

COMPARAÇÃO DA FUNÇÃO TIPO GAMA INCOMPLETA E EXPONENCIAL PARABÓLICA PARA AJUSTAR AS CURVAS DE LACTAÇÃO DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA

MARCOS AURÉLIO LOPES¹
ROGÉRIO SANTORO NEIVA²
RUBEN DELLY VEIGA²
JOSÉ VALENTE³
ARY FERREIRA DE FREITAS³
ALOISIO R. P. DA SILVA²
MARIO LUIZ MARTINEZ³

RESUMO: O presente trabalho foi feito com o objetivo de selecionar uma equação algébrica que melhor se ajuste aos dados de 13929 registros de controles leiteiros semanais, de 311 lactações completas. Os dados foram oriundos de vacas holandesas preta e branca PO e PC, entre os anos de 1985 e 1989, provenientes do Sistema Intensivo de Produção de Leite - EMBRAPA, Brasília, DF. Realizou-se um estudo comparando a função exponencial parabólica e a

tipo gama incompleta. A curva estimada pela função exponencial parabólica foi considerada atípica. Os coeficientes de determinação (R^2) para as funções exponencial parabólica e a tipo gama incompleta foram de 0,4819 e 0,5067, respectivamente, podendo, portanto, ser utilizados, com restrições, nas previsões de produção de leite para o rebanho estudado. Esses resultados sugerem que outras funções devam ser estudadas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Curva de lactação, gado Holandês, modelos não lineares

COMPARISON BETWEEN INCOMPLETE GAMMA TYPE AND PARABOLIC EXPONENTIAL FUNCTIONS TO FIT LACTATION CURVES OF HOLSTEIN COWS

ABSTRACT: The objective of this work was to select an equation that best fits the data of 13929 records of weekly dairy controls, from 311 lactations of Holstein cows. Data were collected from 1985 to 1989, in the Milk Production Intensive System, EMBRAPA, Brasília, DF, Brazil. Parabolic exponential and the incomplete gamma type functions were evaluated. The

estimated curve by exponential function was atypical. The coefficient of determination (R^2) for exponential function and incomplete gamma type function were 0,4819 and 0,5067, respectively. Either could be used to predict with some reservations and future studies should be developed in order to estimate a better function.

INDEX TERMS: Models, holstein cattle, lactation curve, non-linear regression

INTRODUÇÃO

Inúmeros pesquisadores, já há muitos anos, têm procurado conhecer o comportamento da produção de leite ao longo do tempo em que transcorre a lactação. Resultados mais significativos foram obtidos nos últimos 30 anos, destacando-se os trabalhos realizados por Wood (1967 e 1976), Keown e Van Vleck (1973) e Molina e Boschini (1979), em que procuraram propor modelos e equações ca-

pazes de representar a curva de lactação com um grande nível de exatidão.

Entende-se por curva de lactação a representação gráfica da produção diária de leite de uma vaca em função do tempo ou estágio de lactação. Em geral, tal curva apresenta um segmento ascendente, com duração aproximada de 30 a 90 dias, que se inicia após o parto e vai até o pico de produção (produção máxima na

1 - Professor do Departamento de Medicina Veterinária da UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA) - Lavras, MG.

2 - Professor da UFLA, Lavras, MG.

3 - Pesquisador do CNPGL - EMBRAPA, Coronel Pacheco, MG

lactação), quando, então, começa um segmento descendente (período longo) que termina com a secagem da vaca. O estudo da curva de lactação de uma vaca ou de grupos de vacas é muito útil, pois quando uma função algébrica é usada para descrever uma curva de lactação, pode-se prever, em qualquer estágio da lactação, as produções de leite, gordura e proteína e percentagens de proteína e gordura (Stanton et al., 1992) e lactose (Morant e Gnanasakthy, 1989). É possível também se fazer uma previsão das quantidades de alimento suplementar a serem adquiridas e fornecidas aos animais, para melhorar a eficiência no manejo. Ponto também de relevância é a previsão da produção total de leite da vaca, a partir de registros parciais e/ou incompletos, o que permite identificar, antecipadamente, as vacas potencialmente mais produtivas de um rebanho. Isto irá propiciar a escolha antecipada de machos como futuros tourinhos e a escolha precoce das fêmeas de reposição dentro do rebanho, o que permitirá a tomada de decisões sobre descarte dos animais. Outra vantagem da previsão da produção total para lactações em andamento é o aumento do número de filhas que serão utilizadas em avaliação de touros.

Economicamente, a forma da curva de lactação é de relativa importância, haja visto ser preferível um animal que produza a um nível moderado por um período prolongado, em relação a outro que tenha uma grande produção no início da lactação, mas que decresce rapidamente (Johansson e Rendel, 1972).

O primeiro modelo para descrever a curva de lactação foi proposto por Brody, Ragsdale e Turner (1923). É uma função exponencial cuja equação é $Y_t = A e^{-kt}$, em que Y_t é a produção de leite no mês t , e A e k são constantes, sendo que A representa a produção de leite inicial ($t=0$) e k a taxa de declínio por mês. Assume-se que esta taxa (k) seja constante e que a produção de leite decresce no decorrer da lactação. Em vista disso, esta equação não proporciona um bom ajuste, quando houver um pico de produção.

O modelo proposto por Sikka (1950) descrito através da função exponencial parabólica é uma melhoria do modelo de Brody, Ragsdale e Turner (1923), cuja equação é $Y_t = A e^{bt - ct^2}$, em que Y_t representa a produção média de leite no instante t e A , b e c são parâmetros que determinam a forma da curva.

Wood (1967) apresentou o modelo $Y_t = at^b e^{-ct}$, que é a equação de uma curva do tipo gama incompleta e pode ser usada em um único animal ou em grupo de animais, como uma primeira tentativa para descrever uma lactação inteira, em que Y_t é a produção média de

leite no instante t e a , b e c são parâmetros que determinam a forma da curva de lactação.

Outros autores, como Keown e Van Vleck (1973), Molina e Boschini (1979) e Bianchini Sobrinho (1984) propuseram outros modelos que não serão discutidos neste trabalho.

Cobby e Le Du (1978), utilizando o modelo de Wood (1967), em 36 lactações, verificaram que os dados não transformados propiciam um melhor ajuste, mas salientam que a análise não linear é computacionalmente mais complexa e demorada. As mesmas dificuldades computacionais foram verificadas por Morant e Gnanasakthy (1989).

O objetivo deste estudo foi selecionar entre os modelos tipo-gama e exponencial parabólico, aquele que apresenta melhor ajuste à curva de lactação de vacas de um rebanho Holandês mantido em um sistema intensivo de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo foram provenientes do rebanho do SIPL (Sistema Intensivo de Produção de Leite), Fazenda Tamanduá, pertencente a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado em Brasília - DF. O referido rebanho era constituído por vacas da raça Holandesa com composição racial que varia desde GC1 (geração controlada número 1) a GHB (gado holando-brasileiro) e puras de origem (PO). Reuniram-se 13929 registros de controles leiteiros semanais de 311 lactações de 177 vacas, todas iniciadas e encerradas entre janeiro de 1985 e setembro de 1989.

As ordenhas eram realizadas duas vezes ao dia, mecanicamente em uma sala de ordenha tipo "espinha de peixe" duplo 8, a intervalos de 10 e 14 horas. O controle leiteiro (pesagens) era realizado semanalmente e as produções individuais eram anotadas em fichas.

As vacas alimentavam-se de silagem de milho, feno de "coast cross" (*Cynodon sp.*) e feno das forrageiras de inverno aveia (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). A mistura de concentrados era constituída basicamente de fubá de milho, farelo de arroz, farelo de algodão e farelo de soja. Os concentrados e minerais eram ministrados em função das exigências nutricionais dos animais.

Foram adotadas somente lactações completas. Duas funções algébricas foram utilizadas com a finalidade de se determinar, a partir dos respectivos valores do coeficiente de determinação (R^2), o modelo que melhor se ajustasse aos dados.

As funções utilizadas no estudo foram:

1 - Função exponencial parabólica (Sikka, 1950):

$$Y_t = A e^{bt+ct^2}$$

que foi linearizada por uma transformação logarítmica, resultando em:

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

2 - Função tipo gama (Wood, 1967):

$$Y_t = a t^b e^{-ct}$$

que foi linearizada por transformação logarítmica, resultando em:

$$\ln Y_t = \ln a + b \ln t - ct$$

Em ambas equações, Y_t representa a produção média diária de leite na semana t ; e = base dos logaritmos neperianos; a = constante associada com a produção média no início da lactação; b = taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima na

lactação; c = taxa média de declínio da produção após atingir o pico da lactação. Os parâmetros foram estimados pelo método dos quadrados mínimos, através de regressão linear múltipla, utilizando-se o procedimento Proc Reg do SAS (SAS, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se (Tabela 1) que a função que melhor se ajustou aos dados foi a tipo gama incompleta (Wood, 1967) com um coeficiente de determinação (R^2) de 50,67% e coeficiente de variação (CV) de 10,77% comparada à função exponencial parabólica (Sikka, 1950), cujo R^2 foi de 48,19% e o CV de 11,04%. Muito embora a diferença entre elas não tenha sido expressiva, no que se refere aos valores de CV e R^2 , a curva estimada pela função exponencial parabólica apresentou-se atípica (Figura 1), com estimativa negativa para o parâmetro b .

TABELA 1 - Estimativas dos parâmetros a , b e c , coeficientes de determinação (R^2) e de variação (CV), com base nas funções tipo gama incompleta e exponencial parabólica.

Função	a	b	c	$R^2(\%)$	CV(%)
Gama incompleta	3,1565	0,2484	0,0378	50,67	10,7754
Exponencial parabólica	3,3976	-0,0073	-0,0003	48,19	11,0431

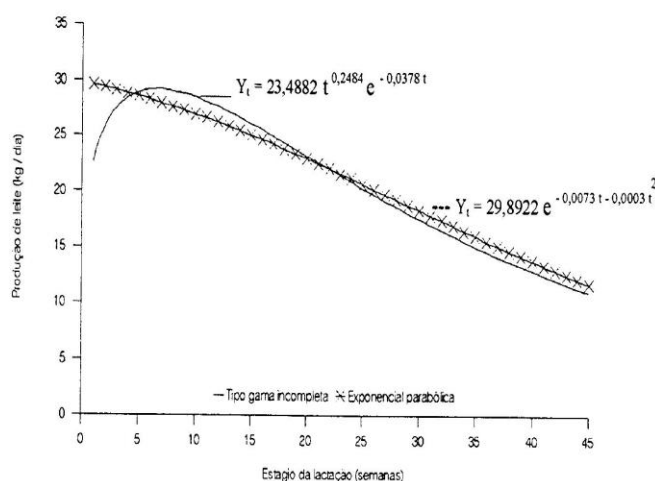


FIGURA 1 . Curvas de lactação estimadas através das funções tipo gama incompleta e exponencial parabólica

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, as funções tipo gama incompleta e exponencial parabólica podem ser utilizadas, com restrições, nas previsões de produção de leite para o rebanho estudado. Esses resultados sugerem que outras funções devam ser estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir**. Ribeirão Preto: FMRP - USP, 1984, 88p. (Tese - Doutorado em Genética).
- BRODY, S.; RAGSDALE, A. C.; TURNER, C. W. The rate of decline of secretion with the advance of the period of lactation. **Journal General Physiology**, New York, v. 5, p. 441-444, 1923.
- COBBY, J.M.; LE DU, Y.L.P. On fitting curves to lactation data. **Animal Production**, London, v. 26, n. 2, p. 127-133, 1978.
- JOHANSSON, I.; RENDEL, J. **Genética y mejora animal**. Traduzido por Francisco Puchal Mas y Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza: Acribia, 1972. 567p.
- KEOWN, J.F.; VAN VLECK, L.D. Extending lactation records in progress to 305-day equivalent. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 56, n. 8, p. 1070-1079, 1973.
- MOLINA, J.R.; BOSCHINI, C. Ajuste de la curva de lactancia de ganado Holstein con un modelo lineal modal. **Agronomia Costarricense**, San José, v.3, n. 2, p. 167-174, 1979.
- MORANT, S.V.; GNANASAKTHY, A. A new approach to the mathematical formulation of lactation curves. **Animal Production**, Edinburgh, v. 49, p. 151-162, 1989.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE INC. SAS/STAT user's guide: version 6. 4. ed., Cary, 1989, v.1, 943p.
- SIKKA, L.C. A study of lactation as affected by heredity and environment. **Journal of Dairy Research**, London, v. 17, n. 3, p. 231-252, Oct. 1950.
- STANTON, T. L.; JONES, L. R.; EVERETT, R. W.; KACHMAN, S. D. Estimating milk, fat, and protein curves with a test day model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1691-1700, 1992.
- WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, London, v. 216, n. 14, p. 164, Oct. 1967.
- WOOD, P.D.P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. **Animal Production**, Edinburgh, v. 22, p. 35-40, 1976.