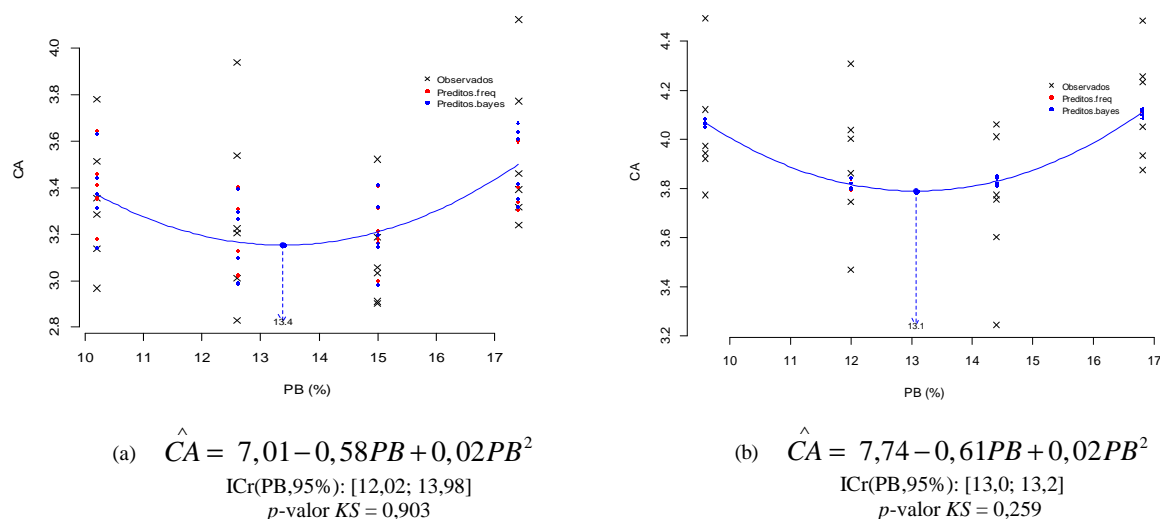


Figura 1. Conversão alimentar ajustada para diferentes níveis de proteína bruta de suínos Piau, machos castrados, na fase inicial (a) e fêmeas, na fase de crescimento (b).

4 Conclusões

Ambas as abordagens frequentistas (em geral) e Bayesiana se mostraram eficientes, quando se considera adequadamente uma distribuição skew-normal para o resíduo do modelo de regressão, ao inferir sobre a resposta direta da CA.

O procedimento de estimação Bayesiana via INLA se mostrou uma ferramenta poderosa na estimação dos parâmetros com alta precisão e rapidez.

Para uma melhor resposta à CA, os níveis de PB em dietas para suínos machos castrados Piau na fase inicial e, para fêmeas na fase de crescimento devem ser, respectivamente, de 13,4% e 13,1%. Nas demais análises, como a CA's não foram afetadas pela variação dos níveis PB na ração, o uso do menor nível atende às necessidades nutricionais dos animais.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Fundação Araucária (FA/PR) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

5 Bibliografia

- AZZALINI, A. (2014). **sn: The skew-normal and skew-t distributions**. R package version 3.0.
- AZZALINI, A.; CAPITANIO, A. Statistical applications of the multivariate skew normal distribution. **Journal of the Royal Statistical Society. B**, v.61, p.579-602, 1999.
- AZZALINI, A. with the collaboration of CAPITANIO, A. (2014). **The Skew-Normal and Related Families**. Cambridge University Press, IMS Monographs series.
- DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; FILHO, S. C. V.; PAULINO, P. V. R. Uso de técnicas de regressão na avaliação, em bovinos de corte, da eficiência de conversão do alimento em produto: proposição de método e significância nutricional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2827-34, 2011.
- GUIDONI, A. L. **Alternativas para comparar tratamentos envolvendo o desempenho nutricional animal**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1994. 105p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1994.
- MARSAGLIA, G.; TSANG, W. W.; WANG, J. Evaluating Kolmogorov's Distribution. **Journal of Statistical Software**. v.8, n.18, p.1-4, 2003.
- PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D. (2013). **nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**. R package version 3.0.
- R Development Core Team (2014). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <<http://www.R-project.org>>.
- ROSSI, R. M. **Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do WinBUGS e R**. Eduem, 2011. 191p.
- ROSSI, R. M.; MARTINS, E. N.; LOPES, P. S. Modelagem Bayesiana via INLA para avaliar o desempenho nutricional animal. In: 45ª Reunião Regional da ABE e 10º Semana de Estatística. **Annais...**, UEM - Maringá, PR, 2013.
- RUE, H.; MARTINO, S.; LINDGREN, F.; SIMPSON, D.; RIEBLER, A. (2013). **INLA: Functions which allow to perform full Bayesian analysis of latent Gaussian models using Integrated Nested Laplace Approximation**. R package version 3.0.
- SOUZA Jr., A. A. O. **Exigência de proteína bruta para suínos da raça naturalizada brasileira Piau, nas fases inicial, de crescimento e terminação**. 2013. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Viçosa-MG: UFV, 2013.