

## Curvas de lactação de vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta

[Lactation curves adjusted by incomplete gamma function for crossbred F<sub>1</sub> Holstein-Gyr cows]

H.T.V. Oliveira<sup>1</sup>, R.B. Reis<sup>2\*</sup>, J.R. Glória<sup>1</sup>, C.R. Quirino<sup>3</sup>, J.C.C. Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno de pós-graduação – EV-UFGM

<sup>2</sup>Escola de Veterinária - UFGM

Caixa Postal 567

30123-970 - Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes, RJ

### RESUMO

Estudaram-se o padrão das curvas de lactação de 5.368 vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir pelo modelo gama incompleto e os efeitos da ordem de lactação e época de parição sobre os parâmetros da função e sobre a produção inicial (PI), produção no pico de lactação (PP), tempo ao pico de lactação (TP), persistência (PER) e produção total de leite estimada na lactação (PLTLE). As curvas de lactação apresentaram-se curvilíneas com queda da produção a partir do início da lactação. A diferença entre a produção de múltíparas e primíparas foi de 48,9%, favorável às primeiras. As múltíparas apresentaram maior queda na produção no primeiro mês de lactação e maior persistência, enquanto as primíparas apresentaram fortes quedas ao longo de toda lactação e menor persistência. A diferença da produção de leite entre lactações iniciadas na época seca e das águas foi de 1,6%, favorável à primeira. Os resultados para produção relativa mensal, queda percentual na produção referente ao mês anterior e queda percentual na produção referente ao primeiro mês de lactação indicam poucas diferenças no formato das curvas de lactação para vacas paridas nas épocas da seca e das águas. Baixos valores de R<sup>2</sup> encontrados indicam que a função não produziu bom ajuste para a curva de lactação de vacas desse grupo genético

Palavras-chave: curva de lactação, Holandês-Gir, função gama incompleta, ordem de lactação, época de parição

### ABSTRACT

*The lactation curves of 5,368 crossbred F<sub>1</sub> Holstein-Gyr cows were studied. The gamma incomplete function was used as a model. The effects of parity and season of calving on the gamma incomplete parameters, the inicial milk production, the peak of production, the time to the peak of production, the lactation persistency and the total milk production were measured. The lactation curves showed curvilinear effect with decreasing in milk production since the beginning. The multiparous cows produced 48.9% more milk, more reduction in milk production during the first month of lactation and higher lactation persistency than primiparous cows. Although the lactation curves were similar, average milk production from dry season calving cows was 1.6% higher than those for rainy season calving. Low R<sup>2</sup> values suggested that the gamma incomplete function did not fit as a model for the lactation curves of this genetic group.*

*Keywords: lactation curve, F<sub>1</sub> Holstein-Gir cows, gamma incomplete function, parity, season calving*

---

Recebido em 15 de julho de 2005

Aceito em 22 de dezembro de 2006

\*Autor para correspondência (corresponding author)

E-mail: rbreis@vet.ufmg.br

## INTRODUÇÃO

As curvas de lactação são estudadas mediante uso de modelos matemáticos e são importantes para o estabelecimento de estratégias capazes de otimizar a seleção e a busca de genótipos mais eficientes e rentáveis para o produtor. Os modelos são úteis para se estimar a produção de leite na lactação a partir de resultados parciais e para se fazer projeções de acordo com a extensão do período de lactação, propiciando a tomada de decisão quanto à permanência de animais no rebanho.

Vários modelos algébricos foram propostos com o objetivo de descrevê-la com maior precisão. Wood (1967) apresentou um modelo conhecido como função gama incompleta, representado por  $Y_n = an^b e^{-cn}$ , em que,  $Y_n$  é a média de leite produzido em determinada semana,  $a$  é um parâmetro de escala e  $b$  e  $c$  são parâmetros de pico e persistência da curva, respectivamente.

Com o objetivo de melhorar a forma de seu modelo, Wood (1972) acrescentou o fator  $S_i$  para inclusão dos efeitos de sazonalidade da produção de leite e/ou ordem de parição da vaca ou ainda região. Nesse estudo, o autor avaliou o efeito da sazonalidade sobre a curva da lactação em rebanho confinado e a pasto. A chegada da primavera e a oferta de alimentos frescos foram considerados os principais responsáveis pela sazonalidade das curvas de produção, uma vez que o rebanho confinado apresentou pouca variação em relação ao mantido em sistema de pastejo.

Madalena et al. (1979) comentaram que vários trabalhos de regiões tropicais têm descrito curvas de lactação linear ou com pico discreto para raças européias, nativas e animais mestiços. Os autores compararam o modelo linear com o gama para ajustar curvas de lactação de vacas mestiças Holandês-Gir e os resultados foram próximos, com ligeira vantagem para o segundo. Vacas que pariram na estação chuvosa apresentaram maior produção inicial do que as paridas na estação seca, para as quais, no entanto, houve maior persistência de lactação.

Alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação na raça Caracu foi estudada por Faro e Albuquerque (2002). Nesse estudo, todas as funções apresentaram problemas quando os ajustaram dados individuais.

Yadav e Sharma (1984) avaliaram lactações de vacas mestiças  $F_1$  Hariana-Jersey,  $F_1$  Hariana-Holandesa e  $F_1$  Hariana-Pardo-Suíça, utilizando diversas funções. Algumas foram capazes de descrever apenas a parte descendente da curva. Enquanto, as funções polinomial inversa e gama incompleta estimaram as fases ascendente, o pico e a descendente, sendo melhores para explicar a curva da lactação. A fase ascendente foi menor e com maior queda que a descendente; a fase de pico foi a menor delas e a produção na primeira fase foi maior que na segunda, resultados compatíveis com os observados por Madalena (1979) em animais Zebus-Europeus.

Durães et al. (1991) e Freitas et al. (2001) analisaram os efeitos de fatores de meio sobre os componentes da curva de lactação de vacas da raça Holandesa e sobre a produção de leite e de gordura de leite de vacas cruzadas Holandês x Gir, respectivamente. No primeiro trabalho citado utilizaram a função do tipo gama incompleta. Os valores dos parâmetros  $a$  e  $c$  da curva foram influenciados pelo ano e ordem do parto, enquanto que o parâmetro  $b$  foi influenciado apenas pelo ano do parto. Nesse estudo, houve aumento da produção no pico e queda na persistência à medida que as vacas tenderam para a maturidade.

Junqueira et al. (1997), ao estudarem lactações de vacas Holandesas por meio de uma função gama incompleta, observaram que o ano de parto, a duração da lactação e a região influenciaram os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$ , o momento do pico, a persistência e a produção máxima. A estação de parto não influenciou o parâmetro  $a$ , a produção máxima e a persistência medida pela produção de leite dos terceiros cem dias dividida pela produção de leite dos primeiros cem dias. As classes de idade não exerceram influência sobre a persistência medida pela produção dos segundos cem dias dividida pela produção dos primeiros cem dias.

Os objetivos deste trabalho foram estudar o padrão da curva da lactação de vacas mestiças  $F_1$  Holandês-Gir, pela função gama incompleta de Wood (1967) e as influências da ordem de lactação e da época de parição sobre os parâmetros da função e sobre as características produção inicial (PI), produção no pico de lactação (PP), tempo ao pico de lactação (TP) e persistência (PER).

## MATERIAL E MÉTODOS

As informações das lactações utilizadas no presente estudo provêm de 66 fazendas de pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais com diferentes tecnologias nos vários sistemas de produção.

Foram considerados, inicialmente, registros de 13.200 lactações, de vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir, iniciadas no período de 1995 a 2000. As análises foram realizadas utilizando-se do pacote estatístico SAS (User's..., 1996).

Foram realizadas análises de consistência com o objetivo de excluir dados incompatíveis e erros decorrentes de anotações nas fichas de controle, de codificação e digitação, bem como produções baixas decorrentes de causas fortuitas.

O número mínimo de controles foi de quatro e o máximo de 12, com intervalos de 30 dias. Para delimitar o período de lactação máximo, considerou-se queda de 8% ao mês a partir do pico. A produção mínima de 10 litros foi estabelecida para produção de leite acumulada na data da produção parcial até os 60 dias de início da lactação. A partir de 60 dias, estabeleceu-se apenas que a produção parcial de leite fosse maior que zero até os 120 dias decorridos do início da lactação. Os partos ocorridos entre junho a outubro foram considerados como os da estação seca e aqueles entre novembro a maio foram incluídos na estação das águas. Após as análises de consistência e as restrições impostas, o arquivo final continha 5.368 lactações.

Foram estudadas as curvas de produção segundo a época de parição (seca e águas) e, também, foram estabelecidas curvas para as primíparas e multíparas.

Foram utilizadas 48.710 observações mensais de leite para todas as lactações estudadas. Essas informações foram usadas para ajustar a curva da lactação média e estimar os parâmetros das funções por regressão não-linear (User's..., 1996).

A função gama incompleta (Wood, 1967), usada para ajustar os dados às curvas, é dada pela equação:

$$PL = at^b \exp^{-ct}, \text{ em que:}$$

PL = produção de leite (kg) ao tempo t (dias em lactação);

a = parâmetro associado com o início da lactação;

b = representa a fase ascendente da curva;

c = representa a fase descendente da curva;

t = tempo, em dias, de lactação;

exp = constante com valor igual a 2,7182.

Estimaram-se os parâmetros a, b e c para as seguintes curvas: produção total de leite (PLTL), produção total de leite na primeira lactação (PLPL) e produção total de leite segundo época de parição (na seca, PLPS, e nas águas, PLPA).

O critério utilizado para verificação da qualidade do ajuste do modelo foi o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_a$ ).

Produção inicial (PI), produção no pico de lactação (PP), tempo ao pico de lactação (TP) e persistência (PER) foram obtidos pelas estimativas dos parâmetros das respectivas curvas, segundo as expressões apresentadas a seguir:

$$PI = a$$

$$PP = a * ((b/c)^b) * \exp^{-b}$$

$$TP = b/c$$

$$PER = a/(b*c), \text{ em que:}$$

a = parâmetro associado com o início da lactação (kg);

b = representa a fase ascendente da curva;

c = representa a fase descendente da curva.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de lactação de vacas multíparas, primíparas, paridas na seca e águas apresentaram padrão curvilíneo, com queda da produção a partir do início da lactação (Fig.1 e 2) e os valores de  $R^2_a$  encontrados indicam que a função não produziu bom ajuste, ou seja, não descreve de forma satisfatória a curva de lactação de vacas desse grupo genético (Tab.1).

Valores negativos para o parâmetro b, referente a fase ascendente da curva, (Tab.2) foram observados para as características tempo ao pico de lactação (TP) e persistência (PER) para curvas de lactação de vacas multíparas, paridas na época da seca e paridas na época das águas. Valores positivos, porém baixos, foram constatados para as primíparas. A produção no pico da lactação apresentou valor negativo para multíparas e positivo para primíparas. Para a característica produção inicial (PI) e produção total de leite estimada na lactação (PLTLE) todos os valores foram positivos (Tab.2).

A função gama incompleta superestimou, em todas as modalidades estudadas, os valores para produção total de leite na lactação em relação às produções não ajustadas, exceto para a primeira lactação, que foi subestimada.

Os valores negativos resultaram do desajuste da função gama para descrever a curva de lactação de vacas F1 Holandês-Gir. Segundo Shimizu e Umrod (1976), citados por Durães et al. (1991), estimativas negativas dos parâmetros b ou c são responsáveis

por formas atípicas das curvas de lactação, sendo que valores negativos de b são comumente atribuídos à falta de registros anteriores ao pico de produção. Esse comentário parece aplicável ao presente estudo, pois os dados aqui avaliados são originários de controles mensais de produção. A ausência de pesagens de leite a intervalos menores entre si, pelo menos semanais, pode ter deixado de aferir produções importantes para a modelagem da curva, contribuindo para que sua forma se apresentasse atípica.

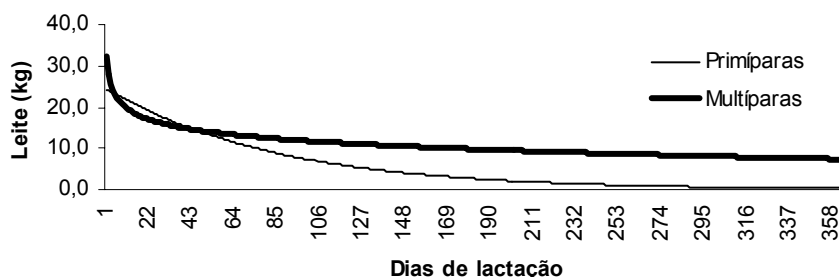


Figura 1. Curvas de lactação ajustadas pela função gama incompleta para vacas F1 Holandês-Gir para primíparas e multiparas.

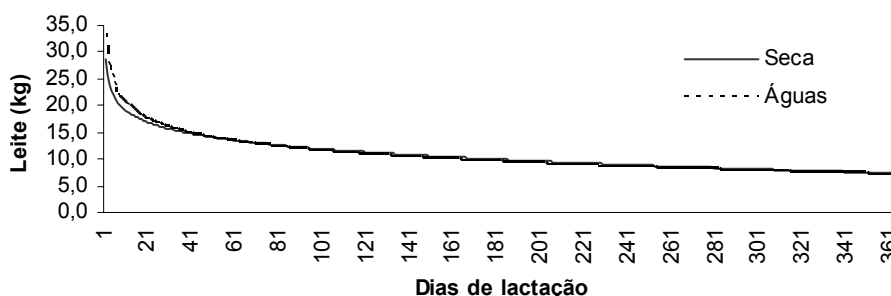


Figura 2. Curvas de lactação ajustadas pela função gama incompleta para vacas F1 Holandês-Gir segundo a estação de parição.

Tabela 1. Parâmetros a, b e c, calculados pela função gama incompleta, para estimar a curva de lactação, quadrado médio do erro (QME), coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_a$ ), número de iterações e número de observações (n), de vacas F1 Holandês-Gir

Curvas/Parâmetros	a	b	c	QME	$R^2_a$	Nº de iterações	n
Ŷ 1	32,17	-0,20	0,0008	24,85	13,0%	7	5368
Ŷ 2	35,71	-0,23	0,0007	22,59	14,9%	7	3218
Ŷ 3	28,85	-0,17	0,0010	26,81	21,5%	6	1280
Ŷ 4	24,50	0,01	0,0124	46,47	43,0%	2	1934

Ŷ 1: produção de leite média ajustada; Ŷ 2: produção de leite ajustada no período das águas (partos ocorridos de 01/11 até 31/05); Ŷ 3: produção de leite ajustada no período da seca (partos ocorridos de 01/06 até 31/10); Ŷ 4: produção de leite ajustada da primeira lactação; a produção inicial de leite, em kg/dia; b fase ascendente da curva; c fase descendente da curva.

*Curvas de lactação de vacas F<sub>1</sub>...*

Tabela 2. Parâmetros para produção inicial (PI), produção no pico de lactação (PP), tempo ao pico de lactação (TP), persistência (PER), produção total de leite estimada na lactação (PLTLE), de vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir, para as curvas  $\hat{Y}$  1,  $\hat{Y}$  2,  $\hat{Y}$  3,  $\hat{Y}$  4b

Curvas/Parâmetros	PI (kg)	PP (kg)	TP (dias)	PER (dias)	PLTLE (kg)
$\hat{Y}$ 1	32,17	-13,02	-00250,00	-0201063,0	3988,35
$\hat{Y}$ 2	35,71	-	-00328,57	-0221801,0	3886,31
$\hat{Y}$ 3	28,85	-	-00170,00	-0169706,0	3950,10
$\hat{Y}$ 4	24,50	24,22	00000,65	0246975,8	2002,81

$\hat{Y}$  1: produção de leite média ajustada;  $\hat{Y}$  2: produção de leite ajustada no período das águas (partos ocorridos de 01/11 até 31/05);  $\hat{Y}$  3: produção de leite ajustada no período da seca (partos ocorridos de 01/06 até 31/10);  $\hat{Y}$  4: produção de leite ajustada da primeira lactação. Valores não demonstrados foram demasiadamente pequenos na coluna PP.

Os resultados encontrados para produção relativa mensal de leite, queda percentual na produção de leite referente ao mês anterior e queda percentual referente ao primeiro mês de lactação de vacas múltiparas e primíparas demonstraram que as primeiras apresentaram maior queda na produção no primeiro mês de lactação e maior persistência ao longo do restante da lactação, enquanto as segundas apresentaram quedas ao longo de toda lactação e menor persistência (Tab.3 e Fig.1).

A diferença entre a média de produção ajustada de múltiparas e a de primíparas foi de 48,9%, favorável para as primeiras. Além do efeito da imaturidade fisiológica por causa da idade, essa

diferença poderia ser explicada, parcialmente, pela dificuldade de amansamento quando do primeiro parto.

As lactações iniciadas nas épocas das águas e da seca representaram 15,9% e 14,4% da produção total de leite, apenas no primeiro mês, e as produções de leite acumuladas até os quatro meses de lactação corresponderam a 45,8% e 44,4% da produção total, respectivamente (Tab. 4). Se se considerar que, em média, a estação de pastejo é de cinco meses, cerca de 54% do leite da lactação iniciada na época das águas pode ser produzido utilizando-se pastagem como única fonte de volumoso.

Tabela 3. Produção mensal de leite estimada pela função gama incompleta, produção relativa mensal de leite, queda percentual referente ao mês anterior para vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir primíparas e múltiparas

Mês da lactação	Primíparas				Múltiparas			
	Produção mensal (kg)	Produção relativa mensal (%)	Queda referente ao mês anterior (%)	Queda referente ao primeiro mês (%)	Produção mensal (kg)	Produção relativa mensal (%)	Queda referente ao mês anterior (%)	Queda referente ao primeiro mês (%)
1	621,84	31,07	-	-	588,89	15,03	-	-
2	433,40	21,66	30,3	30,3	435,76	11,12	26,0	26,0
3	300,03	14,99	30,8	51,7	383,29	9,78	12,1	34,9
4	207,40	10,36	30,9	66,7	349,69	8,92	8,8	40,7
5	143,26	7,16	30,9	77,0	324,62	8,28	7,2	44,9
6	98,92	4,94	31,0	84,1	304,44	7,77	6,2	48,3
7	68,28	3,41	31,0	89,0	287,45	7,33	5,7	51,2
8	47,13	2,35	31,1	92,4	272,72	6,96	5,0	53,7
9	32,52	1,62	31,1	94,8	259,67	6,63	4,7	55,9
10	22,44	1,12	30,9	96,4	247,93	6,33	4,5	57,9
11	15,48	0,77	31,3	97,5	237,26	6,05	4,4	59,7
12	10,68	0,53	31,2	98,3	227,46	5,80	4,1	61,4
Total/Média	2001,38	100,00	30,9		3919,17	100,00	8,1	

A diferença da produção de leite entre lactações iniciadas na época seca e das águas foi de 1,6%, favorável à primeira. Pode-se atribuir essa diferença ao melhor manejo nutricional adotado nessa época, quando o leite atinge valores de pagamento mais elevados. Também, a reserva de volumosos, geralmente cana de açúcar, silagem de capim, de

sorgo ou de milho, permite a manutenção de dieta mais bem balanceada, reduzindo assim, oscilações acentuadas de produção. O fato constatado de que as produções de leite nos dois períodos não serem tão diferentes gera especulações sobre o tipo de pastagem ofertado, a tolerância dos animais ao estresse térmico e mesmo o tipo de suplementação

na seca, sugerindo que o manejo alimentar atende de forma eficiente à necessidade das vacas.

Os resultados para produção relativa mensal de leite, queda percentual na produção de leite

referente ao mês anterior e queda percentual na produção de leite referente ao primeiro mês de lactação indicam poucas diferenças no formato das curvas de lactação para vacas paridas nas épocas seca e das águas (Tab. 4 e Fig. 2).

Tabela 4. Produção mensal de leite estimada pela função Gama Incompleta, produção relativa mensal de leite, queda percentual referente ao mês anterior para vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir, com lactações iniciadas na época das águas e das secas

Mês da lactação	Águas				Seca			
	Produção mensal (kg)	Produção relativa mensal (%)	Queda referente ao mês anterior (%)	Queda referente ao primeiro mês (%)	Produção mensal (kg)	Produção relativa mensal (%)	Queda referente ao mês anterior (%)	Queda referente ao primeiro mês (%)
1	610,68	15,86	-	-	564,92	14,44	-	-
2	433,68	11,26	29,0	29,0	433,92	11,09	23,2	23,2
3	376,64	9,78	13,1	38,3	385,38	9,85	11,2	31,8
4	341,17	8,86	9,7	44,1	353,07	9,02	8,4	37,5
5	315,26	8,19	7,6	48,4	328,27	8,39	7,0	41,9
6	294,77	7,66	6,5	51,7	307,87	7,87	6,2	45,5
7	277,76	7,21	5,9	54,5	290,40	7,42	5,7	48,6
8	263,18	6,83	5,3	56,9	275,05	7,03	5,3	51,3
9	250,40	6,50	4,8	59,0	261,30	6,68	5,0	53,7
10	239,01	6,21	4,5	60,8	248,83	6,36	4,8	56,0
11	228,72	5,94	4,3	62,5	237,40	6,07	4,6	58,0
12	219,33	5,70	4,0	64,1	226,85	5,80	4,4	59,8
Total/Média	3850,61	100,00	8,6		3913,26	100,00	7,8	

## CONCLUSÕES

As curvas da lactação de vacas mestiças F<sub>1</sub> Holandês-Gir, ajustadas pela função gama incompleta apresentaram padrão curvilíneo, com queda a partir do início da lactação. Ordem de lactação e época de parição influenciaram o formato de sua expressão. A função não produziu bom ajuste para a curva de lactação de vacas desse grupo genético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DURÃES, M.C.; TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F. Curvas de lactação de vacas da raça Holandesa, mantidas em confinamento total. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.43, p.447-458, 1991.

FARO, L.E.; ALBUQUERQUE, L.G. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, p.295-302, 2002.

FREITAS, M.S.; DURÃES, M.C.; FREITAS, A.F. et al. Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco "graus de sangue" originados de cruzamentos

entre Holandês e Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.53, p.708-713, 2001.

JUNQUEIRA, L.V.; NEIVA, R.S.; VEIGA, R.D. Estudo das curvas de lactação de vacas Holandesas de alguns rebanhos do estado de Minas Gerais, por intermédio de uma função gama incompleta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, p.1109-1118, 1997.

MADALENA, F.E.; MARTINEZ, M.L.; FREITAS, A.F. Lactation curves of Holsteins-Friesian and Holsteins-Friesian X Gir cows. *Anim. Prod.*, v.29, p.101-107, 1979.

USER's guide: basic and statistics. Cary, NC: SAS® Institute, 1996.

WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, v. 216, p.164-165, 1967.

WOOD, P.D.P. A note on seasonal fluctuations in milk production. *Anim. Prod.*, v.15, p.89-92, 1972.

YADAV, S.B.S.; SHARMA, J.S. Functions for lactation curves in crossbred dairy cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, v.55, p.42-47, 1984.