

R. Bras. Zootec., v.26, n.6, p.1109-1118, 1997

Estudo das Curvas de Lactação de Vacas Holandesas de alguns Rebanhos do Estado de Minas Gerais, por Intermédio de uma Função Gama Incompleta

Lucio Violin Junqueira¹, Rogério Santoro Neiva², Ruben Delly Veiga³, Nilson Milagres Teixeira⁴, Marcus Cordeiro Durães⁵, Marcos Aurélio Lopes⁶

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de ano de parto, estação do ano, período de serviço, idade da vaca, duração da lactação e região sobre o comportamento da produção de leite durante a lactação e de variáveis práticas, como momento do pico da produção, persistência e produção máxima. Dados de controles leiteiros mensais, de 2036 lactações completas de vacas holandesas, foram utilizados. Uma função gama incompleta, por intermédio de um processo de linearização por transformação logarítmica foram utilizadas, resultando na expressão $\log_e Y_n = \log_e a + b \log_e n + cn$, em que Y_n é a produção de leite diária média no mês n e a, b e c são constantes que determinam a forma da curva de lactação, em que a é a produção de leite média no início da lactação; b, a taxa média de ascensão até atingir o pico de produção de leite; e c, a taxa média de declínio da produção de leite após o pico. Os valores obtidos por meio de análise de variância das regressões gerais determinaram que o ano de parto, a duração da lactação e a região influenciaram todos os parâmetros e características estudados. A estação de parto não influenciou o parâmetro a, a produção máxima (PM) e a persistência medida por P3:1, que é a 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 (P2:1). Também as classes de período de serviço não influenciaram todos os parâmetros da curvas de lactação, nem as características P2:1 e PM.

Palavras-chave: vaca holandesa, curvas de lactação, função gama, rebanhos do Estado de Minas Gerais

Study of Lactation Curves of Holstein Cows of some Herds of the Minas Gerais State by Means of an Incomplete Gamma Function

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effects year of calving, seasons, days open, cow age, period of lactation and regions on the behavior of the milk yield during the lactation and some practical parameters such as the moment of the peak lactation, persistency and maximum yield. Data from monthly dairy controls, of 2036 complete lactation of Holstein cows were used. An incomplete gamma function, through a linear process by means of logarithmic transformation was used, resulting in the expression $\log_e Y_n = \log_e a + b \log_e n + cn$, where Y_n is the average daily yield in month n, and a, b and c, are constants which determine the shape of lactation curve, where a is the average milk production at the beginning of the lactation, b, the average crescent rate until reach the peak of milk production, and c, the average decreased rate of milk production after the peak. The values obtained by the variance analyses of the regressions determined that year of calving, age and nuclei influenced all the parameters of the studied characteristics. The calving season did not influence parameter a, the maximum production (MP) and the persistency measured by the method quoted by P3:1. The age classes did not influence the persistency measurement (P2:1). Yet, the classes of days open did not have any influence on all parameters of the lactation curve, nor on characteristics P2:1 and PM.

Key Words: Holstein cow, lactation curves, gamma function, some herds of the Minas Gerais State

Introdução

O estudo sobre curvas de lactação contribui para melhor entendimento do sistema de produção e auxilia no planejamento da empresa rural, pois permite a previsão da produção em qualquer estádio da lactação, facilitando a previsão de alimentos necessários, a identificação antecipada de animais de maior poten-

cial produtivo, a seleção de machos e fêmeas e a utilização de mais filhas na avaliação de touros.

WOOD (1967) determinou que a produção aumenta rapidamente do parto até o pico e, depois, é seguida por um declínio. Isto é essencialmente uma curva tipo gama, que pode ser expressa pela função $Y_n = an^b e^{(-cn)}$, em que os parâmetros podem ser definidos para qualquer lactação, pelo método dos

¹ Zootecnista, MS, Rua Basileu Estrela, 153, 15150-000, Monte Aprazível - SP.

² Veterinário, MS, Prof. Titular - ESAL - Departamento de Zootecnia.

³ Engº Agrº, MS, Prof. - ESAL - Departamento de Ciências Exatas.

⁴ Engº Agrº, MS, PhD - EMBRAPA - CNPGL.

⁵ Veterinário, MS, PhD, Pós Doctor - EMBRAPA - CNPGL.

quadrados mínimos, e a equação é convertida em $LN(Y_n) = LN a + b LN n - cn$ - que é uma equação de regressão linear múltipla. As novas constantes podem ser submetidas à análise estatística, em que Y_n é a produção diária de leite no período de tempo n ; a , a produção média no inicio da lactação; b , a taxa média de ascensão da produção até atingir o pico; e c , a taxa média de declínio da produção após o pico.

WOOD (1967) definiu o pico de produção como o tempo decorrido entre o início da lactação e a produção máxima. A partir deste ponto, caracterizou a persistência como o grau em que o pico é mantido em relação à taxa de declínio da produção. A partir de seu modelo algébrico teórico, esse autor equacionou a persistência como $LNS = -(b+1) LN c$, em que b e c são parâmetros já definidos anteriormente.

Os primeiros métodos de medidas de persistência foram apresentados por Jonhanson e Hansson, citados por SHIMIZU e HACHINOHE (1983), por meio das relações P2:1 e P3:1, que são as produções respectivas dos segundos e dos terceiros 100 dias de lactação dividida pela produção dos primeiros 100 dias. PEDRAZA e RODRÍGUES (1988) concluíram que a utilização dos métodos de medida de persistências (P2:1 e P3:1) resulta em valores expressos em porcentagem de fácil compreensão.

O momento em que ocorre o pico da produção foi definido por WOOD (1967) como b/c dias após o parto, em que b e c são parâmetros já definidos.

Estudando o comportamento da curva de lactação de vacas holandesas em condições tropicais, RODRIGES (1987) determinou que as mesmas apresentam um pico de produção pouco pronunciado, que ocorre, em geral, por volta da quarta à quinta semana de produção.

A produção máxima no pico é determinada por WOOD (1967) como $Y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$, em que os parâmetros a , b e c são os mesmos já definidos.

Pesquisadores têm estudado fatores de meio ambiente e suas influências sobre a curva de lactação; dentre os quais, DURÃES et al. (1991) concluíram que o ano de parto influiu em todos os parâmetros da curva e em outras características estudadas - o pico e a persistência ($P<0,01$).

O ano de parto afeta significativamente a produção total de leite, a produção inicial, a produção de leite no pico da lactação e a persistência da lactação, segundo QUEIROZ et al. (1991).

A função gama incompleta proporciona bom ajuste para as lactações iniciadas em todas as estações (PAPAJCSIK e BODERO, 1988).

O efeito do período de serviço sobre a curva de lactação é importante; segundo SCHNEEBERGER (1981), vacas que conceberam logo após a parição tiveram curvas de lactação acentuadamente reduzidas e medidas menores de persistência que as de vacas com período de serviço mais longo.

As variações que ocorrem com o avançar da idade das vacas são, principalmente, de caráter fisiológico (QUEIROZ et al., 1991) e proporcionam desempenho máximo com a maturidade do animal.

Outro fator que também influencia a produção total de leite de uma vaca é a duração da lactação. RAO e SUNDERESAN (1982) concluíram que lactações de duração mais longas tiveram as maiores produções, associadas a maiores persistências, do que aquelas com duração mais curta.

Diferenças nos fusos horários podem alterar, por exemplo, a duração do dia, o que interfere diretamente nas atividades reprodutivas ou, indiretamente, por meio de variação estacional no crescimento de forrageiras (WOOD, 1970).

O objetivo do presente trabalho foi analisar o comportamento da produção de leite durante a lactação, por intermédio de uma equação que a representa, proposta por WOOD (1967), além de avaliar efeitos de meio ambiente que exercem possível influência sobre os parâmetros da equação como ano de parto, estação do ano, período de serviço, idade da vaca, duração da lactação e região.

Material e Métodos

Após análise prévia, com objetivo de eliminar informações imprecisas que comprometessem o presente estudo, foram empregados dados de controles leiteiros mensais correspondentes a 2036 lactações de vacas da raça holandesa, provenientes dos registros da Associação de Criadores de Gado Holandês do Estado de Minas Gerais, no período de 1989 a 1991, em 122 rebanhos agrupados em cinco núcleos.

Os efeitos de meio ambiente ficaram distribuídos para análise da seguinte forma: ano de parto 1989, 1990 e 1991; estação de parto - estação seca (maio a outubro) e chuvosa (novembro a abril); idade das vacas, dividida em classes com intervalos de seis meses a partir dos 20 meses, sendo a classe 20 constituída por animais acima de 134 meses; a duração da lactação, dividida em oito classes, sendo estas iguais a: 210 a 244, 245 a 274, 275 a 305, 306 a 335, 336 a 366, 367 a 396, 397 a 427 e 428 a 458 dias; os períodos de serviço, em três classes, sendo 30 a 79,

de 80 a 119, 120 a 365 dias; e os núcleos, correspondentes à cinco regiões: Juiz de Fora, Lavras, Carmo do Rio Claro, Barbacena e Patrocínio.

Foi utilizada a expressão algébrica $Y_n = an^b e^{(cn)}$ proposta por WOOD (1967) para descrever a curva de lactação, em que Y_n é a produção diária de leite, no período de tempo n ; a , a base dos logaritmos neperianos; a , b e c , parâmetros da curva de lactação, uma vez que (a) constitui a produção média no início da lactação, (b) determina a taxa média de ascensão da produção até atingir o pico da produção e (c) caracteriza a taxa média de declínio da produção após o pico.

Para se estimar os parâmetros da curva de lactação, foi utilizado o método dos quadrados mínimos, com a equação gama incompleta, linearizado por transformação logarítmica, isto é: $\ln Y_n = A + b \ln n - cn$, em que $A = \ln a$ por intermédio do PROC REG do STATYSTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS 1989). Após o cálculo dos parâmetros A , b e c , foram excluídas 18% das lactações, contendo parâmetro b negativo. Segundo a literatura consultada, estes determinam curvas atípicas. Em seguida, realizou-se a análise de variância.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijklmn} = \mu + AP_i + EP_j + CI_k + DL_l + PS_m + NU_n + e_{ijklmn}$$

em que

Y_{ijklmn} = observação (dos parâmetros, A produção média no início da lactação, b taxa média de ascensão da produção até atingir o pico, c taxa média de declínio da produção após atingir o pico, e características pico N = b/c, produção máxima $Y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$, persistência $LNS = -(b+1) \ln c$, P2:1 e P3:1 que são as produções respectivas dos segundos e dos terceiros 100 dias de lactação divididas pelas produções dos 100 primeiros dias).

μ = média geral.

AP_i = efeito fixo do ano de parto ($i = 1989, \dots, 1991$).

EP_j = efeito fixo da estação de parto ($j = 1, \dots, 20$).

CI_k = efeito fixo da classe de idade ($k = 1, \dots, 20$).

DL_l = efeito fixo da classe de duração da lactação ($l = 1, \dots, 8$).

PS_m = efeito fixo da classe de período de serviço ($m = 1, \dots, 3$).

NU_n = efeito fixo do núcleo ($n = 1, \dots, 4$).

e_{ijklmn} = erro associado a cada observação com média zero e variância σ_e^2 .

TABELA 1 - Resumo das análises de variância dos parâmetros A, b e c das curvas de lactação e do pico (P)
TABLE 1 - Summary of the analyses of variance of the parameters A, b and c of the lactation curves and the peak (P)

Fonte de variação Source of variation	GL DF	Quadrado médio e nível de significância (N/S) Mean square and significance level (S/L)							
		A	N/S S/L	b	N/S S/L	c	N/S S/L	P	N/S S/L
Ano de parto <i>Year of calving</i>	2	1,4228	0,0001	1,0587	0,0001	0,1554	0,0001	5,2178	0,0001
Estação do ano <i>Calving season</i>	1	0,1961	0,0685	1,2450	0,0001	0,1261	0,0001	5,9945	0,0026
Período de serviço <i>Days open</i>	2	0,1136	0,1476	0,0788	0,2794	0,0178	0,0811	3,3613	0,0062
Idade <i>Age</i>	19	0,9483	0,0001	0,2175	0,0001	0,0489	0,0001	1,4552	0,0019
Duração da lactação <i>Lactation period</i>	7	0,2867	0,0001	0,7660	0,0001	0,3602	0,0001	5,0176	0,0001
Núcleo <i>Region</i>	4	2,6520	0,0001	0,6781	0,0001	0,1274	0,0001	5,4053	0,0001
Erro <i>Error</i>	2035	0,0683		0,0617		0,0071		0,6590	
R ² ¹		0,1851		0,1101		0,2441		0,0740	
CV(%) ²		8,1340		69,4847		-45,5265		44,8858	

¹ R² = Coeficiente de determinação - (Determination coefficient).

² CV = Coeficiente de variação - (Coefficient of variation).

A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak.

TABELA 2 - Resumo das análises de variância das características de persistência (LN S), (P2:1) e (P3:1) e produção máxima (PM)
 TABLE 2 - Summary of the analyses of variance of the characteristics of persistency (LN S); (P2:1) and (P3:1), maximum yield (MY)

Fonte de variação Source of variation	GL DF	Quadrado médio e nível de significância (N/S) Mean square and of significance level (S/L)							
		LNS S/L	N/S S/L	P2:1 S/L	N/S S/L	P3:1 S/L	N/S S/L	P/M M/Y	N/S S/L
Ano de parto <i>Year of calving</i>	2	2,0114	0,0001	0,3768	0,0001	1,1804	0,0001	536,7896	0,0001
Estação do ano <i>Calving season</i>	1	1,1156	0,0014	0,1471	0,0089	0,1157	0,1741	106,5674	0,0501
Período de serviço <i>Days open</i>	2	0,5544	0,0064	0,1375	0,0017	0,4052	0,0016	79,1092	0,0546
Idade <i>Age</i>	19	1,1740	0,0001	0,0128	0,9081	0,2670	0,0001	344,9543	0,0001
Duração da lactação <i>Lactation period</i>	7	7,7274	0,0001	0,1950	0,0001	0,4683	0,0001	515,7916	0,0001
Núcleo <i>Region</i>	4	2,9571	0,0001	0,2659	0,0001	0,7381	0,0001	1283,2807	0,0001
Erro <i>Error</i>	2035	0,01095		0,0214		0,0658		27,1607	
R ² ¹¹		0,3185		0,0843		0,0923		0,2275	
CV (%) ¹²		14,0907		16,6549		40,7783		22,2828	

¹¹ R² = Coeficiente de determinação - Coefficient of determination.

¹² CV = Coeficiente de variação - Coefficient of variation.

Persistência (LN S) = -(b+1)LNc, P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção obtida durante os primeiros 100 dias e P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção obtida durante os primeiros 100 dias.

Persistência (LNS)=-(b+1)LNc, P2:1 - proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a yield percentage obtained during the first 100 days; P3:1 - proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of the yield obtained during the first 100 days.

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância dos parâmetros e características das curvas de lactação encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Verifica-se pelos níveis de significância (N/S) que os anos de parto, as classes de duração da lactação e os núcleos influenciaram todos os parâmetros e características estudadas. A estação do ano não influenciou o parâmetro A, a persistência (P3:1) e a produção máxima (PM). As classes de

idade não exerceram influência sobre a medida de persistência (P2:1). As classes de período de serviço não atuaram sobre todos os parâmetros da curvas de lactação, nem sobre a característica produção máxima (PM).

Pelos resultados observa-se que o ano de parto influenciou significativamente todos os parâmetros da curva de lactação média, além de outras características estudadas, como o momento em que ocorre o pico de produção, a produção máxima no momento

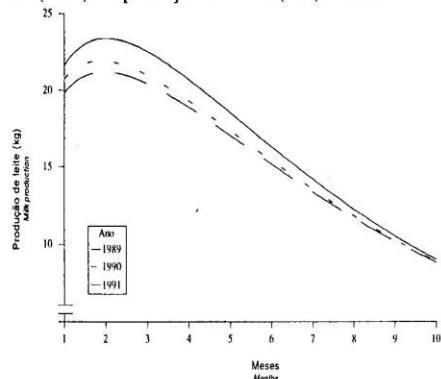


FIGURA 1 - Curvas de lactação de vacas holandesas paridas nos anos de 1989, 1990 e 1991.

FIGURE 1 - Lactation curves of Holstein cows, calved in the years 1989, 1990 and 1991.

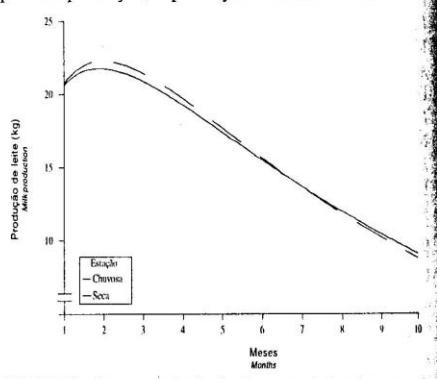


FIGURA 2 - Curvas de lactação de vacas holandesas paridas na estação chuvosa e vacas paridas na estação seca.

FIGURE 2 - Lactation curves of Holstein cows, calved in dry and rainy seasons.

TABELA 3 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), persistência (LN S), (P2:1) e (P3:1) e produção máxima (PM)
 TABLE 3 - Mean values for the parameters of the incomplete gama function and for the characteristics of the peak (P), persistency (LN S), (P2:1), (P3:1), and maximum yield (MY)

Ano de parto Year of calving	Média ¹ Mean							
	A	b	c	P	LN S	P2:1	P3:1	PM
1989	3,27 a	0,40 a	-0,20 b	1,88 a	2,32 b	0,88 b	0,56 b	24,71 a
1990	3,21 b	0,35 b	-0,18 a	1,75 b	2,33 b	0,86 c	0,62 a	23,24 b
1991	3,16 c	0,34 b	-0,18 a	1,88 a	2,39 a	0,91 a	0,64 a	22,54 b
DMS ²	0,0368	0,035	0,0119	0,1144	0,0466	0,0206	0,0353	0,7345

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Means, in a column, followed by different letters differ ($P<0,05$) by Tukey test.

² Diferença mínima significativa. Minimum significant difference.

A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

Persistência (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias; P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate

of the yield fall after it reached the peak.

Persistency (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving, as a percentage milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of the milk yield obtained during the first 100 days.

TABELA 4 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), persistência (LN S), (P2:1) e (P3:1) e produção máxima (PM) de acordo com as estações do ano estudadas
 TABLE 4 - Mean values for the parameters of the incomplete gama function and for the characteristics of peak (P), persistency (LN S), (P2:1), (P3:1) and maximum yield (MY), according to the studied calving seasons

Estação do ano Calving season	Média ¹ Mean							
	A	b	c	P	LN S	P2:1	P3:1	PM
Seca (Dry)	3,22 a	0,38 a	-0,19 b	1,85 a	2,31 b	0,86 b	0,60 a	23,59 a
Chuvosa (Rainy)	3,20 a	0,33 b	-0,17 a	1,76 b	2,38 a	0,89 a	0,62 a	23,16 a
DMS ²	0,0227	0,0216	0,0078	0,0706	0,0288	0,0127	0,0218	0,4534

¹ Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Means followed by different letters in the columns differ ($P<0,05$) by the Tukey's test.

² Diferença mínima significativa. Minimum significant difference.

A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

Persistência (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias e P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate

of the yield fall after it reached the peak.

Persistency (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of the milk yield obtained during the first 100 days.

do pico e os índices de persistência. Estes resultados concordam com os descritos por DURÃES et al. (1991) e QUEIROZ et al. (1991).

Analizando as curvas de lactação para as duas estações estudadas, por meio da Figura 2, pode-se observar que as vacas que pariram na estação chuvosa, embora com produções iniciais menores, igualaram-se às paridas na estação seca a partir do sexto

seca a partir do sétimo mês da lactação. As diferenças das curvas determinadas pela estacionalidade, provavelmente em sua maior parte, ocorreram em função do crescimento distinto de forrageiras nas duas estações.

As produções máximas maiores para vacas paridas na estação seca, provavelmente, são em virtude da suplementação nutricional, tendo em vista a escassez de forrageiras nesta época. Por outro lado, na estação

TABELA 5 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), persistência (LN S), (P2:1), (P3:1) e produção máxima (PM) de acordo com os diferentes períodos de serviço estudados

TABLE 5 - Mean values for the parameters of the incomplete gamma function and for the characteristics of peak (P), persistency (LN S), (P2:1), (P3:1), and maximum yield (MY) according to the different studied days open

Período de serviço Days open	Média ¹ Mean							PM
	A	b	c	P	LN S	P2:1	P3:1	
30 a 79	3,20 a	0,38 a	-0,20 c	1,78 a	2,26 c	0,87 a	0,59 a	22,72 b
80 a 119	3,20 a	0,37 a	-0,19 b	1,82 a	2,32 b	0,88 a	0,62 a	22,98 b
120 a 365	3,23 a	0,32 b	-0,17 a	1,81 a	2,41 a	0,87 a	0,61 a	24,12 a
DMS ²	0,0339	0,0336	0,0114	0,1098	0,0429	0,019	0,0324	0,6748

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Means, in a column, followed by different letters differ ($P<.05$) by Tukey test.

² Diferença mínima significativa. Minimum significant difference.
A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.
Persistência (LN S) = $(b+1)LNc$; P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias; P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak.

Persistency (LN S) = $(b+1)LNc$; P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days.

TABELA 6 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), de acordo com as idades estudadas

TABLE 6 - Mean values for the parameters of the incomplete gamma function and for the characteristics of peak (P), according to the studied ages

Classes de idade (meses)	Média ¹ Mean			
	A	b	c	P
20 a 25	3,0679 bc	0,3826 a	-0,1646abc	2,1794 a
26 a 31	3,0748 bc	0,3073 a	0,1474 a	1,9713 a
32 a 37	3,0502 c	0,3294 a	-0,1593 ab	1,9736 a
38 a 43	3,1861 abc	0,3054 a	-0,1729 abc	1,6020 a
44 a 49	3,2556 ab	0,3407 a	-0,1832 abc	1,7269 a
50 a 55	3,2546 ab	0,3858 a	-0,1993 abc	1,8309 a
56 a 61	3,2821 a	0,3633 a	-0,1890 abc	1,7894 a
62 a 67	3,2568 ab	0,4221 a	-0,2095 abc	1,8585 a
68 a 73	3,3123 a	0,3434 a	-0,1848 abc	1,7664 a
74 a 79	3,2607 ab	0,3700 a	-0,1933 abc	1,7182 a
80 a 85	3,3057 a	0,4060 a	-0,2153 bc	1,8111 a
86 a 91	3,2837 a	0,4078 a	-0,2043 abc	1,8511 a
92 a 97	3,2482 abc	0,3367 a	-0,1894 abc	1,6904 a
98 a 103	3,2432 abc	0,4352 a	-0,2160 bc	1,9666 a
104 a 109	3,1411 abc	0,3467 a	-0,1929 abc	1,5608 a
110 a 115	3,1569 abc	0,3316 a	-0,1801 abc	1,7333 a
116 a 121	3,2342 abc	0,4313 a	-0,2151 bc	1,9913 a
122 a 127	3,2493 abc	0,4480 a	-0,2250 c	1,9191 a
128 a 133	3,3310 a	0,3041 a	-0,1707 abc	1,6777 a
134 ou mais	3,0671 bc	0,4366 a	-0,2167 bc	1,8994 a
DMS ²	0,2	0,1901	0,0645	0,621

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Means, in a column, followed by different letters differ ($P<.05$) by Tukey test.

² Diferença mínima significativa. Minimum significant difference.
A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; e c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak.

TABELA 7 - Valores médios para as características de persistência (LNS), (P2:1), (P3:1) e produção máxima (PM)

TABLE 7 - Mean values for the characteristics of persistency (LNS), (P2:1), (P3:1) and maximum yield (MY)

Classe de idade (meses) Class of age (months)	LNS	P2:1	P3:1	Média ¹ Mean	
				PM	PM
20 a 25	2,5238 abc	0,8888 a	0,7408 a	21,668 abcde	
26 a 31	2,5620 a	0,9040 a	0,6766 ab	20,896 cde	
32 a 37	2,5304 ab	0,8948 a	0,6617 ab	20,420 e	
b 38 a 43	2,3513 abcd	0,8824 a	0,6339 ab	22,515 abcde	
b 44 a 49	2,3348 abcd	0,8780 a	0,6345 ab	24,039 abcde	
a 50 a 55	2,2917 bcd	0,8696 a	0,5871 abc	24,014 abcde	
56 a 61	2,3095 abcd	0,8851 a	0,6151 ab	24,800 abc	
62 a 67	2,2632 d	0,8918 a	0,5876 abc	24,181 abcde	
68 a 73	2,3213 abcd	0,8716 a	0,5856 abc	25,581 a	
74 a 79	2,3119 abcd	0,8624 a	0,5893 abc	24,425 abcd	
80 a 85	2,2026 d	0,8646 a	0,5223 bc	24,921 ab	
86 a 91	2,2615 d	0,8684 a	0,5715 abc	24,814 abc	
92 a 97	2,2664 d	0,8686 a	0,5796 abc	23,522 abcde	
98 a 103	2,2431 d	0,8511 a	0,5805 abc	24,158 abcde	
104 a 109	2,2848 bcd	0,8339 a	0,6616 ab	21,405 bcde	
110 a 115	2,3090 abcd	0,8339 a	0,6243 ab	22,564 abcde	
116 a 121	2,2518 d	0,8826 a	0,5962 abc	23,697 abcde	
122 a 127	2,2029 d	0,8589 a	0,4168 c	23,669 abcde	
128 a 133	2,3527 abcd	0,8921 a	0,5532 abc	25,459 a	
134 ou mais	2,2718 cd	0,8783 a	0,5749 abc	20,507 de	
DMS ²	0,2532	0,112	0,193		3,9867

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.Means, in a column, followed by different letters differ ($P<0,05$) by Tukey test.Persistência (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias; P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção leite obtida durante os primeiros 100 dias.Persistency (LNS)= $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days.

TABELA 8 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), persistência (LNS), (P2:1), (P3:1) e produção máxima (PM) de acordo com as diferentes durações de lactação estudadas

TABLE 8 - Mean values for the parameters of the incomplete gamma function for the characteristics of peak(P), persistency(LNS), (P2:1) e (P3:1), and maximum yield (MY) according to the different studied lactation period

Duração da lactação (dias) Lactation period (days)	Média ¹ Mean							
	A	b	c	P	S	P2:1	P3:1	PM
210 a 244	3,14 c	0,49 a	-0,28 f	1,64 c	1,95 f	0,81 b	0,66 ab	20,35 e
245 a 274	3,17 bc	0,42 ab	-0,22 e	1,73 bc	2,15 e	0,86 ab	0,64 ab	21,73 de
275 a 305	3,21 abc	0,34 bc	-0,18 d	1,73 bc	2,31 d	0,87 ab	0,59 ab	23,00 d
306 a 355	3,23 abc	0,33 bc	-0,17 cd	1,79 bc	2,39 cd	0,87 ab	0,57 b	24,07 cb
356 a 366	3,22 abc	0,32 cd	-0,15 bcd	1,95 abc	2,50 cb	0,89 a	0,59 ab	24,29 bc
367 a 396	3,24 ab	0,30 cd	-0,13 abc	2,02 ab	2,60 ab	0,92 a	0,67 a	25,40 ab
397 a 427	3,28 a	0,31 cd	-0,14 ab	2,15 a	2,65 a	0,92 a	0,66 ab	26,74 a
428 a 458	3,23 abc	0,22 d	-0,11 a	1,74 bc	2,70 a	0,87 ab	0,66 ab	25,67 ab
DMS ²	0,1032	0,0981	0,0333	0,3966	0,1307	0,0578	0,0988	2,0575

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.Means, in a column, followed by different letters differ ($P<0,05$) by Tukey test.

2 Diferença mínima significativa (Minimum significant difference). A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

Persistência (LN S) = $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias e P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção leite obtida durante os primeiros 100 dias.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak.

Persistency (LNS)= $-(b+1)LNc$, P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days.

TABELA 9 - Valores médios para os parâmetros da função gama incompleta e para as características de pico (P), persistência (LNS), (P2:1), (P3:1) e produção máxima (PM) de acordo com as diferentes regiões estudadas
 TABLE 9 - Means values for the parameters of the incomplete gamma function and for the characteristics of peak (P), persistency (LNS), (P2:1), (P3:1), and maximum yield (PM) according to the different studied regions

Região Region	Média ¹ Mean							
	A	b	c	P	S	P2:1	P3:1	PM
Juiz de Fora	3,18b	0,32b	-0,17a	1,77b	2,39b	0,87bc	0,64ab	22,90b
Lavras	3,19b	0,35ab	-0,19b	1,73b	2,29cd	0,86c	0,59b	22,45b
Carmo do Rio Claro	3,32a	0,40a	-0,19b	1,97a	2,32bc	0,91ab	0,57c	26,17a
Barbacena	3,22b	0,36ab	-0,20b	1,66b	2,23d	0,85c	0,57c	23,35b
Patrocínio	3,06c	0,36ab	-0,16a	2,00a	2,53a	0,92a	0,67a	21,28c
DMS ²	0,061	0,058	0,0197	0,1893	0,0772	0,0341	0,0583	1,2152

¹ Médias, na coluna, seguidas por letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste Tukey.
 Means, in a column, followed by different letters differ ($P<.05$) by Tukey test.

² Diferença mínima significativa. Minimum significant difference

A - Constante associada à produção média no início da lactação; b - Taxa média de ascensão da produção até atingir a produção máxima; c - Taxa média de declínio da produção após atingir o pico.

Persistência (LN S) = $-(b+1)LNc$; P2:1 - Proporção da produção de leite do segundo período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias e P3:1 - Proporção da produção de leite do terceiro período de 100 dias depois do parto, em porcentagem da produção de leite obtida durante os primeiros 100 dias.

A - Constant associated with the average yield at the beginning of lactation; b - average rate of the yield rising until it reaches the maximum yield; c - average rate of the yield fall after it reached the peak.

Persistency(LNS)= $-(b+1)LNc$; P2:1 - Proportion of the milk yield of the latter one-hundred-day period after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days; P3:1 - Proportion of the milk yield of the third period of 100 days after calving as a percentage of milk yield obtained during the first 100 days.

necessidades dos animais podem não ser supridas pelas pastagens; isto já não ocorre na segunda fase da lactação, o que, provavelmente, explica as melhores persistências para animais paridos na estação chuvosa.

Estes resultados concordam com os obtidos por COSTA et al. (1982), que encontraram maiores variações na porção inicial das curvas para estações de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro, outubro a dezembro em estudo de vacas holandesas, da Zona metalúrgica do Estado de Minas Gerais.

Também SCHNEEBERGER (1981) e QUEIROZ et al. (1991) encontraram para vacas paridas durante a estação seca aumento mais acentuado de produção no início da lactação e declínio mais brusco no final

do que vacas que pariram na estação chuvosa.

As curvas de lactação para diferentes classes de período de serviço são apresentadas na Figura 3, em que se pode verificar uma produção inicial maior para animais de classe de período de serviço entre 120 a 365 dias, associada ainda a picos mais altos e à maior persistência. No entanto, animais com período de serviço menor, entre 30 e 79 dias, apresentaram de modo geral produções mais baixas.

Animais que conceberam logo após o parto tiveram, em média, produções iniciais menores, associadas a menores persistências; consequentemente, menores produções. Esta variável exerce influências sobre a produção por meio das alterações fisiológicas que ocorrem nos animais por ocasião da gestação. Os resultados obtidos estão de acordo com SCHNEEBERGER (1981) e DURÃES et al. (1991), os quais determinaram que animais com período de serviço menores apresentaram menores produções iniciais e menores persistências.

As curvas de lactação para diferentes classes de idade avaliadas estão apresentadas na Figura 4, em que se pode verificar que animais em classes de idade mais baixas de 20 a 37 meses (Figura 4A), ou animais em classes mais elevadas, 134 ou mais (Figura 4D), apresentam, em média, curvas com produção inicial menor e produção mais baixa no pico, quando comparados a animais pertencentes a classes de idade intermediárias de 38 a 133 meses (Figuras 4A, 4B, 4C e 4D).

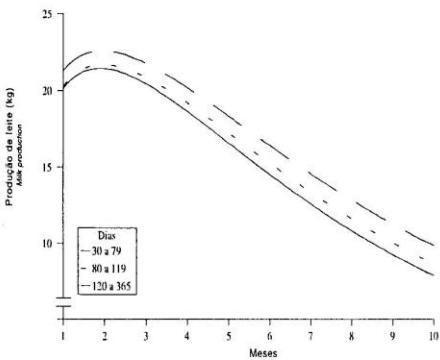


FIGURA 3 - Curvas de lactação de vacas holandesas, em diferentes classes de período de serviço.
 FIGURE 3 - Lactation curves of Holstein cows, in different class of the days open.

R.Bras.Zootec.

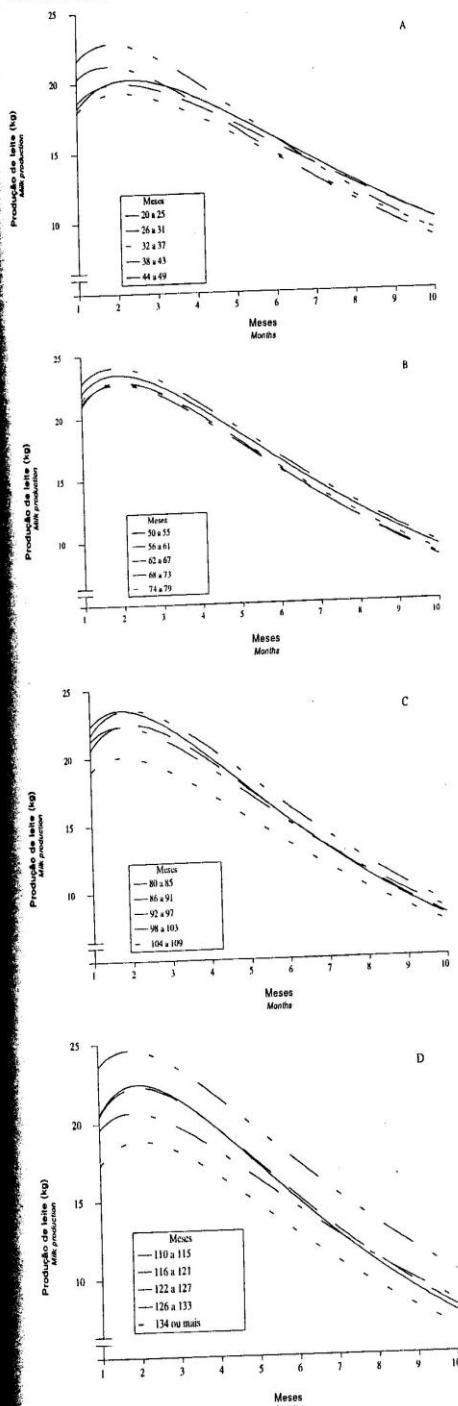


FIGURA 4 - Curvas de lactação de vacas holandesas paridas em diferentes classes de idade, A de 20 a 49 meses, B de 50 a 79 meses, C de 80 a 109 e D de 110 a 134 ou mais meses.

FIGURE 4 - Lactation curves of Holstein cows calved in different class of age, A from 20 to 49 months, B from 50 to 79 months, C from 80 to 109 and D from 110 to 134 or further months

Observa-se que vacas mais jovens apresentam menores níveis de produção ao longo do período de lactação, com decréscimos menores que garantem uma persistência mais elevada. No entanto, com o avançar da idade e consequente maturidade fisiológica dos animais, melhores desempenhos são alcançados. Estes resultados estão de acordo com COSTA et al. (1982) e QUEIROZ et al. (1991).

As curvas de lactação para diferentes classes de duração da lactação estão na Figura 4, em que se verifica que animais com duração da lactação entre 210 a 244 dias apresentaram produções iniciais menores e declínios de produção maiores, quando comparados a animais de classes de duração da lactação maiores, que normalmente apresentam produções iniciais maiores, picos de produções mais elevados e maiores persistências. O pico de produção (Figura 5) ocorreu entre 1,6 a 2,1 meses, sendo que animais com duração de lactação menores apresentaram pico mais cedo e menor persistência. Estes resultados concordam com os encontrados por RAO E SUNDERESAN

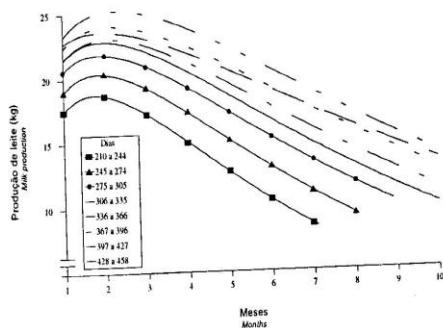


FIGURA 5 - Curvas de lactação de vacas holandesas com diferentes classes de duração da lactação.

FIGURE 5 - Lactation curves of Holstein cows with different class of lactation periods.

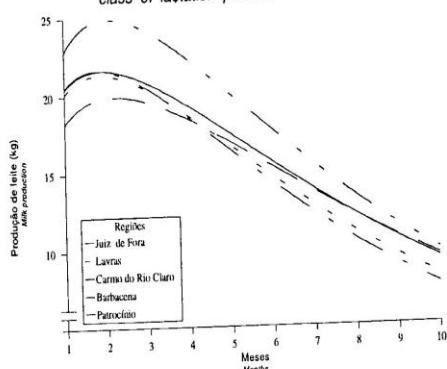


FIGURA 6 - Curvas de lactação de vacas holandesas paridas nas diferentes regiões estudadas.

FIGURE 6 - Lactation curves of Holstein cows, calved in the different studied regions.

(1980) e por DURÃES et al. (1991).

Curvas de lactação para diferentes regiões estudadas são apresentadas na Figura 6, em que se pode verificar que animais pertencentes à região de Carmo do Rio Claro apresentaram maior produção inicial média, associada a maior pico e melhores produções ao fim da lactação, quando comparada às outras regiões estudadas.

Pode-se verificar ainda que a região de Patrocínio apresentou a menor produção média inicial e pico menos elevado, porém teve produção média final superior a de animais pertencentes às regiões de Lavras, Barbacena e Juiz de Fora.

O Estado de Minas Gerais apresenta vasta área geográfica, com características estacionais distintas, que determinam características específicas para cada região, diferenciando o manejo, que pode ser responsável pelas produções leiteiras próprias para cada região. Resultados semelhantes foram discutidos, em outros países, por WOOD (1970) e MAINLAND (1985).

Conclusões

A forma da curva de lactação foi afetada pelo ano de parto, pela duração da lactação e pelos núcleos ou regiões.

A estação de ano não influenciou o parâmetro (A), a persistência (P3:1) e a produção máxima (PM).

A idade não exerceu influência sobre a persistência (P2:1).

O período de serviço não influenciou os parâmetros A, b e c e a produção máxima (PM).

Os picos de produção ocorreram, em média, entre 1,5 a 2,1 meses de lactação.

Referências Bibliográficas

- COSTA, C.N., MILAGRES, J.C., CASTRO, A.C.G., GARCIA, J.A. Efeito da estação e idade ao parto sobre a curva de lactação de vacas da raça holandesa. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.11, n.2, p.320-330, 1982.
- DURÃES, M.C., TEIXEIRA, N.M., FREITAS, A.F. de. Curvas de lactação de vacas da raça holandesa mantidas em confinamento total. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.43, n.5, p.447-458, out., 1991.
- MAINLAND, D.D. A note on lactation curves of dairy cows in Scotland. *Anim. Prod.*, v.41, p.413-416, 1985.
- PAPAJCSIK, I.A., BODERO, J. Modelling lactation curves of friesian cows in a subtropical climate. *Anim. Prod.*, v.47, p.47, p.201-207, 1988.
- PEDRAZA, C.G., RODRÍGUEZ, S. Nuevo índice para medir la declinación o la persistencia de la curva de leche. *Agic. Téc.*, v.48, n.4, p.341-344, 1988.
- QUEIROZ, S.A. de, FREITAS, M.A.R. de., LÔBO, R.B.; ALBUQUERQUER, L.G. de. Fatores genéticos e de ambiente que influenciam os componentes de curva de lactação de bovinos da raça holandesa. *Arq. Bras. Vet. Zootec.*, v.43, n.4, p.357-370, ago., 1991.
- RAO, M.K., SUNDARESAN, D. Factors affecting the shape of lactation curve in friesian x sahiwal crossbred cows. *Indian J. Dairy Sci.*, v.35, n.2, p.160-166, 1982.
- RODRIGUEZ, R. Comportamiento de la curva de lactancia de vacas holstein en condiciones tropicales. *R. Cub. Reprod. Anim.*, v.13, n.2, p.103-111, 1987.
- SAS/STAT user's guide. version,6. 4. ed. Cary: SAS Institute, 1989. v.1, 943p.
- SCHNEEBERGER, M. Inheritance of lactation curve in Swiss brown cattle. *J. Dairy. Sci.*, v.64, n.3, p.475-483, 1981.
- SHIMIZU, H., HACHINOHE, Y. Trends of Variation in some measures of lactation curves among lactations and calving seasons in dairy cows. *J. Fac. Agric.*, v.61, p.315-322, 1983.
- WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, v.216, n.14, p.164-165, 1967.
- WOOD, P.D.P. The relationship between the month of calving and milk production. *Anim. Prod.*, v.12, p.253-259, 1970

Recebido em: 18/05/95

Aceito em: 20/08/97