

Comparação de Diferentes Funções Matemáticas no Ajuste de Curvas Individuais de Lactação de Cabras 1/2 Pardo-Alpina x Moxotó¹

Sônia Maria Pinheiro de Oliveira²; Cleusa Graça da Fonseca³;
Francisco de Assis Melo Lima²; Francisco Luís Ribeiro da Silva⁴

RESUMO: Os dados utilizados neste estudo são oriundos de 1008 lactações, referentes a 27.303 controles semanais de 346 cabras 1/2 Pardo-Alpina x Moxotó. As funções Quadrática (FQ) e Quadrática Logarítmica (FQL) foram ajustadas por regressão linear e as funções Gama Incompleta (FGI), Polinômio Segmentado Quadrático-Quadrático (FPSQQ) e Difásica (FD) foram ajustadas por processo iterativo. Os critérios utilizados para verificar a qualidade do ajuste para cada função foram: Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), porcentagem de desvios entre as produções totais observadas e estimadas (DPLE), porcentagem de curvas típicas e estimativas das características da curva como produção e tempo de pico da lactação (PP e TP). A FQ, FQL e PSQQ estimaram os menores DPLE. Quanto a estimativa de PP e TP, os melhores resultados foram obtidos para a FQ, FGI e FQL, pois apresentaram maior número de curvas típicas estimadas. Maior porcentagem de lactações (65,11%) com valores de R_a^2 \geq 70% foi obtida pela FPSQQ.

Palavras-chaves: curva de lactação, produção de leite e caprinos

Comparison of Different Mathematical Functions in the Adjustment of Curves Individual of Nursing of Goats Brown-alpine 1/2 x Moxotó¹

ABSTRACT: The aim of this study was to fit lactation curves of 346 Alpine x Moxotó crossbred goats, from CNPC-EMBRAPA, Sobral, Ceará State, Brazil. A total of 27,303 records from 1008 lactations was used. The Quadratic (QF) and Logarithmic Quadratic (LQF) functions were fitted by linear regression. Incomplete Gama (IGF), Polynomial Segmented Quadratic-Quadratic (QQSP) and Difasic (DF) functions were fitted by non linear iterative method. The criteria utilized to verify goodness of fit for each function were: Adjusted Coefficient of Determination (R_a^2); percentage distribution of deviations from actual to predicted total milk yield (DPMY), percentage of typical curves, as well as maximum production (MP) and time when it occurred (TMP). The QF, LQF e QQSP estimated to minimum DPMY. Best results for MP and TMP were obtained from QF, IGF and LQF, because the greater percentage of typical curves were estimated. It was obtained greater lactation percentage with values of R_a^2 \geq 70% when the QQSP function was applied.

Key Words: lactation curves, milk, yield goat

¹ Parte da tese de doutorado da primeira autora

² Professor do Depto de Zootecnia do CCA/UFC - e-mail: soniace@ufc.br

³ Professora do Depto de Biologia do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG

⁴ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos - CNPC/EMBRAPA

Introdução

No Brasil nos últimos anos, a caprinocultura tomou impulso significativo, especialmente, na região Nordeste. Porém, em termos de melhoramento genético, os caprinos têm recebido relativamente pouca atenção em comparação com outras espécies animais, apesar de existirem boas expectativas para o ganho genético a partir da seleção (LIMA, 1994 e GONÇALVES, 1996). Entretanto, a necessidade de aumentar a produtividade do caprino nacional vem provocando, desde a primeira metade deste século a importação de raças caprinas originárias da Índia (Bhuj e Jamnapari) e Europa (Anglo-Nubiana, Saanen, Pardo-Alpina, Toggenburg) para uso em cruzamentos.

A introdução de genótipos exóticos na população nativa, objetivando maior variabilidade, pode ser uma alternativa viável. Entretanto, fazem-se necessários estudos mais profundos do desempenho das cabras mestiças para conhecer o comportamento da produção de leite ao longo do tempo em que transcorre a lactação.

Especificamente, o estudo da curva de lactação é relevante, pois quando uma função algébrica é usada para descrever a curva de lactação, as produções de leite podem ser previstas em qualquer estágio da lactação. Podem-se prever, também, as quantidades de alimento suplementar a serem adquiridas e fornecidas aos animais para melhorar a eficiência do manejo, bem como, a produção total de leite de cabra a partir de registros parciais e/ou incompletos, o que permite identificar, antecipadamente, as cabras potencialmente mais produtivas de um rebanho. As curvas de lactações são também utilizadas para desenvolver métodos de comparação não viciados entre animais com registros de lactações incompletos com propósito de avaliação genética, mesmo

utilizando-se o método de avaliação genética através do dia do controle (SWALVE, 1995).

O objetivo deste estudo foi testar algumas funções matemáticas quanto a sua adequação para descrever as curvas de lactação individuais de cabras 1/2 Pardo-Alpina x Moxotó.

Material e Métodos

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de 1008 lactações, referentes a 27.303 controles semanais de 346 cabras 1/2 Pardo-Alpina x Moxotó provenientes da Fazenda Experimental Três Lagoas do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/CNPC, no período de 1988 a 1996. As cabras eram mantidas em regime de semi-confinamento, tinham acesso à pastagem nativa de caatinga e recebiam, durante o período de lactação, 300 gramas/cabeça/dia de concentrado, aproximadamente, com 17% de proteína bruta e 75% NDT. As crias foram desmamadas entre o terceiro e sétimo dia de vida e, a partir daí, deu-se o início o controle leiteiro. As cabras foram ordenhadas duas vezes por dia. Foram eliminadas todas as lactações que apresentaram anormalidades como ocorrência de aborto e mastite. Para o ajuste das curvas de lactação individuais, foram estimados os parâmetros das regressões lineares (funções quadrática e quadrática logarítmica) através do Proc Reg e não-lineares (funções gama incompleta, difásica e polinômio segmentado quadrático-quadrático) pelo Proc Nlin, usando o método modificado de Gauss-Newton (SAS, 1996). São descritas a seguir as funções matemáticas estudadas:

1. Função Quadrática¹

$$Y_t = a+bt+ct^2$$

2. Função Gama Incompleta (WOOD, 1967)¹

$$Y_t = at^be^{-ct}$$

3. Função Quadrática Logarítmica (BIANCHINI SOBRINHO, 1984)¹

$$Y_i = a + bt + ct^2 + d \ln(t)$$

4. Função Polinômios Segmentado Quadrático-Quadrático (FULLER, 1969)^{1,2}

$$Y_i = a + bt + ct^2 + dZ$$

5. Função Difásica (GROSSMAN & KOOPS, 1988)^{1,3}

$$Y_i = \hat{a} \{ a_i b_i [1 - \tanh^2(b_i (t - c_i))] \}$$

onde:

¹ Y_i = produção de leite (kg) ao tempo t (dias de lactação) e a , b , c , d são os parâmetros estimados para cada função;

² $Z=0$, se $t \leq k$ ou $Z=(t-k)^2$, se $t > k$ e k = nó ou ponto de junção dos segmentos do polinômio segmentado;

³ \tanh = tangente hiperbólica para cada fase i .

Para estimação do ponto de junção (nó) para o polinômio segmentado quadrático-quadrático, foi utilizada a inspeção visual de acordo com o comportamento dos dados, usando-se o diagrama de pontos. Os critérios utilizados para verificar a qualidade do ajuste para cada função foram: Coeficiente de Determinação Ajustado (R_a^2), porcentagem de desvios entre as produções totais observadas e estimadas (DPLE), porcentagem de curvas típicas e estimativas das características da curva como produção e tempo de pico da lactação (PP e TP).

Resultados e Discussão

Quanto à obtenção do critério de convergência para as funções não-lineares, do total de 1008 lactações, somente uma lactação não convergiu pela função gama incompleta e pela função difásica apenas 392 lactações atingiram convergência.

Os coeficientes de variação dos parâmetros das curvas individuais estimados por todas as funções foram de grande

magnitude, sendo extremamente elevado o do parâmetro c da função quadrática e os dos parâmetros b e c da função quadrática logarítmica. Resultado similar foi relatado por RIBEIRO (1997), trabalhando também com cabras mestiças da raça Pardo-Alpina.

De acordo com as restrições impostas pela função, foram obtidas 54,11, 46,62, 53,37 e 41,87% de curvas estimadas típicas para as funções quadrática, quadrática logarítmica, gama incompleta e polinômio segmentado quadrático-quadrático, respectivamente. Estes resultados são reflexos da obtenção dos altos coeficientes de variação dos parâmetros estimados. Todavia, apesar da função quadrática logarítmica ter apresentado maiores coeficientes de variação para os parâmetros da curva, a percentagem de curvas estimadas típicas foi menor para a função polinômio segmentado quadrático-quadrático. Isto, provavelmente, pode ser justificado pela maior flexibilidade desta última função, a qual possibilita a obtenção de curvas com formas distintas. Melhor ajuste foi obtido pela função polinômio segmentado quadrático-quadrático, mediante os valores do coeficiente de determinação ajustado. Esta função proporcionou ajuste superior ao obtido para as demais, apresentando 65,11% das lactações com valores de R_a^2 superiores a 70% (Tabela 1).

As funções quadrática, quadrática logarítmica e polinômio segmentado quadrático-quadrático obtiveram desvios entre a produção total de leite observada e estimada de $\pm 1\%$ para 100% das lactações (Tabela 1). Segundo EL FARO (1996), este resultado ocorreu em virtude da compensação da produção nos intervalos em que ocorreu superestimação e subestimação da produção, gerando boas estimativas de produção total de leite. Contudo, este resultado era esperado pelas funções quadrática logarítmica e polinômio segmentado quadrático-quadrático,

devido à flexibilidade destas funções, a qual permite o acompanhamento das oscilações da curva de lactação.

Esperava-se, também, que maiores coeficientes de determinação ajustado fossem associados a melhores estimativas de produção total de leite. No entanto, a função gama incompleta, perante a função quadrática, estimou maior percentagem de curvas de

lactação individuais com maiores coeficientes de determinação ajustado e maiores desvios entre as produções total de leite observada e estimada. Portanto, nem sempre, as funções que fazem boas aproximações quanto à forma da curva promovem boas estimativas de produção total de leite (EL FARO, 1996 e RIBEIRO, 1997).

Tabela 1- Percentagem de lactações de acordo com o coeficiente de determinação ajustado e os desvios entre a produção de leite total observada e estimada para curvas individuais de cada função estudada

Table 1- Percentage of nursings in agreement with the adjusted determination coefficient and the deviations among the observed and dear production of total milk for individual curves of each studied function

Função	$R_a^2 \leq 50\%$	$R_a^2 \geq 70\%$	Desvios ($\pm 5\%$)	Desvios ($\pm 1\%$)
FQ	40,83	34,49	100	100
FQL	28,74	44,80	100	100
FGI	37,30	44,94	92,36	74,30
FPSQQ	15,75	65,11	100	100
FD	78,06	16,58	36,22	8,93

Tabela 2 - Médias estimadas e desvios-padrão das características produção inicial (PI), tempo de pico (TP), produção no pico (PP) e persistência da lactação (S) para as lactações individuais de cabras mestiças $\frac{1}{2}$ Pardo-Alpina x Moxotó

Table 2 - Dear Averages and deviation-pattern of the characteristics initial production (PI), time of pick (TP), production in the pick (PP) and persistence of the nursing (S) for the individual nursings of mestizo goats Brown-alpine $\frac{1}{2}$ x Moxotó.

Função	PI(kg)	TP(semana)	PP(kg)	S
FQ	0,77 \pm 0,35	0,06 \pm 0,38	0,76 \pm 0,37	-
FQL	0,94 \pm 0,38	0,013 \pm 0,121	0,50 \pm 0,72	-
FGI	0,83 \pm 0,37	7,35 \pm 23,19	0,94 \pm 0,15	3,89 \pm 0,84
FPSQQ	0,83 \pm 0,36	0,00016 \pm 0,00024	0,79 \pm 0,38	-
FD	0,42 \pm 0,47	15,83 \pm 14,01	-	-

Em virtude da grande variação nos parâmetros das curvas estimadas, as outras características da curva, também, apresentaram altos coeficientes de variação (Tabela 2). Entretanto, interpretação biológica para tempo de pico da lactação é limitada pelos altos valores dos desvios-padrão obtidos por todas as funções estimadas.

A função quadrática logarítmica apresentou valor da produção inicial mais próximo ao valor médio observado, bem como, maior variação para as características tempo e produção do pico de lactação e percentagem de curvas atípicas inferior a das funções quadrática e gama incompleta.

A função gama incompleta estimou valor médio coerente para a produção no pico de lactação ao contrário das demais funções matemáticas, as quais apresentaram valor médio para a produção no pico de lactação inferior ao valor médio da produção inicial.

Conclusões

As funções quadrática, quadrática logarítmica e polinômio segmentado quadrático-quadrático propiciaram melhor ajuste para as curvas de lactação individuais de cabras $1/2$ Pardo-Alpina x Moxotó.

Referências Bibliográficas

- BIANCHINI SOBRINHO, E. *Estudo da curva de lactação em vacas da raça Gir*. Ribeirão Preto, FMRP/USP. 1984. 88 p. (Tese de Doutorado)
- EL FARO, L. *Estudo da curva de lactação de um rebanho da raça caracu*. Jaboticabal, UNESP FCAVJ-, SP, 1996. 179p. (Dissertação de Mestrado)
- FULLER, W.A Grafted polinomials as approximating functions. *Aust. J. Agric. Econ.*, v. 13, p.35-46, 1969.
- GONÇALVES, H.C. Fatores genéticos e de meio em algumas características produtivas e reprodutivas de caprinos. Viçosa: UFV, 1996. 141 p. (Tese de Doutorado)
- GROSSMAN, M., KOOPS, W.J. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 71, p. 1598-1608, 1988.
- LIMA, F.A.M. Estudo genético quantitativo das produções parciais e produção total de leite e do desenvolvimento ponderal de caprinos no Nordeste semi-árido do Brasil. Belo Horizonte: UFMG, 1994. 129 p. (Tese de Doutorado)
- RIBEIRO, M.N. Estudo da curva de lactação de um rebanho caprino no Estado da Paraíba. Jaboticabal, UNESP FCAVJ-, SP, 1997. 98p. (Tese de Doutorado)
- SAS. *USER'S GUIDE: Statistics*. SAS Institute. Inc., Cary, North Caroline, 1996.
- SWALVE, H.H. The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yields traits. *J. Dairy Sci.*, v. 78, p. 925-938, 1995.
- WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, v. 216, p. 164-165, 1967