

**EFEITOS NÃO GENÉTICOS NOS
PARÂMETROS DO MODELO DE
MICHAELIS-MENTEN GENERALIZADO
PARA CURVAS DE LACTAÇÃO**

MARY ANA PETERSEN RODRIGUEZ

2009

MARY ANA PETERSEN RODRIGUEZ

**EFEITOS NÃO GENÉTICOS NOS PARÂMETROS DO
MODELO DE MICHAELIS-MENTEN GENERALIZADO PARA
CURVAS DE LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rodriguez, Mary Ana Petersen.

Efeitos não genéticos nos parâmetros do modelo de Michaelis-Menten generalizado para curvas de lactação / Mary Ana Petersen Rodriguez. – Lavras : UFLA, 2009.

56 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Tarcisio de Moraes Gonçalves.

Bibliografia.

1. Projeção da lactação. 2. Fatores de meio. 3. Persistência da lactação. 4. Pico de produção. 5. Avaliação genética. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.2142

MARY ANA PETERSEN RODRIGUEZ

**EFEITOS NÃO GENÉTICOS NOS PARÂMETROS DO
MODELO DE MICHAELIS-MENTEN GENERALIZADO PARA
CURVAS DE LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de julho de 2009

Prof. José Camisão de Souza	UFLA
Prof. Julio Silvio de Sousa Bueno Filho	UFLA
Prof. Antonio Ilson Gomes de Oliveira	UFLA
Prof. Marcos Aurélio Lopes	UFLA

Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, por iluminar cada dia da minha vida, por estar sempre ao meu lado, dando-me forças e abrindo portas para que meus sonhos se concretizassem.

Ao meu pai, Dijalma (*in memoriam*), pela presença constante em meu coração e pelos ensinamentos que carrego sempre comigo.

A minha mãe, Lúcia, por tudo que me ensinou, pelo carinho, esforço, dedicação e apoio constante na busca dos meus sonhos.

OFEREÇO

Ao meu irmão Dijalma, pela amizade e afeto.
Ao Bily, Sarah, Léo e Gabi, pela companhia e carinho incondicional.
Aos meus amigos que estiveram presentes em todos os momentos.

DEDICO

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado força, determinação, paciência e saúde, para que mais esta etapa da minha vida se concretizasse.

Aos meus pais, Maria Lucia Petersen Rodriguez e Dijalma Ribeiro Rodriguez (*in memoriam*), pela formação que me deram, transformando-me em uma pessoa de princípios e batalhadora.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Tarcisio de Moraes Gonçalves, pela orientação, amizade, respeito e confiança, desde a graduação.

Aos membros da banca examinadora, professores José Camisão de Souza, Julio Silvio de Sousa Bueno Filho e Antonio Ilson Gomes de Oliveira, pela participação e contribuições para o engrandecimento deste trabalho.

Aos amigos de pós-graduação, Jairo Azevedo Junior, Marcos Aurélio Lopes e Vivian Dagnesi Timpani, pelo apoio e colaboração neste trabalho.

As minhas amigas Renata Ribeiro Alvarenga, Valéria Vânia Rodrigues e Thais Giovannini Pellegrini, pelo convívio, amizade e por, nas horas mais difíceis, me darem forças para continuar.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia.

Aos proprietários da Fazenda Limeira, por fornecerem os dados utilizados e tornarem possível a realização deste trabalho.

A todos os familiares, amigos e aqueles que, de certa forma, contribuíram para que mais este objetivo fosse alcançado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Curva de lactação.....	3
2.2 Características que determinam a forma da curva de lactação.....	5
2.2.1 Persistência da lactação.....	5
2.2.1.1 Relação entre persistência na lactação e algumas características importantes na atividade leiteira.....	5
2.2.2 Pico de lactação.....	7
2.3 Fatores que influenciam a forma da curva de lactação e/ou a produção total.....	9
2.3.1 Ordem de parição e/ou idade da vaca.....	9
2.3.2 Estação de parição.....	11
2.4 Funções utilizadas para o estudo do ajuste de curvas de lactação.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Características geográficas do sistema de produção.....	16
3.2 Descrição dos dados.....	17
3.3 Função utilizada para ajustamento da curva de lactação.....	18
3.4 Estimativa dos parâmetros.....	20
3.5 Critérios utilizados para escolha do melhor ajuste.....	20
3.5.1 Coeficiente de determinação ajustado.....	20
3.5.2 Teste ou Estatística de Durbin-Watson.....	20
3.5.3 Erro padrão residual estimado.....	22
3.6 Estudo da influência dos fatores de meio ambiente.....	22

3.7 Obtenção de fatores multiplicativos para produções acumuladas diariamente.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Fatores multiplicativos para produções acumuladas diariamente.....	45
5 CONCLUSÃO.....	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 Média das temperaturas máximas, média das temperaturas mínimas, média da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, em função do ano, no período de 2002 a 2008, na estação meteorológica de Lavras.....17
- TABELA 2 Número de lactações (**N**), médias do teste de Durbin-Watson (**DW**), do coeficiente de determinação ajustado (**R_a²**) e do erro padrão residual estimado (**EPRE**), de vacas da raça Holandesa com ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , paridas nas estações 1 (águas) e 2 (seca).....24
- TABELA 3 Estimativas das médias da produção em 305 dias (**Y₃₀₅**), do ponto de inflexão (**n**) e da persistência da lactação (**h**) e os seus respectivos limites inferior (**Li**) e superior (**Ls**) do intervalo de confiança de 95%, para vacas da raça Holandesa, em diferentes ordens (**OP**) e estações de parição (águas e seca).....25
- TABELA 4 Resumo da análise de variância das estimativas dos parâmetros da curva de lactação (**h**, **n**, **Y₃₀₅**) e de **Y_m** e **t_m**.....26
- TABELA 5 Médias ajustadas e respectivos erros padrões para **h**, **n**, **Y₃₀₅**, **Y_m** e **t_m** para vacas da raça Holandesa, paridas nas estações das águas (1) e da seca (2).....27
- TABELA 6 Médias ajustadas e respectivos erros padrões para **h**, **n**, **Y₃₀₅**, **Y_m** e **t_m** em vacas da raça Holandesa, em diferentes ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4).....34
- TABELA 7 Número de lactações (**N**) e médias dos parâmetros biológicos da função (**Y₃₀₅**, **n**, **h**, **Y_m** e **t_m**) para vacas da raça Holandesa com ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , paridas nas estações 1 (águas) e 2 (seca).....40

TABELA 8 Fatores multiplicativos para a estimativa da produção acumulada em 305 dias de lactação, para a estação das águas e ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4).....46

TABELA 9 Fatores multiplicativos para a estimativa da produção acumulada em 305 dias de lactação, para a estação seca e ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4).....47

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Curva de lactação diária de vacas da raça Holandesa paridas na estação das águas (■) e da seca (—).....28
- FIGURA 2 Produção acumulada de vacas da raça Holandesa paridas na estação das águas (■) e da seca (—).....30
- FIGURA 3 Incrementos diários das produções acumuladas referentes às estações das águas (■) e da seca (—).....31
- FIGURA 4 Curvas de lactação diárias de vacas da raça Holandesa de ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□).....35
- FIGURA 5 Produção acumulada de vacas da raça Holandesa de ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□).....36
- FIGURA 6 Incrementos diários das produções acumuladas referentes as ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□).....37
- FIGURA 7 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 1, paridas nas estações das águas (■) e da seca (—).....41
- FIGURA 8 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição ≥ 4 , paridas nas estações das águas (■) e da seca (—).....42
- FIGURA 9 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 2, paridas nas estações das águas (■) e da seca (—).....42
- FIGURA 10 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 3, paridas nas estações das águas (■) e da seca (—).....43
- FIGURA 11 Curvas de lactação diárias de vacas com ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□), paridas na estação 1 (águas).....44

FIGURA 12 Curvas de lactação diárias de vacas com ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□), paridas na estação 2 (seca).....45

RESUMO

RODRIGUEZ, Mary Ana Petersen. **Efeitos não genéticos nos parâmetros do modelo de Michaelis-Menten generalizado para curvas de lactação.** 2009. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de fazer uma descrição biológica detalhada das curvas de lactação de vacas de um rebanho da raça Holandesa, em função dos fatores de meio ambiente. Foram utilizadas 759 lactações de 387 vacas com partos ocorridos nos anos de 2002 a 2008. A função generalizada de Michaelis-Menten foi ajustada para estação (águas e seca) e ordem de parição (OPs 1, 2, 3 e ≥ 4). Os valores do teste de Durbin-Watson (**DW**) foram próximos de dois, os coeficiente de determinação ajustado (**R_a²**) variaram de 0,5921 a 0,7813 e os erros padrões residuais estimados (**EPRE**) variaram de 2,6919 a 3,6954. Dessa forma, observou-se bom ajuste da função. Nas duas estações de parição, as produções em 305 dias (**Y₃₀₅**) foram semelhantes. Verificaram-se maior pico de produção (**Y_m**), menor persistência da lactação (**h**) e menor tempo de ocorrência do pico (**t_m**) para vacas paridas na seca. A **Y₃₀₅** de vacas nas OP1 e OP ≥ 4 foram iguais, sendo o valor de **h** de vacas na OP1 maior. Para as OPs 2 e 3, os animais apresentaram mesma **Y₃₀₅** e formato das curvas semelhantes (mesmos valores de **h**, **Y_m** e **t_m**). Somente constatou-se interação entre ordem e estação de parição para **h** e para **t_m**. Vacas primíparas paridas nos meses de outubro a março (águas) tiveram maior **t_m** e curvas mais persistentes quando comparadas àquelas também primíparas com parição entre os meses de abril a setembro (seca). O mesmo ocorreu para vacas de OP ≥ 4 . Já para as outras OPs, os valores de **h** e **t_m** não foram diferentes nas duas estações, ou seja, as curvas de lactação foram semelhantes. Portanto, deve-se considerar a necessidade do ajuste de curvas para novilhas e vacas adultas. Efeito diferenciado sobre a forma da curva de lactação deve ser observado para as OPs nas estações de parição. A função de Michaelis-Menten generalizada possibilitou a descrição biológica das curvas de lactação com grande grau de detalhamento para animais da raça Holandesa.

Palavras-chave: projeção da lactação, fatores de meio, persistência da lactação, avaliação genética

¹Comitê Orientador: Tarcísio de Moraes Gonçalves – UFLA (orientador), José Camisão de Souza – UFLA e Márcio Machado Ladeira – UFLA

ABSTRACT

RODRIGUEZ, Mary Ana Petersen. **Non-genetic effects on the parameters of the generalized Michaelis-Menten model for lactation curves.** 2009. 56p.
Dissertation (Master in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

The present work was conducted with the objective of doing a detailed biological description of the lactation curves of cows of a herd of the Holstein breed as related to function of environmental factors. 759 lactations of 387 cows with calvings occurred in the years 2002 to 2008 were used. The generalized Michaelis-Menten function was fitted to calving season (dry e rainy) and parity order (OPs 1, 2, 3, ≥ 4). The values of the Durbin-Watson test (**DW**) were close of two, the adjusted determination coefficient (**R_a²**) varied of 0.5921 to 0.7813 and the estimated standard deviation (**EPRE**) ranged of 2.6919 to 3.6954. Thus, a good fit of the function was found. In the two calving seasons, the 305 day yields (**Y₃₀₅**) were similar. Highest yield peak (**Y_m**), lowest lactation persistence (**h**) and shortest time of occurrence of peak (**t_m**) for dry season-calved cows. The **Y₃₀₅** of OP1 and OP ≥ 4 cows was similar, the **h** value of cows at OP1 being higher. For both OPs 2 and 3, the animals showed same **Y₃₀₅** and similar curve shape (same values of **h**, **Y_m** and **t_m**). Only interaction between calving order and season for **h** and **t_m** was found. Primiparous cows calved in the months of October to March (rainy season) had higher **t_m** and more persistent curves when compared with those also primiparous calving between the months of April to September (dry season). The same occurred for OP ≥ 4 cows. However, for others Ops, the **h** and **t_m** values were no different in both seasons, namely, the lactation curves were similar. Therefore, one should consider the need for fitting curves for both heifers and adult cows. Distinct effect on the shape of the lactation curve should be observed for the OPs in the calving seasons. The generalized Michaelis-Menten function enabled the biological description of lactation curves with a high degree of detailing for animals of the Holstein breed.

Key words: projection of lactation, environment factors, persistence of lactation, genetic evaluation

¹Guidance Committee: Tarcisio de Moraes Gonçalves – UFLA (adviser), José Camisão de Souza – UFLA and Márcio Machado Ladeira – UFLA

1 INTRODUÇÃO

Na atividade leiteira, a produção de leite é a característica de maior importância econômica. É imprescindível que pesquisadores forneçam aos criadores as informações necessárias para promoverem o aprimoramento genético dos seus rebanhos. Por meio de estudos de curvas de lactação, este aprimoramento é obtido de maneira prática e consistente.

Para descrever as curvas de lactação é necessário um ajuste de funções por meio das produções de leite diária, semanal ou mensal, ao longo da lactação. Tais curvas possibilitam a estimação da produção total de leite, por meio de produções parciais, contribuindo, assim, para a identificação precoce dos animais potencialmente mais produtivos de um rebanho, antecipando uma tomada de decisão sobre o descarte dos animais de baixa produção.

O ajuste de dados a curvas de lactação pode contribuir para o melhor entendimento do sistema de produção, pois o conhecimento da curva pode auxiliar o produtor na identificação de quedas bruscas de produção, respostas a dietas, manejo, etc.

Várias funções vêm sendo amplamente utilizadas na literatura para o ajuste de curvas de lactação. Entretanto, a maioria dessas funções não apresenta certas características suficientes para o ajuste adequado da curva e para a obtenção de respostas mais condizentes com o que realmente está acontecendo com a produção.

Uma função apropriada sumariza as informações provindas dos dados de produção de leite de um animal e/ou grupo de animais em um pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente. Essa interpretação remete ao fato de que todos os parâmetros que compõem a função devem estar relacionados a características biológicas que influenciam o formato da curva,

tais como persistência da lactação, pico de produção, tempo de ocorrência do pico e produção em 305 dias.

Uma função que forneça a produção acumulada dos animais em lactação é importante, principalmente pelo fato de se conseguir, por meio dela, a obtenção imediata da produção de leite total em um determinado momento da lactação. As funções utilizadas nos estudos de curvas de lactação não possibilitam essa predição imediata da produção acumulada, sendo necessários cálculos, muitas vezes complicados, de integrais, para que tal produção seja obtida.

A flexibilidade de uma função deve ser outro fator analisado em ajustes de curvas de lactação, pois uma função com essa característica é de extrema importância quando se consideram a facilidade de ajuste e a possibilidade de adequação a pontos de inflexão das curvas que podem ser variáveis.

Uma função com ponto de inflexão variável possibilita a descrição adequada da lactação em uma ampla variedade de animais. Além disso, permite o ajuste de uma série de dados conferindo comportamento sigmoidal à curva de lactação acumulada e fornece estimativas satisfatórias dos parâmetros, os quais estão relacionados às características que influenciam o formato da curva. Esse comportamento sigmoidal da curva acumulada é muito importante para a descrição correta dos incrementos da produção.

Para se conseguir melhores resultados em estudos de curvas de lactação, torna-se necessário o estudo de uma nova função que apresente flexibilidade, simplicidade no procedimento de ajuste e uma interpretação biológica dos parâmetros que a compõem.

Neste intuito, objetivou-se fazer uma descrição biológica detalhada das curvas de lactação de vacas de um rebanho da raça Holandesa, em função dos fatores de meio ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Curva de lactação

A curva de lactação é uma representação gráfica da variação da produção de leite diária de uma fêmea leiteira, em função da duração da lactação e pode ser utilizada para estimar a produção de leite em qualquer período ou no transcorrer da lactação (Cheema & Basu, 1983, Durães et al., 1991).

O conhecimento das curvas de lactação de um rebanho auxilia na adequação de técnicas de alimentação e manejo, no descarte e na seleção de animais, de acordo com um padrão desejável, preestabelecido conforme a capacidade de produção (Gonçalves, 1994). Dessa maneira, a comparação da forma da curva entre grupos distintos de animais, com diferentes composições raciais, idades ao parto, rebanhos e outros tratamentos de interesse, seria de grande importância, pois, mediante essas comparações, poderiam ser obtidas informações sobre a eficiência desses grupos, propiciando um melhor controle de produção (Groenewald & Viljoen, 2003).

O conhecimento da provável curva de lactação das vacas, segundo Madsen (1975), permite alimentação mais eficiente, pois melhores respostas à nutrição são mais facilmente detectadas quando as vacas são agrupadas de acordo com o formato esperado da curva de lactação.

As curvas de lactação são estudadas mediante uso de funções 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. Destacam-se as contribuições feitas por Wood, na década de 1970 (Wood, 1971, 1972, 1976), orientadas para a obtenção de funções capazes de representar a curva de lactação com grande exatidão.

Uma curva de lactação típica apresenta uma fase crescente, que se estende até cerca de 35 dias após o parto; uma fase de pico, representada pela

produção máxima observada, seguida de uma fase de declínio continuado até o final da lactação (Ali & Schaeffer, 1987).

A presença de curvas atípicas pode ser explicada pela incapacidade da função em estimar o pico de lactação ou pela ineficiência do sistema de controle leiteiro, quando o período entre o parto e primeiro controle é longo (El Faro et al., 2002).

Para zebuínos, constatou-se que a curva de lactação tende a não apresentar pico ou, quando apresenta, ele ocorre nas primeiras semanas. Como, geralmente, o sistema de controle leiteiro é mensal, o pico não é estimado e a curva é considerada atípica. Para este rebanho, com controles semanais, dificilmente o pico de lactação não seria estimado, mesmo ocorrendo, em média, na segunda semana após o parto (El Faro et al., 1999).

Segundo estudo feito por El Faro et al. (2002) com curvas de lactação de vacas da raça Caracu, constatou-se que 60% das curvas ajustadas foram consideradas típicas, enquanto as 40% restantes, atípicas, na maioria das lactações não apresentaram pico de produção.

Em trabalho realizado com animais da raça Guzerá, Cobuci et al. (2000) estimaram 39,7% de curvas atípicas pela função polinomial inversa.

Conhecer detalhadamente as características da curva de lactação, como o pico de produção e a persistência da lactação, é importante para que se possa determinar a sua forma mais desejável. Dessa forma, o estudo das curvas de lactação fornece subsídios para a obtenção de melhorias no controle da produção, podendo-se alcançar um aumento da produção total e maior retorno econômico da atividade.

2.2 Características que determinam a forma da curva de lactação

2.2.1 Persistência da lactação

Diferentes definições da persistência na lactação são encontradas na literatura, entre elas, a extensão pela qual a produção máxima na lactação é mantida (Wood, 1967); a habilidade do animal em manter mais ou menos constante a produção de leite durante a lactação (Gengler, 1996); o número de dias em que um nível constante de produção de leite é mantido (Grossman et al., 1999) e a expressão da capacidade da vaca em continuar a produzir leite nos níveis de produção do pico em toda a lactação (Tekerli, 2000).

Uma vaca apresenta lactação mais persistente, comparada à outra com produção equivalente, se possuir pico mais baixo e, por conseguinte, uma curva de lactação mais achatada. Este fato resulta na distribuição mais equilibrada da produção de leite no decorrer da lactação (Gengler, 1996).

2.2.1.1 Relação entre persistência na lactação e algumas características importantes na atividade leiteira

Vários estudos têm objetivado conhecer melhor a relação existente entre a persistência na lactação e outras características.

A persistência na lactação está diretamente relacionada com aspectos econômicos da atividade leiteira, pois sua melhoria pode contribuir para a redução de custos no sistema de produção (Tekerli et al., 2000; Jakobsen et al., 2002).

Ao avaliarem os aspectos econômicos relacionados com a persistência da lactação, Dekkers et al. (1998) relataram que o valor econômico dessa característica é influenciado pelos custos com alimentação, saúde e reprodução animal, assim como pelo retorno econômico obtido pela produção adicional de leite, devido à melhoria do nível de persistência na lactação dos animais.

Vacas com alta persistência têm necessidades energéticas mais consistentes em toda a lactação, permitindo a utilização de alimentos mais baratos (Sölkner and Fuchs, 1987; Dekkers et al., 1998). Ou seja, para um mesmo nível de produção de leite, vacas que apresentam produção diária mais constante (curva com menores inclinações) podem se manter melhor com dietas de menores custos que aqueles animais com produção diária mais elevada durante o início da lactação.

Segundo estudo de Sölkner e Fuchs (1987), vacas com alta persistência na lactação necessitavam de 670 kg de alimentação concentrada para produzirem 5.500 kg de leite, no decorrer da lactação. Entretanto, vacas que apresentavam baixos níveis de persistência consumiram 820 kg de concentrado para produzir a mesma quantidade de leite.

Vacas com curvas de lactação mais planas estão sujeitas a menor estresse fisiológico, devido à ausência de produções elevadas no pico de lactação, o que minimiza a incidência de problemas reprodutivos e de doenças de origem metabólica, contribuindo, conseqüentemente, para a diminuição de custos no sistema de produção (Madsen, 1975; Sölkner & Fuchs, 1987; Grossman et al., 1999; Tekerli et al., 2000).

Ao investigar a relação genética entre persistência e resistência a doenças (definida como número total de intervenções veterinárias nos animais) em vacas primíparas da raça Holandesa, Jakobsen (2000) obteve correlações genéticas entre persistência e resistência a doenças que variaram de 0,20 a 0,50.

Curvas de lactação com maiores persistências podem influenciar, de forma positiva, a longevidade dos animais e adiar o período de tempo médio para o descarte voluntário deles (Dekkers et al., 1996; Jamrozik et al., 1997).

De maneira geral, a exploração leiteira, no mundo, busca aumentar a produção. No entanto, em alguns países, como os da União Europeia, o aumento da produção de leite não é economicamente vantajoso, devido ao sistema de

cotas (Gengler, 1996; e Tekerli et al., 2000). Assim, os criadores desses países procuram reduzir os custos de produção, dentre outras maneiras, por meio da melhoria no nível de persistência na lactação dos animais (Tekerli et al., 2000).

Há indicativos da existência de diferenças genéticas, para persistência na lactação, entre animais, razão pela qual a seleção, para esta característica, pode ser vantajosa (Sölkner & Fuchs, 1987). Isso também foi relatado nos trabalhos de Jamrozik et al. (1998) e Tekerli et al. (2000).

O melhoramento animal busca, de forma geral, aumentar a produção de leite e, conseqüentemente, os retornos econômicos da atividade. Uma das maneiras de se alcançar este objetivo é por meio da melhoria do nível de persistência na lactação das vacas, pois podem ser obtidos ganhos econômicos adicionais por meio do diferencial na produção de leite e vida útil desses animais, da diminuição dos gastos com alimentação e tratamento de doenças, e da melhoria da eficiência reprodutiva dos animais (Cobuci et al., 2003).

2.2.2 Pico de lactação

O pico de lactação é definido como a produção máxima alcançada em um dia específico da lactação (Wood, 1967).

Em um trabalho realizado por Gonçalves et al. (2002), com vacas Holandesas no estado de Minas Gerais, observou-se que o pico de produção ocorreu, aproximadamente, 38 dias após o parto. Também, no estudo de curvas de lactação de vacas Holandesas no estado do Paraná, Molento et al. (2004) relataram que o pico de produção ocorreu durante o segundo mês de lactação (o intervalo entre os controles foi de 30,5 dias).

Resultados de animais apresentando o pico de produção entre 55 a 87 dias de lactação foram obtidos por Melo et al. (2005), estudando vacas da raça Holandesa. A produção no pico de lactação foi de 24 kg.

Em estudo feito com gado Holandês participante do serviço de controle leiteiro oficial da Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGH-MG), Morais Junior (2001) verificou que o pico ocorreu entre 41,3 e 44,6 dias após o parto. Resultado similar foi encontrado por Junqueira et al. (1997) em estudo com animais da raça Holandesa, cujos registros de lactações também foram provenientes da ACGH-MG.

No trabalho de Cobuci et al. (2004), com animais Holandeses, o pico de lactação ocorreu entre 60 e 90 dias de lactação.

No estudo feito por Cobuci et al. (2000), com animais da raça Guzerá, o pico de produção ocorreu entre o primeiro e o segundo mês de lactação. Resultado similar foi observado por Madalena et al. (1979) e Gonçalves et al. (1996), para as lactações de vacas mestiças e puras da raça Gir, respectivamente. Já El Faro e Albuquerque (2002), estudando curvas de lactação de vacas Caracu, observaram pico de produção ocorrendo, em média, na terceira semana de lactação, com produção de 11,08 kg.

Vacas zebuínas ou cruzadas tendem a apresentar curvas de lactação iniciando na produção máxima, ou seja, sem a fase de inclinação do parto ao pico (Papajcsik & Boderó, 1988). Resultado semelhante foi encontrado por Vaz de Oliveira et al. (2003), que não observaram fase ascendente e nem pico de produção para as curvas de lactação de vacas F₁ Holandês-Gir criadas no estado de Minas Gerais.

O maior problema no ajuste de qualquer curva de lactação é que o pico de produção ocorre poucas semanas após o parto e, às vezes, tem-se pouca informação nesse período, o que dificulta a estimativa dos parâmetros que se relacionam com o pico (Cooby & Lê Du, 1978).

2.3 Fatores que influenciam a forma da curva de lactação e/ou, a produção total

Sabe-se que nem todas as vacas ou grupo de vacas têm curvas de lactação iguais. A magnitude dos parâmetros que determinam sua forma varia segundo a influência de diferentes fatores. Entre esses fatores, alguns importantes são descritos a seguir.

2.3.1 Ordem de parição e/ou idade da vaca

Em trabalho com um rebanho de 36 vacas Holandesas, com registros de produções mensais provenientes de quatro lactações, Kellogg et al. (1977) observaram que as curvas de lactação das novilhas de primeira cria apresentavam forma achatada, comparadas às demais, porém, as vacas de segunda, terceira e quarta parições apresentavam uma queda mais rápida na fase descendente da curva.

Em estudo feito por Tekerli et al. (2000) sobre fatores que afetam a forma da curva de lactação de vacas da raça Holandesa, verificou-se que a persistência foi maior durante a primeira lactação. Achados semelhantes foram relatados por Keown et al. (1986), que concluíram que animais de primeira ordem de parição são mais persistentes do que aqueles de terceira ou maior ordem de parição.

Utilizando-se registros de produções de leite de vacas Hereford primíparas e múltiparas, Pimentel et al. (2006) verificaram que a ordem de parto não influenciou ($P > 0,05$) a persistência da lactação.

Em vários outros trabalhos, tem sido constatado que a persistência na primeira lactação é maior do que nas demais lactações (Shanks et al., 1981; Danell, 1982; Gama et al., 1994; Cobuci et al., 2001).

Segundo relatos de Rodriguez (1987) sobre o comportamento da curva de lactação de vacas Holandesas, o pico de produção da segunda ordem de

parição foi 20,1% maior que o pico da primeira ordem de parto, enquanto a produção total de leite foi 16,6% superior, resultando em menor persistência da lactação.

Trabalhando com vacas Holandesas nos Estados Unidos, Dematawewa et al. (2007) observaram que animais de primeira ordem de parto com duração da lactação de 305 dias tiveram produção média no pico de 33,3 kg, o qual ocorreu aos 94 dias. Já para os animais pertencentes à terceira ou maior ordem de parição, também com duração de 305 dias de lactação, a produção no pico foi de 44,3 kg e ocorreu aos 51 dias.

Dados apresentados por Tekerli et al. (2000) sobre animais Holandeses, na Turquia, mostram que o pico e a produção da lactação de vacas primíparas foram, respectivamente de, 26,6 kg e 6.220 kg. Para vacas de segunda parição, a produção no pico foi de 30,3 kg, enquanto a produção total foi de 6.693 kg. Já para ordens de parição maiores que dois, os animais produziram 30,5 kg no pico e 6.710 kg no final da lactação.

Por meio do estudo de Morais Júnior (2001), com vacas Holandesas, constatou-se que, para animais pertencentes à classe de idade ao parto de até três anos, a produção média no pico de lactação foi de 26,2 (0,5) kg, tendo ocorrido aos 43,1 (1,7) dias de lactação. Para esta mesma classe de idade ao parto, verificou-se produção total, nos primeiros 75 dias de produção de leite, de 1.666,9 (32,6) kg. As maiores produções de leite no pico e a produção total, nos primeiros 75 dias de lactação, foram alcançadas por vacas de classe de idade ao parto entre 4 e 5 anos, tendo sido de 35,2 (0,9) kg e 2.253,2 (63,3) kg, respectivamente.

Segundo Freitas et al. (2000), ocorre efeito quadrático da idade da vaca ao parto sobre a produção total de leite na lactação, havendo aumento da produção com o incremento da idade das vacas ao parto, atingindo o máximo aos 78 meses. No trabalho de Pires (1984), foi observado o mesmo efeito, tendo

sido constatada produção máxima com idade ao parto entre 72 e 90 meses de idade.

Em estudos de curva de lactação de animais da raça Holandesa no estado de Minas Gerais, Bueno et al. (1998) obtiveram produção média de 4.897,41 kg de leite por lactação para vacas que pariram até 42 meses de idade. Valores inferiores (4.458 kg) foram observados por Neves et al. (1998) no estado de Goiás.

Utilizando-se de 144 lactações de vacas Hereford, Pimentel et al. (2006) verificaram que vacas multíparas produziram, aos 42 e 63 dias, respectivamente, 2,46 e 2,11 kg a mais ($P < 0,05$) que as primíparas. Nos demais períodos, a ordem de parto não teve efeito significativo ($P > 0,05$). Estes resultados indicam que a maior diferença nas características da lactação de vacas primíparas e multíparas ocorre no pico da lactação, entre 42 e 63 dias, ressaltando-se que vacas adultas produzem mais leite, como verificado por Boggs et al. (1980).

2.3.2 Estação de parição

A estação de parição envolve fatores que têm influência direta sobre o animal ou sobre o sistema de produção. Dentre estes fatores citam-se temperatura, luminosidade, umidade, qualidade e disponibilidade de alimentos, manejo, etc. (Pereira, 1992), os quais são causadores de variações na forma da curva de lactação e na produção total.

No estudo feito por Madalena et al (1979) com animais Holandeses e cruzados Holandês X Gir, observou-se que vacas paridas na estação chuvosa apresentaram produção inicial maior e maior taxa de declínio (menor persistência) que as paridas na estação seca.

Relatou-se maior produção para vacas paridas na seca em estudo feito por Freitas et al. (1983) com gado Holandês, no estado de São Paulo.

Em trabalho realizado por Durães et al. (1991) com vacas da raça Holandesa, não foi constatada influência da estação de parição sobre os parâmetros da função gamma incompleta. Estes autores concluíram que isso ocorreu porque o manejo e a alimentação foram semelhantes nas duas estações.

Segundo estudo realizado por Tekerli et al. (2000) com vacas Holandesas, maiores pico e produção da lactação foram verificados para animais que pariram no outono e no inverno. Para estes autores, a relação entre estação de parição e pico de produção pode resultar do aumento da temperatura e da diminuição de forragens, especialmente no verão.

Em estudo sobre curvas de lactação de vacas F₁ Holandês-Gir, ajustadas pela função gama incompleta, Oliveira et al. (2007) constataram que a diferença da produção de leite entre lactações iniciadas na época seca e das águas foi de 1,6%, favorável à primeira. Segundo estes autores, essa diferença pode ser atribuída ao melhor manejo nutricional adotado nessa época. Concluiu-se que houve pouca diferença entre o formato das curvas de lactação de vacas paridas nas épocas seca e das águas.

2.4 Funções utilizadas para o estudo do ajuste de curvas de lactação

A aplicação de funções no ajuste de curvas de lactação é extremamente importante para a exploração leiteira. As funções são úteis para estimar a produção de leite na lactação a partir de produções parciais, fornecendo, com isso, subsídios para a implantação de um manejo correto e também para o auxílio na seleção de animais com determinadas características desejáveis. Também por meio dos parâmetros que compõem as funções, podem-se obter informações sobre características de interesse econômico, tais como persistência da lactação, pico de produção, tempo de ocorrência do pico e produção de leite aos 305 dias.

Este tipo de estudo teve início em 1923, quando Brody propôs uma função com o objetivo de descrever a curva de lactação, a qual, de acordo com

Wood (1967) não proporciona um ajuste adequado, pois não considera o pico de lactação. Desde então, inúmeros trabalhos procuraram encontrar uma função que melhor descrevesse a produção de leite de bovinos (Papajcsik e Bodero, 1988; Sherchand et al., 1995), dos quais poucos estudaram os fatores genéticos relacionados com os parâmetros das funções, como os de Shanks et al. (1981), Schneeberger (1981) e Gonçalves et al. (1997).

A função mais comumente utilizada no ajuste de curvas de lactação é a gamma incompleta, proposta por Wood (1967), seja na sua forma não-linear ou linearizada.

Muitas funções propostas na literatura são modificações da função de Wood. Cobby & Le Du (1978) verificaram, pela análise dos resíduos, que esta função tendia a superestimar a produção no início e no final da lactação e subestimar no meio da lactação. De acordo com Oliveira et al. (2007), a função gamma incompleta não ajustou bem as curvas de lactação de vacas mestiças F₁ Holandês-Gir.

Existem vários estudos nos quais se verificou a qualidade de ajuste das funções que descrevem a curva de lactação diária dos animais. Como exemplo, citam-se as de Wood ou Gamma incompleta (Wood, 1967), as funções multifásicas (Koops et al; 1987), a função de Wilmink (1987) e a função de Shaeffer & Dekkers (1994), dentre outras.

Baixa qualidade de ajuste, muitas vezes, pode ser atribuída a uma escolha inadequada da função utilizada, à quantidade de dados disponíveis e à data do primeiro controle leiteiro, dentre outras. A disponibilidade de dados nos controles leiteiros que antecedem o pico de produção é fundamental para uma correta estimativa da forma da curva de lactação. De acordo com Rekik e Gara (2004), a probabilidade de ocorrência de curvas atípicas aumenta 4% para cada dia em que a data do primeiro controle for adiada.

Segundo Shimizu e Umrod (1976), citados por Durães et al. (1991), estimativas negativas dos parâmetros b ou c (representam a fase ascendente e descendente da curva de lactação, respectivamente) da função gama incompleta [$Y_t = a^b \exp(-ct)$] são responsáveis por formas atípicas das curvas de lactação, e valores negativos de b são comumente atribuídos à falta de registros anteriores ao pico de produção.

Na avaliação de lactações de vacas mestiças F_1 Harijana-Jersey, F_1 Harijana-Holandesa e F_1 Harijana-Pardo-Suíça, utilizando diversas funções, Yadav e Sharma (1984) verificaram que algumas dessas funções foram capazes de prever apenas a parte descendente da curva. Já as funções polinomial inversa e gama incompleta estimaram as fases ascendente, o pico e a fase descendente, sendo melhores para explicar a curva de lactação.

Em trabalho feito com vacas da raça Holandesa, Cobuci et al. (2006) verificaram tendência de melhoria na qualidade dos ajustes com o aumento do número de parâmetros da função.

Utilizando registros de produções de leite provenientes de quatro fazendas leiteiras localizadas no norte de Portugal, Silvestre et al. (2006) estudaram o ajuste de curvas de lactação utilizando as funções de Wood, Wilmink, Ali & Schaeffer, modelo segmentado e polinômios de Legendre. As funções de Ali & Schaeffer, modelo segmentado e polinômios de Legendre descreveram melhor a curva de lactação, embora o desempenho de todas as funções tenha sido aceitável. A qualidade de ajuste das funções de Wood, Wilmink e Ali & Schaeffer foi fortemente influenciada pela redução do tamanho da amostra e pelo atraso no início da coleta de dados.

Segundo estudo realizado com animais da raça Caracu, El Faro e Albuquerque (2002), utilizando as funções linear hiperbólica, quadrática logarítmica, gama incompleta e a polinomial inversa, concluíram que as quatro funções apresentaram falhas na descrição das curvas desse rebanho. A função

quadrática logarítmica foi a que apresentou os melhores resultados quando os critérios de comparação entre as funções foram o coeficiente de determinação ajustado e o teste de Durbin-Watson. Entretanto, a grande variação ocorrida nos parâmetros estimados indica pouca coerência na interpretação biológica desses resultados.

No trabalho de Gonçalves et al. (2002) com animais da raça Holandesa, foram utilizadas as funções quadrática-logarítmica, função gamma incompleta, regressão múltipla e multifásicos (monofásico e difásico). A função difásica foi a que se ajustou adequadamente aos dados de produção, podendo fornecer estimativas mais precisas da produção de leite para fins de seleção.

Modelos estatísticos não-lineares normalmente são utilizados para descrever curvas de lactação, quando ajustados a dados decorrentes de produção de leite em intervalos consecutivos de tempo. Esses modelos, geralmente, apresentam parâmetros relacionados com a taxa crescente de produção até um máximo, denominado de pico e uma taxa decrescente de produção menos acentuada após este máximo, as quais lhe conferem a não-linearidade paramétrica. Por meio das funções desses parâmetros, outras importantes características da curva de lactação podem ser obtidas, como a produção de leite no pico, o tempo de permanência no pico, a produção total de leite e a persistência da lactação (Rebouças, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes de 848 lactações de 389 fêmeas de um rebanho leiteiro de animais da raça Holandesa pertencentes à Fazenda Limeira, situada no município de Nepomuceno, região sul do estado de Minas Gerais.

3.1 Características geográficas do sistema de produção

O sistema de produção em estudo, localizado no município de Nepomuceno, MG, está situado à altitude de 840m, nas coordenadas 21°13' de Latitude Sul e 45°13' de Longitude Oeste de Greenwich (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980). É caracterizado por relevo ondulado com declive bastante suave, com clima, segundo a classificação de Köppen (Ometto, 1981), do tipo mesotérmico úmido, com inverno seco e ocorrência de geadas variando de 5 a 20 dias por ano.

Na Tabela 1 encontram-se os dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, observados na estação meteorológica de Lavras, distante 25 km da propriedade, no período de 2002 a 2008.

TABELA 1 Média das temperaturas máximas, média das temperaturas mínimas, média da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, em função do ano, no período de 2002 a 2008, na estação meteorológica de Lavras.

Ano	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação pluviométrica
	Média das máximas	Média das mínimas	Média compensada		
Estação 1 (águas)					
2002	29,37	18,07	22,63	72,33	175,82
2003	28,62	17,93	22,52	73,00	190,88
2004	28,15	17,58	21,90	77,83	212,53
2005	28,32	17,52	21,82	75,00	192,25
2006	28,82	17,97	22,33	75,50	217,65
2007	29,12	17,75	22,47	72,50	193,08
2008	28,18	17,42	21,67	74,83	235,87
Estação 2 (seca)					
2002	27,18	14,00	19,63	65,17	16,23
2003	26,22	13,27	18,63	68,67	20,30
2004	25,87	13,37	18,45	69,17	35,6
2005	26,22	14,17	19,20	71,67	46,13
2006	26,60	12,82	18,47	67,50	25,95
2007	27,17	13,05	19,03	63,50	14,92
2008	26,62	13,10	18,52	70,00	38,22

3.2 Descrição dos dados

Após análise preliminar dos dados, foram feitas algumas eliminações, de acordo com os seguintes critérios:

- a) animais sem data de nascimento ou data da primeira parição;
- b) eliminação das lactações com ausência de controles leiteiros;
- c) animais com menos de três controles leiteiros;
- d) lactações que não continham data de encerramento.

Após essas eliminações, restaram 777 lactações de 360 vacas, cujos partos ocorreram nos anos de 2002 a 2008. Os registros consistiam de controles leiteiros quinzenais.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento total e a ordenha era realizada duas vezes ao dia, com intervalo de oito horas entre a ordenha da manhã e a da tarde.

A preparação dos dados foi realizada no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, Institute Inc., 1999).

A primeira etapa do trabalho consistiu na realização do ajuste da função por meio de regressão não-linear. Na etapa seguinte, foi feita uma análise de variância para se determinar quais os fatores não-genéticos devem ser considerados no ajuste das funções.

3.3 Função utilizada para ajustamento da curva de lactação

As regressões foram ajustadas independentemente para cada animal em relação ao estágio da lactação.

Para estudar as curvas de lactações diárias e acumuladas foi utilizada a metodologia descrita por Rebouças (2006), Rodriguez (2007) e Rebouças (2008), para lactações de bovinos.

As produções de leite utilizadas para os ajustes dos modelos são provenientes da ordenha diária das vacas da raça Holandesa.

Para se obter uma estimativa direta da produção acumulada em determinado momento da lactação, foi utilizada a função generalizada de Michaelis-Menten (Rebouças, 2008 e Rodriguez, 2007):

$$f(y|t) = Y_{305} \frac{1 + \left(\frac{d}{305}\right)^n}{1 + \left(\frac{d}{t}\right)^n} + \varepsilon \quad [1]$$

em que $f(y|t)$ representa a quantidade de leite acumulada no dia t da lactação; Y_{305} é a produção acumulada em 305 dias de lactação; d é o tempo em que ocorre metade da produção estimada quando t for infinito; n é o parâmetro relativo à inflexão da função e ε é o erro associado a cada observação, $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2_\varepsilon)$.

A função para descrever a curva de lactação diária foi:

$$f(y|t) = Y_{305} \frac{n}{t} \frac{1 + \left(\frac{d}{305}\right)^n}{\left[1 + \left(\frac{d}{t}\right)^n\right] \left[1 + \left(\frac{t}{d}\right)^n\right]} + \varepsilon \quad [2]$$

em que $f(y|t)$ é a produção de leite diária (produção no dia do controle leiteiro) no dia t da lactação. Os parâmetros estimados na função [2] são os descritos na função [1].

Os pontos críticos da função [2], dia em que ocorre o pico de produção (t_m) e produção de leite no pico (Y_m), são obtidos por:

$$t_m = d \left[\frac{(n-1)}{(n+1)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad [3]$$

$$y_m = Y_{305} \frac{n+1}{4nt_m} \left[(n-1) + (n+1) \left(\frac{t_m}{305} \right)^n \right] \quad [4]$$

O tempo em que ocorre a metade da produção em 305 dias (h) pode ser obtido pela função descrita por Rodriguez (2007):

$$d = h \left[\frac{1}{1 - 2\left(\frac{h}{305}\right)^n} \right]^{1/n} \quad [5]$$

3.4 Estimativa dos parâmetros

Os parâmetros das funções foram estimados por meio de regressões não-lineares, utilizando-se o método de Gauss-Newton, disponível no PROC NLIN (SAS, Institute Inc., 1999).

3.5 Critérios utilizados para escolha do melhor ajuste

3.5.1 Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2)

O coeficiente de determinação ajustado é dado, segundo Malhotra et al. (1980), por:

$$R_a^2 = \frac{(n-1)R^2 - p}{n - p - 1}$$

em que

n é o número de observações, p é o número de parâmetros da curva e R^2 é o coeficiente de determinação, o qual é calculado pela fórmula:

$$R^2 = \frac{\text{soma dos quadrados devido à regressão}}{\text{soma de quadrados total corrigida}}$$

3.5.2 Teste ou estatística de Durbin-Watson (DW)

O teste de Durbin-Watson (DW) é utilizado para o exame da autocorrelação serial entre os resíduos. Esse teste foi proposto por Durbin & Watson (1951), sendo dado pelo valor de d :

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{(i-1)})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2},$$

em que e_i e $e_{(i-1)}$ são os resíduos provenientes do ajuste da função, utilizados para testar se há correlação entre os erros e n é o número de controles leiteiros.

O valor de d varia entre zero (correlação máxima e positiva: $r = 1$) e quatro (correlação máxima e negativa: $r = -1$). Para um valor de n grande, o valor de d é, aproximadamente, igual a $2(1 - r)$, em que r é o coeficiente de correlação entre os resíduos $[e_i, e_{(i-1)}]$. Assim, os valores de d próximos a zero indicam a existência de autocorrelação positiva entre os erros, enquanto valores próximos a quatro indicam autocorrelação negativa. Valores de d próximos a dois são desejáveis e indicam ausência de correlação entre os resíduos (Hoffmann & Vieira, 1987).

O teste de Durbin-Watson baseia-se na formulação das seguintes hipóteses para a verificação de autocorrelação residual:

1) **$H_0: r = 0$ contra $H_a: r > 0$**

O valor estimado de d é comparado com valores críticos d_L (limite crítico inferior) e d_U (limite crítico superior). Se $d < d_L$, o teste é significativo e há autocorrelação positiva entre os resíduos. Nesse caso, rejeita-se H_0 . Se $d > d_U$, o teste não é significativo e aceita-se H_0 . Finalmente, se $d_L < d < d_U$, o teste é inconcluso.

2) **$H_0: r = 0$ contra $H_a: r < 0$**

O valor de d é, então, comparado com os valores críticos $(4 - d_L)$ e $(4 - d_U)$. Se $d > (4 - d_L)$, o teste é significativo e há autocorrelação negativa entre os resíduos. Assim sendo, rejeita-se H_0 . Se $d < (4 - d_U)$, o teste não é significativo e aceita-se H_0 . Finalmente, se $(4 - d_L) < d < (4 - d_U)$, o teste é inconcluso.

3.5.3 Erro padrão residual estimado (EPRE)

O EPRE foi obtido por meio do cálculo da raiz quadrada do quadrado médio do erro da regressão não linear.

3.6 Estudo da influência dos fatores de meio ambiente

As seguintes classes foram consideradas:

Estação de parição: 1 = águas (meses de outubro a março) e

2 = seca (meses de abril a setembro)

Ordem de parição: um (OP = 1), dois (OP = 2), três (OP = 3) e ordens de parição maiores ou iguais a quatro (OP \geq 4).

Para a verificação de quais fatores não-genéticos influenciaram a forma da curva de lactação, foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + O_j + (E * O)_{ij} + e_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} é o valor da observação (\mathbf{h} , \mathbf{n} , \mathbf{Y}_{305} , \mathbf{Y}_m , \mathbf{t}_m);

μ é a constante inerente a todas observações;

E_i é o efeito da estação de parto i ($i=1$ e 2);

O_j é o efeito da ordem de parto j ($j=1, 2, 3$ e ≥ 4);

$(E * O)_{ij}$ é o efeito da interação estação e ordem de parição;

e_{ijk} é o erro associado a cada observação, $e_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

3.7 Obtenção de fatores multiplicativos para produções acumuladas diariamente

Os fatores multiplicativos foram determinados dividindo-se a produção acumulada estimada pela função, aos 305 dias, pela produção acumulada estimada em um estágio da lactação desejada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos critérios (testes de Durbin-Watson - **DW**, coeficiente de determinação ajustado - R_a^2 e erro padrão residual estimado - **EPRE**) que foram utilizados para verificar a qualidade de ajuste das funções, para as diferentes ordens e estações de parição, são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 Número de lactações (**N**), médias do teste de Durbin-Watson (**DW**), do coeficiente de determinação ajustado (R_a^2) e do erro padrão residual estimado (**EPRE**), de vacas da raça Holandesa com ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , paridas nas estações 1 (águas) e 2 (seca)

OP	N	DW	R_a^2	EPRE
ESTAÇÃO 1 (águas)				
1	94	1,7561	0,5921	2,6943
2	80	1,6525	0,7324	3,2872
3	66	1,8601	0,7483	3,1922
≥ 4	62	2,0459	0,7335	3,0383
ESTAÇÃO 2 (seca)				
1	145	1,9144	0,6900	2,6919
2	116	1,9446	0,7686	3,1703
3	81	1,9101	0,7439	3,6954
≥ 4	115	2,2998	0,7813	3,3499

Os valores obtidos para a estatística de Durbin-Watson (**DW**) variaram de 1,65 a 2,29. Valores próximos a dois indicam que não há autocorrelação residual de primeira ordem. Os coeficientes de determinação ajustados (R_a^2) variaram de 0,59 a 0,78. O erro padrão residual estimado (**EPRE**) foi de 2,69 a

3,70. Por meio desses resultados, pode-se constatar um bom grau de ajuste da função utilizada neste estudo.

As estimativas das médias da produção em 305 dias (Y_{305}), do ponto de inflexão da função (n) e da persistência da lactação (h), e os seus respectivos limites inferior (Li) e superior (Ls) do intervalo de confiança de 95% são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 Estimativas das médias da produção em 305 dias (Y_{305}), do ponto de inflexão (n) e da persistência da lactação (h) e os seus respectivos limites inferior (Li) e superior (Ls) do intervalo de confiança de 95%, para vacas da raça Holandesa, em diferentes ordens (OP) e estações de parição (águas e seca).

OP	Y_{305} (kg)			n			h (dias)		
	Média	Li	Ls	Média	Li	Ls	Média	Li	Ls
ESTAÇÃO 1 (águas)									
1	6.861,31 (197,59)*	6.396,02	7.326,60	1,36 (0,074)	1,20	1,53	148,61 (3,36)	140,59	156,63
2	7.335,44 (224,21)	6851,08	7.819,80	1,29 (0,073)	1,14	1,45	130,72 (3,70)	122,64	138,80
3	7.227,91 (230,37)	6.698,17	7.757,65	1,35 (0,078)	1,18	1,52	131,45 (3,83)	122,67	140,23
≥ 4	6.642,09 (244,75)	5.827,66	7.456,51	1,38 (0,086)	1,17	1,60	134,42 (4,44)	120,46	148,37
ESTAÇÃO 2 (seca)									
1	6.969,72 (225,12)	6.459,55	7.479,89	1,34 (0,074)	1,17	1,51	142,66 (4,05)	133,26	152,07
2	7.599,60 (250,35)	7.035,19	8.164,02	1,38 (0,077)	1,21	1,55	132,06 (3,94)	123,11	141,01
3	7.772,35 (290,95)	7.112,11	8.432,59	1,40 (0,093)	1,19	1,61	126,47 (4,57)	116,03	136,93
≥ 4	6.526,61 (284,76)	5.803,99	7.249,24	1,45 (1,00)	1,13	1,76	120,17 (5,18)	107,06	133,27

*Valores entre parênteses referem-se aos desvios padrões

Observando-se os dados da Tabela 3, constata-se que há uma chance, de 95%, de que todos os valores das médias dos parâmetros estejam nos intervalos

de confiança apresentados. Isso reforça a constatação da qualidade de ajuste para as funções propostas. Tal fato pode também ser verificado ao se analisar os valores obtidos para os desvios padrões das estimativas.

Para o estudo dos fatores não-genéticos que influenciaram a forma da curva de lactação, utilizaram-se as estimativas dos parâmetros da curva de lactação e Y_m (produção de leite no dia do pico de lactação) e t_m (dia em que ocorre o pico de produção) de todos os animais do rebanho. Os resultados dos quadrados médios dos parâmetros (h , n , Y_{305}) e de Y_m e t_m , em função da ordem e da estação de parição, bem como da interação entre esses fatores, são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 Resumo da análise de variância das estimativas dos parâmetros da curva de lactação (h , n , Y_{305}) e de Y_m e t_m

Fonte de variação ¹	Quadrados médios ²				
	h	n	Y_{305}	Y_m	t_m
OP	14.317,10 **	0,1990 **	33.156.377,46 **	1.273,27 **	61.072,72 **
EST	6.243,48 **	0,3521 **	7.061.832,26 ns	910,87 **	10.209,88 **
EST*OP	1.770,99 **	0,1117 ns	2.988.709,49 ns	70,51 ns	7.337,04 **
ERRO	305,10	0,0463	2.855.970	37,37	1.008,64

¹OP=ordem de parição; EST=estação de parição

²ns ($p > 0,05$); ** ($p < 0,01$)

Todos os parâmetros, além de Y_m e t_m , foram influenciados ($P < 0,01$) pelas ordens de parição consideradas. O efeito da estação de parição também influenciou ($P < 0,01$) os parâmetros e os valores de Y_m e t_m , com exceção de Y_{305} , cujos valores foram semelhantes ($P > 0,05$). A interação estação e ordem de parição exerceu efeito ($P < 0,01$) somente sobre os valores de h e t_m , enquanto que, para n , Y_{305} e Y_m , isso não ocorreu ($P > 0,05$). Com exceção da ordem de parição, em que naturalmente ocorre uma diferença de Y_{305} com o aumento do

número de partos, esses resultados sugerem que não houve diferença na produção de leite aos dez meses de lactação e sim mudanças na forma da curva de lactação, dependendo da estação de parição e sua interação com a ordem de parição.

Os valores obtidos para **h** (parâmetro relacionado à persistência da lactação), para **n** (relacionado à existência do pico de produção), para **Y₃₀₅** (produção de leite aos 305 dias de lactação), para **Y_m** (produção de leite no pico) e **t_m** (tempo de ocorrência do pico), para as estações consideradas (estações 1 e 2, que se referem a época das águas e seca, respectivamente), são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Médias ajustadas¹ e respectivos erros padrões para **h**, **n**, **Y₃₀₅**, **Y_m** e **t_m**, para vacas da raça Holandesa, paridas nas estações das águas (1) e da seca (2)

Parâmetros Biológicos	Estação de Parição	
	1 (águas)	2 (seca)
h (dias)	136,30 (1,02) ^a	130,34 (0,83) ^b
n	1,35 (0,01) ^b	1,39 (0,01) ^a
Y₃₀₅ (kg)	7016,68 (98,56) ^a	7217,07 (80,78) ^a
Y_m (kg)	29,10 (0,36) ^b	31,40 (0,29) ^a
t_m (dias)	82,07 (1,87) ^a	74,39 (1,52) ^b

¹Médias seguidas de mesmas letras não diferem, pelo Teste F (P>0,05).

Analisando-se os dados da Tabela 5, o valor encontrado para **h** foi superior na estação das águas (136,30). Quanto maior for o valor de **h**, menos acentuada é a queda da produção após o pico de lactação, indicando maior persistência. Isso também pode ser confirmado pela análise da Figura 1.

Observa-se que a curva de lactação ajustada para animais com parição nas águas foi mais persistente que aquela ajustada para vacas parindo na seca.

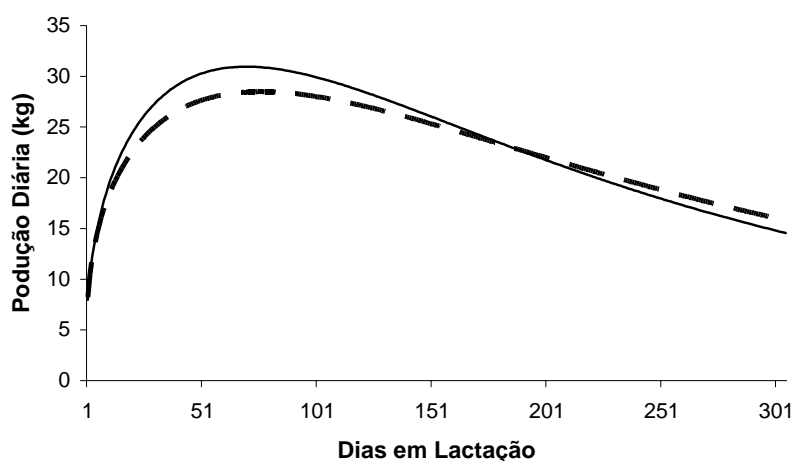


FIGURA 1 Curva de lactação diária de vacas da raça Holandesa paridas na estação das águas (---) e da seca (—)

A importância econômica da persistência na lactação está relacionada com a redução de custos no sistema de produção. Basicamente, há dois caminhos pelos quais os custos de produção podem ser reduzidos. O primeiro está associado à redução de custos com alimentação dos animais (Sölkner e Fuchs, 1987); o segundo está relacionado com a redução de custos, devido à minimização de problemas relativos à saúde e à reprodução animal (Reents et al., 1996; Grossman et al., 1999).

Assim, neste estudo, observou-se que as vacas paridas na estação 1 (águas), para uma mesma produção de leite (Y_{305} – Tabela 5), mantêm uma

produção diária mais constante e são as que oferecem maiores benefícios, do ponto de vista econômico, porque podem se manter melhor com dietas de menores custos que aqueles animais com produção diária mais elevada durante o início da lactação. Os animais com curvas mais persistentes (parição nas águas, $h = 136,30$) estão sujeitos a menor estresse fisiológico devido à menor produção no pico de lactação, minimizando a incidência de problemas reprodutivos e de doenças metabólicas. Isso significa que animais com maiores valores de persistência podem ser economicamente melhores.

Uma vantagem que pode ser considerada em vacas com curvas menos persistentes (Figura 1), levando em conta produções semelhantes aos 305 dias de lactação, está relacionada à secagem desses animais. A prática da secagem nessas vacas é realizada mais facilmente, pois a produção de leite diária no final da lactação é menor, quando comparada aos animais de curvas mais persistentes. Tal fato pode refletir em menores problemas de saúde do animal. Vacas com alta produção no momento da secagem apresentam maior risco de mamite no período seco e pós-parto. Isso ocorre porque esses animais levam mais tempo após a secagem para o fechamento do canal do teto, existindo correlação entre fechamento do canal do teto e incidência de mamite. Desse modo, estratégias que permitam a secagem de vacas com menor produção de leite no final do período da lactação são desejáveis (Odensten et al., 2007).

O parâmetro n , na curva de lactação diária, está relacionado à existência do pico de produção e, na curva de produção acumulada, ao ponto de inflexão da curva.

Quando o valor de n é menor ou igual a 1, o animal inicia a lactação na sua produção máxima, ou seja, não é observado tempo de ocorrência do pico. Essa situação foi verificada em estudo com rebanhos leiteiros da raça Gir, a fim de estimar a produção de leite em 305 dias. As curvas dos animais em que o valor deste parâmetro foi menor que 1 não apresentaram tempo de ascensão ao

pico, pois o animal iniciou a lactação na produção máxima (Rebouças, 2006). No presente estudo, todos os valores encontrados para n foram maiores que 1, evidenciando-se que as curvas de lactação da produção diária apresentaram tempo de ocorrência do pico (Figura 1).

Os valores encontrados para n (Tabela 5) diferiram ($P < 0,05$) entre as duas estações consideradas. Embora tais valores (1,35 e 1,39) tenham sido diferentes, a magnitude dessa diferença não foi suficiente para serem observados com clareza os pontos de inflexão das funções. Isso pode ser comprovado pela análise da Figura 2. A partir do ponto de inflexão, os incrementos nas produções acumuladas são decrescentes.

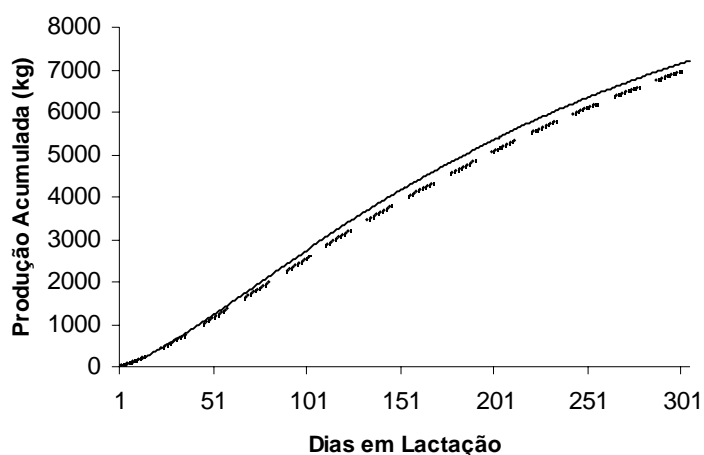


FIGURA 2 Produção acumulada de vacas da raça Holandesa paridas na estação das águas (—) e da seca (---)

Já ao se observar figuras de incrementos das produções acumuladas em função dos dias em lactação (Figura 3), podem-se visualizar os pontos de

inflexão. Na estação das águas, os maiores incrementos na produção acumulada ocorreram até o 78º dia, enquanto, na estação seca, isso ocorreu até o 71º dia (Figura 3). Estes incrementos são mais constantes e menores para animais paridos na estação 1. Depois desses dias, para ambas as curvas acumuladas, os incrementos na produção de leite passam a ser decrescentes, sendo maiores para animais paridos na estação 2. Nota-se, então, que animais que apresentam pontos de inflexão mais precoces (estação 2) são aqueles que produzem mais no início da lactação.

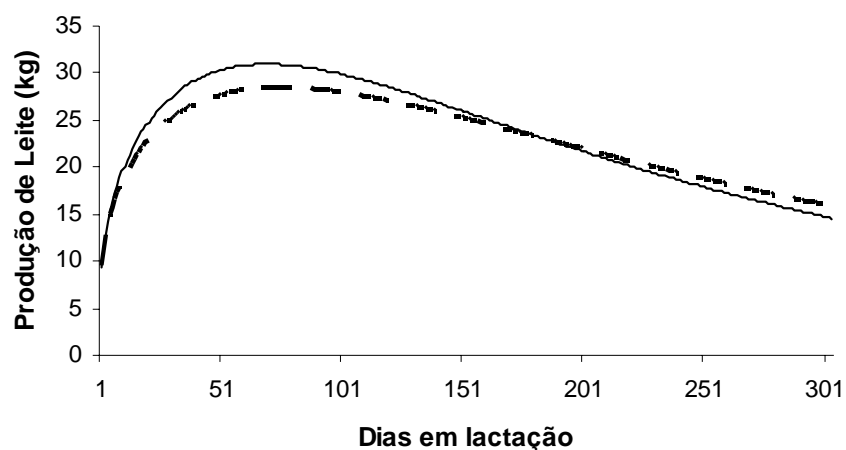


FIGURA 3 Incrementos diários das produções acumuladas referentes às estações das águas (—) e da seca (—)

Vacas com parição nas águas apresentaram maior tempo de ocorrência do pico de produção de leite - t_m (Tabela 5 e Figura 1). Assim, na estação das águas, os animais apresentaram pico mais tardio de produção.

Em geral, os valores encontrados para t_m neste estudo superam os valores relatados por outros autores. No estudo feito por Gonçalves et al. (1996) com vacas da raça Gir, o pico de produção ocorreu entre o primeiro e o segundo mês de lactação. Também no trabalho realizado por Jenkins et al. (2000) com seis raças diferentes, o pico de produção foi observado na sexta semana da lactação.

O maior valor de produção no pico de lactação ocorreu na estação seca. Observando-se também a Figura 1, conclui-se que vacas que pariram na seca apresentaram maior pico de produção - Y_m (31,40 kg), quando comparadas àquelas com parição nas águas (Tabela 5 e Figura 1). Resultado similar foi encontrado no trabalho de Ray et al. (1992), cuja produção máxima ocorreu durante a estação da seca para vacas holandesas com duração da lactação de 305 dias. Entretanto, tais resultados contrastam com os obtidos no trabalho de Rebouças (2006) com animais da raça Gir, em que menor produção no pico foi encontrada na estação da seca.

Sobre a produção em 305 dias (Y_{305}), pode-se observar, na Tabela 5 e na Figura 1, que não houve diferença ($P>0,05$) entre essas produções obtidas nas duas estações. Tal fato também pode ser constatado na Figura 2, em que as curvas de produção acumulada são muito parecidas nas duas estações. No caso do presente estudo, isso ocorreu porque os animais foram mantidos nas mesmas condições de manejo, independente da estação; em outras situações, isso geraria especulações sobre o tipo de pastagem ofertada, a tolerância dos animais ao estresse térmico e, mesmo, ao tipo de suplementação na seca.

Apesar das diferenças observadas nos valores de h , n , Y_m e t_m nas duas estações, o que propiciou formas diferentes de curvas de lactação, os animais apresentaram valores semelhantes de Y_{305} . Isso ocorreu, pois, na estação 1, os animais apresentaram o tempo de ocorrência do pico de produção (t_m) mais tardio, menores produções de leite no pico de lactação (Y_m), mas com lactações

mais persistentes (**h**) e, conseqüentemente, produções diárias mais constantes. Comparativamente, o contrário ocorreu na estação 2.

Assim, é possível estabelecer uma relação entre t_m , **h** e Y_m . Considerando-se que a produção de leite no final da lactação foi a mesma, tanto para animais paridos na seca quanto nas águas (Tabela 5), quanto maior for a persistência da curva de lactação (**h**), maior será o tempo de ocorrência do pico de produção (t_m) e menor será a produção no pico (Y_m).

Algumas considerações podem ser feitas com relação aos resultados encontrados na Tabela 5, ao compará-los aos obtidos no trabalho de Pereira (1992). Este autor, utilizando dados de lactações de vacas Holandesas pertencentes ao mesmo rebanho deste estudo, porém, entre os anos de 1980 a 1990, observou maior persistência e menor pico de produção na estação seca, embora a produção total de leite tenha sido a mesma nas duas estações, resultado este inverso ao verificado no presente trabalho. Esse contraste de resultados pode ser explicado pelo tipo de manejo adotado. No período entre 1980 e 1990, na estação chuvosa, os animais tinham acesso a pastos de capim-elefante, pastejados em sistema de pastejo rotacionado, sendo este o único volumoso disponível, enquanto na estação seca, suplementava-se com silagem durante o dia e acesso às pastagens cultivadas no período noturno. Já no presente trabalho, os animais foram submetidos a regime de confinamento total, com o mesmo tipo de alimentação, independente da estação.

Em função dos resultados encontrados, verifica-se que pode haver possibilidades de alteração da forma da curva de lactação de animais paridos na seca, sem comprometer a produção de leite em 305 dias de lactação. Isso poderá ser feito por meio do manejo nutricional e/ou geral dos animais, a fim de propiciar aumento da persistência da lactação, ou seja, reduzir a taxa de declínio da produção após o pico.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de **h**, **n**, **Y₃₀₅**, **Y_m** e **t_m** para as ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 . Os valores de **h** foram diferentes dependendo da OP (Tabelas 4 e 6).

TABELA 6 Médias ajustadas¹ e respectivos erros padrões para **h**, **n**, **Y₃₀₅**, **Y_m** e **t_m** em vacas da raça Holandesa, em diferentes ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4)

Parâmetros Biológicos	Ordens de Parição			
	1	2	3	≥ 4
h (dias)	145,64 ^a (1,16)	131,39 ^b (1,27)	128,96 ^b (1,45)	127,29 ^b (1,38)
n	1,35 ^b (0,01)	1,34 ^b (0,02)	1,37 ^b (0,02)	1,41 ^a (0,02)
Y₃₀₅ (kg)	6.915,51 ^b (111,89)	7.467,52 ^a (122,80)	7.500,13 ^a (140,12)	6.584,35 ^b (133,13)
Y_m (kg)	26,86 ^c (0,40)	31,66 ^a (0,45)	32,73 ^a (0,51)	29,76 ^b (0,49)
t_m (dias)	103,98 ^a (2,10)	69,38 ^b (2,34)	68,45 ^b (2,66)	71,12 ^b (2,53)

¹Médias seguidas de mesmas letras não diferem, pelo Teste de Scott & Knott ($P>0,05$).

Observa-se que vacas da ordem de parto 1 apresentaram maior persistência da curva de lactação (**h**=145,64) que as vacas das demais ordens de parto. Os valores obtidos para as vacas de OPs 2, 3 e ≥ 4 não diferiram entre si ($P>0,05$).

A partir desses valores encontrados para **h**, constata-se que primíparas possuem curvas de lactação mais persistentes que múltíparas (Figura 4), reafirmando que **h** está relacionado com a persistência da lactação. A explicação mais comum para esse fato tem sido o menor desenvolvimento (maturação e diferenciação) da glândula mamária de vacas primíparas (Sölkner e Fuchs, 1987). Resultados similares foram obtidos por Tekerli et al. (2000) com vacas Holandesas e por Cobuci (2001), com animais da raça Guzerá.

Houve variação do parâmetro n nas ordens de parição consideradas. Comparando-se as quatro ordens de parição, nas curvas de lactação ajustadas para vacas mais velhas ($OP \geq 4$), embora tenha sido observado um valor para este parâmetro (1,41) maior que os valores nas OPs 1, 2 e 3, os quais foram similares ($P > 0,05$). Todos os valores foram maiores que 1, indicando que todas as curvas de lactação apresentaram ocorrência de pico de produção de leite (Figura 4).

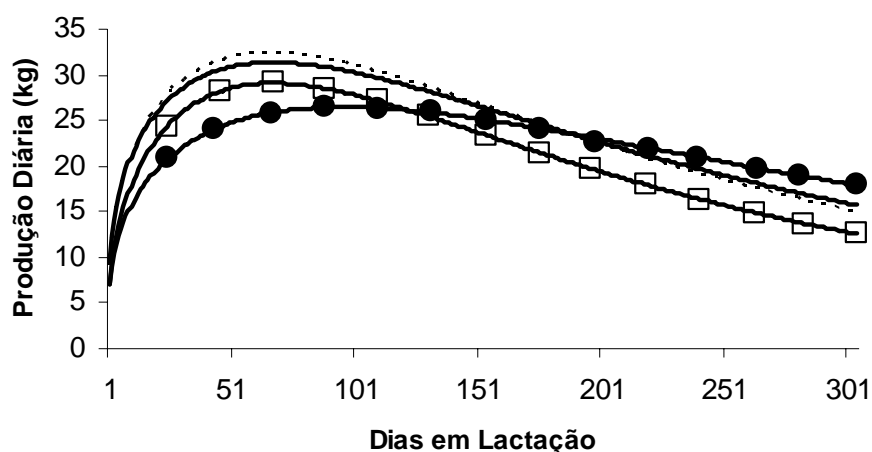


FIGURA 4 Curvas de lactação diárias de vacas da raça Holandesa de ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□)

Como descrito para estação de parição, n está relacionado ao ponto de inflexão das curvas acumuladas, o que pode ser verificado na Figura 5.

Na OP 1, os maiores incrementos na produção acumulada ocorreram até o 99º dia (ponto de inflexão da curva, Figura 6); já para vacas da $OP \geq 4$, o ponto de inflexão ocorreu mais cedo (68º dia). Apesar disso, os animais dessas duas OPs apresentaram mesma produção em 305 dias de lactação, porém, com

formato das curvas de lactação diferentes. Isso ocorreu, pois os valores de h , n , Y_m e t_m não foram semelhantes para estas vacas (Tabela 6). Pela observação da Figura 4, podem-se verificar as características das curvas (OP 1 e OP \geq 4) que ocasionaram esta diferença de formato. As produções na fase inicial e no pico da lactação (Y_m) de vacas de OP \geq 4 são maiores quando comparadas à de animais na OP1. Por outro lado, vacas primíparas apresentaram t_m superior (103,98), maior persistência da lactação e, conseqüentemente, produção mais constante na fase final da lactação do que animais de ordem de parição \geq 4.

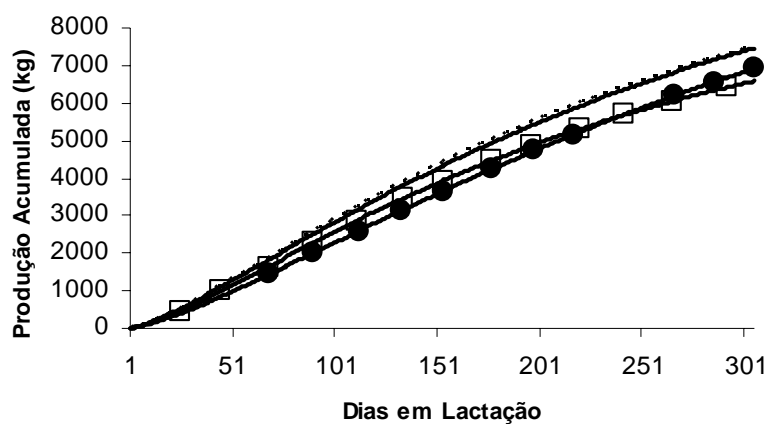


FIGURA 5 Produção acumulada de vacas da raça Holandesa de ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e \geq 4 (□)

Vacas primíparas levam mais tempo para atingir o pico de produção, pois seus tecidos secretores de leite ainda não atingiram o auge de capacidade produtiva, ou seja, seu sistema mamário demanda maior tempo para atingir a produção máxima (Rao e Sundaresan, 1982).

Nas ordens de parição 2 e 3, os maiores incrementos crescentes da produção de leite acumulada ocorreram até o 68^o dia (ponto de inflexão da curva, Figura 6). Além de os pontos de inflexão das curvas acumuladas desses animais terem ocorrido nos mesmos dias, as vacas pertencentes a estas duas OPs apresentaram curvas de lactação com o mesmo formato. Isso se justifica, pois os valores de h , n , Y_{305} , Y_m e t_m , referentes a estas ordens de parto, não diferiram ($P>0,05$).

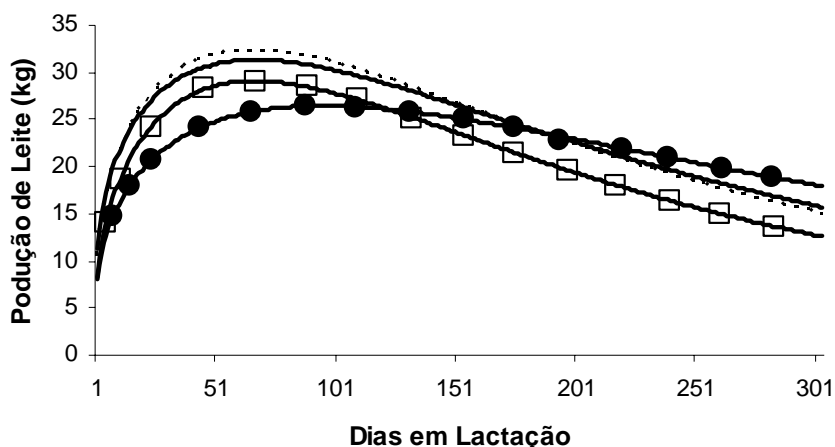


FIGURA 6 Incrementos diários das produções acumuladas referentes às ordens de parição 1 (●), 2 (○), 3 (□) e ≥ 4 (◇)

Os pontos de inflexão das curvas de animais de ordens de parto 2 e 3 ocorreram anteriormente ao ponto de inflexão da curva de animais de OP 1 (99^o). Também, o formato das curvas de lactação de vacas de segunda e terceira parição não foi semelhante ao de vacas de primeira cria (Figura 4), pois os valores de h , Y_{305} , Y_m e t_m divergiram, apesar de o valor de n ter sido o mesmo.

Comparativamente, a produção em 305 dias e a produção no pico de lactação foi maior para animais de OPs 2 e 3 do que para os de OP 1. O inverso ocorreu para os valores de t_m (Tabela 6).

No estudo da curva de lactação de animais F₁ Holandês-Gir (Oliveira et al., 2007) também se observou maior produção de leite em multíparas (a produção média de leite das multíparas foi 48,9% superior à de primíparas). Além do efeito da imaturidade fisiológica das primíparas, essa diferença poderia ser explicada, parcialmente, pela dificuldade de temperamento no primeiro parto.

Resultado similar ao obtido neste trabalho para Y_m foi relatado por Tekerli et al.(2000), em estudo com animais da raça Holandesa, encontrando produção, no pico de lactação, de 26,6kg para vacas de primeira parição e de 30,5kg para animais de terceira e quarta parição.

Animais pertencentes às ordens de parição 2, 3 e ≥ 4 tiveram o ponto de inflexão aos 68 dias. Isto se deve ao fato de suas curvas possuírem formatos semelhantes (valores de h e t_m semelhantes). Comparando vacas de OPs 2 e 3 àquelas de OP ≥ 4 , percebe-se que elas possuem diferenças quanto a n , Y_{305} e Y_m (Tabela 4). Isso se justifica, pois vacas de segunda e terceira ordem de parto apresentam curvas de lactação características de vacas jovens (maior produção diária, no pico de lactação e em 305 dias), enquanto as curvas daquelas de ordem de parto maior ou igual a quatro referem-se a animais mais velhos (menor produção no pico de lactação e menor produção em 305 dias). Todas essas observações podem ser visualizadas na Figura 4.

Na Tabela 7 são apresentadas as médias ajustadas pelo método dos mínimos quadrados e os erros padrões de Y_{305} , n , h , Y_m e t_m , para as ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , nas estações 1 (águas) e 2 (seca). Pela análise de variância (Tabela 4), observou-se que não houve interação entre estação e ordem de parição, para as variáveis Y_{305} , n e Y_m , indicando que esses fatores são

independentes, isto é, os valores destas variáveis, estimadas nas ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , não dependem de a vaca ter parido na estação seca ou na das águas. Somente observou-se interação entre ordens e estação de parição para a persistência da lactação (**h**) e para o tempo de ocorrência do pico de produção (**t_m**).

TABELA 7 Número de lactações (N) e médias¹ dos parâmetros biológicos da função (Y_{305} , n, h, Y_m e t_m) para vacas da raça Holandesa com ordens de parição 1, 2, 3 e ≥ 4 , paridas nas estações 1 (águas) e 2 (seca)

OP	N	MÉDIAS DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS DA FUNÇÃO				
		Y_{305} (kg)	n	h (dias)	Y_m (kg)	t_m (dias)
ESTAÇÃO 1 (águas)						
1	94	6.861,31 (174,31)	1,36 (0,02)	148,61 ^{aA} (1,80)	26,39 (0,63)	113,89 ^{aA} (3,28)
2	80	7.335,44 (188,94)	1,29 (0,02)	130,72 ^{bA} (1,95)	30,88 (0,70)	65,21 ^{bA} (3,62)
3	66	7.227,91 (208,02)	1,35 (0,03)	131,45 ^{bA} (2,15)	30,90 (0,76)	71,02 ^{bA} (3,97)
≥ 4	62	6.642,09 (214,63)	1,38 (0,03)	134,42 ^{bA} (2,22)	28,25 (0,78)	78,18 ^{bA} (4,07)
ESTAÇÃO 2 (seca)						
1	145	6.969,72 (140,34)	1,34 (0,02)	142,66 ^{aB} (1,45)	27,33 (0,51)	94,08 ^{aB} (2,64)
2	116	7.599,60 (156,91)	1,38 (0,02)	132,06 ^{bA} (1,62)	32,44 (0,58)	73,55 ^{bA} (2,96)
3	81	7.772,35 (187,77)	1,40 (0,02)	126,47 ^{cA} (1,94)	34,55 (0,68)	65,88 ^{cA} (3,53)
≥ 4	115	6.526,61 (157,59)	1,45 (0,02)	120,17 ^{dB} (1,63)	31,28 (0,58)	64,05 ^{cB} (3,01)

¹ Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem, pelo Teste de Scott & Knott ($P>0,05$), dentro da mesma estação de parição. Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem, pelo Teste de Scott & Knott ($P>0,05$), comparando-se as mesmas OPs entre estações de parição.

Estudando-se as curvas para OP 1 e OP ≥ 4 nas duas estações, verifica-se que as lactações iniciadas na estação das águas diferiram das iniciadas na estação seca.

O valor de **h** para vacas de primeira ordem de parto, paridas nas águas, foi de 148,61; já para aquelas de mesma OP, mas com parição na seca, a média deste parâmetro foi de 142,66. Isso pode ser atribuído ao fato de as curvas de lactação de vacas paridas nas águas serem mais persistentes que curvas de vacas paridas na seca (Figura 7). Com relação a $OP \geq 4$, na estação 1, o valor obtido para **h** foi de 134,42 e, na estação 2, foi de 120,17, o que leva à constatação de que, para esta OP, os animais com lactações iniciadas na estação 1 mantêm mais constante a produção após o pico de lactação que aqueles com início de lactação na estação 2 (Figura 8). Esses resultados já foram constatados quando foi discutida a Tabela 5. Para as vacas das outras OPs, os valores de **h** não foram diferentes, ou seja, as curvas de lactação foram semelhantes, o que pode ser verificado nas Figuras 9 e 10.

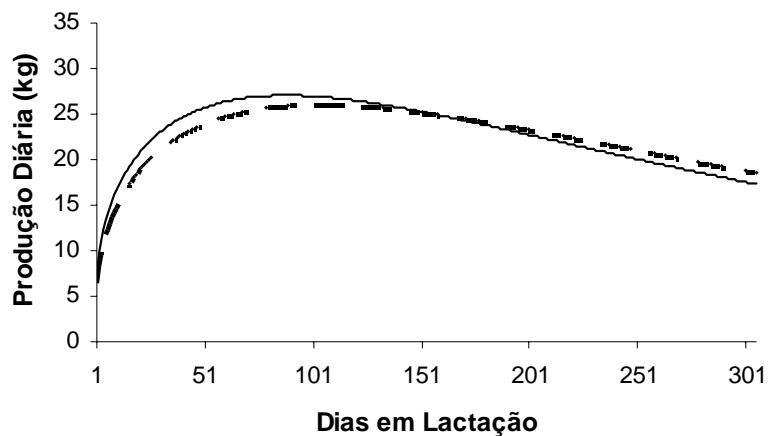


FIGURA 7 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 1, paridas nas estações das águas (—) e da seca (- -)

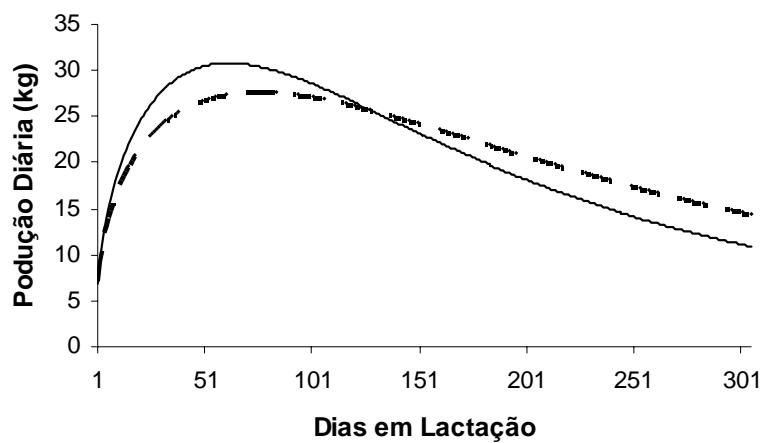


FIGURA 8 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição ≥ 4 , paridas nas estações das águas (---) e da seca (—)

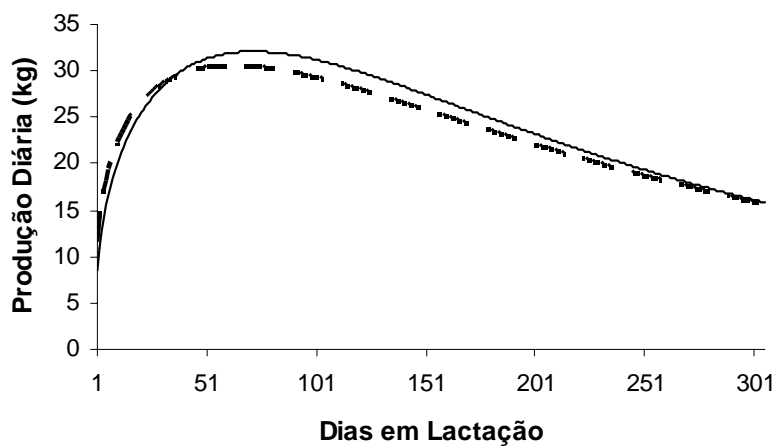


FIGURA 9 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 2, paridas nas estações das águas (---) e da seca (—)

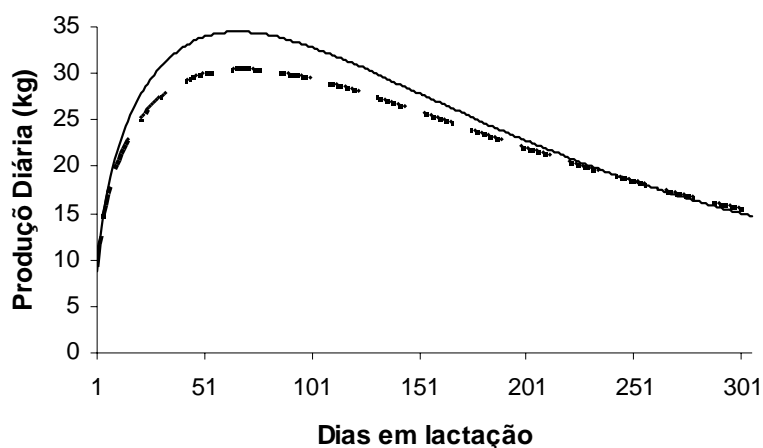


FIGURA 10 Curvas de lactação diárias de vacas com ordem de parição 3, paridas nas estações das águas (—) e da seca (—)

Ao analisar o tempo de ocorrência do pico de produção de leite (t_m), nota-se que vacas primíparas com parição nas águas tiveram maior t_m (113,89) que aquelas também primíparas, mas com parição na seca (94,08). E o valor de t_m para animais de OP ≥ 4 com lactações iniciadas na estação 1 também foi maior (78,18), quando comparado ao de animais de mesma OP, mas com início de lactação na estação 2 (64,05). O mesmo foi constatado com base nos dados da Tabela 5. Esse resultado pode ser visualizado nas Figuras 7 e 8.

Portanto, essas diferenças encontradas para os valores de h e t_m entre as estações das águas e da seca, para as OPs 1 e ≥ 4 , conferem formatos de curvas diferentes para esses animais.

Na estação 1, o valor de h para a OP 1 diferiu dos demais valores encontrados para as outras OPs ($P < 0,05$). Na Figura 11, pode-se verificar que a curva de lactação mais persistente é realmente a de animais primíparos,

enquanto as demais são menos persistentes e possuem formatos muito semelhantes.

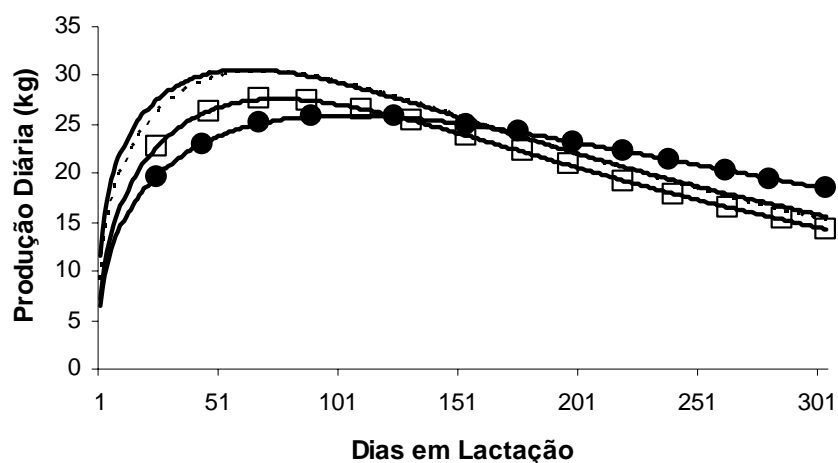


FIGURA 11 Curvas de lactação diárias de vacas com ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□), paridas na estação 1 (águas)

Já na estação 2, as persistências (**h**) das quatro ordens de parição consideradas não foram semelhantes ($P < 0,05$). Isso pode ser analisado na Figura 12, na qual se verifica que as curvas referentes às quatro ordens de parição apresentam formatos diferentes.

Com relação ao tempo de ocorrência do pico de produção (t_m), na estação 1, o valor obtido para OP 1 diferiu das demais OPs ($P < 0,05$). Na estação 2, os valores encontrados para OP 3 e ≥ 4 foram semelhantes ($P > 0,05$).

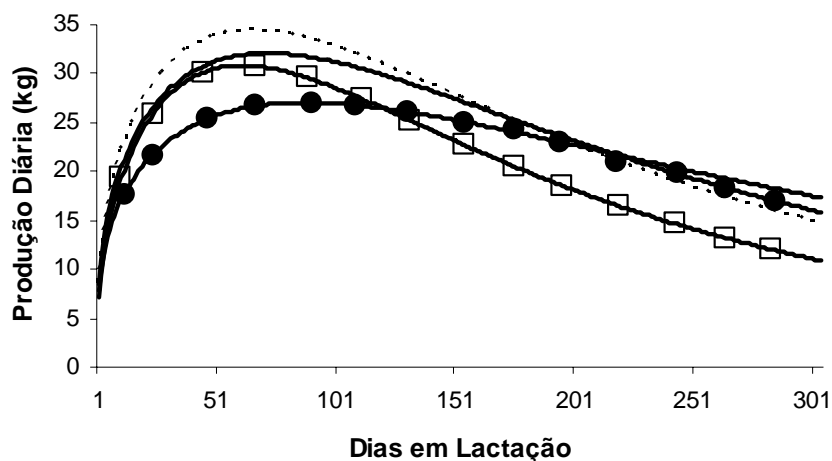


FIGURA 12 Curvas de lactação diárias de vacas com ordens de parição 1 (●), 2 (—), 3 (---) e ≥ 4 (□), paridas na estação 2 (seca)

Assim, na estação das águas, há duas curvas de lactação diferentes: uma que representa a produção de vacas primíparas e outra referente à produção de multíparas. Já para a estação seca existem quatro curvas de lactação, uma para cada ordem de parição considerada.

4.1 Fatores multiplicativos para produções acumuladas diariamente

Nas Tabelas 8 e 9 encontram-se os fatores multiplicativos para projeção da produção de leite aos 305 dias para animais em uma dada estação (águas e seca) e ordem de parição (1, 2, 3 e ≥ 4).

Estes fatores de ajustes para a estimativa da produção em 305 dias de lactação, em função da estação e da ordem de parição, são desprovidos de qualquer causa de variação incluída no modelo estatístico utilizado para se estudar os fatores não-genéticos que influenciam a forma da curva de lactação.

A estimativa de produção acumulada em 305 dias para uma vaca em dada estação (seca e águas) e ordem de parição é obtida multiplicando-se sua produção acumulada até o dia X pelo fator multiplicativo correspondente a sua estação e ordem de parição.

Dessa forma, esses fatores poderão auxiliar os criadores na avaliação antecipada de suas vacas. Além disso, tal previsão pode ser útil para prever a quantidade de alimento suplementar a ser adquirido e permite a utilização de mais filhas na avaliação de touros.

TABELA 8 Fatores multiplicativos para a estimativa da produção acumulada em 305 dias de lactação, para a estação das águas e ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4)

DIAS	OP 1	OP 2	OP 3	OP ≥ 4 DIAS	OP 1	OP 2	OP 3	OP ≥ 4	
100	3,1452	2,6224	2,6573	2,7461	205	1,4319	1,3372	1,3357	1,3476
105	2,9686	2,4924	2,5216	2,6010	210	1,3985	1,3114	1,3098	1,3207
110	2,8109	2,3759	2,4003	2,4716	215	1,3670	1,2870	1,2853	1,2952
115	2,6692	2,2709	2,2912	2,3554	220	1,3371	1,2639	1,2622	1,2711
120	2,5413	2,1759	2,1928	2,2507	225	1,3088	1,2420	1,2402	1,2483
125	2,4255	2,0896	2,1035	2,1559	230	1,2820	1,2211	1,2193	1,2266
130	2,3200	2,0108	2,0222	2,0698	235	1,2565	1,2013	1,1995	1,2061
135	2,2238	1,9387	1,9480	1,9912	240	1,2322	1,1824	1,1807	1,1865
140	2,1356	1,8725	1,8799	1,9192	245	1,2091	1,1644	1,1627	1,1679
145	2,0545	1,8115	1,8174	1,8531	250	1,1871	1,1472	1,1456	1,1502
150	1,9798	1,7551	1,7597	1,7923	255	1,1661	1,1308	1,1293	1,1333
155	1,9108	1,7029	1,7063	1,7361	260	1,1461	1,1151	1,1137	1,1172
160	1,8468	1,6544	1,6569	1,6840	265	1,1270	1,1001	1,0989	1,1018
165	1,7873	1,6093	1,6109	1,6357	270	1,1086	1,0857	1,0846	1,0871
170	1,7320	1,5672	1,5681	1,5908	275	1,0911	1,0719	1,0710	1,0731
175	1,6804	1,5278	1,5282	1,5489	280	1,0743	1,0587	1,0579	1,0596
180	1,6321	1,4909	1,4908	1,5097	285	1,0582	1,0460	1,0454	1,0467
185	1,5870	1,4564	1,4558	1,4731	290	1,0428	1,0338	1,0333	1,0343
190	1,5446	1,4239	1,4230	1,4388	295	1,0279	1,0221	1,0218	1,0224
195	1,5047	1,3933	1,3921	1,4065	300	1,0137	1,0108	1,0107	1,0110
200	1,4672	1,3644	1,3631	1,3762	305	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

TABELA 9 Fatores multiplicativos para a estimativa da produção acumulada em 305 dias de lactação, para a estação seca e ordens de parição (1, 2, 3 e ≥ 4)

DIAS	OP 1	OP 2	OP 3	OP ≥ 4 DIAS	OP 1	OP 2	OP 3	OP ≥ 4	
100	2,9552	2,6835	2,5499	2,4111	205	1,3975	1,3357	1,3062	1,2729
105	2,7956	2,5438	2,4203	2,2910	210	1,3669	1,3097	1,2824	1,2515
110	2,6528	2,4192	2,3048	2,1842	215	1,3380	1,2851	1,2599	1,2313
115	2,5245	2,3073	2,2011	2,0886	220	1,3105	1,2618	1,2386	1,2123
120	2,4086	2,2064	2,1078	2,0027	225	1,2846	1,2398	1,2185	1,1943
125	2,3035	2,1151	2,0234	1,9251	230	1,2599	1,2189	1,1994	1,1772
130	2,2077	2,0321	1,9467	1,8547	235	1,2364	1,1990	1,1813	1,1610
135	2,1203	1,9563	1,8768	1,7907	240	1,2141	1,1802	1,1640	1,1456
140	2,0400	1,8870	1,8128	1,7322	245	1,1929	1,1622	1,1477	1,1310
145	1,9663	1,8233	1,7541	1,6786	250	1,1726	1,1451	1,1321	1,1171
150	1,8982	1,7646	1,7000	1,6293	255	1,1533	1,1288	1,1172	1,1039
155	1,8353	1,7104	1,6501	1,5839	260	1,1348	1,1133	1,1030	1,0913
160	1,7769	1,6602	1,6039	1,5420	265	1,1172	1,0984	1,0895	1,0793
165	1,7227	1,6136	1,5611	1,5031	270	1,1003	1,0842	1,0766	1,0678
170	1,6721	1,5703	1,5213	1,4670	275	1,0841	1,0706	1,0642	1,0568
175	1,6250	1,5299	1,4842	1,4334	280	1,0686	1,0576	1,0523	1,0463
180	1,5809	1,4921	1,4495	1,4021	285	1,0538	1,0451	1,0410	1,0362
185	1,5395	1,4568	1,4171	1,3728	290	1,0395	1,0331	1,0301	1,0266
190	1,5007	1,4237	1,3867	1,3454	295	1,0258	1,0216	1,0197	1,0174
195	1,4643	1,3926	1,3582	1,3197	300	1,0127	1,0106	1,0096	1,0085
200	1,4299	1,3633	1,3314	1,2956	305	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Como exemplo de aplicação desses fatores, consideremos uma vaca primípara (OP 1), parida na estação das águas, com uma produção acumulada de 8.000kg, aos 280 dias de lactação. Observando os dados da Tabela 8, verifica-se que o fator multiplicativo a ser utilizado é 1,0743. Assim, a produção acumulada estimada em 305 dias para esta vaca será:

$$8.000 \times 1,0743 = 8.594,4 \text{ kg}$$

5 CONCLUSÃO

Deve-se considerar a necessidade do ajuste de curvas de lactação para novilhas e vacas adultas e um efeito diferenciado sobre a forma da curva de lactação deve ser observado para as OPs nas estações de parição.

A função de Michaelis-Menten generalizada possibilitou a descrição biológica das curvas de lactação com grande grau de detalhamento para animais da raça Holandesa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, T. E.; SCHAEFFER, L. R. Accounting for covariances among test days milk yield in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 67, n. 3, p. 637-644, Sept. 1987.

BOGGS, D. L.; SMITH E, F.; SCHALLES, R. R.; BRENT, B. E.; CORAH, L. R.; PRUITT, R. J. Effects of milk and forage intake on calf performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, n. 3, p. 550-553, Mar. 1980.

BUENO, J. H.; OLIVEIRA, A. I. G.; GONÇALVES, T. M.; TEIXEIRA, N. M. Estudo da curva de lactação em rebanhos da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 559-561.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 55-65, jan./abr. 1980.

CHEEMA, J. S.; BASU, S. B. Relationship of part lactation yield in Kankrei cattle. **Indian Veterinary Journal**, Madras, v. 60, n. 8, p. 637-642, Aug. 1983.

COBUCCI, J. A.; COSTA, C. N.; TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A. F. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 614-623, jul./ago. 2006.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, C. N.; LOPES, P. S.; TORRES, R. de A.; PEREIRA, C. S. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e função de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 546-554, maio/jun. 2004.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; PEREIRA, C. S. Persistência na lactação: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Mayaguez, v. 11, n. 3, p. 163-173, dez. 2003.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; TEODOR, R. L.; VERNEQUE, R. da S.; LOPES, P. S.; SILVA, M. de A. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 204-211, jul./ago. 2001.

COBUCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; VERNEQUE, R. S.; THEODORO, R. L.; LOPES, P. S.; SILVA, M. A. E. Curva de lactação na Raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 1332-1339, set./out. 2000.

COOBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. An fitting curves to lactation data. **Animal Production**, Edinburgh, v. 26, n. 2, p. 127-133, July/Aug. 1978.

DANELL, B. Studies on lactation yield and individual test-day yields of Swedish dairy cows. II: persistency of milk yield and its correlation with lactation yield. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 32, n. 1, p. 93-101, Jan./Mar. 1982.

DEKKERS, J. C. M.; JAMROZIK, J.; TEN HAG, J. H.; SCHAEFFER, L. R.; WEERSINK, A. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. **Interbull Bulletin**, Rotorua, n. 12, p. 97-102, Jan. 1996.

DEKKERS, J. C. M.; TEM HAG, J. H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 53, n. 3, p. 237-252, Mar. 1998.

DEMATAWEWA, C. M. B.; PEARSON, R. E.; VANRADEN, P. M. Modeling extended lactations of Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 8, p. 3924-3936, Aug. 2007.

DURÃES, M. C.; TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A. F. Curvas de lactação de vacas da raça holandesa mantidas em confinamento total. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 43, n. 5, p. 447-58, nov./dez. 1991.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression. **Biometrika**, London, v. 37, n. 3-4, p. 409-428, Dec. 1951.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparação de algumas funções matemáticas para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 3, p. 295-302, maio/jun. 2002.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Comparação de alguns modelos matemáticos para ajuste à curva de lactação média de um rebanho da raça Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 987-992, set./out. 1999.

FREITAS, A. F.; DURÃES, M. C.; TEIXEIRA, N. M. Parâmetros genéticos da produção de leite de animais da raça Holandesa mantidos em sistema intensivo do tipo “free stall”. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 2008-2012, nov./dez. 2000. Suplemento.

FREITAS, M. A. R.; LOBO, R. B.; NAUFEL, F.; DUARTE, F. A. M. Fatores não-genéticos de variação na produção de leite de vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 35, n. 4, p. 575-590, jul./ago. 1983.

GAMA, L. T.; CAROLINO, R. N.; CRUZ, A. A.; CAROLINO, M. I. Genetic parameter estimates for shape of the lactation curve in dairy cattle. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Guelph. **Proceedings...**Guelph: University of Guelph, 1994. p. 132-135.

GENGLER, N. Persistency of lactation yields: a review. **Interbull Bulletin**, Rotorua, n. 12, p. 97-102, Jan. 1996.

GONÇALVES, T. M. **Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir**. 1994. 66 p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir: escolha da função de melhor ajuste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 616-626, jul./ago. 1996.

GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; RANGEL, A. H. N.; SANTOS, I. Fatores multiplicativos de ajuste da produção de gordura na raça Gir para efeitos simultâneos da idade ao parto e estação de parição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 80-87, jan./fev. 1997.

GONÇALVES, T. M.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, R. T. F.; PEREIRA, I. G. Curvas de lactação em rebanhos da raça holandesa no Estado de Minas Gerais: escolha da função de melhor ajuste. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 1689-1694, jul./ago. 2002.

GROENEWALD, P. C. N.; VILJOEN, C. S. A Bayesian model for analysis of lactation curves of dairy goats. **Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics**, Alexandria, v. 8, n. 1, p. 75-83, Jan./Mar. 2003.

GROSSMAN, M.; HARTZ, S. M.; KOOPS, W. P. Multiphasic of lactation yield: A novel approach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 10, p. 2192-2197, Oct. 1999.

HOFFMAN, R.; VIEIRA, S. O. Teste de Durbin-Watson. In: HOFFMAN, R.; VIEIRA, S. O. **Análises de regressão: uma introdução a econometria**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1987. p. 251-256.

JAKOBSEN, J. H. **Genetic correlations between the shape of the lactation curve and disease resistance in dairy cattle**. Foulum: Department of Animal Breed, 2000.

JAKOBSEN, J. H.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; PEDERSEN, L. G.; CHRISTENSEN, L. G.; SORENSEN, D. A. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 6, p. 607-1616, June 2002.

JAMROZIK, J.; JANSEN, G.; SCHAEFFER, L. R.; LIU, Z. Analysis of persistency of lactation calculates from a random regression test day model. **Interbull Bulletin**, Rotorua, n. 17, p. 64-69, Jan. 1998.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 762-770, Apr. 1997.

JENKINS, T. G.; FERREL, C. L.; ROBERTS, A. J. Lactation and calf weight traits of mature crossbred cows fed varying daily levels of metabolizable energy. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 7-14, Jan. 2000.

JUNQUEIRA, L. V.; NEIVA, R. S.; VEIGA, R. D.; TEIXEIRA, N. M.; DURÃES, M. C. Estudo das curvas de lactação de vacas Holandesas de alguns rebanhos do Estado de Minas Gerais, por intermédio de uma função gama incompleta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 1109-1118, nov./dez. 1997.

KELLOGG, D. W.; URQUHART, N. S.; ORTEGA, A. J. Estimating holstein lactation curves with a gamma curve. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 60, n. 8, p. 1308-1315, Aug. 1977.

- KEOWN, J. F.; EVERETT, R. W.; EMPET, N. B.; WADELL, L. H. Lactation curves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 3, p. 769-781, Mar. 1986.
- KOOPS, W. J.; GROSSMAN, M.; MICHALSKA, E. Multiphasic growth curve analysis in mice. **Growth**, Lakeland, v. 51, n. 3, p. 372-382, July/Sept. 1987.
- MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. **Animal Production**, Edinburgh, v. 29, n. 1, p. 101-107, Jan./Feb. 1979.
- MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. **Animal Production**, Edinburgh, v. 20, n. 2, p. 191-197, Mar./Apr. 1975.
- MALHOTRA, P. K.; SING, P. R.; SING, N. R. Estimating lactation curve in Karan-Swiss cattle. **Indian Journal Animal Science**, Edinburgh, v. 30, n. 10, p. 799-804, Oct. 1980.
- MELO, C. M. R.; PACKER, I. U.; COSTA, C. N. Parâmetros genéticos para as produções de leite no dia do controle e da primeira lactação de vacas da raça holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 796-806, maio/jun. 2005.
- MOLENTO, C. F. M.; MONARDES, H.; RIBAS, N. P.; BLOCK, E. Curvas de lactação de vacas holandesas do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, maio/ago. 2004.
- MORAIS JUNIOR, N. N. **Avaliação dos fatores oficiais de correção da produção até o primeiro controle leiteiro em vacas Holandesas**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- NEVES, C. J.; FERREIRA, G. B.; FERNANDES, H.D.; GADINNI, C.; MATOS, R.S Estimativas de parâmetros genéticos para a produção de leite e gordura em bovinos da raça Holandesa no Estado de Goiás. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 529-531.
- ODENSTEN, M. O.; HOLTENIUS, K.; WALLER, K. P. Effects of two different feeding strategies during dry-off on certain health aspects of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 898-907, Mar. 2007.

OLIVEIRA, H. T. V.; REIS, R. B.; GLÓRIA, J. R.; QUIRINO, C. R.; PEREIRA, J. C. C. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 1, p. 233-238, jan./fev. 2007.

OLIVEIRA, H. T. V.; REIS, R. B.; GLÓRIA, J. R.; QUIRINO, C. R.; PEREIRA, J. C. C. Estudo da curva da lactação, ajustada pela função gama incompleta, de vacas F1 Holandês-Gir. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 1 CD-ROM.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425 p.

PAPAJCSIK, I. A.; BODERO, J. Modelling lactations curves of Friesian cows in a subtropical climate. **Animal Production**, Edinburgh, v. 47, n. 1, p. 201-207, Jan./Feb. 1988.

PEREIRA, M. N. **Estudos da produção de leite e do desempenho reprodutivo de um rebanho Holandês puro por cruza, no sul do Estado de Minas Gerais**. 1992. 141 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

PIMENTEL, M. A.; MORAES, J. C. F.; JAUME, C. M.; LEMES, J. S.; BRAUNER, C. C. Características da lactação de vacas Hereford criadas em um sistema de produção extensivo na região da campanha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2006.

PIRES, A. V. **Fatores genéticos e ambiente que afetam a produção de leite e duração da lactação de um rebanho com diferentes grupos genéticos Holandês**: Guzerá. 1984. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

RAO, M. K.; SUNDARESAN, D. Factors affecting the shape of lactation curve in Friesian × Sahiwal crossbred cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 35, n. 2, p. 160-167, Feb. 1982.

RAY, D. E.; HALBACH, T. J.; ARMSTRONG, D. V. Season and lactation effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. In: RAO, M. K.; SUNDARESAN, D. Factors affecting the shape of lactation curve in Friesian × Sahiwal crossbred cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 11, p. 2976-2983, Nov. 1992.

REBOUÇAS, G. F. **Novas funções para estimar a produção de leite 305 dias de vacas da raça Gir**. 2006. 53 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REBOUÇAS, G. F.; GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; AZEVEDO, J.; KOOPS, W. Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias de lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 7, p. 1222-1229, jul. 2008.

REENTS, R.; REINHARDT, F.; ABRAMOWSKY, M. Calculation of persistency proofs from the german multilactation model for production traits. **Interbull Bulletin**, Rotorua, n. 12, p. 103-107, Jan. 1996.

REKIK, B.; GARA, A. B. Factors affecting the occurrence of atypical lactations for Holstein-Friesian cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 87, n. 3, p. 245-250, Mar. 2004.

RODRIGUEZ, M. A. P. **Uma nova função para descrever curvas de lactação de bovinos leiteiros**. 2007. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RODRIGUEZ, R. Comportamiento de la curva de lactancia de vacas Holstein en condiciones tropicales. **Revista Cubana de Reproduccion Animal**, La Habana, v. 13, n. 2, p. 103-111, jul./dic. 1987.

SCHNEEBERGER, M. Inheritance of lactation curve in Swiss brown cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 3, p. 475-483, Mar. 1981.

SHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Random regressions in animal models for test dairy production in dairy cattle. (compact disc). In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Canada. **Proceedings...** Guelph: University of Guelph, 1994. v. 18, p. 443-446.

SHANKS, R. D.; GERGER, P. J.; FREEMAN, A. E. Genetic aspects of lactation curves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 9, p. 1852-1860, Sept. 1981.

SHERCHAND, L.; MCNEW, R.; KELLOGG, D.; JOHNSON, Z. B. Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2507-2513, Nov. 1995.

SILVESTRE, A. M.; PETIM-BATISTA, F.; COLAÇO, J. The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 5, p. 1813-1821, May 2006.

SÖLKNER, J.; FUCHS, W. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of Test-day milk yields. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 16, n. 4, p. 305-319, Apr. 1987.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Users guide**: statistics: versão 6. 4. ed. Cary: SAS Institute, 1999. v. 2, 1686 p.

TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, I.; AKCAN, A. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1381-1386, June 2000.

WILMINK, J. B. M. Adjustment of test-day milk, fat and protein yields from age, season and stage of lactation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 16, n. 4, p. 335-348, June 1987.

WOOD, P. D. P. Algebraic models of the lactations curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. **Animal Production**, Edinburgh, v. 22, n. 1, p. 35-40, Jan./Feb. 1976.

WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, London, v. 216, n. 5111, p.164-165, Feb. 1967.

WOOD, P. D. P. Note on seasonal fluctuations in milk production. **Animal Production**, Edinburgh, v. 15, n. 1, p. 89-92, Jan./Feb. 1972.

YADAV, S. B. S.; SHARMA, J. S. Functions for lactation curves in crossbred dairy cattle. **The Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, v. 55, n. 1, p. 42-47, Jan. 1984.