

**JOANA RIBEIRO DA GLÓRIA**

**FATORES GENÉTICOS E AMBIENTES QUE INFLUENCIAM AS  
CARACTERÍSTICAS DAS CURVAS DE LACTAÇÃO DE QUATRO  
GRUPOS GENÉTICOS DE MISTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da  
Universidade Federal de Minas Gerais, como  
requisito parcial para obtenção do grau de Doutor  
em Zootecnia.

Área: Produção Animal  
Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann

Belo Horizonte  
Escola de Veterinária da UFMG  
2008

G562f Glória, Joana Ribeiro da, 1978-  
Fatores genéticos e ambientes que influenciam as características das curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu / Joana Ribeiro da Glória. – 2008.  
73 p. : il.

Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária  
Inclui bibliografia

1. Bovino – Criação – Aspectos ambientais – Teses. 2. Bovino – Criação – Aspectos genéticos – Teses. 3. Leite – Produção – Teses. 4. Lactação – Teses. I. Bergmann, José Aurélio Garcia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.214 08

Tese defendida e aprovada em 17 de março de 2008  
pela Comissão Examinadora constituída por:

---

Prof. Dr. José Aurélio Garcia Bergmann

Orientador

---

Prof. Dr. Célia Raquel Quirino

---

Prof. Dr. Jonas Carlos Campos Pereira

---

Dr. José Reinaldo Mendes Ruas

---

Prof. Dr. Sandra Gesteira Coelho



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e saúde, imprescindíveis para realização de qualquer sonho.

A minha mãe Helena pela total dedicação, ao meu pai João pela confiança, carinho e incentivo.

Ao Diogo, meu companheiro, meu eterno amor, obrigada por tudo.

Ao Prof. José Aurélio pela orientação, ensinamentos e confiança.

Aos Profs. Ronaldo, Martinho e Jonas pelos conselhos, ensinamentos e grande amizade.

A Dr. Célia Quirino pelas contribuições e disponibilidade em ajudar sempre.

Ao Dr. José Reinaldo e Profa. Sandra pelas valiosas contribuições.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais pela cessão dos dados.

Aos meus irmãos Igor e Melissa pela paciência, amizade e compreensão.

Ao Departamento de Zootecnia, em especial ao Marcos.

Ao Colegiado de Pós-Graduação, em especial a Heloisa.

Ao CNPq pelos recursos concedidos.

Aos colegas de curso pela amizade.

A direção do CEFET-BambuÍ pela liberação para que eu concluísse este trabalho.

Aos amigos do CEFET-BambuÍ, em especial a Let e a Lu, pelo carinho e amizade.

Aos demais colaboradores deste trabalho.



“EU QUASE QUE NADA NÃO SEI. MAS DESCONFIO DE MUITA COISA”

Guimarães Rosa





---

## SUMÁRIO

---

<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	
1.1. Modelos para ajuste de curvas de lactação em bovinos.....	17
1.2. Função gamma incompleta de Wood.....	18
1.3. Curvas de lactação de fêmeas de raças zebuínas e suas mestiças e fatores genéticos e ambientes que influenciam seus parâmetros e características lactacionais.....	18
1.4. Referências Bibliográficas.....	26
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>CURVAS MÉDIAS DE LACTAÇÃO DE QUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE MESTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU</b>	
Resumo.....	30
2.1. Introdução.....	31
2.2. Material e Métodos.....	31
2.2.1. Descrição dos dados.....	31
2.2.2. Manejo geral.....	32
2.2.3. Análises dos dados.....	33
2.3. Resultados e Discussão.....	34
2.4. Conclusões.....	38
2.5. Referências Bibliográficas.....	43
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>FATORES GENÉTICOS E AMBIENTES QUE INFLUENCIAM OS PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS DE CURVAS INDIVIDUAIS DE LACTAÇÕES DE QUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE MESTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU</b>	
Resumo.....	45
3.1. Introdução.....	46
3.2. Material e Métodos.....	46
3.2.1. Descrição dos dados.....	46
3.2.2. Manejo geral.....	47
3.2.3. Análises dos dados.....	48
3.3. Resultados e Discussão.....	50
3.4. Conclusões.....	56
3.5. Referências Bibliográficas.....	57
<b>ANEXOS</b> .....	59

---

---

## LISTA DE TABELAS

---

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 -	Números de controles, números de lactações e valores médios, desvios-padrão, mínimos e máximos da duração da lactação (dias), por grupo genético e ordem de lactação.....	33
Tabela 2 -	Número de lactações (N), parâmetros estimados da função gamma incompleta ('a', 'b' e 'c') e respectivos erros-padrão, coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_A$ ) e número de repetições necessárias para convergência (NI) por ordem de lactação por grupo genético.....	35
Tabela 3 -	Produções inicial (kg) e no pico (kg), tempo até o pico (dias), persistência e produção total estimada (kg) por grupo genético e ordem de lactação.....	36

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 -	Número de lactações por época de parto, por grupo genético, por fazenda.....	50
Tabela 2 -	Número de lactações por ordem de lactação, por grupo genético, por fazenda	50
Tabela 3 -	Médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, valores mínimos e máximos dos parâmetros e características lactacionais para curvas típicas.....	51
Tabela 4 -	Médias e erros-padrão do parâmetro 'a', de acordo com o grupo genético.....	51
Tabela 5 -	Médias e erros-padrão do parâmetro 'a', de acordo com a época de parto.....	51
Tabela 6 -	Médias e erros-padrão do parâmetro 'a', de acordo com a classe de ordem da lactação.....	52
Tabela 7 -	Médias e erros-padrão do tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação, em dias, de acordo com a época de parto.....	52
Tabela 8 -	Médias e erros-padrão do tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação, em dias, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação.....	53
Tabela 9 -	Médias e erros-padrão da produção no pico de lactação, em kg, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação.....	54
Tabela 10 -	Médias e erros-padrão da persistência da lactação, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação.....	54
Tabela 11 -	Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com o grupo genético.....	55
Tabela 12 -	Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com a época de parto.....	55
Tabela 13 -	Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com a classe de ordem da lactação.....	55
Tabela 14 -	Médias e erros-padrão da duração da lactação, em dias, de acordo com a época de parto.....	56
Tabela 15 -	Médias e erros-padrão da duração da lactação, em dias, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação.....	56

---

---

## LISTA DE FIGURAS

---

### **CAPÍTULO 2**

Figura 1 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Gir.....	39
Figura 2 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Guzerá.....	40
Figura 3 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Nelore.....	40
Figura 4 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Azebuado.....	41
Figura 5 - Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Gir nas diversas ordens de parto.....	41
Figura 6 - Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Guzerá nas diversas ordens de parto.....	42
Figura 7 - Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Nelore nas diversas ordens de parto.....	42
Figura 8 - Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Azebuado nas diversas ordens de parto.....	43

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1 - Dados históricos da média da precipitação pluviométrica mensal em Felixlândia.....	48
Figura 2 - Dados históricos da média da precipitação pluviométrica mensal em Patos de Minas.....	48

---

---

## ANEXOS

---

Anexo 1 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Gir.....	59
Anexo 2 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Guzerá.....	62
Anexo 3 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Nelore.....	65
Anexo 4 - Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Azebuado.....	68
Anexo 5 - Número médio de observações utilizadas para cálculo dos desvios entre produções observadas e estimadas.....	70
Anexo 6 - Produção inicial, produção no pico de lactação, tempo até o pico de lactação, persistência e produção total por grupo genético e ordem de lactação.....	71
Anexo 7 - Detalhamento do manejo nutricional.....	72
Anexo 8 - Análises de variância.....	73

---

## RESUMO

Modelaram-se curvas médias e individuais de 1.340 lactações de vacas F1 Holandês-Gir (HG), Holandês-Guzerá (HGU), Holandês-Nelore (HN) e Holandês-Azebuado (HA), a partir de controles leiteiros intervalados de 14 dias, provenientes de duas Fazendas Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O manejo nutricional era baseado em pastagens no verão e silagem de milho e cana-de-açúcar com uréia no inverno e ração concentrada no momento da ordenha, de acordo com a produção. A função gamma incompleta foi utilizada para estimação dos parâmetros das curvas e foram estimados a produção no pico da lactação (PP), o tempo decorrido do início da lactação até o pico (TP), a persistência (PERS) e a produção total de leite (PT). Dentro de cada grupo genético curvas médias foram modeladas para as várias ordens de parto. A avaliação dos efeitos fixos de grupo genético (GG) e dos fatores de ambiente (fazenda de origem, época de parto (EP) e ordem de lactação (OL) sobre os parâmetros da função ('a', 'b' e 'c') e sobre as características lactacionais (PP, TP, PERS, PT, e duração da lactação-DL) foi feita utilizando-se o método dos quadrados mínimos. Vinte e três por cento das curvas individuais foram consideradas atípicas. Os coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_A$ ) foram superiores a 90% para a maioria das curvas médias e 99% das curvas individuais típicas apresentaram  $R^2_A$  superiores a este valor, indicando que a função gamma incompleta modelou adequadamente curvas médias e individuais de vacas F1. As curvas médias apresentaram produção inicial (PI) seguida de fase ascendente até o pico de lactação e fase descendente posterior ao pico. Para a quinta ou mais ordens de lactação para o grupo HN, a curva mostrou-se linear a partir do início da lactação. Em todos os grupos genéticos foram observadas diferenças evidentes entre as curvas médias da primeira ordem e as demais. Para as curvas médias, as variações entre PI e PP não foram expressivas mostrando pico de lactação discreto. A média do TP foi de 23,3 dias, variando entre GG de 15,8 dias para as HN até 32,6 dias para as HA. O parâmetro 'a', indicativo da produção inicial (PI), foi influenciado pelo GG, EP e OL. Maiores PI foram observadas para os animais HG e HA e menores para os HN, o PI aumentou com o incremento da OL e lactações iniciadas no final das chuvas e início da seca apresentaram maiores PI. O TP foi influenciado pelos efeitos de fazenda, EP e interação entre GG e OL. O TP foi menor para as lactações iniciadas no final das chuvas e, para os grupos genéticos HG e HGU, maior TP ocorreu para as primíparas. A PP foi influenciada pelos efeitos de fazenda e pela interação entre GG e OL, com menores valores de PP observados na primeira ordem de lactação. A PERS foi influenciada pelos efeitos de fazenda e interação GG e OL, com maiores valores para a primeira OL nos animais HG, sendo semelhantes entre as OL para os demais GG. A PT foi influenciada pelos efeitos de fazenda, GG, EP e OL. Maiores PT foram verificadas para os grupos HG e HA, superiores em, aproximadamente, 14% e 29% às produções totais para as HGU e HN, respectivamente. Maiores PT foram verificadas para lactações iniciadas no período seco. De maneira geral, a PT aumentou com o incremento da OL. A DL foi influenciada pelos efeitos de EP e pela interação entre GG e OL, com menores DL observadas nas lactações iniciadas no final das chuvas. Para os grupos HG e HN não foram verificadas diferenças entre as DL nas várias OL. As interações entre GG e OL foram predominantemente de magnitude e não de inversão.

Palavras-Chave: bovinos, curva de lactação, efeitos de ambiente, efeitos genéticos, F1, gamma incompleta.

## ABSTRACT

Average and individual lactation curves of 1,340 F1 Holstein-Gyr (HG), Holstein-Guzerat (HGU), Holstein-Nelore (HN) and Holstein-Zebu (HZ) cows were fitted using incomplete gamma function and data on 14 days-milk-production controls. Cows were raised in two Experimental Farms of Minas Gerais Agricultural Research Company (EPAMIG). Animals were kept in pastures during the rainy season and they were supplemented with maize silage, sugar cane (*Saccharum spp.*) and urea during the dry season and concentrates at the moment milking depending on production. The parameters of the function ('a', 'b' e 'c') were estimated and them peak yield (PY), time from the beginning of lactation to the peak (TP), persistence (PERS) and total milk production (P) were estimated. In addition, lactation length (LL) was analyzed. Average curves were individually fitted for each parity and each genetic group. Fixed effects of genetic group (GG) and non-genetic factors (farm, season of calving, SC, and parity) on the function parameters and on the four lactation traits (PY, TP, PERS, P, and LL) were evaluated using least squares methodology. Twenty three percent of the individual curves were atypical. Adjusted determination coefficients ( $R^2_A$ ) were greater than 90% for most average curves and 99% of the typical individual curves presented  $R^2_A$  greater than that value, indicating the good fit quality of the data to the incomplete gamma function. For all GG and for most parities average lactation curves showed an initial milk production (IP) followed by an ascending phase, a peak and a descending phase. However, the curve for the fifth or above parities of HN cows presented a linear and declining pattern from the beginning of the lactation. For all GG, differences between the average curve of the first and all others parities were observed. When modeling average curves, variations between IP and PY were not expressive, showing a discrete peak. Average TP was of 23.3 days, varying from 15.8 days for HN's to 32.6 days for HZ's. From individual curves, estimates of parameter 'a', an indicator of initial production (IP), was influenced by GG, SC and parity. The highest IP were observed for HG and HZ animals and the lowest for the HN group. In addition, IP increased with parity and cows calving at the end of rainy season and at the beginning of dry season presented higher IP. The effects of farm, SC and the interaction GG x parity on TP were important. TP was lower for lactations beginning at the end of rainy season, and for the HG's and the HGU's higher TP were observed for first parity cows. The effects of farm and the interaction GG x parity on PY were important. PERS was influenced by farm and the interaction GG x parity, higher PERS were observed for the first parity HG cows and, for the other GG, PERS were similar for all parities. The P was influenced by the effects of farm, GG, SC and parity. Total production observed for HG and HZ groups were from 14 to 29% higher than the P estimated for HGU and HN. In addition, higher P was observed for lactations starting in the dry period, and in general, P increased with parity. The LL was influenced by SC and the interaction GG x parity. Smaller LL was observed for lactations starting at the end of the rainy season. Differences between LL in some parities were observed for HG and HN. The interactions GG x OL were mostly in magnitude.

Key-word: cattle, environmental effects, F1, genetic effects, incomplete gamma function, lactation curve.

## INTRODUÇÃO GERAL

A produção de leite tem se tornado atividade cada vez mais importante no cenário econômico nacional. O aumento das exportações de lácteos tem influenciado a busca por sistemas de produção melhor adaptados às condições brasileiras e maior eficiência econômica na atividade.

A maior parte da produção de leite do Brasil é proveniente de vacas mestiças de raças européias especializadas para leite com raças zebuínas, o que condiz com a característica de sazonalidade da produção, que mesmo diminuindo cada vez mais, ainda é uma característica presente conforme indica estudos da atividade de pecuária leiteira no Brasil (Diagnóstico..., 2006). Isto reflete a predominância dos sistemas de produção de leite à base de pasto.

Em 1995, em Minas Gerais, 18,5% das vacas tinham mais de 50% da composição genética da raça Holandesa ou outra raça de origem européia, 29,6% tinham em torno de 50% e 51,9% tinham menos de 50%. Em 2005, 44% do rebanho era composto de vacas mestiças Holandês-Zebu, 26% tinham predominância de Holandês, 8% eram vacas zebuínas e o restante sem padrão definido (Diagnóstico..., 2006).

A contribuição da genética da raça Holandesa teve como objetivo o aumento da produtividade, já que a maioria das raças zebuínas tem baixo mérito genético para produção de leite.

O rebanho leiteiro nacional, no ano de 2003, apresentava 6% de vacas especializadas, com produção média de 4.500 kg/lactação, 74% de vacas mestiças Holandês-Zebu, com produção média de 1.100 kg/lactação e o restante, de vacas sem qualquer especialização genética, produzindo, em

média, 600 kg/lactação. Estes extratos eram responsáveis por 22,5%, 68,5% e 9% da produção total de leite no país, respectivamente (EMBRAPA, 2003).

No meio rural, muitos acreditam que apenas a raça zebuína Gir pode ser utilizada na formação de mestiças para produção de leite. Entretanto, outras raças zebuínas, como Guzerá, Nelore e Indubrasil, podem ser alternativas interessantes para determinados tipos de sistema e regiões, principalmente quando a bovinocultura de leite está associada a de corte.

A variação da produção de leite ao longo da lactação do animal pode ser representada de maneira gráfica por uma curva. A função que descreve esta curva é fonte de informação importante para que os produtores possam planejar a atividade da pecuária leiteira. Muitas equações estimam a produção de leite em função do tempo de lactação e são empregadas para descrever a curva de lactação de vacas de leite, sendo a função gamma incompleta de Wood (1967) a mais freqüentemente usada. O conhecimento dos parâmetros associados à curva de lactação e como fatores genéticos e ambientes podem influenciá-la é útil para estimar a produção de um rebanho ao longo do ano, alterar a estação de parição para melhorar a eficiência de produção, planejar a compra de alimentos e o manejo nutricional, prever a produção total a partir da produção parcial, permitindo o descarte precoce dos animais e a avaliação de reprodutores a partir de lactações incompletas de suas filhas.

Em função da pouca informação disponível sobre características lactacionais de fêmeas de raças zebuínas e suas mestiças e da importância desses animais para a produção de leite no Brasil, os objetivos deste trabalho foram:

- 1) Estimar os parâmetros da função gamma incompleta de Wood (1967) e avaliar a adequação da mesma na descrição das curvas médias de lactações de mestiças de quatro grupos genéticos Holandês-Zebu (Capítulo II)
- 2) Modelar curvas individuais de quatro grupos genéticos de mestiças de Holandês-Zebu, e avaliar a influência de fatores genéticos e ambientes sobre os parâmetros estimados e as características lactacionais destas curvas (Capítulo III).



## CAPÍTULO 1

### REVISÃO DE LITERATURA

#### 1.1. Modelos para ajuste de curvas de lactação em bovinos

Várias funções têm sido utilizadas para descrever a curva de lactação de vacas de leite e para estimar a produção em função do tempo de lactação. As mais usadas serão descritas a seguir. Cada função possui parâmetros, chamados de ‘a’, ‘b’, ‘c’, ‘K’, ‘b<sub>0</sub>’, ‘b<sub>1</sub>’ e ‘b<sub>2</sub>’, que possibilitam prever a produção num período t (y<sub>t</sub>) e que estão direta ou indiretamente associados às fases da curva de lactação.

Brody et al. (1923) e Gaines (1927), citados por Cobby e Le Du (1978), foram os primeiros a propor um modelo para descrever a curva de lactação usando um simples modelo exponencial,  $y_t = a e^{-Kt}$ , para descrever a fase descendente da curva.

Robb (1940), citado por Yadav et al. (1977), propôs o emprego de uma função parabólica exponencial, descrita por  $y_t = a e^{(bt + ct^2)}$ .

Nelder (1966) propôs o uso de uma família de curvas polinomiais inversas,  $y_t = t (b_0 + b_1 t + b_2 t^2)^{-1}$ , para descrever certos tipos de dados biológicos. Posteriormente, este modelo foi testado por vários autores para descrever curvas de lactação.

Wood (1967) fez a primeira tentativa de descrever a lactação completa de bovinos da raça Frísio. Até então, os modelos algébricos só se referiam a fase descendente da curva. O autor associou à curva de lactação a função gamma incompleta e mostrou que a lactação podia ser expressa pela função  $y_t = a t^b \exp^{-ct}$  (descrição detalhada no tópico 2.2 da Revisão de Literatura). Várias outras funções propostas na literatura são modificações da gamma incompleta de Wood.

Cobby e Le Du (1978) compararam três métodos de regressão para estimar os parâmetros da função gamma incompleta de Wood (1967) e propuseram outros dois modelos não lineares para descrever curvas de lactação de bovinos, em que a medida de persistência é mais direta. Estes modelos são modificações do modelo de Wood (1967).

Madalena et al. (1979) usaram, entre outras funções, a regressão linear simples,  $y = a + bt$ , que descreveu somente a fase de declínio da curva. Wood (1980) incluiu no modelo de Wood (1967) os fatores “s” para sazonalidade e “m” para mês do parto, resultando o seguinte modelo:  $y_t = s_i a m_k t^b \exp^{-ct}$ .

Já Dhanoa (1981) propôs uma forma alternativa do modelo gamma incompleto de Wood, descrito por  $y_t = a t^{mc} \exp^{-ct}$ , em que “m” é o tempo necessário para atingir a máxima produção. Neste modelo as correlações entre os parâmetros da curva foram reduzidas. Ainda Dhanoa e Le Du (1982) propuseram modelo que utiliza a produção de leite anterior (y<sub>t-1</sub>) e o estágio de lactação para prever y<sub>t</sub> através de regressão múltipla.

Grossman e Koops (1988) sugeriram a utilização de funções multifásicas para descrever curvas de lactação em bovinos, sendo que a função difásica foi suficiente nesta descrição.

Goodall (1986) contabilizou a sazonalidade no modelo gamma incompleto usando uma variável categórica.

Papajcsik e Bodero (1988) idealizaram seis modelos a partir da combinação de outras funções descritas na literatura e uma versão do modelo de Wood (1967) considerando o parâmetro “b” igual a um.

Palmer et al. (1994) propuseram modelo modificado do original gamma incompleta,

em que a produção de leite de manhã e de tarde são contabilizadas separadamente.

Dentre todas as funções descritas na literatura, a gamma incompleta de Wood (1967) têm sido a mais freqüentemente utilizada pela maioria dos pesquisadores que estudam a forma da curva de lactação de bovinos, tanto de fêmeas puras de raças européias (Batra et al., 1987; Papajcsik e Boderó, 1988; Junqueira et al., 1997) quanto de mestiças de raças européias com raças zebuínas (Yadav et al., 1977; Madalena et al. 1979; Abubakar e Buvanendran, 1981). Portanto, esta função será descrita com maiores detalhes no tópico seguinte.

## 1.2. Função gamma incompleta de Wood

Wood (1967) associou a forma da curva de lactação de bovinos à função do gamma incompleta, e mostrou que a média da produção diária na semana  $t$  pode ser estimada por  $y_t = a t^b \exp^{-ct}$ , onde 'a', 'b' e 'c' são parâmetros. A partir de funções destes parâmetros, algumas características lactacionais podem ser obtidas. As produções parciais e total podem ser estimadas por  $y_{0-t} = a \int_0^t t^b e^{-ct} dt$ , a produção no pico ocorre quando  $t=b/c$  e é calculada por  $y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$ , e a persistência da lactação é obtida a partir de  $c^{-(b+1)}$ , sendo que maiores valores indicam maior persistência.

Neste modelo, o parâmetro 'a' é associado à média da produção diária no início da lactação, quando  $t^b \exp^{-ct}=1$ , também chamado de nível de produção por alguns autores, o parâmetro 'b' mede a inclinação da fase ascendente e 'c' a inclinação da fase descendente (Wood, 1976). O modelo apresenta algumas restrições para que as curvas estimadas sejam consideradas típicas. Os três parâmetros devem ser positivos e 'b' deve ser menor que uma unidade. Valores de

'b' e 'c' negativos estimam o pico ocorrendo antes do parto. Valores negativos de 'b' são comumente atribuídos a falta de registros anteriores ao pico de lactação.

Quando as lactações têm o mesmo nível de produção inicial, a produção total é diferenciada em função da persistência. Wood (1967) definiu a persistência como a extensão em que o pico de lactação é mantido.

Para que a forma da curva de lactação tenha valor prático, é importante verificar a influência que os diversos fatores ambientais e genéticos associados à produção de leite têm sobre os parâmetros e sobre as características lactacionais definidas por eles.

## 1.3. Curvas de lactação de fêmeas de raças zebuínas e suas mestiças e fatores genéticos e ambientes que influenciam seus parâmetros e características lactacionais

É bem documentado que a forma da curva de lactação de fêmeas de raças européias especializadas para leite apresenta determinada produção inicial seguida de fase ascendente até o pico de lactação, que ocorre por volta da 4ª a 8ª semanas de lactação, e fase descendente, que vai do pico até o final da lactação (Wood, 1967; Rowlands et al., 1982; Ferris et al., 1985; Grossman et al., 1986; Durães et al., 1991; Lopes et al., 1996; Junqueira et al., 1997; Gonçalves et al., 2002). A importância dos fatores genéticos e ambientes sobre os parâmetros estimados para curvas de lactação e sobre as características lactacionais destas fêmeas também foi descrita por vários autores (Ferris et al., 1985; Queiroz et al., 1991; Durães et al., 1991; Lopes et al., 1996; Junqueira et al., 1997; Gonçalves et al., 2002)

Entretanto, são menos freqüentes estudos sobre a curva de lactação de fêmeas de raças zebuínas e suas mestiças. Portanto, esta revisão abordará os trabalhos que estudaram esses grupos genéticos.

Yadav et al. (1977) estudaram curvas de lactação de 249 vacas Harijana, 1/2 Harijana-Frísio e 3/4 Harijana-Frísio, a partir de quatro modelos. Os dados incluíam registros até a 61ª semana de lactação e foram excluídas lactações incompletas e com duração menor que 21 semanas. As funções estudadas foram: exponencial (Brody et al., 1923); exponencial parabólica (Robb, 1940); polinomial inversa (Nelder, 1966) e gamma incompleta (Wood, 1967). Os parâmetros foram estimados utilizando as formas logarítmicas das funções. As funções polinomial inversa e gamma incompleta apresentaram maiores coeficientes de determinação para os três grupos genéticos, variando de 0,93 a 0,99, sendo que, a primeira apresentou melhor ajuste para todos os grupos, seguido da segunda.

Singh (1973), citado por Yadav et al. (1977), obteve os mesmos resultados para registros de vacas Harijana. A função polinomial inversa (Nelder, 1966) explicou 99,9% da variabilidade, enquanto que, a função do gamma incompleta (Wood, 1967) teve o segundo melhor ajuste, explicando 97,3%.

Madalena et al. (1979) comparou o ajuste das funções linear e forma logarítmica da função gamma incompleta para dados de 870 lactações, de, no mínimo, 120 dias de duração, iniciadas entre os anos de 1960 e 1974, de fêmeas Holandês-Frísio (HPB), 1/2 HPB-Gir, 3/4 HPB-Gir, 5/8 HPB-Gir e Jersey, criados no estado do Rio de Janeiro. Os coeficientes de determinação e quadrados médios dos resíduos foram 0,71 e 1,69; 0,74 e 1,52 para as funções linear e gamma incompleta, respectivamente. A razão entre os quadrados médios dos resíduos das duas funções indicou que a segunda apresentou

melhor ajuste do que a primeira, assumindo-se que a correlação entre os resíduos era similar para ambas as funções. Subseqüentemente, os efeitos de ano e época de parto, grupo genético e ordem de lactação sobre os parâmetros das curvas de lactação individuais, gerados pela função gamma, foram avaliados para 634 lactações dos três primeiros grupos genéticos. O efeito do grupo genético foi significativo sobre os parâmetros “a” e “c”, mas não sobre “b”. As 1/2 HPB-Gir tiveram maior produção inicial, seguidas pelas 3/4 HPB-Gir e HPB. Este último grupo apresentou declínio mais rápido da produção, medido por “c”. As curvas dos três grupos apresentaram pequeno pico no dia cinco ou seis da lactação. Vacas que pariram na estação chuvosa tiveram maior produção inicial, atribuída ao melhor fornecimento de nutrientes provenientes da forragem e menor persistência que vacas paridas na época seca, conseqüência da limitada disponibilidade de gramíneas durante a estação seca. As curvas de lactação iniciadas no período chuvoso apresentaram-se praticamente linear, com produção máxima ocorrendo no primeiro dia, enquanto as iniciadas no período seco apresentaram pequeno pico no 13º dia. A interação ano x época de parto influenciou os três parâmetros da curva evidenciando a importância do efeito relacionado à produção forrageira. A ordem de lactação influenciou somente o parâmetro “a”, relacionado à produção inicial. Primíparas apresentaram produção inicial menor que múltíparas, as quais tiveram valores similares de “a”. Em função disto, as primíparas apresentaram menor produção total. De forma semelhante, Saxena e Kumar (1960), Singh et al. (1965), Mahadevan (1966), Wood (1968), Gill et al. (1970) e Pradhan e Dave (1973), citados por Madalena et al. (1979), relataram declínio da persistência com o aumento da ordem de parto.

Rao e Sundaresan (1979), citados por Abubakar e Buvanendran (1981), mostraram

que a função gamma de Wood (1967) proporcionou bom ajuste para lactações com mais de 150 dias de duração de vacas Sahiwal, na Índia. Já Abubakar e Buvanendran (1981) estudaram a adequação da forma logarítmica da função gamma de Wood (1967) para descrever curvas de lactação de 50 vacas 1/2 e 3/4 Friesian-Bunaji (White Fulani) criadas na Nigéria. Neste último estudo, foram descritas curvas de lactação para os diferentes grupos genéticos, em diferentes classes de duração da lactação, e também determinada a importância dos fatores como ordem de parto e estação de parto sobre o formato da curva. Fatores multiplicativos foram calculados para estimar a produção total a partir de produção parcial e os coeficientes de determinação para cada uma das lactações. Os efeitos de grupo genético e da época de parto não foram significativos para nenhuma das características avaliadas (parâmetros 'a', 'b', 'c' e persistência), enquanto o efeito da duração da lactação foi significativo para todos e da ordem de parto significativo para o parâmetro 'a' e a persistência. A correlação entre a produção predita e a observada foi, em média, de 0,84, sendo menor (0,68) na primeira ordem de parto, indicando que esta é mais provavelmente influenciada pelos fatores ambientes. O modelo apresentou tão bom ajuste para lactações curtas, menores que 26 semanas (0,82), quanto para lactações longas, acima de 45 semanas (0,82). Lactações curtas mostraram baixo nível de produção inicial, indicado pelo parâmetro 'a', aumento rápido da produção até o pico e rápida taxa de declínio da produção após o mesmo, resultando em menor persistência. Conseqüentemente, estas fêmeas tiveram menor produção. Abubakar e Buvanendran (1981) concluíram que a duração da lactação pode ser usada como critério para descarte de animais que não possuem registros de produção total. As curvas de lactação das primíparas foram mais planas e tiveram fase ascendente mais longa, permitindo maior persistência. O modelo de Wood (1967)

mostrou-se aplicável para descrever curvas de lactação de fêmeas Friesian-Bunaji nos trópicos.

Yadav e Sharma (1985) compararam cinco funções para descrever curva de lactação de vacas 1/2 Harijana-Jersey (HJ), 1/2 Harijana-Holandês Frísio (HF) e 1/2 Harijana-Pardo Suíço (HS), criadas em Harijana, Norte da Índia. Foram excluídas lactações incompletas e com duração menor que 40 semanas. Os diferentes modelos utilizados foram linear, polinômios inversos, exponencial, parabólica exponencial e gamma incompleta. As três últimas foram analisadas após transformação logarítmica dos dados para torná-los linear. Os parâmetros das diferentes funções foram estimados pelo método dos quadrados mínimos e o ajuste comparado pelos valores de coeficiente de determinação estimados ( $R^2$ ). Todos os grupos genéticos apresentaram fase ascendente de três semanas, fase de pico de duas semanas e fase descendente durante o resto da lactação. Maiores taxas de aumento e de declínio foram observadas nas vacas de maior produção, que foram as 1/2 HF em relação às de menor produção, 1/2 HJ, indicando relação negativa entre produção de leite e persistência. Em geral, a curva de lactação foi mais plana para animais de menor produção. Quando se utilizou a função linear, a produção inicial, definida pelo parâmetro 'a', e a taxa de declínio, dada por 'b', aumentam com o aumento da ordem de parto para as três primeiras lactações. Os valores de  $R^2$  indicaram o melhor ajuste da função linear para o grupo de menor produção. Ainda, a função exponencial ajustou melhor as curvas, para os grupos de maior produção (1/2 HF e 1/2 HS), que a função linear. A função exponencial parabólica apresentou, na maioria dos casos, ajustes inferiores à exponencial. A função polinomial inversa mostrou produção inicial menor na primeira lactação seguida da segunda e terceira. Os valores de  $R^2$  indicaram melhor ajuste para os grupos 1/2

HJ e 1/2 HS. Já a função gamma incompleta (Wood, 1967) ajustou-se melhor para a terceira lactação, nos três grupos genéticos. A produção inicial foi menor na primeira lactação das 1/2 HJ e maior na terceira lactação das HF. O valor do parâmetro 'b', relacionado a fase ascendente, foi maior para a primeira lactação, em todos os grupos genéticos, em relação às demais ordens. Os valores de 'c' indicaram maior persistência também para a primeira ordem de lactação. Tanto 'b' quanto "c" apresentaram maiores valores para as HF, seguido das HS e HJ, indicando curvas mais planas e com maior persistência para animais de menor produção. As funções linear e exponencial não contabilizaram a fase ascendente da curva até a máxima produção e estimaram somente a fase descendente, tendendo a ajustar melhor curvas de animais de menor produção, as quais são mais planas. Os autores concluíram que as funções polinomial inversa e gamma incompleta devem ser usadas para definir o formato da curva de fêmeas HJ, HF e HS. No entanto, ressaltam que, embora a função polinomial inversa tenha apresentado alto  $R^2$ , ela pode não indicar uma tendência de produção verdadeira, e que a função gamma incompleta deve ser aplicada com cuidado.

Rao (1977), citado por Yadav e Sharma (1985) e Abubakar e Buvanendran (1981), também encontraram correlação negativa entre as intensidades das fases ascendente e descendente com a produção total. Curvas relativamente planas para vacas com menor produção também foram relatadas por Kellogg et al. (1977) e Madalena et al. (1979). Estes últimos autores e Abubakar e Buvanendran (1981) também observaram melhor ajuste da função linear para animais com menores produções.

Jhamman Singh e Shukla (1987) analisaram registros de produção de leite até a 45ª semana de 595 lactações de 225 vacas Gir, nas seis primeiras lactações, em Junagadh, Índia. A taxa de declínio foi calculada pelo

método de regressão utilizando-se de registros de produção do pico até a 45ª semana de lactação. A produção média foi de 36,3 kg na primeira semana da lactação, 51,7 kg na semana do pico, que ocorreu na quinta semana, e 31,2 kg na 45ª semana de lactação. A produção na primeira semana e no pico foram menores na primeira ordem de lactação, e o pico ocorreu mais tarde nesta mesma ordem. A taxa média de declínio foi de 0,98% por semana, variando de 0,65% na primeira lactação até 1,62% na sexta lactação. Já Pradhan e Dave (1973), na raça Kankrej, e Sharma et al. (1980), na Haryana, ambos citados por Jhamman Singh e Shukla (1987), observaram taxa de declínio de 7,5 e 6,8 % ao mês, respectivamente. As diferenças entre estudos podem ser atribuídas à raça ou à alimentação e manejo dos rebanhos.

Ibeawuchi (1988) estudou registros semanais totais da produção de leite de 533 lactações de 150 vacas F1 Friesian-White Fulani, criadas em Vom, Nigéria. Foram consideradas lactações nas quatro primeiras ordens de parto, com, pelo menos, cinco meses de duração. As vacas pastejavam *Cynodon nlemfluensis* durante a estação chuvosa (de abril a setembro) e recebiam forragem em forma de feno e silagem de milho na época da seca, de outubro a março. As fêmeas também eram suplementadas com concentrado, na proporção de 1 kg para cada 2,5 kg de leite produzido. A persistência foi calculada pelo método das razões, em que a produção em diferentes fases da lactação foi dividida pela produção na fase anterior, criando taxas, que recebiam ponderações. Estas taxas e pesos foram utilizados para calcular o índice de persistência. Também foram analisados os efeitos de ordem e estação de parto, e o efeito do touro, pai da vaca, sobre a persistência. O formato da curva de lactação mostrou diferenças consideráveis com o avanço da idade. As produções semanais foram inferiores na primeira lactação e a taxa de declínio desta ordem de parto foi menos abrupta. A

produção semanal máxima foi obtida na quinta semana para primeira e segunda ordens, e na terceira semana para a terceira e quarta ordens de lactação, sendo os valores de 50,6, 60,5, 73,1, 76,1kg, respectivamente. O efeito da ordem de lactação sobre a persistência foi importante e diminuiu gradualmente com o avanço das ordens. A época de parto também influenciou os valores da persistência, sendo que vacas que pariram na estação seca foram mais persistentes que aquelas que pariram na estação chuvosa. O efeito observado da estação de parto sobre a persistência foi atribuído à qualidade das forragens pastejadas, do feno e da silagem disponíveis. O efeito do touro também foi significativo sobre a persistência da lactação, mostrando que, embora ela seja fortemente influenciada pelos fatores ambientais, é dependente da genética da vaca. O autor avaliou não existir correlação entre a produção no pico e a persistência, mas constatou correlação positiva entre persistência e produção total.

Bianchini Sobrinho e Duarte (1988) usaram a função hiperbólica linear para descrever curvas de lactação de vacas Gir. Foram analisadas 1.084 lactações, das três primeiras ordens de parto, de 553 vacas, criadas no estado de São Paulo, Brasil. Foram avaliados também a influência do touro, da época de parto e do número de ordenhas sobre o formato da curva de primeira lactação. O clima da região foi definido como subtropical, apresentando estações seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março. Quarenta e cinco por cento das lactações apresentaram produção máxima ocorrendo no primeiro controle e comportamento da curva praticamente linear até o final da lactação. No restante das curvas (55%) foi evidenciado aumento da produção do parto até o pico de lactação. Este ocorreu, em média, aos 47, 35 e 30 dias e com produções de leite de 9,48, 13,33 e 14,89kg, respectivamente, para a primeira, a segunda e a terceira lactações. As correlações entre

as características e os parâmetros indicaram que maiores produções no pico estavam associadas à menores taxas de declínio e à maiores produções totais. O formato da curva de lactação de vacas Gir, descrita pela função linear hiperbólica, foi influenciado pela época de parto e pelo número de ordenhas. Maiores produções totais foram observadas para vacas que pariram na estação seca.

Patel et al (1989) estudaram registros de primeiras lactações de 55 vacas 1/2 Jersey-Kankrej (JK) e 1/2 Holandês-Kankrej (HK), criadas em Gujarat, Índia. Os animais criados em sistema de "loose housing" recebiam forragem verde e concentrado durante todo o ano. Os dois grupos genéticos produziram, aproximadamente, 50, 75 e 95% da produção total, que foi de 2.623,8 e 3.536,0kg para as JK e HK, respectivamente, nas 18, 28 e 40 primeiras semanas de lactação. Dados de produção semanal mostraram que a produção máxima ocorreu na quarta semana para vacas JK e na quinta semana em vacas HK, com valores de 84,8 e 105,6kg de leite, respectivamente. A curva de lactação desses animais evidenciou três fases distintas. Uma fase ascendente, com duração entre quatro e cinco semanas; uma fase de pico de lactação, de duas semanas e uma fase descendente no restante da lactação. Na fase ascendente, a taxa de aumento semanal foi de 2,73 e 3,25% para JK e HK, respectivamente. A maior taxa de aumento semanal na produção de leite observada para as HK foi atribuída ao maior potencial produtivo das HK, em comparação com as JK. Na fase descendente, as fêmeas JK apresentaram maiores taxas de declínio que as fêmeas HK, em todas as fases da lactação. Na última fase da lactação, os animais JK apresentaram taxa de declínio extremamente alta (7,30%), o que foi atribuído aos efeitos da gestação avançada nestas fêmeas, visto que elas conceberam cerca de 65 dias mais cedo do que as HK. Os autores concluíram que as HK tiveram maior

potencial produtivo e melhor persistência do que as JK.

Pundir e Kaushik (1993) compararam o ajuste de seis funções para descrever a curva de 288 lactações de vacas Gir. Os autores estudaram as funções foram exponencial (Brody et al., 1923), exponencial parabólica (Sikk, 1950), polinomial inversa (Nelder, 1966), gamma incompleta (Wood, 1967), quadrática (Malhotra et al., 1980) e Quadrática-cum-log (Malhotra et al., 1980). Para cada uma delas, foram determinadas as constantes pela análise de regressão múltipla, o coeficiente de determinação e o percentual de curvas com bons ajustes. Os coeficientes de determinação variaram de 40,2 a 90,4%, mostrando melhor ajuste para a função polinomial inversa, que foi capaz de modelar adequadamente 77,4% das curvas.

Singh et al. (1996) estudaram registros semanais da produção de leite da primeira lactação de 130 vacas F1 Jersey-Sahival, criadas em Pantagnar, Índia. Para descrever as curvas foram utilizadas as funções exponencial (Brody et al, 1923), exponencial parabólica (Sikka, 1950), polinomial inversa (Nelder, 1966) e gamma incompleta Wood (1967). A eficiência das funções foi comparada pelos valores dos coeficientes de determinação, pelos desvios médios absolutos e pela proximidade entre a curva média observada e a predita. A função gamma incompleta foi a mais apropriada para explicar a curva da primeira lactação baseada em registros da média da produção semanal. Com o objetivo de melhorar o ajuste desta função, foi aplicada modelagem estocástica. O coeficiente de determinação um pouco maior e a maior proximidade da curva observada indicaram que o modelo gamma estocástico apresentou melhor ajuste que a função gamma incompleta.

Gonçalves et al. (1996) estudaram 3.639 lactações de 2.423 vacas Gir, distribuídas

em 32 rebanhos, com o objetivo de estabelecer a função que melhor se ajustaria a produção de leite. Utilizando controles leiteiros mensais, estimou-se a produção de leite em 15 estádios de lactação, com intervalos de 20 dias. Os modelos testados foram linear simples e quadrático, linear logarítmico, quadrático logarítmico, gamma incompleto, linear hiperbólico, polinomial inverso e função difásica. Para escolha da função que melhor se ajustou considerou-se o menor erro-padrão residual, o teste de Durbin-Watson (Hoffman e Vieira, 1976, citados por Gonçalves et al., 1996), que mede autocorrelação dos resíduos da regressão, e o coeficiente de determinação ajustado ao número de parâmetros das equações. As curvas apresentaram-se praticamente lineares, com produção máxima no início da lactação. Os modelos apresentaram coeficientes de determinação ajustados maiores que 0,96. Os modelos linear simples, polinomial inverso e linear hiperbólico apresentaram autocorrelação positiva para os resíduos e para as funções gamma incompleta e linear logarítmica, não foi possível a realização do teste de Durbin-Watson. A função difásica não se ajustou bem aos dados em estudo e apresentou elevados erros-padrão para a maioria dos parâmetros estimados. A função gamma incompleta apresentou estimativa negativa do parâmetro "b", indicando forma atípica da curva de lactação, segundo Shimizu e Umrod (1976), citados por Gonçalves et al. (1996). As diferenças entre as produções estimadas, acumuladas em 305 dias e as observadas, foram de 30,9%, para a função gamma incompleta e menores que 6% para linear simples, quadrática, linear logarítmica, quadrático logarítmica, linear hiperbólica e polinomial inversa. As funções quadrática e quadrática logarítmica apresentaram menores erros-padrão, não apresentaram autocorrelação positiva para os resíduos e mostraram curvas estimadas bem próximas da curva observada. Portanto, concluiu-se que estas últimas funções

descreveram melhor a curva de lactação de rebanhos da raça Gir explorados para leite.

Faro et al. (1999) estimaram a curva de lactação média de 7.239 lactações de vacas Caracu, utilizando controles semanais. Foram mantidas lactações com, no mínimo, 13, e, no máximo, 45 controles. As funções utilizadas para o ajuste foram linear hiperbólica (Bianchini Sobrinho, 1984), quadrática logarítmica (Bianchini Sobrinho, 1984), gamma incompleta (Wood, 1967) e polinomial inversa (Nelder, 1966). Os critérios de comparação das funções foram as estatísticas coeficiente de determinação ajustado ao número de parâmetros ( $R^2_A$ ), teste de Durbin-Watson e desvios entre as produções totais de leite observadas e estimadas. A curva de lactação média observada apresentou produção inicial de 9,7kg, com pico de lactação de 10,6kg, ocorrendo na segunda semana de lactação e produção total de 1.920,3kg. A curva iniciou-se praticamente no pico, com tendência de queda contínua da produção diária. As quatro funções estimaram resíduos pequenos para todo o período de lactação, sendo que as três primeiras funções apresentaram mesma tendência, e a última, tendência diferente quanto à dispersão dos resíduos. As produções iniciais estimadas foram próximas da observada para todas as funções. Com exceção da função polinomial inversa, as demais não estimaram o pico de lactação, ou tenderam a estimá-lo antes do parto. A função polinomial inversa descreveu a produção inicial, o tempo e a produção no pico mais próximos dos observados e apresentou ajustes superiores às demais funções até a 21ª semana, mas não descreveu a persistência, que é um dos principais componentes econômicos. As funções gamma incompleta e quadrática logarítmica tiveram ajustes semelhantes, mas a primeira apresentou parâmetros e funções dos parâmetros mais próximos dos observados. Como os valores de  $R^2_A$  foram superiores a 97% e os desvios entre a produção total de leite estimada e a

observada foram mínimos, qualquer uma das funções poderia ser utilizada para o ajuste da curva de lactação média desse rebanho. Entretanto, o teste de Durbin-Watson indicou correlação entre os resíduos estimados, violando a pressuposição de independência dos erros e indicando falta de adequação dos modelos.

Gonçalves et al. (1997) verificaram os efeitos dos fatores ambientes sobre a forma da curva de 3.639 lactações de vacas da raça Gir, ajustadas individualmente pela função quadrática logarítmica. Os autores consideraram lactações com, no mínimo, seis e, no máximo, 13 controles mensais. Foram considerados os efeitos do nível de produção (maior ou menor que 2.500kg em 305 dias de lactação), rebanho, estação e ano do parto, classe de duração da lactação e classe de idade. O efeito do nível de produção foi altamente significativo para todos os parâmetros da curva. Para os dois níveis de produção estudados, lactações iniciadas na seca apresentaram menor produção inicial, mas maior produção total em função da maior persistência associada à disponibilidade de forrageiras em quantidade e qualidade. Lactações curtas apresentaram tendência de declínio mais rápido e menor produção acumulada em 305 dias. No nível alto de produção, as curvas mostraram-se lineares com queda a partir do início da lactação e, no baixo nível de produção, foi observado pico de lactação próximo dos 40 dias de lactação. Os autores concluíram que a forma da curva de lactação foi influenciada pelo nível de produção e pela estação de parto, duração da lactação e idade ao parto.

Cobuci et al. (2000) compararam várias funções matemáticas para descrever curvas de 1.130 lactações de vacas da raça Guzerá. Os parâmetros das 22 funções foram estimados por regressão não-linear. A escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada no percentual de parâmetros importantes e na porcentagem de



curvas atípicas. O modelo que melhor descreveu a curva de lactação foi o descrito por Papajcsik e Boderó (1988). Em seguida foi avaliada a influência de fatores não genéticos sobre a produção total de leite e sobre os parâmetros de produção inicial e taxa de declínio da produção, estimados a partir do modelo. Foram analisados os efeitos de rebanho, ano de parto, interação rebanho-ano de parto, estação de parto e classe de idade da vaca. O formato da curva de lactação foi linear. Os efeitos de rebanho, ano e idade da vaca ao parto influenciaram a produção de leite e os parâmetros. Vacas mais jovens apresentaram menores produções iniciais, associadas a fatores fisiológicos e menores taxas de declínio. A estação de parto não influenciou as produções inicial e total de leite, o que pode ser atribuído ao mesmo manejo e alimentação nas duas estações.

Cobuci et al. (2001) ajustaram registros mensais de produções individuais de 1.130 lactações de vacas Guzerá, a partir dos modelos  $y = a t e^{-ct}$ , descrito por Papajcsik e Boderó (1988), que é uma modificação do gamma incompleto de Wood (1967), considerando o parâmetro “b” do original igual um, e  $y = a -ct + \ln(t)$ , descrito por Cobuci et al. (2000). Os desvios entre produções observadas e estimadas foram menores no segundo modelo. De acordo com os coeficientes de determinação, piores ajustes foram obtidos para as vacas de primeira lactação, nas quais as curvas foram mais planas e sem pico de lactação. A produção média diária observada foi de 8,11kg, com produção inicial de 10,58kg e duração da lactação média de 290 dias. Vacas mais jovens apresentaram menores produções iniciais e maiores períodos de lactação. Para o primeiro modelo, a produção inicial tendeu a diminuir com o aumento do período de lactação. A produção inicial e taxa de declínio variaram com o ano de parto, possivelmente por diferenças na alimentação e no manejo. As correlações entre produção inicial e total, e taxa de

declínio e produção total indicaram que a seleção para produção de leite resultaria em aumento na produção inicial e pouca alteração na taxa de declínio.

Faro e Albuquerque (2002) ajustaram controles semanais para curvas individuais de 7.239 lactações de vacas Caracu, por meio de quatro funções matemáticas e compararam a qualidade do ajuste. As produções inicial e no pico, o tempo de pico e a persistência foram estimados para cada função. As funções foram comparadas pelos coeficientes de determinação ajustados ao número de parâmetros de cada função ( $R^2_A$ ) e pela correlação entre os resíduos, por meio do teste de Durbin-Watson. Coeficientes de determinação ajustados superiores a 0,97 foram obtidos para curvas médias em todas as funções. Para as curvas individuais, os valores de  $R^2_A$  e teste de Durbin-Watson indicaram ajustes inadequados para a maioria das lactações em todas as funções. Grandes variações nos parâmetros estimados ocasionando muitas curvas atípicas foram observadas para todas as funções.

Oliveira et al. (2007) estudaram curvas de lactação de 5.368 vacas F<sub>1</sub> Holandês-Gir, criadas sob diferentes sistemas de produção, pelo modelo gama incompleto e avaliaram os efeitos da ordem de lactação e época de parição sobre os parâmetros da função e sobre as produções inicial e no pico de lactação, tempo decorrente entre início da lactação e pico, persistência e produção total de leite estimada. As curvas de lactação apresentaram-se curvilíneas, com queda da produção a partir do início da lactação, o que pode estar relacionado ao fato dos controles leiteiros terem sido intervalados de 30 em 30 dias. A produção de múltiparas foi superior em 48,9%, à das primíparas. As múltiparas apresentaram maior persistência que as primíparas. A diferença da produção de leite entre lactações iniciadas na época seca e das águas foi de 1,6%, favorável à primeira. Baixos valores de  $R^2$  encontrados indicam que a função não produziu bom ajuste para a

curva de lactação de vacas desse grupo genético.

#### 1.4. Referências Bibliográficas

ABUBAKAR, B. Y.; BUVANENDRAN, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigéria. *Livestock Production Science*, v. 8, p. 11-19, 1981.

BATRA, T. R. et al. Multitrait estimation of genetic parameters of lactation curves in Holstein Heifers. *Journal Dairy Science*, v. 70, p. 2105-2111, 1987.

BIANCHINI SOBRINHO, E. *Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir*. 1984. 88 p. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

BIANCHINI SOBRINHO, E.; DUARTE, F. A. M. Genetic and environmental aspects of the linear hyperbolic lactation curve. *Brazilian Journal of Genetics*, v. 11, n. 3, p. 671-678, 1988.

BRODY, S.; RAGSDALE, A. C.; TURNER, C. W. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *Journal of General Physiology*, v. 5, p. 441-444, 192.

COBBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, v. 26, p. 127-133, 1978.

COBUCI, J. A. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas da raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 4, p. 1204-1211, 2001.

COBUCI, J. A. et al. Curva de lactação na raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1332-1339, 2000.

DHANOVA, L. S. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. *British*

*Society of Animal Production*, v. 32, p. 349-351, 1981.

DHANOVA, L. S.; LE DU, Y. L. D. A partial adjustment model to describe the lactation curve of a dairy cow. *British Society of Animal Production*, v. 34, p. 243-247, 1982.

DIAGNÓSTICO da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005: relatório de pesquisa. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 156 p.

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*, v. 43, n. 5, p. 447-458, 1991.

EMBRAPA. Boi de corte em vaca leiteira: uma aventura perigosa. 11 jun. 2003. Disponível em: <http://www.cnppl.embrapa.br/nova/sala/noticias/jornaldoleite.php?id=9>. Acessado em: 12 jan. 2008.

FARO, L. E.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 54, n. 3, 2002.

FARO, L. E.; 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*, v. 28, n. 5, p. 987-992, 1999.

FERRIS, T. A.; MAO, I. A.; ANDERSON, C. R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 68, n. 6, p. 1438-1448, 1985.

GAINES, W. L. Persistency of lactation in dairy cows. *Bulletin Illinois Agricultural Experiment Station*, n. 288, p. 355-424, 1927.

- GILL, G. S.; BALAINE, D. S.; ACHARYA, R. M. Persistency and peak yield in Hariana cattle. Effects of environmental and physiology factors. *Indian Journal of Animal Science*, v. 40, p. 563-568, 1970.
- GONÇALVES, T. M. et al. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no estado de Minas Gerais. Escolha do modelo de melhor ajuste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1689-1694. 2002.
- GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir. I. Escolha do modelo de melhor ajuste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 25, n. 4, p. 617-626, 1996.
- GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir. 2. Influência dos fatores de meio ambiente, estimativa da repetibilidade e herdabilidade para os parâmetros da curva de lactação quadrática logarítmica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 1, p. 88-97, 1997.
- GOODALL, E. A. A note on the use of a categorical variable to explain seasonality deviation from the lactation curve. *Animal Production*, v. 42, p. 153-156, 1986.
- GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 71, n. 6, p. 1598-1608, 1988.
- GROSSMAN, M.; KUCK, A. L.; NORTON, H. W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 69, n. 1, p. 195-203, 1986.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. O teste de Durbin-Watson. In: \_\_\_\_\_. *Análises de regressão; uma introdução à econometria*. 2 ed. São Paulo: Hucitec, 1987, p. 251-256.
- IBEA WUCHI, J. A. Persistency of milk production in F1 Friesian x White Fulani cattle in a tropical environment. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, v. 36, n. 3, p. 215-219, 1988.
- JUNQUEIRA, L. V. et al. 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*, v. 26, n. 6, p. 1109-1118, 1997.
- JHAMMAN SINGH, J.; SHUKLA, K. P. Rate of decline in milk production in Gir cattle. *Indian Veterinary Journal* v. 64, p. 705-707, 1987.
- KELLOGG, D. W. Estimating Holstein lactation curves with a gamma curve. *Journal of Dairy Science*, v. 70, p. 1308-1315, 1977.
- LOPES, M. A. et al. Aplicação da função tipo gama incompleta no estudo da curva de lactação de vacas da raça Holandesa, variedade preta e branca, mantidas em sistema intensivo de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 25, n. 6, p. 1087-1101, 1996.
- MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Animal Production*, v. 29, p. 101-107, 1979.
- MAHADEVAN, P. Breeding for milk production in tropical cattle. *Commonwealth Agricultural Bureau*, n. 17, 1966.
- MALHOTRA, P. K.; SINGH, R. P.; SINGH, R. N. Estimating lactation curve in Karan-Swiss cattle. *Indian Journal of Animal Science*, v. 50, p. 799-804, 1980.
- NELDER, J. A. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*, v. 22, p. 128. 1966.
- OLIVEIRA, H. T. et al. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela

- função gama incompleta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 59, n. 1, p. 233-238, 2007.
- PALMER, R. W.; JENSEN, E. L.; HARDIE, A. R. Removal of within-cow differences between morning and evening milk yields. *Journal of Dairy Science*, v. 77, n. 9, p. 2663-2670, 1994.
- PAPAJCSICK, I. A.; BODERO, J. Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *British Society of Animal Production*, v. 47, p. 201-207, 1988.
- PATEL, J. M.; PATEL, A. M.; DAVE, A. D. First lactation trend in Jersey x Kankrej and Holstein x Kankrej F1 crossbred. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 59, n. 1, p. 162-164, 1989.
- PRADHAN, V. D.; DAVE, A. D. A study on the lactation curve and rate of decline in milk yield in Kankrej cattle. *Indian Journal of Animal Science*. v. 43, p. 914-917, 1973.
- PUNDIR, R. K.; KAUSHIK, S. N. Comparative efficiency of functions of fitting lactation curve in Gir cows. *Journal of Dairy Science, Foods & Home Science*, v. 12, n. 1, p. 17-22, 1993.
- QUEIROZ, S. A. et al. Fatores genéticos e de ambiente que influenciam os componentes da curva de lactação de bovinos da raça Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 43, n. 4, p. 357-370, 1991.
- RAO, M. K. *Studies on lactation curve of dairy cattle*. 1977. Dissertação (Ph. D.). Punjab University, Chandigarh.
- RAO, M. K.; SUNDARESAN, D. Influence of environmental and heredity on the shape of the lactation curves in Sahiwal cows. *Journal Agricultural Science (Cambridge)*, v. 92, p. 393-401, 1979.
- ROWLANDS, G. J.; LUCEY, S.; RUSSEL, A. M. A comparison of different models the lactation curve in dairy cattle. *British Society of Animal Production*, v. 35, p. 135-144, 1982.
- SAXENA, P. N.; KUMAR, S. Persistency of milk yield in Sahiwal cows. *Indian Journal of Dairy Science*. v. 13, p. 45-60, 1960.
- SHARMA, B. D.; SINGH, R. N.; SINGH, C. S. P. *Indian Journal of Dairy Science*, v. 33, p. 336-340, 1980.
- SHIMIZU, H.; UMROD, S. Na application of weight regression procedure for construction the lactation curve in dairy cattle. *Japanese Journal of Zootechny Science*, v. 47, p. 733, 1976.
- SIKKA, L. C. A study of lactation as affected by heredity and environmental. *Journal of Dairy Research*, v. 17, p. 231-252, 1950.
- SINGH, A. K.; et al. Fitting of various mathematical functions to describe the first lactation curve in crossbred cows. *International Journal of Animal Science*, v. 11, p. 349-352, 1996.
- SINGH, B. *Genetic and phenotypic studies of lactation curves in dairy cattle*. 1973. Tese (Ph. D). Agra University, Agra.
- SINGH, S. B.; DUTT, M.; DESAI, R. N. Persistency of milk yield in Haryana cattle. *Indian Journal Veterinary Science*. v. 35, p. 249-257, 1965.
- WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. v. 216, p. 164-165. 1967.
- WOOD, P. D. P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat, and protein production, with estimates of seasonal variations. *Animal Production*, v. 22, p. 35-40, 1976.
- WOOD, P. D. P. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *British*

*Society of Animal Production*, v. 31, p. 133-141, 1980.

WOOD, P. D. P. Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature*. v. 218, p. 894. 1968.

YADAV, M. C.; KATPATAL, B. G.; KAUSHIK, S. N. Study of lactation curve in

Haryana and its Friesian crosses. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 47, n. 10, p. 607-609, 1977.

YADAV, M. C.; SHARMA, J. S. Functions for lactation curves in crossbred dairy cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 55, n. 1, p. 42-47, 1985.

## CAPÍTULO 2

### CURVAS MÉDIAS DE LACTAÇÃO DE QUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE MISTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU

#### Resumo

Modelaram-se curvas médias de lactação de 1.340 lactações de vacas F1 Holandês-Gir (HG), Holandês-Guzerá (HGU), Holandês-Nelore (HN) e Holandês-Azebuado (HA), a partir de controles leiteiros intervalados de 14 dias, provenientes de duas Fazendas Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O manejo nutricional era baseado em pastagens no verão e silagem de milho e cana-de-açúcar com uréia no inverno e ração concentrada no momento da ordenha, de acordo com a produção. A função gamma incompleta foi utilizada para estimação dos parâmetros das curvas. Foram estimados a produção no pico da lactação (PP), o tempo decorrido do início da lactação até o pico (TP), a persistência (PERS) e a produção total (PT). Curvas médias foram modeladas para as várias ordens de parto e para cada grupo genético. Os coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_A$ ) foram superiores a 90% para a maioria das curvas, indicando que a função gamma incompleta foi adequada para ajustar os dados às curvas médias de lactação desses grupos genéticos. Os desvios entre produções totais observadas (PTO) e estimadas (PT) foram menores para as curvas do grupo HG. As curvas apresentaram produção inicial (PI) seguida de fase ascendente até o pico de lactação e fase descendente posterior ao pico. Para a quinta ou mais ordem de lactação para o grupo HN, a curva mostrou-se linear e descendente a partir do início da lactação. Para todos os grupos genéticos foram observadas diferenças evidentes entre a curva da primeira ordem e as demais, nos valores de PI, PP e PERS. As PI e PP aumentaram com a ordem de lactação. As variações entre PI e PP não foram expressivas, com média, para todas as ordens de lactação, de 2,3, 2,6, 1,2 e 3,5 kg para os grupos HG, HGU, HN e HA, respectivamente, evidenciando discreto pico de lactação. A média do TP foi de 23,3 dias, variando de 15,8 dias para as HN a 32,6 dias para as HÁ. Em todos os grupos genéticos, a PERS tendeu a diminuir com a ordem de parto. As PT aumentaram com o avançar das ordens de lactação. Em geral, o grupo genético HA apresentou maiores PT e PERS do que os demais.

Palavras-Chave: bovinos, curva de lactação, F1, gamma incompleta.

## 2.1. Introdução

A produção de leite ao longo da lactação pode ser representada de maneira gráfica por uma função. Muitas equações, as quais estimam a produção de leite em função do tempo de lactação, podem ser empregadas para descrever a curva de lactação de vacas de leite, sendo a função gamma incompleta de Wood (1967) a mais frequentemente usada.

De forma ampla, a literatura descreve a forma da curva de lactação de fêmeas de raças européias especializadas para leite em função de uma produção inicial, seguida de fase ascendente até o pico de lactação, que ocorre por volta da 4<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> semana de lactação, e fase descendente, que vai do pico até o final da lactação (Wood, 1967; Rowlands et al., 1982; Ferris et al., 1985; Grossman et al., 1986; Durães et al., 1991; Lopes et al., 1996; Junqueira et al., 1997; Gonçalves et al., 2002; entre outros). Entretanto, o número de autores que tem estudado a curva de lactação de fêmeas de raças zebuínas e suas mestiças é reduzido. Ainda, a maior parte dos trabalhos encontrados na literatura, aborda aspectos metodológicos, como a comparação do ajuste para diferentes modelos, com pouca ênfase nos aspectos e interpretação biológica dos resultados.

Desta forma, Yadav et al. (1977) estudaram curvas de lactação de vacas Harijana, 1/2 Harijana-Frísio e 3/4 Harijana-Frísio, a partir de quatro modelos. As funções polinomial inversa e gamma incompleta apresentaram maiores coeficientes de determinação para os três grupos genéticos, variando de 0,93 a 0,99.

Já Madalena et al. (1979) compararam o ajuste das funções linear e forma logarítmica da gamma incompleta para dados de lactações, de fêmeas Holandês-Frísio (HPB), 1/2 HPB-Gir, 3/4 HPB-Gir, 5/8 HPB-Gir e Jersey. Os coeficientes de determinação e quadrado médio do resíduo foram 0,71 e

1,69; e 0,74 e 1,52 para as funções linear e gamma incompleta, respectivamente.

Na Nigéria, Abubakar e Buvanendran (1981) estudaram a adequação da forma logarítmica da função gamma de Wood (1967) para descrever curvas de lactação de vacas 1/2 e 3/4 Friesian-Bunaji (White Fulani) e concluíram que o modelo de Wood (1967) foi adequado para descrever curvas de lactação de fêmeas Friesian-Bunaji nos trópicos. No Brasil, Gonçalves et al. (1996) estudaram 3.639 lactações, de 2.423 vacas Gir. As curvas apresentaram-se praticamente lineares com produção máxima no início da lactação. Na raça Caracu, Faro et al. (1999) estimaram a curva de lactação média de 7.239 lactações a partir de quatro funções. As funções gamma incompleta e quadrática logarítmica apresentaram ajustes semelhantes, mas a primeira apresentou parâmetros e funções dos parâmetros mais próximos dos observados.

O estudo das curvas de lactação é útil para estimar a produção total a partir de produções parciais, possibilitando descarte precoce e permitindo avaliação de reprodutores a partir de lactações incompletas de suas filhas, bem como para o planejamento estratégico da atividade, em particular quanto à disponibilidade de forragens e manejo alimentar.

O objetivo do presente estudo foi estimar os parâmetros e avaliar a adequação da função gamma incompleta de Wood (1967) em descrever as curvas médias de lactações de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu nas diversas ordens de lactação.

## 2.2. Material e Métodos

### 2.2.1. Descrição dos dados

Foram analisados registros de produção de leite de lactações de fêmeas F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado, obtidos no período de

fevereiro de 1998 até fevereiro de 2007, provenientes de duas Fazendas Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizadas em Felixlândia e Patos de Minas, Minas Gerais. O grupo Azebuado se refere a animais de composição genética zebuína, principalmente das raças Indubrasil e Gir, selecionados para produção de leite. O grupo Nelore refere-se a animais dessa raça selecionados para produção de carne.

Os animais destes dois rebanhos eram mantidos em condições uniformes de manejo e fazem parte do projeto de pesquisa 'Avaliação do efeito da raça, local de criação, ordem e época do parto, ano, manejo e peso sobre a produção de leite e reprodução de vacas F1 Holandês-Zebu' da EPAMIG. Como os dois rebanhos são destinados a experimentação científica, os animais não são selecionados com o avançar das ordens de lactação e o controle leiteiro não é seletivo.

A Fazenda de Felixlândia se situa na região central do estado de Minas Gerais. A temperatura média máxima anual é de 29,7 °C e mínima de 16,6 °C. A pluviosidade média da região é de 25,3 mm/mês, variando mensalmente de 0,0 a 168,3mm. A Fazenda de Patos de Minas situa-se na região do Alto Paranaíba. A temperatura média máxima anual é de 27,6 °C e mínima de 16,2°C. A pluviosidade média da região é de 112,1 mm/mês, variando mensalmente de 6,7 a 279,3mm (INMET, 2008).

Os controles leiteiros foram realizados na maioria das vezes, com intervalos regulares de 14 dias. Foram eliminadas lactações incompletas, com duração menor que 100 (34) e maior que 400 dias (32), e as que não convergiram ao serem analisadas individualmente (Capítulo 3). Para o estudo, o número de dias em lactação até o último controle foi adotado como medida da duração da lactação.

Após consistência dos dados, restaram 23.102 registros de produção de leite de 1.340 lactações para serem analisados.

A Tab. 1 apresenta os números de controles, números de lactações e valores médios, mínimos e máximos da duração da lactação, por grupo genético e ordem de lactação.

### 2.2.2. Manejo geral

Em ambas as fazendas adotaram-se o mesmo manejo geral de criação dos animais. O manejo nutricional era baseado em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* no período do verão e silagem de milho e cana-de-açúcar acrescida com uréia nos meses de inverno. Ração concentrada foi fornecida no momento da ordenha, durante o ano todo, de acordo com a produção individual de leite e estágio da lactação. No período de 30 dias antecedentes ao parto, os animais eram mantidos em piquetes maternidade, formados de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, e recebiam apenas sal mineralizado à vontade durante o verão. Durante a seca, recebiam suplementação volumosa de silagem de milho e 800 g de suplemento protéico (ANEXO 7). Nas primeiras 24 horas após o parto, os bezerros eram mantidos juntos com as vacas. Vacas com produção diária acima de oito kilogramas de leite foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, e as com produções menores apenas uma vez ao dia, também mecanicamente. No momento da ordenha os bezerros faziam o apoio e estímulo para descida do leite e em seguida eram retirados da sala de ordenha. Após o término da ordenha, as vacas eram soltas com os bezerros por período de 30 minutos para mamada do leite residual. O manejo de condicionamento à ordenha, preconizado em ambas as fazendas, iniciava-se 30 dias antes da novilha parir. Primeiramente, elas passavam em fila indiana pela sala de ordenha, e, em um segundo momento, paravam na fila para que houvesse contato



manual do ordenhador e higienização do úbere com água. Este procedimento deveria ser repetido quantas vezes necessárias e com bastante calma. Animal com comportamento mais bravio jogava-se água no seu corpo. Também era preconizado evitar o uso de peias no momento da ordenha. A presença

do bezerro para o apoio também fazia parte do condicionamento. Durante o período que os animais permaneceram em pastejo a mudança de pasto ocorreu em função da disponibilidade de forragem (Amaral et al., 2006).

Tabela 1 - Números de controles, números de lactações e valores médios, desvios-padrão, mínimos e máximos da duração da lactação (dias), por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação	N controles	N lactações	Duração da lactação (dias)		
				$\bar{x} \pm DP$	Mínimo	Máximo
F1 Hol-Gir	1	3.247	185	270,7±61,9	102	389
	2	3.461	194	270,0±51,7	100	393
	3	2.718	158	267,4±47,2	100	400
	4	1.803	113	255,4±51,3	110	391
	5 ou mais	2.805	167	261,7±54,6	115	400
F1 Hol-Guzerá	1	953	51	275,5±61,5	108	396
	2	902	49	253,6±40,6	156	359
	3	856	46	258,1±52,8	140	383
	4	622	36	240,1±44,5	123	327
	5 ou mais	476	26	246,8±41,7	195	362
F1 Hol-Nelore	1	436	39	235,6±51,5	110	328
	2	652	47	240,4±54,1	113	352
	3	785	50	235,4±46,5	105	359
	4	550	34	228,0±35,9	117	291
	5 ou mais	720	39	259,3±44,9	154	383
F1 Hol-Azebuado	1	544	24	315,1±45,8	224	391
	2	604	30	276,3±47,5	130	358
	3	570	30	268,3±35,3	213	344
	4 ou mais	398	22	251,3±38,0	183	322

### 2.2.3. Análises dos dados

A função utilizada para o ajuste das curvas médias foi a gamma incompleta de Wood (1967), assim descrita:

$$y_t = a t^b \exp^{-ct}$$

em que,  $y_t$  é a produção diária no dia  $t$ , e 'a', 'b' e 'c' são constantes.

O parâmetro 'a' é associado à média da produção diária no início da lactação, quando  $t^b \exp^{-ct} = 1$ , também chamado de fator de escala, o parâmetro 'b' mede a inclinação da fase ascendente e 'c' a inclinação da fase descendente (Wood, 1976).

Os parâmetros de cada função foram estimados do procedimento NLIN do pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1996), usando o método iterativo de GAUSS-NEWTON, sobre todo o conjunto de dados e não sobre a média dos controles.

Os valores iniciais para os parâmetros variaram de 6 a 15 para 'a', 0,08 a 0,18 para 'b' e 0,003 a 0,005 para 'c', baseados nos valores médios obtidos na literatura (Madalena et al. 1979, Cobuci et al. 2000, Faro e Albuquerque, 2002)

Em seguida, foram calculadas a produção no pico de lactação a partir da expressão:

$$y_{\max} = a(b/c)^b \exp^{-b}$$

o tempo decorrido do início da lactação até o pico de lactação, como:

$$t=b/c;$$

a persistência da lactação (persistência), medida a partir de:

$$\text{persistência} = c^{-(b+1)}; e$$

a produção total de leite estimada ( $y_{0-t}$ ), por

$$y_{0-t} = a \int_0^t t^b e^{-ct} dt,$$

em que,  $t$ , neste último caso, era a duração média da lactação (Tab. 1).

As duas fazendas foram agrupadas, pois a interação entre grupo genético e fazenda não foi considerada significativa.

Curvas médias foram modeladas para as ordens de parto um, dois, três, quatro e cinco ou mais para os grupos genéticos F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá e Holandês-Nelore, e para as ordens um, dois, três e quatro ou mais para o grupo genético F1 Holandês-Azebuado. As últimas ordens foram agrupadas e representadas pela última classe por causa da baixa frequência.

Para verificar o ajuste dos dados ao modelo obtido, foram calculados os coeficientes de determinação ajustados para o número de parâmetros ( $K$ ) da função ( $R^2_A$ ) (Silva, 2005), como:

$$R^2_A = 1 - \frac{SQR / (N - K)}{SQT / (N - 1)},$$

em que  $N$  é o número de observações,  $SQR$  é a soma de quadrados do resíduo e  $SQT$  é a soma de quadrados total.

Também foram estimados os desvios, em porcentagem, entre produção observada (P.O.) e produção estimada (P.E.), como:

$$\text{Desvios (\%)} = \frac{(P.O. - P.E.)}{P.O.} \times 100$$

Para esta última estatística, os controles foram agrupados em classes de 14 em 14 dias e foram usadas as médias dos pesos observados e médias de dias do controle.

### 2.3. Resultados e Discussão

Na literatura consultada testes estatísticos são utilizados para comparar o ajuste de dados à várias funções. Entretanto, como o presente estudo ajustou apenas a função gamma incompleta, foram utilizados o coeficiente de determinação ajustados ao número de parâmetros ( $R^2_A$ ) e os desvios, em porcentagem, entre as produções totais de leite observadas e estimadas, para verificar o ajuste dos dados à função. De acordo com Bianchini Sobrinho (1984), citado por Faro et al. (1999), bons ajustes seriam obtidos quando os  $R^2_A$  fossem superiores ou iguais a 0,80. Os  $R^2_A$  estimados para as várias ordens de lactação dos quatro grupos genéticos foram todos superiores a 0,90, exceto para a primeira ordem do grupo Holandês-Guzerá e para a primeira e segunda ordens do grupo Holandês-Nelore, os quais variaram entre 0,83 e 0,88 (Tab. 2). Estes resultados indicam que a função gamma incompleta de Wood (1967) modelou de forma adequada as curvas médias de lactação das vacas deste estudo. Menores valores de coeficientes de determinação foram observados por Madalena et al. (1979) para curvas de lactação de vacas Holandês-Frísio (HPB), 1/2 e 3/4 HPB-Gir (0,74), e por Abubakar e Buvanendran (1981), para vacas 1/2 e 3/4 Friesian-Bunaji (0,82), ambos utilizando a função gamma incompleta.

As Fig. 1, 2, 3 e 4, de distribuição dos desvios entre as produções observadas e estimadas, mostraram que, de maneira geral, os dados do grupo Holandês-Gir se ajustaram melhor à função gamma incompleta, seguido dos grupos Holandês-Azebuado, Holandês-Guzerá e Holandês-Nelore. Este resultado pode ser atribuído à maior seleção para produção de leite

praticada nos animais da raça Gir quando comparada àquelas dos demais grupos zebuínos. Em geral, menores desvios foram observados para a segunda ordem de lactação (ANEXOS 1, 2, 3 e 4). Em alguns momentos, a função subestimou a produção e, em outros, superestimou, para as diversas ordens de lactação. Elevados desvios para dias em lactação avançados podem estar

sendo influenciados pelos menores números de registros (ANEXO 5).

Também o tempo e o número de repetições necessárias para convergência (NI) no momento da estimação dos parâmetros indicaram baixa dificuldade computacional (Tab. 2).

Tabela 2: Número de lactações (N), parâmetros estimados da função gamma incompleta ('a', 'b' e 'c') e respectivos erros-padrão, coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_A$ ) e número de repetições necessárias para convergência (NI) por ordem de lactação por grupo genético

Grupo genético	Ordem de lactação	N	a	b	c	$R^2_A$	NI
F1 Hol-Gir	1	134	8,08±0,33	0,098±0,012	0,00365±0,00016	0,90	3
	2	129	10,00±0,40	0,120±0,012	0,00398±0,00016	0,90	2
	3	105	12,71±0,50	0,080±0,012	0,00382±0,00016	0,92	3
	4	77	13,64±0,63	0,082±0,015	0,00370±0,00019	0,93	3
	5 ou mais	57	13,95±0,55	0,056±0,012	0,00404±0,00017	0,92	3
F1 Hol-Guzerá	1	51	5,41±0,65	0,134±0,035	0,00315±0,00039	0,85	3
	2	49	8,15±0,59	0,163±0,023	0,00465±0,00031	0,92	3
	3	46	12,65±0,85	0,055±0,021	0,00319±0,00028	0,92	4
	4	36	13,91±0,82	0,051±0,019	0,00341±0,00028	0,95	3
	5 ou mais	26	12,83±1,26	0,100±0,031	0,00351±0,00044	0,91	3
F1 Hol-Nelore	1	13	5,75±0,73	0,135±0,041	0,00461±0,00059	0,88	3
	2	16	10,58±1,15	0,043±0,036	0,00402±0,00053	0,83	4
	3	20	11,87±0,93	0,040±0,026	0,00425±0,00039	0,90	3
	4	12	11,86±0,93	0,063±0,026	0,00452±0,00041	0,92	3
	5 ou mais	16	15,66±1,13	-0,006±0,023	0,00277±0,00032	0,91	4
F1 Hol-Azebuado	1	24	5,45±0,64	0,180±0,035	0,00391±0,00037	0,91	3
	2	30	9,75±0,80	0,134±0,025	0,00340±0,00031	0,93	3
	3	30	10,72±0,93	0,141±0,027	0,00444±0,00035	0,93	3
	4 ou mais	22	15,28±1,08	0,059±0,023	0,00382±0,00033	0,95	3

NI = número de iterações necessárias para alcançar a convergência

As representações das curvas de lactação médias estimadas para as diversas ordens de parto, para os grupos genéticos F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado são apresentadas nas Fig. 5, 6, 7 e 8, respectivamente. As Fig. mostram as curvas estimadas até o encerramento das lactações ou, no máximo, até 400 dias. As médias e desvios-padrão das durações das lactações por grupo genético e ordem de lactação são apresentadas na Tab. 1.

Todas as curvas, exceto da quinta classe para o grupo Holandês-Nelore, apresentaram produção inicial seguida de uma fase ascendente até o pico de lactação e uma fase

descendente posterior ao pico (Fig. 5, 6, 7 e 8). Esse formato da curva é semelhante ao descrito na literatura para vacas de raças leiteiras européias. Entretanto, o tempo decorrente entre o início da lactação e o pico de lactação e a diferença entre produção inicial e no pico foram inferiores aos relatados na literatura para vacas especializadas (Durães et al. 1991; Lopes et al.; 1996; Junqueira et al.; 1997, entre outros). Madalena et al. (1979) observaram curvas praticamente lineares, com pequeno pico no dia cinco ou seis de lactação, para vacas Holandês-Frisio (HPB), 1/2 e 3/4 HPB-Gir. Já Yadav e Sharma (1985) apresentaram curvas de lactação, com fase

ascendente de três semanas e fase de pico de duas semanas, para vacas 1/2 Hariana-Jersey, Hariana-Holandês Frísio e Hariana-Pardo Suíço.

A curva estimada para a quinta ou mais ordens do grupo Holandês-Nelore não apresentou pico de lactação mostrando-se linear (Fig. 7), com redução mensal da produção de 0,96kg de leite (6,1%), a partir do início da lactação. Este formato de curva é semelhante ao descrito por Faro et al. (1999) para vacas Caracu e por Cobuci et al. (2000) para vacas Guzerá. Vaz de Oliveira et al. (2007) apresentaram curvas de lactação para vacas F1 Holandês-Gir, com queda na produção desde o primeiro dia de lactação. Curvas com este formato são associadas, de acordo com a literatura, a estimação de valores negativos para o parâmetro 'b', que

ocorre em função da ausência de registros antes do pico de lactação. Neste caso, o pico é estimado antes do parto. Esta é uma razoável explicação para este resultado, visto que, o tempo do início da lactação até o pico de lactação, verificado em outras ordens para as fêmeas deste grupo genético (Tab. 3), foi inferior a 14 dias, período do intervalo entre controles leiteiros. Estudos utilizando menores intervalos entre registros da produção de leite são necessários para investigar esta suposição.

A Tab. 3 apresenta as características lactacionais, produção inicial, tempo decorrido do início da lactação até pico, pico de lactação, persistência da lactação e produção total de leite, definidas a partir de funções dos parâmetros, apresentados na Tab. 2.

Tabela 3: Produções inicial (kg) e no pico (kg), tempo até o pico (dias), persistência e produção total estimada (kg) por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação	Produção inicial (kg)	Produção no pico (kg)	Tempo até o pico (dias)	Persistência	Produção total (kg)
F1 Hol-Gir	1	8,05	10,11	26,9	475,17	2140,2
	2	10,00	13,33	30,0	486,31	2797,7
	3	12,66	14,93	20,7	406,82	3007,0
	4	13,59	16,20	22,1	427,14	3214,4
	5 ou mais	13,90	15,30	13,9	337,74	2876,5
F1 Hol-Guzerá	1	5,40	7,84	42,7	689,02	1818,7
	2	8,12	12,38	35,1	517,10	2461,4
	3	12,61	13,99	17,2	430,10	2822,3
	4	13,86	15,19	15,1	392,32	2844,0
	5 ou mais	12,79	16,22	28,4	501,30	3267,3
F1 Hol-Nelore	1	5,73	7,93	29,3	448,16	1469,4
	2	10,53	11,21	10,4	315,37	1954,5
	3	11,82	12,48	9,4	293,04	2088,9
	4	11,81	13,17	14,0	311,31	2202,8
	5 ou mais	15,61	-	-2,3	348,19	2815,2
F1 Hol-Azebuado	1	5,43	9,07	46,0	693,83	2231,7
	2	9,72	13,86	37,2	590,01	3093,5
	3	10,67	15,14	31,7	482,34	3110,1
	4 ou mais	15,22	16,94	15,5	364,20	3185,2

Para todos os grupos genéticos foi observada diferença evidente entre a curva de primeira ordem e as demais, nos valores de produção inicial e no pico e persistência. Para as fêmeas F1 Holandês-Guzerá e Holandês-

Nelore aumentos notáveis também foram visualizados entre a quarta e quinta ou mais ordens (Tab. 3, Fig. 5, 6, 7 e 8).

Em todos os grupos genéticos, as produções inicial e no pico aumentaram com a ordem de lactação, exceto para as fêmeas F1 Holandês-Guzerá, entre a quarta e a quinta ou mais ordens, em que pequena queda foi observada para produção inicial (Tab. 3). Esses aumentos das produções iniciais e no pico com o avançar das ordens de lactação estão relacionados com a maturidade fisiológica (Queiroz et al. 1991; Junqueira et al. 1997). O potencial genético de produção, se expressa à medida que os animais crescem e desenvolvem os sistemas digestivo, circulatório, respiratório e mamário. Segundo Amaral et al. (2006) o primeiro, segundo e terceiro partos dos animais deste estudo ocorreram aos 33,8, 48,8 e 59,5 meses de idade.

Ainda, em relação à produção inicial, o grupo Holandês-Gir apresentou maior valor de produção inicial na primeira ordem de lactação que os demais grupos genéticos. Entretanto, em ordens de lactação mais avançadas, os grupos Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado apresentaram maiores produções iniciais que os Holandês-Gir (Tab. 3). Aumentos na produção inicial com o avançar da ordem de parto, também podem estar associados às mudanças no comportamento, já que os animais tendem a aceitarem a ordenha mais facilmente, a medida que são condicionados para isto. Segundo Tancin et al. (2001) a sala de ordenha pode ser considerada um ambiente estranho para as primíparas, o que interfere na liberação de ocitocina e conseqüentemente na produção de leite. Maiores aumentos da produção inicial, em porcentagem, ocorreram entre a primeira e segunda, e segunda e terceira ordens para os grupos Holandês-Gir (24,2 e 26,6%) e Holandês-Guzerá (50,4 e 55,3%), e entre primeira e segunda, e quarta e quinta para os Holandês-Nelore (83,8 e 32,2%) e terceira e quarta para os Holandês-Azebuado (79,0 e 42,6%) (Tab. 3). Menores produções iniciais também foram observadas em primíparas por Madalena et al. (1979), estudando

lactações de Holandês-Frisio (HPB) e 1/2 e 3/4 HPB-Gir, e por Jhamman Singh e Shukla (1987) para vacas Gir.

Para a característica produção no pico, maiores aumentos, em porcentagem, foram observados entre primeira e segunda lactações para todos os grupos genéticos. Os valores foram de 31,8, 57,9, 41,4 e 52,8% para os Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado, respectivamente (Tab. 3).

As variações entre produções iniciais e produções no pico não foram expressivas. A média para todas as ordens de lactação foi de 2,3 kg, 2,6 kg, 1,2 kg e 3,5 kg para os animais F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado, respectivamente, evidenciando que o pico de lactação destes animais foi discreto. Maiores diferenças entre as produções inicial e no pico ocorreram na segunda ordem de lactação para os grupos Holandês-Gir (33,3%) e Holandês-Guzerá (52,5%), e na primeira ordem, para os Holandês-Nelore (38,4%) e Holandês-Azebuado (67,0%) (Tab. 3). Estas porcentagens parecem estar associadas ao parâmetro 'b', já que quanto maiores valores de 'b' foram associados a maiores porcentagens nestas diferenças.

O tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação, de maneira geral, foi inferior ao observado para animais de raças européias especializadas para produção de leite (Wood, 1980; Rowlands et al. 1982; Lopes et al.; 1996, entre outros). Muitos autores atribuem a não estimação de pico de lactação, gerando curvas de lactação atípicas, em mestiças de raças européias com raças zebuínas, à falta de registros de produções anteriores ao pico. No presente estudo, a média do tempo decorrido entre o início da lactação e o pico da mesma foi de 23,3 dias. Sendo assim, a utilização de controles leiteiros com intervalos superiores a este tempo podem gerar curvas atípicas.

O tempo do início da lactação até o pico não seguiu padrão regular para todos os grupos genéticos. Para os animais F1 Holandês-Azebuado ele diminuiu com o aumento da ordem de lactação, para os F1 Holandês-Guzerá e Holandês-Nelore esse período diminuiu e voltou a aumentar em ordens mais avançadas (Tab. 3). Para os F1 Holandês-Gir o tempo de início da lactação até o pico oscilou, mostrando tendência de diminuição com o aumento da ordem. Em média, no conjunto de todas as ordens, o tempo até o pico foi menor para o grupo Holandês-Nelore (15,8 dias) e maior para o Holandês-Azebuado (32,6 dias).

Maiores tempos do início da lactação ao pico de lactação podem ser úteis, pois, possibilitam um maior tempo para desafiar o animal nutricionalmente, de modo que ele possa expressar seu potencial genético, e ainda, estão associados a maiores produções no pico.

Em todos os grupos genéticos, a persistência da lactação tendeu a diminuir com a ordem de parto (Tab. 3). Altos valores de persistência para primíparas podem estar relacionados a maiores períodos de serviço, o que, conseqüentemente, atrasaria o efeito negativo da gestação sobre a produção de leite. Segundo Bachman et al. (1988), citados por Capuco et al. (2003), a persistência da lactação é diminuída quando as vacas estão concomitantemente gestantes. O efeito negativo da gestação sobre a produção de leite coincide com o início da secreção de estrógeno pela unidade fetoplacentária. Estrógenos foram associados como mediadores dos efeitos inibitórios da gestação na lactação.

A persistência é definida por Wood (1967) como a extensão na qual o pico de lactação é mantido. Entretanto, para a função gamma incompleta de Wood (1967), essa medida não têm unidade, dificultando sua interpretação biológica. Segundo Faro e

Albuquerque (2002), quanto maior seu valor absoluto, mais persistente é a lactação.

Para as produções totais foram observados aumentos com o avançar das ordens de lactação, exceto entre a quarta e quinta ou mais ordens das mestiças Holandês-Gir (Tab. 3). Esses aumentos, provavelmente, estão associados à maiores produções iniciais e maiores produções no pico, já que tanto a persistência quanto a duração da lactação tenderam a diminuir com o avançar das ordens de lactação. Foram observados maiores diferenças entre as produções totais da primeira e segunda ordens para todos os grupos genéticos com valores de 30,7, 35,3, 33,0 e 38,6% para as mestiças Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado, respectivamente. Para os Holandês-Nelore também foi observado aumento notável entre as produções totais da quarta e quinta ou mais ordens (27,8%) (Tab. 3). A redução na produção total entre a quarta e quinta ou mais ordens de parto dos Holandês-Gir, provavelmente, foi associada à menor produção no pico e menor persistência, verificadas para estes animais. A presença de lactações em ordens mais avançadas, na categoria quinta ou mais ordens de lactação, verificada para este grupo genético, pode ser uma explicação razoável para este resultado. É importante ressaltar também que, estas lactações de ordens mais avançadas ocorreram em um período, em que o manejo geral, principalmente o nutricional era inferior ao praticado nas lactações de ordens inferiores.

Aumentos da produção total com o avançar das ordens de parto não estão associadas à seleção dos animais, já que este procedimento não é praticado nestes rebanhos.

## 2.4. Conclusões

A função gamma incompleta de Wood ajustou adequadamente dados de curvas médias de lactação de mestiças de Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e

Holandês-Azebuado, em várias ordens de lactação, para controles leiteiros intervalados de 14 dias.

Na média das ordens de lactação avaliadas, o grupo genético Holandês-Azebuado apresentou maiores produção total e persistência da lactação que os demais grupos genéticos, e produção no pico de

lactação próxima do grupo Holandês-Gir, o qual apresentou o maior valor para esta característica.

Mudanças no formato da curva de lactação nas diversas ordens de lactação dos quatros grupos de mestiças Holandês-Zebu sugerem a presença de interação entre grupo genético e ordem de lactação.

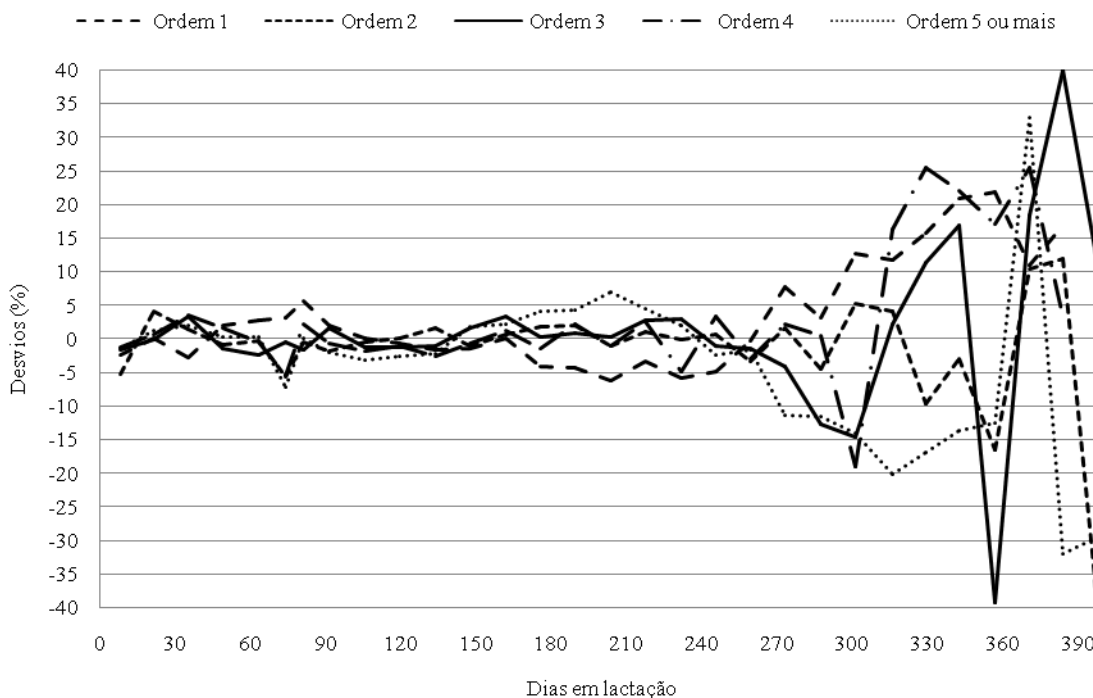


Figura 1: Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Gir. (ANEXO 1)

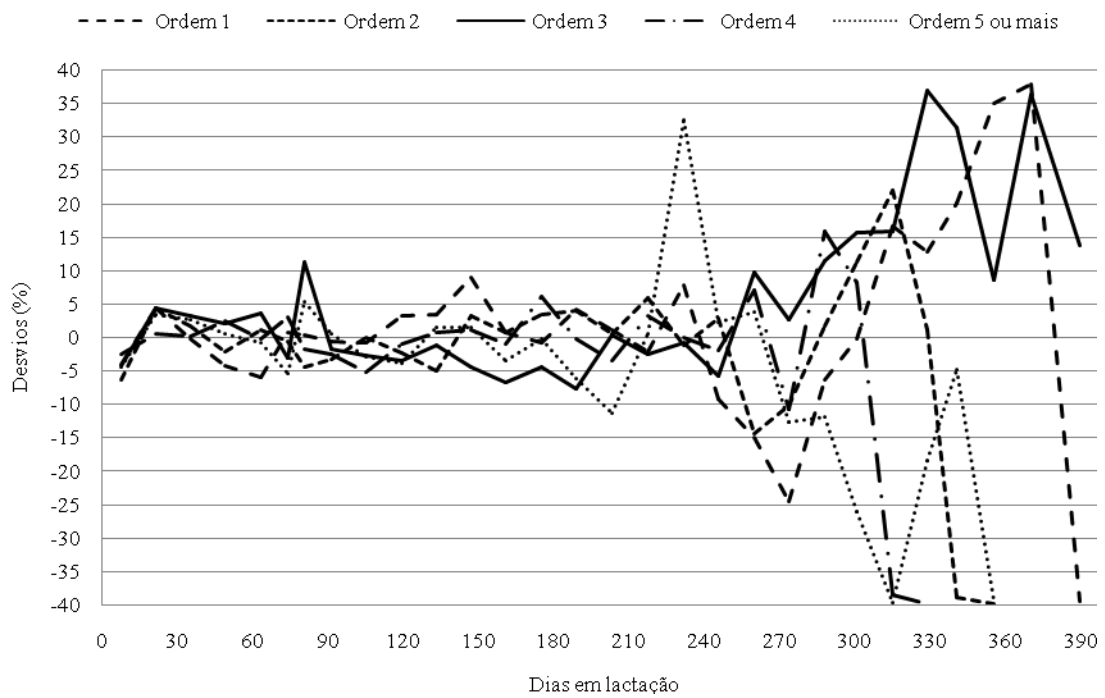


Figura 2: Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Guzerá. (ANEXO 2)



Figura 3: Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Nelore. (ANEXO 3)



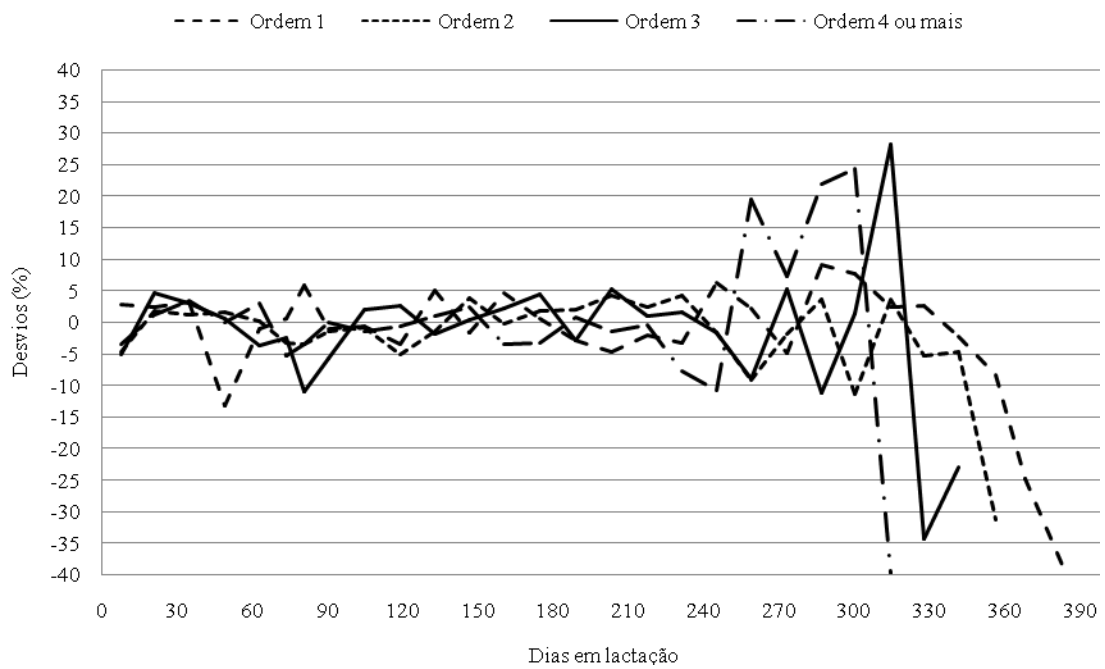


Figura 4: Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Azebuado. (ANEXO 4)



Figura 5: Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Gir nas diversas ordens de parto.

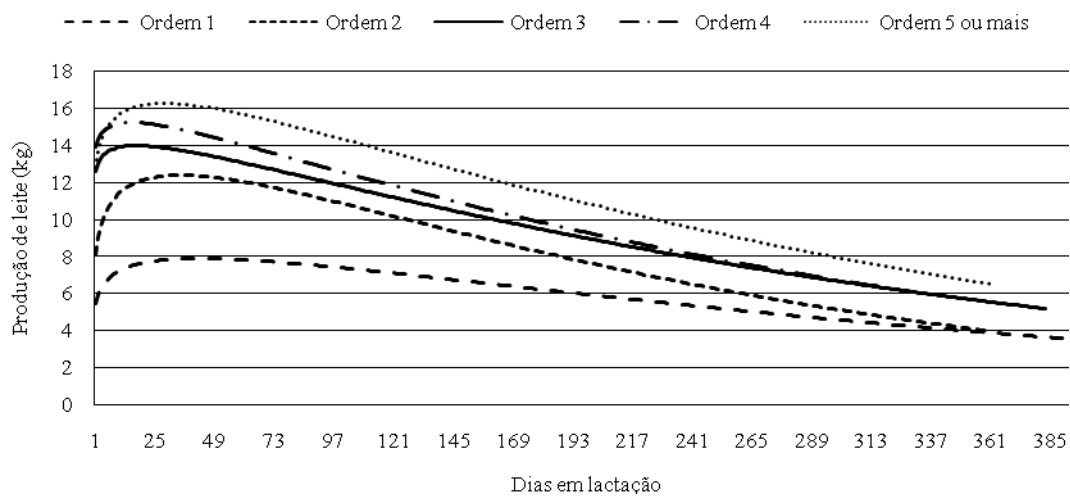


Figura 6: Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Guzerá nas diversas ordens de parto.

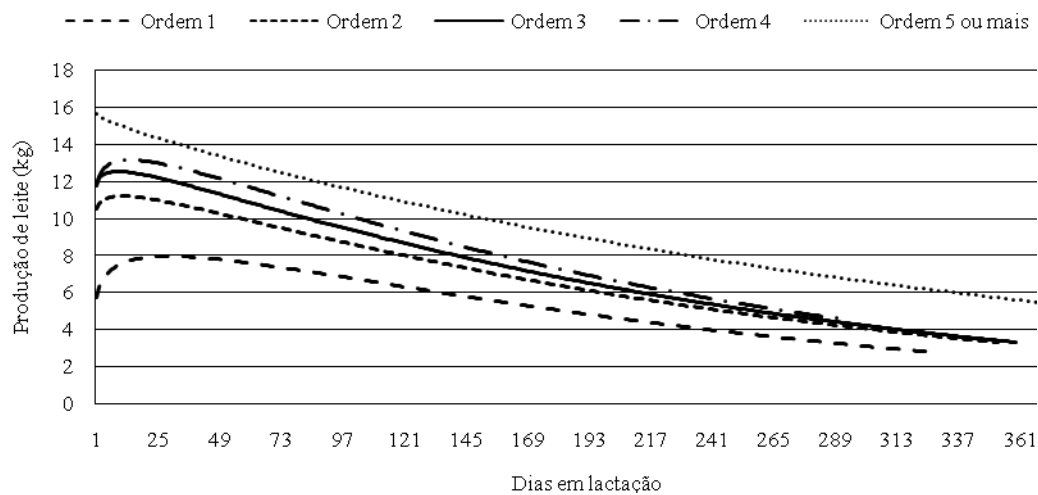


Figura 7: Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Nelore nas diversas ordens de parto.

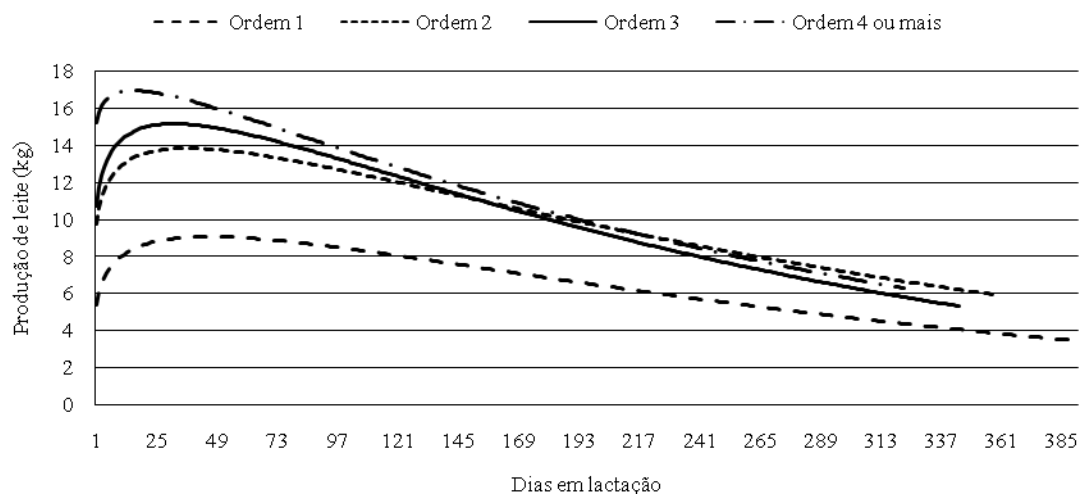


Figura 8: Curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Azebuado nas diversas ordens de parto.

## 2.5. Referências Bibliográficas

ABUBAKAR, B. Y.; BUVANENDRAN, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigéria. *Livestock Production Science*, v. 8, p. 11-19, 1981.

AMARAL, R. et al. Sistema de produção de leite em pasto com vacas F1 HZ. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005. 32 p.

BACHMAN, K. C. et al. Effect of pregnancy, milk yield, and somatic cell count on bovine milk fat hydrolysis. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p. 925-931, 1988.

BIANCHINI SOBRINHO, E. *Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir*. 1984. 88 p. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

CAPUCO, A. V.; et al. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. 18-31, 2003.

COBUCI, J. A. et al. Curva de lactação na raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1332-1339, 2000.

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*, v. 43, n. 5, p. 447-458, 1991.

FARO, L. E.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 54, n. 3, 2002.

FARO, L. E.; 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*, v. 28, n. 5, p. 987-992, 1999.

FERRIS, T. A.; MAO, I. A.; ANDERSON, C. R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 68, n. 6, p. 1438-1448, 1985.

GONÇALVES, T. M. et al. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no estado de Minas Gerais. Escolha do modelo de melhor ajuste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1689-1694. 2002.

- GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir. I. Escolha do modelo de melhor ajuste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 25, n. 4, p. 617-626, 1996.
- GROSSMAN, M.; KUCK, A. L.; NORTON, H. W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 69, n. 1, p. 195-203, 1986.
- INMET. Dados meteorológicos: dados históricos. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Acesso em: 10 dez. 2007.
- JUNQUEIRA, L. V. et al. 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*, v. 26, n. 6, p. 1109-1118, 1997.
- JHAMMAN SINGH, J.; SHUKLA, K. P. Rate of decline in milk production in Gir cattle. *Indian Veterinary Journal* v. 64, p. 705-707, 1987.
- LOPES, M. A. et al. Aplicação da função tipo gama incompleta no estudo da curva de lactação de vacas da raça Holandesa, variedade preta e branca, mantidas em sistema intensivo de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 25, n. 6, p. 1087-1101, 1996.
- MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Animal Production*, v. 29, p. 101-107, 1979.
- OLIVEIRA, H. T. et al. Curvas de lactação de vacas F1 Holandês-Gir ajustadas pela função gama incompleta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. v. 59, n. 1, p. 233-238, 2007.
- QUEIROZ, S. A. et al. Fatores genéticos e de ambiente que influenciam os componentes da curva de lactação de bovinos da raça Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 43, n. 4, p. 357-370, 1991.
- ROWLANDS, G. J.; LUCEY, S.; RUSSEL, A. M. A comparison of different models the lactation curve in dairy cattle. *British Society of Animal Production*, v. 35, p. 135-144, 1982.
- SAS. *SAS User's guide: Basic and Statistics*. SAS® INST. INC., Cary, NC, 1996.
- SILVA, M. A. Conceitos de análises de dados. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 179 p.
- TANCIN, V. et al. The effect of conditioning to suckling, milking and of calf presence on the release of oxytocin in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 72, p. 235-246, 2001.
- WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. v. 216, p. 164-165. 1967.
- WOOD, P. D. P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat, and protein production, with estimates of seasonal variations. *Animal Production*, v. 22, p. 35-40, 1976.
- WOOD, P. D. P. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *British Society of Animal Production*, v. 31, p. 133-141, 1980.
- YADAV, M. C.; KATPATAL, B. G.; KAUSHIK, S. N. Study of lactation curve in Haryana and its Friesian crosses. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 47, n. 10, p. 607-609, 1977.
- YADAV, M. C.; SHARMA, J. S. Functions for lactation curves in crossbred dairy cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 55, n. 1, p. 42-47, 1985.

## CAPÍTULO 3

### FATORES GENÉTICOS E AMBIENTES QUE INFLUENCIAM OS PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS DE CURVAS INDIVIDUAIS DE LACTAÇÕES DE QUATRO GRUPOS GENÉTICOS DE MISTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU

#### Resumo

Modelaram-se curvas individuais de 1.340 lactações de vacas F1 Holandês-Gir (HG), Holandês-Guzerá (HGU), Holandês-Nelore (HN) e Holandês-Azebuado (HA), a partir de controles leiteiros intervalados de 14 dias, provenientes de duas Fazendas Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O manejo nutricional era baseado em pastagens no verão e silagem de milho e cana-de-açúcar com uréia no inverno e ração concentrada no momento da ordenha, de acordo com a produção. A função gamma incompleta foi utilizada para estimação dos parâmetros das curvas. Foram estimadas a produção no pico da lactação (PP), o tempo decorrido do início da lactação até o pico (TP), a persistência (PERS) e a produção total (PT). A avaliação dos efeitos fixos de grupo genético (GG) e dos fatores de ambiente (fazenda de origem, época de parto (EP) e ordem de lactação (OL)) sobre os parâmetros ('a', 'b' e 'c') e sobre as características lactacionais (PP, TP, PERS, PT e duração da lactação-DL) foi feita pelo método dos quadrados mínimos. Vinte e três por cento das curvas foram consideradas atípicas e 99% das típicas apresentaram coeficientes de determinação ajustados ( $R^2_A$ ) superiores a 90%, indicando que a função gamma incompleta modelou adequadamente curvas individuais de vacas F1. O parâmetro 'a', indicativo da produção inicial (PI), foi influenciado pelo GG, EP e OL. Maiores PI foram observadas para os animais HG e HA e menores para os HN. Ainda, a PI aumentou com o incremento da OL e lactações iniciadas no final das chuvas e no início da seca apresentaram maiores valores de PI. O TP foi influenciado pelos efeitos de fazenda, EP e interação entre GG e OL, com menores valores para as lactações iniciadas no final das chuvas. Para os grupos genéticos HG e HGU maiores TP ocorreram para as primíparas. A PP foi influenciada pelos efeitos de fazenda e pela interação entre GG e OL. Menores valores de PP foram observados na primeira ordem de lactação. Já a PERS foi influenciada pelos efeitos de fazenda e interação GG e OL, com maiores valores observados para a primeira OL nos animais HG e, nos demais GG, valores semelhantes para todas as OL. A PT foi influenciada pelos efeitos de fazenda, GG, EP e OL. Maiores PT foram verificadas para os grupos HG e HA, superiores em, aproximadamente, 14% e 29% em relação às estimativas para as HGU e HN, respectivamente. Maiores PT foram verificadas para lactações iniciadas no período seco e a característica, de maneira geral, aumentou com o incremento da OL. A DL foi influenciada pelos efeitos de EP e pela interação entre GG e OL, com menores valores constatados nas lactações iniciadas no final das chuvas. Para os grupos HG e HN não foram verificadas diferenças entre as DL nas várias OL. As interações entre GG e OL foram, na maioria, das situações de magnitude e não de inversão.

Palavras-Chave: bovinos, curva de lactação, efeitos de ambiente, efeitos genéticos, F1, gamma incompleta.

### 3.1. Introdução

Produções de leite totais equivalentes podem ser resultantes de formatos diferentes de curvas de lactação. Entretanto, qual o formato desejável? Qual é o melhor biologicamente, ou seja, que causa menor desgaste fisiológico para o animal? Qual o formato que resulta em maior eficiência econômica da atividade? São mais desejáveis vacas com altas produções iniciais e quedas acentuadas das produções, ou vacas com produções moderadas, mas que persistem em patamares maiores por tempo mais longo na lactação (Grossman et al., 1986). Sabe-se que o padrão como uma vaca produz leite em função do tempo pode determinar sua eficiência biológica ou econômica (Grossman e Koops, 1988).

Funções matemáticas têm sido utilizadas para descrever curvas de lactação desde 1923, quando Brody propôs a utilização da função exponencial simples para descrever a curva de lactação. A partir deste estudo, várias outras funções têm sido propostas (Nelder, 1966; Wood, 1967; Cobby e Le Du, 1978; Dhanoa, 1981; Grossman e Koops, 1988; Papajcsik e Bodero, 1988, entre outros). Entretanto, a mais frequentemente utilizada para descrever curvas de lactação em bovinos é a gamma incompleta de Wood (1967).

Conhecer o formato da curva de lactação é importante, mas entender como os fatores genéticos e de ambiente influenciam os parâmetros estimados a partir das funções e as características lactacionais, determinadas a partir dos parâmetros, são fundamentais para tomada de decisões sobre a escolha das raças a serem utilizadas e de como alterações no manejo podem produzir curvas mais eficientes. A partir destas informações, juntamente com o conhecimento referente à variação da produção, do preço do leite e de insumos ao longo do ano, é possível determinar estratégias de distribuição de partos mais lucrativas.

A influência dos fatores genéticos e ambientes sobre os parâmetros das curvas e características lactacionais tem sido registrada na literatura, tanto para curvas de lactação de vacas de origem européia especializadas para produção de leite (Ferris et al., 1985; Durães et al., 1991, Gonçalves et al., 2002; entre outros), quanto para vacas zebuínas e suas mestiças (Madalena et al., 1979; Jhamman Singh e Shukla, 1987; Gonçalves et al. 1997, entre outros).

No capítulo anterior, a função gamma foi utilizada para ajustar curvas médias de lactação de animais F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado. Entretanto, Faro e Albuquerque (2002) alertaram para o fato de que funções que descrevem adequadamente curvas médias podem não o fazer para curvas individuais, ou, ainda, ignorar entraves estatísticos ou biológicos.

O objetivo deste trabalho foi modelar curvas individuais de quatro grupos genéticos de mestiças de Holandês-Zebu, e avaliar a influência de fatores genéticos e ambientes sobre os parâmetros estimados e as características lactacionais destas curvas.

### 3.2. Material e Métodos

#### 3.2.1. Descrição dos dados

Foram modeladas curvas individuais a partir de registros de produção de leite de lactações de animais F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado, obtidos no período de fevereiro de 1998 até fevereiro de 2007, provenientes de duas Fazendas Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizadas em Felixlândia e Patos de Minas, Minas Gerais. O grupo Azebuado se refere a animais de composição genética zebuína, principalmente das raças Indubrasil e Gir, selecionados para produção de leite. O grupo Nelore refere-se a animais desta raça selecionados para produção de carne.

Os dados das mestiças Holandês-Gir e Holandês-Nelore foram provenientes das duas fazendas, e os das Holandês-Guzerá e Holandês-Azebuado provenientes apenas da Fazenda de Felixlândia. Em geral, os rebanhos das duas fazendas eram compostos por animais com mesma origem genética.

Os animais destes rebanhos dois eram mantidos em condições uniformes de manejo e fazem parte do projeto de pesquisa 'Avaliação do efeito da raça, local de criação, ordem e época do parto, ano, manejo e peso sobre a produção de leite e reprodução de vacas F1 Holandês-Zebu' da EPAMIG. Como os dois rebanhos são destinados a experimentação científica, os animais não foram selecionados com o avançar das ordens de lactação e o controle leiteiro não foi seletivo.

A Fazenda de Felixlândia se situa na região central do estado de Minas Gerais. A temperatura média máxima anual é de 29,7 °C e mínima de 16,6 °C. A pluviosidade média da região é de 25,3 mm/mês, variando mensalmente de 0,0 a 168,3mm (Fig. 1). A Fazenda de Patos de Minas situa-se na região do Alto Paranaíba. A temperatura média máxima anual é de 27,6°C e mínima de 16,2°C. A pluviosidade média da região é de 112,1 mm/mês, variando mensalmente de 6,7 a 279,3mm (Fig. 2) (INMET, 2008).

Os controles leiteiros foram realizados na maioria das vezes, com intervalos regulares de 14 dias. Foram eliminadas lactações incompletas, com duração menor que 100 (34) e maior que 400 dias (32), as que não convergiram ao serem analisadas individualmente. Para o estudo, o número de dias em lactação até o último controle foi adotado como medida da duração da lactação.

Após consistência dos dados, restaram 23.102 registros de produção de leite de 1.340 lactações para serem analisados.

### 3.2.2. Manejo geral

Em ambas as fazendas adotaram-se o mesmo manejo geral de criação dos animais. O manejo nutricional era baseado em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* no período do verão e silagem de milho e cana-de-açúcar acrescida com uréia nos meses de inverno. Ração concentrada foi fornecida no momento da ordenha, durante o ano todo, de acordo com a produção individual de leite e estágio da lactação. No período de 30 dias antecedentes ao parto, os animais eram mantidos em piquetes maternidade, formados de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, e recebiam apenas sal mineralizado à vontade durante o verão. Durante a seca, recebiam suplementação volumosa de silagem de milho e 800 g de suplemento protéico (ANEXO 7). Nas primeiras 24 horas após o parto, os bezerros eram mantidos juntos com as vacas. Vacas com produção diária acima de oito kilogramas de leite foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, e as com produções menores apenas uma vez ao dia, também mecanicamente. No momento da ordenha os bezerros faziam o apoio e estímulo para descida do leite e em seguida eram retirados da sala de ordenha. Após o término da ordenha, as vacas eram soltas com os bezerros por período de 30 minutos para mamada do leite residual. O manejo de condicionamento à ordenha, preconizado em ambas as fazendas, iniciava-se 30 dias antes da novilha parir. Primeiramente, elas passavam em fila indiana pela sala de ordenha, e, em um segundo momento, paravam na fila para que houvesse contato manual do ordenhador e higienização do úbere com água. Este procedimento deveria ser repetido quantas vezes necessárias e com bastante calma. Animal com comportamento mais bravio jogava-se água no seu corpo. Também era preconizado evitar o uso de peias no momento da ordenha. A presença do bezerro para o apoio também fazia parte do condicionamento. Durante o período que

os animais permaneceram em pastejo a mudança de pasto ocorreu em função da disponibilidade de forragem (Amaral et al., 2006).

Apesar dos volumosos utilizados em ambas as fazendas serem do mesmo tipo, diferenças na qualidade dos mesmos podem ocorrer, em função de possíveis diferenças dos solos, diferenças climáticas (precipitação pluviométrica e temperaturas) e de práticas

peculiares de cada fazenda nos processos para obtenção destes volumosos. Nas duas fazendas também eram preconizadas as mesmas práticas de manejo para condicionamento dos animais à prática da ordenha e os procedimentos adotados no momento da mesma. Entretanto, o simples fato de serem praticadas por funcionários diferentes já é um indicativo que possam existir diferenças, entre as fazendas, nestas práticas de manejo e procedimentos.

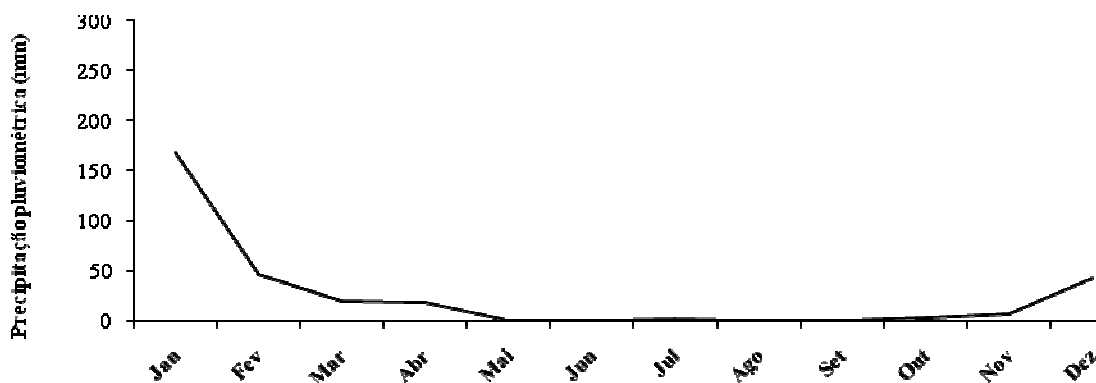


Figura 1: Dados históricos da média da precipitação pluviométrica mensal em Felixlândia.

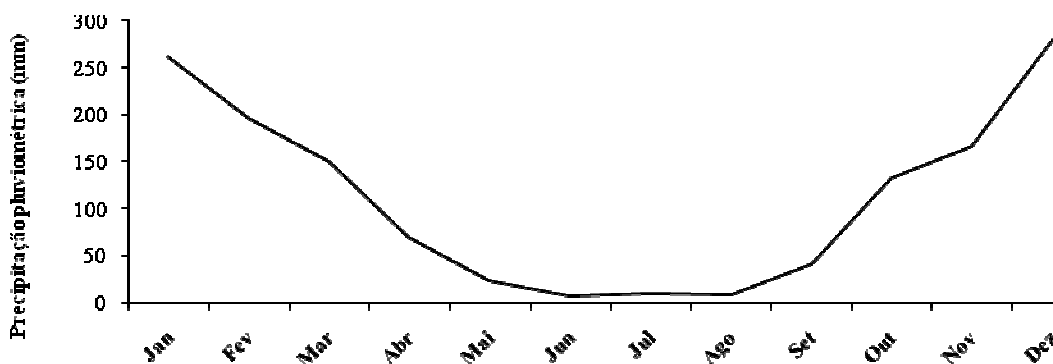


Figura 2: Dados históricos da média da precipitação pluviométrica mensal em Patos de Minas.

### 3.2.3. Análises dos dados

A função utilizada para o ajuste das curvas individuais foi a gamma incompleta de Wood (1967) descrita como:

$$y_t = a t^b \exp(-ct)$$

em que,  $y_t$  é a produção diária no dia  $t$ , e 'a', 'b' e 'c' são constantes.

O parâmetro 'a' é associado à média da produção diária no início da lactação, quando  $t^b \exp(-ct) = 1$ , também chamado de fator de escala, o parâmetro 'b' mede a inclinação da fase ascendente e 'c' a inclinação da fase descendente (Wood, 1976).



Os parâmetros de cada curva individual foram estimados do procedimento NLIN do pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1996), usando o método iterativo de GAUSS-NEWTON.

Os valores iniciais para os parâmetros basearam-se nos valores de convergência das curvas médias (Tab.2 – Cap. II), com alguma amplitude variável.

Em seguida, foram calculadas a produção inicial, dada por:

$$y_1 = a \cdot 1^b \cdot \exp^{-c \cdot 1};$$

a produção no pico de lactação, a partir da expressão:

$$y_{\max} = a(b/c)^b \exp^{-b};$$

o tempo decorrido do parto até o pico de lactação, por:

$$t = b/c;$$

a persistência da lactação (persistência), medida a partir de:

$$\text{persistência} = c^{-(b+1)}; e$$

a produção total de leite na lactação, por:

$$Y = \sum_{t=1}^n y_t,$$

em que, n é a duração média da lactação.

Para verificar o ajuste dos dados ao modelo obtido, foram calculados os coeficientes de determinação ajustados para o número de parâmetros (K) da função ( $R^2_A$ ) (Silva, 2005), como

$$R^2_A = 1 - \frac{SQR}{SQT} \cdot \frac{(N-K)}{(N-1)},$$

em que N é o número de observações, SQR é a soma de quadrados do resíduo e SQT é a soma de quadrados total.

Para avaliar a influência do grupo genético e dos fatores ambientes, fazenda de origem (Felixlândia e Patos de Minas), época de parto (início das chuvas, final das chuvas, início da seca e final da seca) e ordem de lactação, foram eliminadas as curvas consideradas atípicas, ou seja, com valores de 'b' negativos ou maiores que 1, e/ou valores de 'c' negativos (Faro e Albuquerque, 2002). Foram eliminadas as lactações iniciadas nos anos de 1998 e 1999, pela baixa frequência e pelo manejo diferenciado nestes anos. Restaram, assim, 1.010 curvas para serem utilizadas nas análises seguintes.

A época de parto foi codificada como início de chuvas (de novembro a janeiro), final de chuvas (de fevereiro a abril), início de seca (de maio a julho) e final de seca (de agosto a outubro).

As ordens de lactação foram classificadas em primeira, segunda, terceira e quarta ou mais para os todos os grupos genéticos. As últimas ordens foram agrupadas pela baixa frequência.

As Tab. 1 e 2 apresentam a distribuição entre as épocas de parto e ordens de parto por grupo genético, por fazenda.

A avaliação dos efeitos fixos de grupo genético e dos fatores de ambiente sobre os parâmetros e as características lactacionais foi feito pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se o procedimento GLM do pacote estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1996).

Inicialmente foram testados modelos completos tendo os parâmetros 'a', 'b' e 'c' e as características lactacionais (produção no pico de lactação, tempo decorrente do início da lactação até o pico, persistência, produção total estimada e duração da lactação) como variáveis dependentes e as variáveis independentes fazenda de origem, grupo genético, época de parto, classe de ordem de lactação e suas interações duas a

duas. A produção inicial não foi testada, pois esta característica apresentou alta correlação (0,99) com o parâmetro 'a'. O objetivo principal destes modelos foi o de verificar a presença de interações entre o grupo genético e os efeitos de ambiente. Os modelos finais incluíram somente as interações e efeito ambientes significativos

( $P < 0,05$ ) e o grupo genético. As médias ajustadas foram comparadas pelo teste de Tukey assumindo  $P < 0,05$  para significância. Nos modelos finais permaneceram apenas o efeito de grupo genético e os efeitos de ambiente que foram significativos ou estavam dentro de alguma interação significativa (ANEXO 8).

Tabela 1: Número de lactações por época de parto, por grupo genético, por fazenda

Grupo genético	Fazenda de Felixlândia				Fazenda de Patos de Minas			
	Época de parto				Época de parto			
	Início das chuvas	Final das chuvas	Início da seca	Final da seca	Início das chuvas	Final das chuvas	Início da seca	Final da seca
F1 Hol-Gir	114	81	123	80	45	46	79	51
F1 Hol-Guzerá	42	61	41	21	-	-	-	-
F1 Hol-Nelore	21	16	12	3	33	14	27	15
F1 Hol-Azebuado	20	24	24	17	-	-	-	-

Tabela 2: Número de lactações por ordem de lactação, por grupo genético, por fazenda

Grupo genético	Fazenda de Felixlândia				Fazenda de Patos de Minas			
	Ordem de lactação				Ordem de lactação			
	1	2	3	4	1	2	3	4
F1 Hol-Gir	109	112	76	101	38	42	37	104
F1 Hol-Guzerá	38	44	34	49	-	-	-	-
F1 Hol-Nelore	13	11	12	16	20	20	20	29
F1 Hol-Azebuado	21	25	24	15	-	-	-	-

### 3.3. Resultados e Discussão

Vinte e três por cento das curvas individuais foram consideradas atípicas, sendo a maior parte delas causada por valores negativos de 'b', que ocasiona curvas sem pico de lactação e com queda da produção a partir do início da lactação, de forma linear decrescente. Maiores porcentagens de curvas atípicas foram encontradas por Cobucci et al. (2000) e Faro e Albuquerque (2002), ao ajustarem curvas de lactação para vacas Guzerá (25,3%) e Gir (40%), respectivamente.

Das 1.010 curvas consideradas típicas, 99% apresentaram coeficientes de determinação

ajustados para número de parâmetros superiores a 0,90, indicando que a função gamma incompleta modelou adequadamente curvas individuais de vacas F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado. Coeficiente de determinação semelhantes a esses foram encontrados Yadav et al. (1977) ao ajustarem curvas de lactação de vacas da raça Harijana e suas mestiças com Frísio, utilizando a função gamma incompleta. Entretanto, Madalena et al. (1979) encontraram coeficiente de determinação de 0,74 para a função gamma incompleta, ao ajustarem curvas de lactação de vacas Holandês-Frísio e suas mestiças com Gir.

A Tab. 3 apresenta as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (CV) dos parâmetros e características lactacionais das curvas típicas. Segundo Faro e Albuquerque (2002), elevados valores de coeficientes de varia para estimativas dos parâmetros,

juntamente com valores extremos, sugerem grande variação na forma das curvas de lactação. Essas variações podem estar associadas aos diferentes fatores ambientais e genéticos que influenciam estes parâmetros.

Tabela 3: Médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, valores mínimos e máximos dos parâmetros e características lactacionais para curvas típicas

Parâmetro ou característica	$\bar{X} \pm DP$	CV(%)
'a'	8,59 $\pm$ 4,4	51,2
'b'	0,223 $\pm$ 0,18	80,8
'c'	0,006161 $\pm$ 0,0033	53,7
Produção inicial (PI) (kg)	8,54 $\pm$ 4,4	51,3
Tempo decorrente entre PI e PP (dias)	35,9 $\pm$ 22,2	61,9
Produção no pico (PP) (kg)	13,75 $\pm$ 3,5	25,6
Persistência	717,21 $\pm$ 732,1	102,1
Produção total estimada (kg)	2598,67 $\pm$ 856,0	32,9
Duração da lactação (dias)	260,62 $\pm$ 51,8	19,9

O parâmetro 'a', indicativo da produção inicial, foi influenciado pelo grupo genético, época de parto e ordem de parto. Maiores produções iniciais foram observadas para os animais Holandês-Gir e Holandês-Azebuado e menores para o grupo Holandês-Nelore e valores intermediários, não diferentes ( $P > 0,05$ ) dos demais, foram obtidos para o grupo Holandês-Guzerá (Tab. 4). Esses resultados podem estar associados à maior seleção das raças Gir e Guzerá para produção de leite, e ao melhor comportamento leiteiro desses animais.

Vacas que pariram no final das chuvas e início da seca apresentaram maiores produções iniciais (Tab. 5). Este resultado pode estar relacionado ao fato de que animais que pariram no final das chuvas provavelmente apresentavam boa condição corporal, em função do acesso à pastagens de qualidade e quantidade superiores durante o período pré-parto, associado ao fornecimento de silagem de milho como suplementação volumosa e suplementação concentrada protéica no período da seca, que coincidia com o início da lactação. Gonçalves et al. (1997) encontraram maiores

produções iniciais para lactações iniciadas no período das chuvas.

Tabela 4: Médias e erros-padrão do parâmetro 'a', de acordo com o grupo genético

Grupo genético	$\bar{X} \pm EP$
Hol-Gir	8,63 $\pm$ 0,16 a
Hol-Guzerá	8,05 $\pm$ 0,30 ab
Hol-Nelore	7,26 $\pm$ 0,33 b
Hol-Azebuado	9,11 $\pm$ 0,42 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5: Médias e erros-padrão do parâmetro 'a', de acordo com a época de parto

Época de parto	$\bar{X} \pm EP$
Início das chuvas	7,96 $\pm$ 0,25 cb
Final das chuvas	8,95 $\pm$ 0,27 a
Início da seca	8,58 $\pm$ 0,25 ba
Final da seca	7,55 $\pm$ 0,31 c

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

A produção inicial aumentou com o incremento da ordem de lactação, apresentando diferenças significativas entre todas as classes de ordem de lactação. Aumentos da ordem de 51, 13 e 16% foram observados entre a primeira e segunda,

segunda e terceira, e terceira e quarta classes de ordem de lactação, respectivamente (Tab. 6). Esse resultado, possivelmente, está associado ao fato que com o incremento das lactações o estresse com o manejo de ordenha diminui. Na primeira lactação o animal passa por situações consideradas novas na sua rotina, como o ambiente da sala de ordenha, a presença do ordenhador, a prática da ordenha, dentre outros. Esses fatores desencadeiam reações fisiológicas que interferem na produção e liberação do leite. Madalena et al. (1979), estudando a curva de lactação de vacas Holandês-Frisio e suas mestiças com Gir, também encontraram menores valores do parâmetro “a” para primíparas, mas, diferentemente do encontrado neste estudo, os valores do parâmetro “a” foram similares para as demais ordens de lactação.

Tabela 6: Médias e erros-padrão do parâmetro ‘a’, de acordo com a classe de ordem da lactação

Ordem da lactação	$\bar{X} \pm EP$
1	5,28 $\pm$ 0,28 d
2	7,98 $\pm$ 0,26 c
3	9,02 $\pm$ 0,29 b
4 ou mais	10,77 $\pm$ 0,25 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística (P<0,05).

O parâmetro ‘b’ foi influenciado pelos efeitos de fazenda, época de parto e ordem de lactação, enquanto o ‘c’ foi influenciado pelos efeitos de fazenda e época de parto. Segundo Cobby e Le Du (1978), a interpretação biológica destes parâmetros é difícil. Entretanto, os mesmos são importantes na estimação de características lactacionais como, produção no pico, tempo decorrente entre início da lactação e pico de lactação e persistência.

O tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação foi influenciado pelos efeitos de fazenda, época de parto e interação entre grupo genético e ordem de lactação. O número de dias do início da lactação até o pico de produção foi maior em 29% para a Fazenda de Felixlândia. O

número de dias necessário para a produção atingir o pico foi menor para as lactações iniciadas no final das chuvas, sendo que valores intermediários, não diferentes (P>0,05) dos demais, foram verificados para lactações iniciadas no início das chuvas. Não foram encontradas diferenças entre lactações iniciadas no início e final da seca e início das chuvas (Tab. 7).

Tabela 7: Médias e erros-padrão do tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação, em dias, de acordo com a época de parto

Época de parto	$\bar{X} \pm EP$
Início das chuvas	33,57 $\pm$ 1,46 ab
Final das chuvas	29,60 $\pm$ 1,51 b
Início da seca	36,37 $\pm$ 1,42 a
Final da seca	37,11 $\pm$ 1,71 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística (P<0,05).

Para os grupos genéticos Holandês-Gir e Holandês-Guzerá maior tempo entre início da lactação e pico de lactação ocorreu para as primíparas. No primeiro grupo, valores intermediários, semelhantes aos da primeira ordem, também foram obtidos para a segunda e terceira ordens de lactação. Os valores variaram de 29,0 a 40,6 dias para as Holandês-Gir, e de 24,9 a 55,5 dias para as Holandês-Guzerá (Tab. 8). Rao e Sundaresan (1979), citador por Tekerli et al. (2000), relataram que o tecido secretório de leite demora mais tempo para atingir o pico de atividade em primíparas que em múltiparas. Nos demais grupos genéticos não foram observadas diferenças entre as produções iniciais nas várias ordens de parto. Elevados erros-padrão podem estar contribuindo para estas semelhanças. Comparando os grupos genéticos dentro das ordens de lactação, diferenças foram observadas somente para a primeira ordem de lactação. Neste caso, maior número de dias entre o início da lactação e o pico de lactação foi obtido para os animais Holandês-Guzerá e menor para as Holandês-Gir, sendo a diferença entre elas de, aproximadamente, 15 dias. Os demais

grupos genéticos apresentaram valores intermediários (Tab. 8). Faro e Albuquerque (2002) encontraram valores do tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação de 21,8 dias para curvas típicas de vacas da raça Caracu, Madalena et al. (1979) encontraram valores de 5 a 6 dias

para vacas Holandês-Frisio e suas mestiças com Gir e Ibeawuchi (1988) observou que para vacas F1 Frísio-White Fulani, o pico de produção ocorreu na quinta semana na primeira e segunda ordens e na terceira semana para terceira e quarta ordens.

Tabela 8: Médias e erros-padrão do tempo decorrente do início da lactação até o pico de lactação, em dias, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação			
	1	2	3	4 ou mais
Hol-Gir	40,6 ± 1,8 Ba	36,7 ± 1,7 Aab	33,2 ± 2 Aab	29,0 ± 1,5 Ab
Hol-Guzerá	55,5 ± 3,5 Aa	34,6 ± 3,3 Ab	30,3 ± 3,7 Ab	24,9 ± 3,1 Ab
Hol-Nelore	41,1 ± 3,7 ABa	31,4 ± 3,8 Aa	29,4 ± 3,7 Aa	28,6 ± 3,1 Aa
Hol-Azebuado	40,1 ± 4,3 ABa	40,2 ± 4,2 Aa	29,9 ± 4,4 Aa	21,1 ± 5,5 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas distintas em uma mesma linha significam diferença estatística (P<0,05). Médias seguidas por letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna significam diferença estatística (P<0,05).

A produção diária máxima na lactação foi influenciada pelos efeitos de fazenda e pela interação entre grupo genético e ordem de lactação. A Fazenda de Felixlândia apresentou maior produção no pico da lactação, superior em 0,7kg a da Fazenda de Patos de Minas. Esse resultado pode ser atribuído, possivelmente, às diferenças na condição corporal dos animais, associadas às diferenças na qualidade dos volumosos fornecidos, visto que, os animais deste estudo não receberam nenhuma preparação pré-parto. Segundo Bauman e Currie (1980), no primeiro mês de lactação, as reservas corporais podem contribuir com cerca de 33% da produção. Rennó et al. (2006), estudando o efeito da condição corporal ao parto sobre a curva de lactação em vacas Holandesas, mostraram que as multíparas com escores próximos de 3,5 apresentaram maiores produções no pico da lactação que as com escores inferiores a 3,0. Para as mestiças Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado a produção no pico foi menor na primeira ordem de lactação e semelhante nas demais. Nos demais grupos genéticos, menores valores também foram observados para a primeira classe de ordem de lactação, seguido pela segunda, terceira e quarta ou mais ordens, sendo que, as duas últimas ordens não apresentaram diferenças

entre si (Tab. 9). Na primeira lactação, as primíparas ainda estão em fase de desenvolvimento, apresentando menores capacidades digestivas e mamária, além de estarem direcionando parte dos nutrientes da dieta para o crescimento. Para a segunda, terceira e quarta ou mais ordens de lactação, as mestiças Holandês-Nelore apresentaram menores produções no pico, sendo que para a segunda e terceira, valores semelhantes, mas intermediários, foram verificados para as Holandês-Guzerá. Nestas ordens, não foram observadas diferenças entre os demais grupos genéticos. Para a primeira ordem, a maior produção foi obtida para as mestiças Holandês-Gir, menores para as Holandês-Guzerá e Holandês-Nelore e valor intermediário, não diferentes destes, para o grupo Holandês-Azebuado (Tab. 9). Menores produções no pico para primíparas possivelmente estão associados ao fato que estes animais ainda estão em crescimento, e parte dos nutrientes . Tekerli et al. (2000) estudando fatores que afetam o formato da curva de lactação de vacas Holandesas encontraram menores produções no pico para primíparas. Aumentos da produção no pico da lactação com o incremento das ordens de parto também foram encontrados por Junqueira et al. (1997) para vacas da raça Holandesa.

Tabela 9: Médias e erros-padrão da produção no pico de lactação, em kg, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação			
	1	2	3	4 ou mais
Hol-Gir	10,6 ± 0,2 Ac	14,0 ± 0,2 Ab	15,3 ± 0,2 Aa	16,2 ± 0,2 Aa
Hol-Guzerá	8,4 ± 0,4 Bc	12,6 ± 0,4 ABb	14,4 ± 0,5 ABab	15,8 ± 0,4 Aa
Hol-Nelore	8,5 ± 0,4 Bb	11,7 ± 0,5 Ba	12,7 ± 0,5 Ba	13,4 ± 0,4 Ba
Hol-Azebuado	9,6 ± 0,6 ABb	14,4 ± 0,5 Aa	15,2 ± 0,5 Aa	17,2 ± 0,7 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas distintas em uma mesma linha significam diferença estatística (P<0,05).

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna significam diferença estatística (P<0,05).

A persistência da lactação, definida por Wood (1967) como a extensão na qual o pico de lactação é mantido, foi influenciada pelos efeitos de fazenda e interação grupo genético e ordem de lactação. Maior persistência foi verificada para a Fazenda de Felixlândia. O manejo dos animais, principalmente as práticas que interferem no condicionamento dos mesmos à prática da ordenha, pode estar associado a estes resultados. Práticas de manejo que visam melhorar o comportamento dos animais, principalmente no momento da ordenha, podem favorecer a expressão do potencial leiteiro do animal, impedindo o que no campo é conhecido como 'esconder o leite'. É importante ressaltar que adequado manejo nutricional também é necessário para manutenção de elevada produção de leite ao longo da lactação. Maior persistência foi observada para a primeira ordem de lactação, nos animais Holandês-Guzerá, enquanto que, para os demais grupos genéticos, persistências semelhantes foram obtidas para todas as ordens de lactação. Comparando os grupos genéticos dentro de

cada classe de ordem de parto, nenhuma diferença foi observada (Tab. 10). A persistência estimada a partir da função gamma incompleta de Wood (1967) é de difícil interpretação biológica por não ter unidade de medida. Sabe-se que maiores valores indicam maior persistência da lactação. Maiores persistências observadas nas primeiras ordens (Tab. 10) são geralmente associadas a maiores períodos de serviços, o que conseqüentemente atrasa o efeito negativo que o feto exerce sobre a produção de leite. Segundo Bachman et al. (1988), citados por Capuco, et al. (2003), o efeito negativo da gestação sobre a produção de leite coincide com o início da secreção de estrógeno pela unidade feto-placentária, e os estrógenos foram associados como mediadores dos efeitos inibitórios da gestação na lactação. Maior persistência da lactação em primíparas também foi encontrado por Abubakar e Buvanendran (1981) para mestiças Frísio-Bunaji na Nigéria e por Cobuci et al. (2001) em vacas Guzerá.

Tabela 10: Médias e erros-padrão da persistência da lactação, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação			
	1	2	3	4 ou mais
Hol-Gir	820,8 ± 60,3Aa	806,4 ± 58,8Aa	683,1 ± 67,7Aa	552,0 ± 49,8Aa
Hol-Guzerá	1259,2 ± 118,9Aa	612,4 ± 111,0Ab	587,7 ± 125,3Ab	444,5 ± 105,5Ab
Hol-Nelore	694,2 ± 106,6Aa	712,3 ± 128,3Aa	561,9 ± 126,2Aa	594,1 ± 106,6Aa
Hol-Azebuado	975,7 ± 158,0Aa	757,3 ± 145,2Aa	509,6 ± 148,1Aa	368,7 ± 186,2Aa

Médias seguidas por letras minúsculas distintas em uma mesma linha significam diferença estatística (P<0,05).

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna significam diferença estatística (P<0,05).

A produção total estimada foi influenciada pelos efeitos de fazenda, grupo genético, época de parto e ordem de lactação. Para a Fazenda de Felixlândia, a produção total estimada foi superior, em 24%, a estimada para a Fazenda de Patos de Minas. Essa diferença, provavelmente, está associada à práticas de manejo peculiares de cada fazenda e a possíveis diferenças na qualidade do volumoso produzido nas fazendas envolvidas no estudo. Maiores produções totais de leite foram estimadas para os grupos Holandês-Gir e Holandês-Azebuado, superiores em, aproximadamente, 14%, às estimadas para as Holandês-Guzerá, e estas também foram superiores em 14% à produção estimada para as Holandês-Nelore. A menor produção total de leite estimada para o grupo Holandês-Nelore pode ter sido causada pelo comportamento vivo destes animais e também pela menor seleção para leite na raça Nelore (Tab. 11).

Tabela 11: Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com o grupo genético

Grupo genético	$\bar{X} \pm EP$
Hol-Gir	2585,2 $\pm$ 30,0 a
Hol-Guzerá	2318,9 $\pm$ 61,4 b
Hol-Nelore	2035,4 $\pm$ 60,1 c
Hol-Azebuado	2678,3 $\pm$ 80,4 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

Maiores produções totais foram estimadas para lactações iniciadas no início e final do período seco (Tab. 12). Vacas que iniciaram a lactação no início da seca receberam suplementação volumosa a base de silagem de milho e concentrada durante os dois terços iniciais da lactação, os quais, de acordo com as curvas médias apresentadas no capítulo anterior, são responsáveis pela maior parte da produção. Já as que pariram no final da seca receberam suplementação volumosa no terço inicial da lactação e pastejaram os outros dois terços.

Tabela 12: Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com a época de parto

Época de parto	$\bar{X} \pm EP$
Início das chuvas	2348,6 $\pm$ 48,5 bc
Final das chuvas	2220,6 $\pm$ 50,0 c
Início da seca	2573,4 $\pm$ 47,0 a
Final da seca	2475,1 $\pm$ 56,8 ab

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

De maneira geral, a produção total aumentou com o incremento da ordem de lactação. Produções totais menor e maior foram obtidas para as classes de ordem de lactação um e quatro, respectivamente. A diferença entre elas foi de, aproximadamente, 50%. Para as classes dois e três, valores semelhantes entre si, e intermediários aos outros foram estimados (Tab. 13). O aumento da produção total com o aumento das ordens de parto está associado ao desenvolvimento fisiológico, uma vez que as primíparas ainda estão em crescimento e, ainda, ao condicionamento do animal à prática da ordenha. Animais em ordens de lactação mais elevadas estão mais condicionados ao manejo da ordenha e apresentam maiores capacidades digestiva, respiratória e mamária. Diferenças observadas entre grupos genéticos podem estar relacionadas às diferenças genéticas dos animais, em função da maior ou menor seleção praticada na raça zebuína para produção de leite e ao comportamento.

Tabela 13: Médias e erros-padrão da produção total estimada, em kg, de acordo com a classe de ordem da lactação

Ordem da lactação	$\bar{X} \pm EP$
1	1844,9 $\pm$ 52,5 c
2	2424,8 $\pm$ 50,1 b
3	2580,2 $\pm$ 53,8 b
4 ou mais	2767,8 $\pm$ 45,5 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística ( $P < 0,05$ ).

A duração da lactação foi influenciada pelos efeitos de época de parto e pela interação entre grupo genético e ordem de lactação. Duração da lactação menor foi constatada nas lactações iniciadas no final das chuvas (Tab. 14). Lactações iniciadas neste período alcançaram seu terço final no período de transição entre final da seca e início das chuvas. Possivelmente, por estarem já em final de lactação, pouca atenção tenha sido dada ao manejo nutricional destes animais, levando a secagem dos mesmos.

Para os grupos Holandês-Gir e Holandês-Nelore não foram verificadas diferenças entre as durações da lactação nas várias ordens de parto. Entretanto, para os grupos Holandês-Guzerá e Holandês-Azebuado, maior e menor valores foram observados para a primeira e quarta ou mais ordens, respectivamente, e valores intermediários para a segunda e terceira classe de ordem de lactação. Para a segunda e quarta classes de ordens de lactação, não foram observadas diferenças entre a duração da lactação dos quatro grupos genéticos. Já para a terceira

ordem, foi observada maior duração da lactação para os grupos Holandês-Gir, Holandês-Guzerá e Holandês-Azebuado, sendo que os valores dos dois últimos grupos também não foram diferentes do menor valor obtido para o grupo Holandês-Nelore. Na primeira ordem, a duração da lactação foi maior para os grupos Holandês-Azebuado e Holandês-Guzerá. O valor observado para este último grupo foi estatisticamente semelhantes ao valor verificado para o grupo Holandês-Gir, que apresentou valor semelhante ao valor observado para o grupo Holandês-Nelore (Tab. 15).

Tabela 14: Médias e erros-padrão da duração da lactação, em dias, de acordo com a época de parto

Época de parto	$\bar{X} \pm EP$
Início das chuvas	262,89 $\pm$ 3,28 a
Final da chuvas	249,71 $\pm$ 3,45 b
Início da seca	261,54 $\pm$ 3,26 a
Final da seca	267,80 $\pm$ 3,99 a

Médias seguidas por letras distintas significam diferença estatística (P<0,05).

Tabela 15: Médias e erros-padrão da duração da lactação, em dias, de acordo com o grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação			
	1	2	3	4
Hol-Gir	270,8 $\pm$ 4,2Ba	265,7 $\pm$ 4,0Aa	265,9 $\pm$ 4,7Aa	254,9 $\pm$ 3,5Aa
Hol-Guzerá	286,1 $\pm$ 8,1ABa	258,2 $\pm$ 7,6Aba	255,9 $\pm$ 8,6ABab	245,5 $\pm$ 7,1Ab
Hol-Nelore	239,0 $\pm$ 8,7BCa	239,8 $\pm$ 9,0Aa	228,6 $\pm$ 8,8Ba	245,7 $\pm$ 12,9Aa
Hol-Azebuado	317,8 $\pm$ 10,9Aa	278,9 $\pm$ 10,0Aab	269,4 $\pm$ 10,2ABab	245,5 $\pm$ 12,9Ab

Médias seguidas por letras minúsculas distintas em uma mesma linha significam diferença estatística (P<0,05).

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna significam diferença estatística (P<0,05).

### 3.4. Conclusões

A função gamma incompleta de Wood (1967) ajustou adequadamente curvas individuais de animais F1 Holandês-Gir, Holandês-Guzerá, Holandês-Nelore e Holandês-Azebuado.

As interações entre grupo genético e ordem de lactação foram na maioria de magnitude e não de inversão.

Diferenças entre as produções totais dos quatro grupos genéticos parecem estar associadas a maiores produções iniciais e produções no pico, já que não foram observadas diferenças para persistência da lactação entre os grupos genéticos.

O formato da curva de lactação pode ser alterado para obter uma melhor eficiência de produção, por meio de mudanças nas condições ambientes.



### 3.5. Referências Bibliográficas

- ABUBAKAR, B. Y.; BUVANENDRAN, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigéria. *Livestock Production Science*, v. 8, p. 11-19, 1981.
- AMARAL, R. et al. Sistema de produção de leite em pasto com vacas F1 HZ. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005. 32 p.
- BACHMAN, K. C. et al. Effect of pregnancy, milk yield, and somatic cell count on bovine milk fat hydrolysis. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p. 925-931, 1988.
- BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeothesis. *Journal of Dairy Science*, v. 63, n. 9, p. 1514-1529, 1980.
- CAPUCO, A. V.; et al. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science*, v. 81, p. 18-31, 2003.
- COBBY, J. M.; LE DU, Y. L. P. On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, v. 26, p. 127-133, 1978.
- COBUCI, J. A. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas da raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 4, p. 1204-1211, 2001.
- COBUCI, J. A. et al. Curva de lactação na raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1332-1339, 2000.
- DHANOVA, L. S. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. *British Society of Animal Production*, v. 32, p. 349-351, 1981.
- 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*, v. 43, n. 5, p. 447-458, 1991.
- FARO, L. E.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparação de alguns modelos matemáticos para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 54, n. 3, p. 295-302, 2002.
- FERRIS, T. A.; MAO, I. A.; ANDERSON, C. R. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 68, n. 6, p. 1438-1448, 1985.
- GONÇALVES, T. M. et al. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no estado de Minas Gerais. Escolha do modelo de melhor ajuste. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1689-1694, 2002.
- GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir. 2. Influência dos fatores de meio ambiente, estimativa da repetibilidade e herdabilidade para os parâmetros da curva de lactação quadrática logarítmica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 1, p. 88-97, 1997.
- GROSSMAN, M.; KOOPS, W. J. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 71, n. 6, p. 1598-1608, 1988.
- GROSSMAN, M.; KUCK, A. L.; NORTON, H. W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 69, n. 1, p. 195-203, 1986.
- IBEAUWUCHI, J. A. Persistency of milk production in F1 Friesian x White Fulani cattle in a tropical environment. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, v. 36, n. 3, p. 215-219, 1988.
- JUNQUEIRA, L. V. et al. 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*, v. 26, n. 6, p. 1109-1118, 1997.

INMET. Dados meteorológicos: dados históricos. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Acesso em: 10 dez. 2007.

JHAMMAN SINGH, J.; SHUKLA, K. P. Rate of decline in milk production in Gir cattle. *Indian Veterinary Journal* v. 64, p. 705-707, 1987.

MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Animal Production*, v. 29, p. 101-107, 1979.

NELDER, J. A. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*, v. 22, p. 128. 1966.

PAPAJCSICK, I. A.; BODERO, J. Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *British Society of Animal Production*, v. 47, p. 201-207, 1988.

RAO, M. K.; SUNDARESAN, D. Influence of environmental and heredity on the shape of the lactation curves in Sahiwal cows. *Journal Agricultural Science (Cambridge)*, v. 92, p. 393-401, 1979.

RENNÓ, F. P. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 58, n. 2, p. 220-233, 2006.

SAS. *SAS User's guide: Basic and Statistics*. SAS® INST. INC., Cary, NC, 1996.

SILVA, M. A. Conceitos de análises de dados. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 179 p.

TEKERLI, M. et al. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 6, p. 1381-1386, 2000.

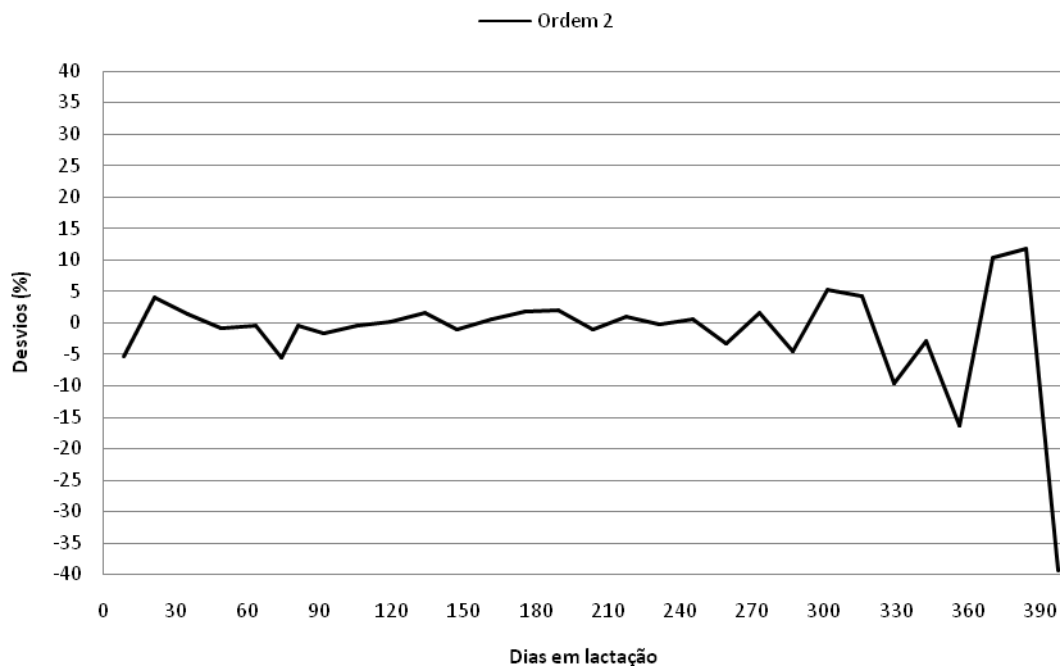
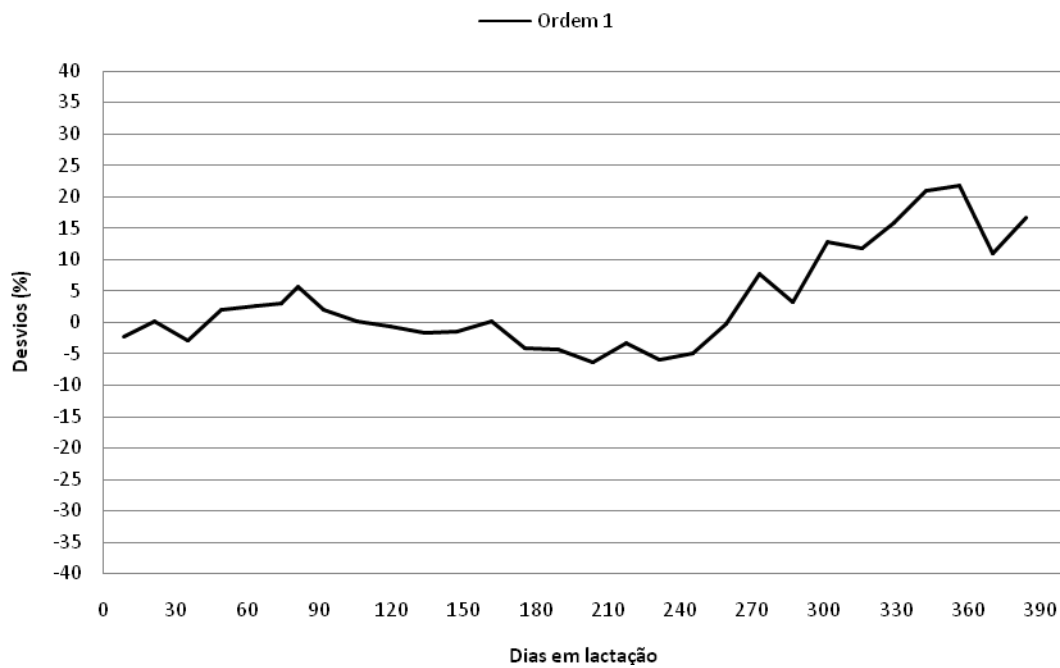
WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. v. 216, p. 164-165. 1967.

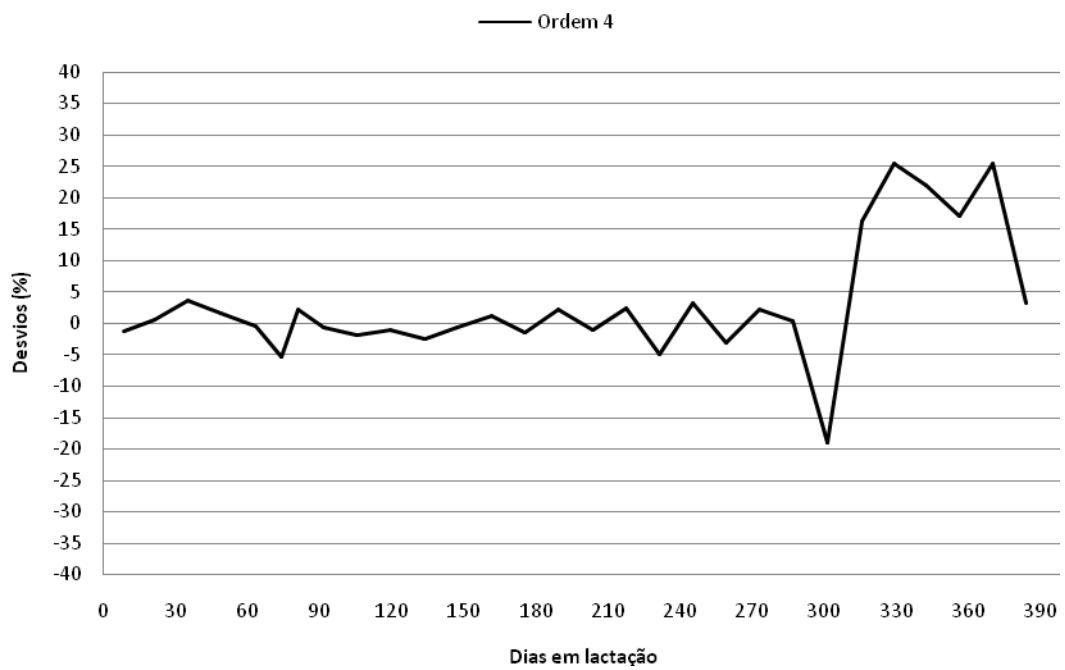
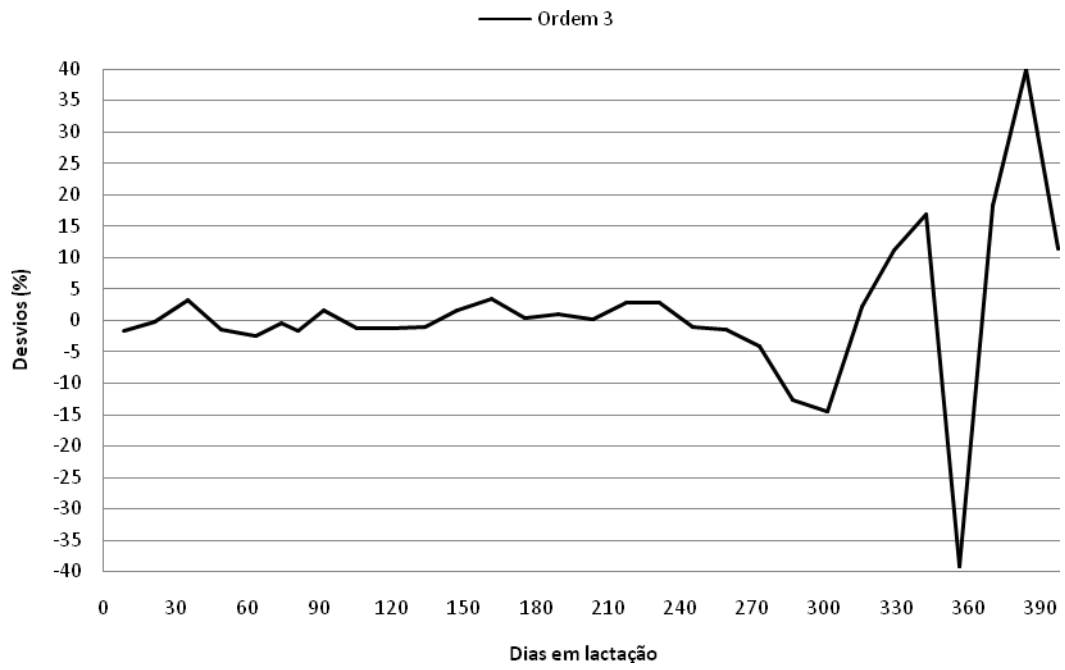
WOOD, P. D. P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat, and protein production, with estimates of seasonal variations. *Animal Production*, v. 22, p. 35-40, 1976.

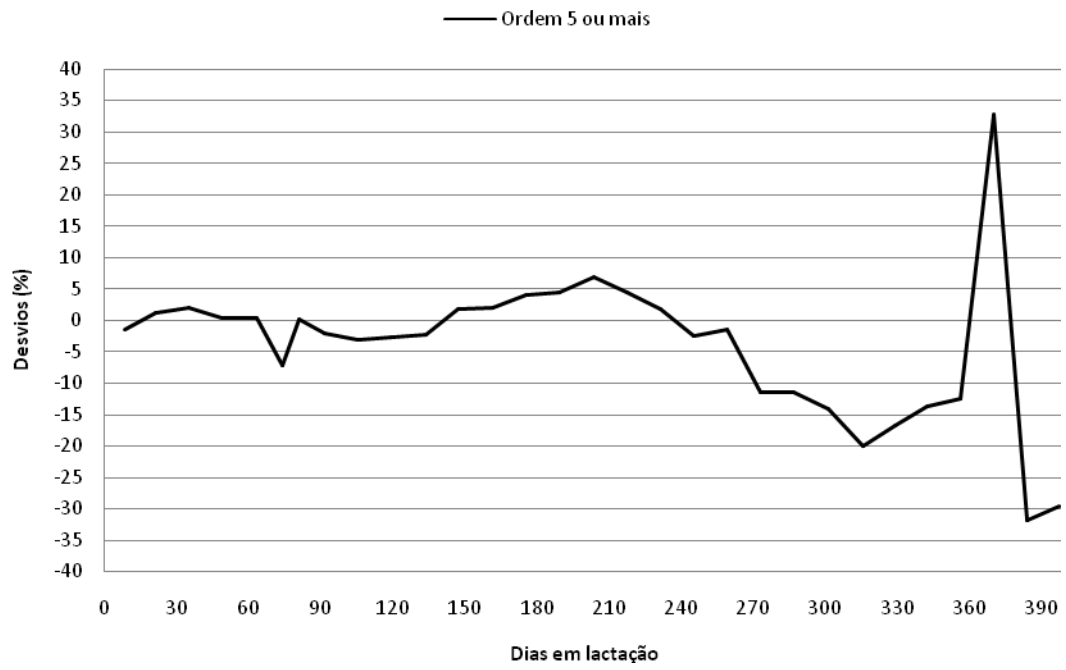
YADAV, M. C.; KATPATAL, B. G.; KAUSHIK, S. N. Study of lactation curve in Haryana and its Friesian crosses. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 47, n. 10, p. 607-609, 1977.

## ANEXO 1

Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Gir

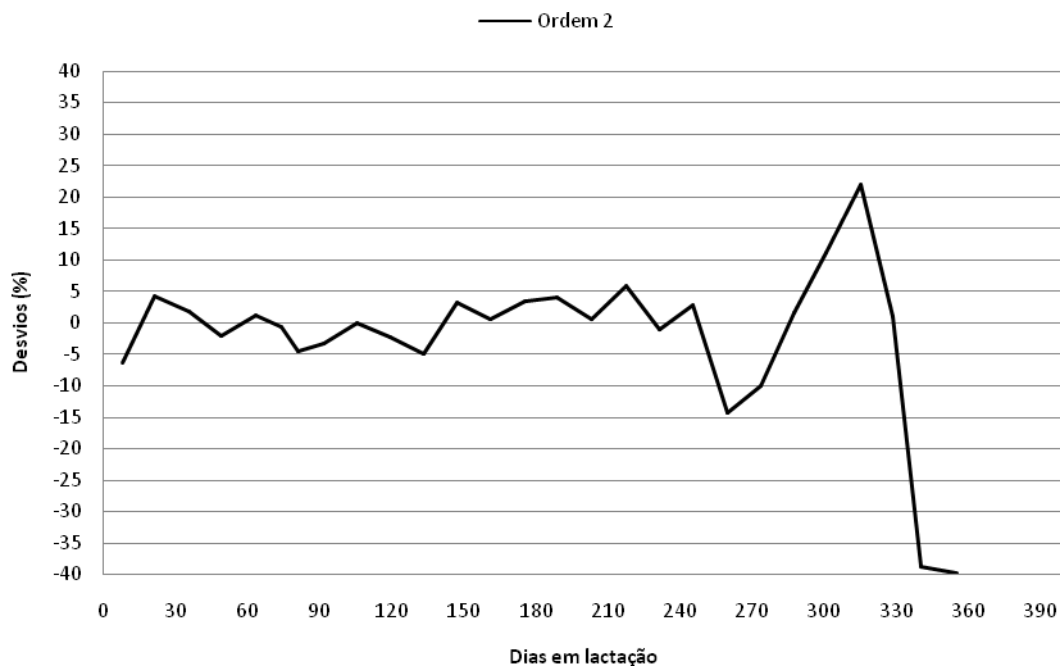
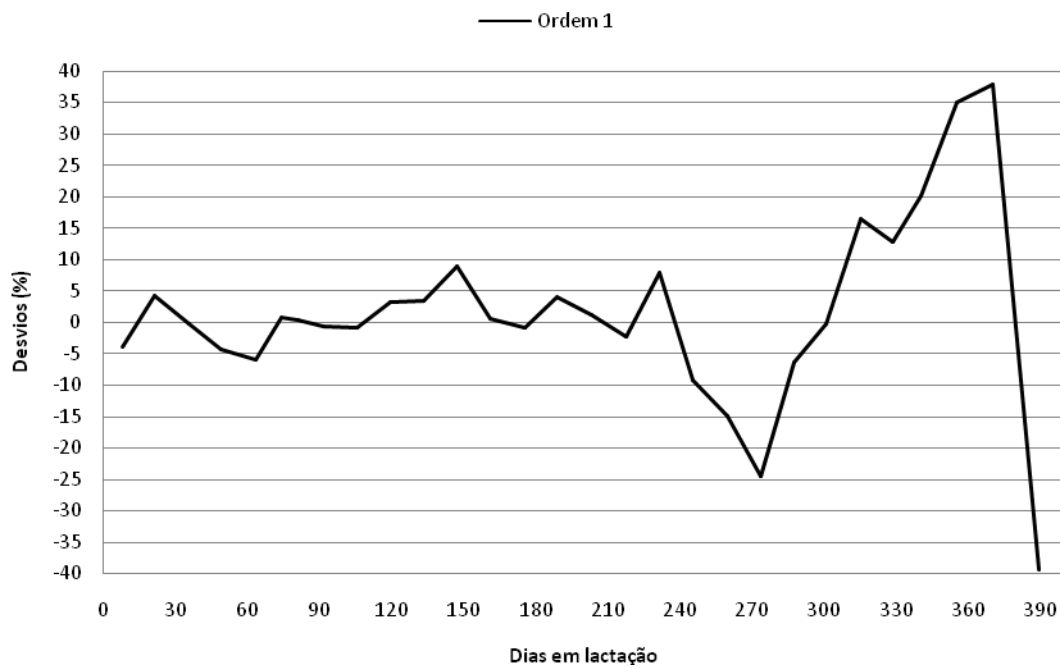


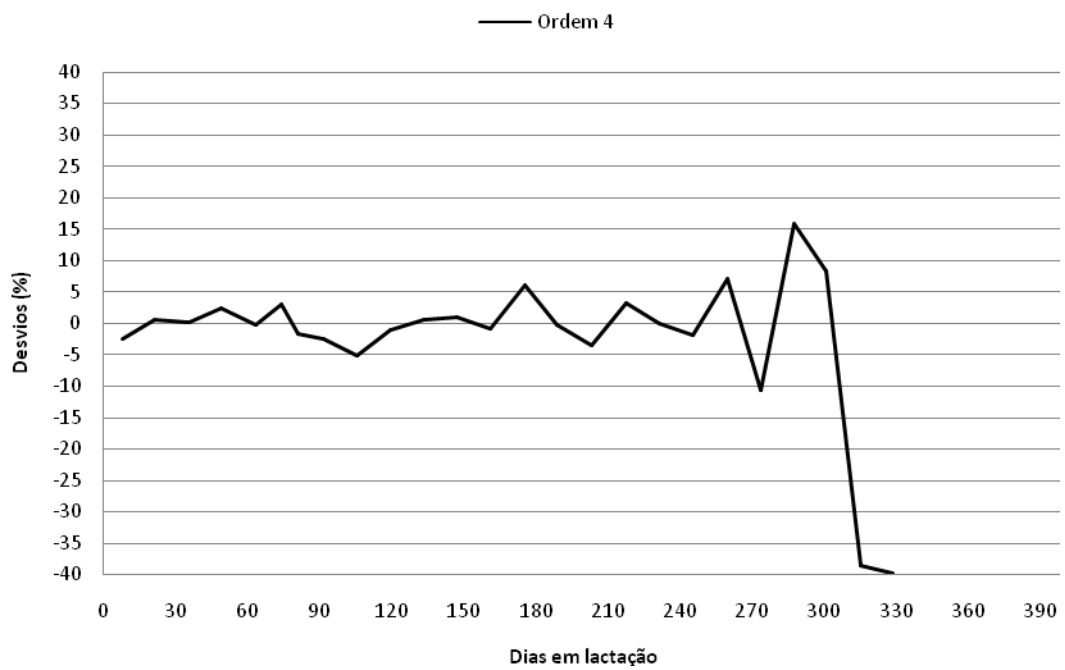
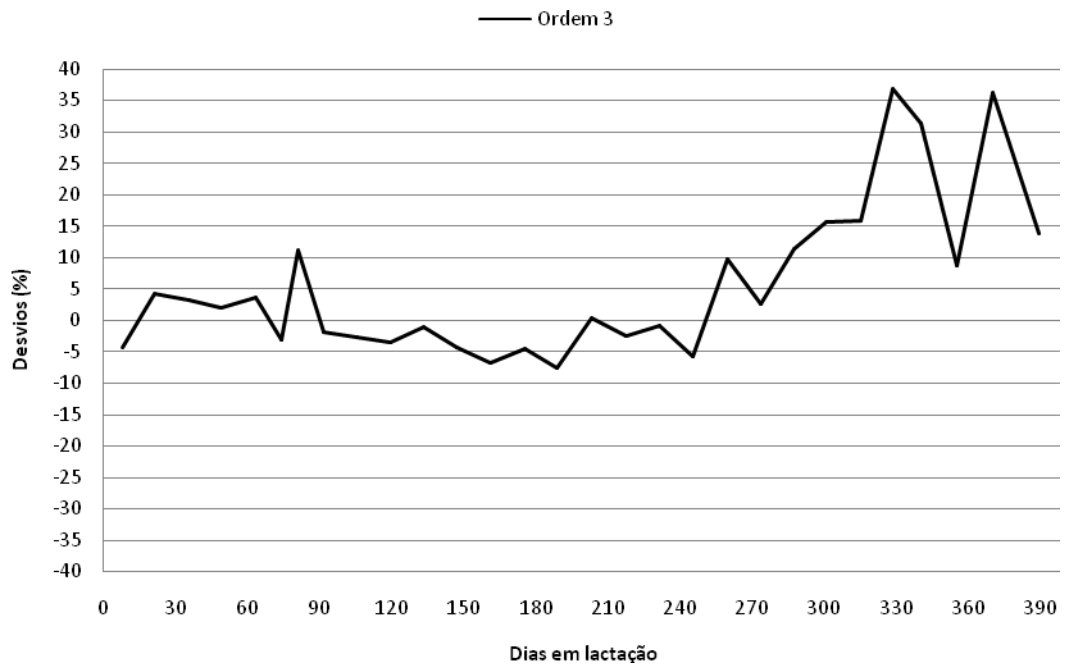


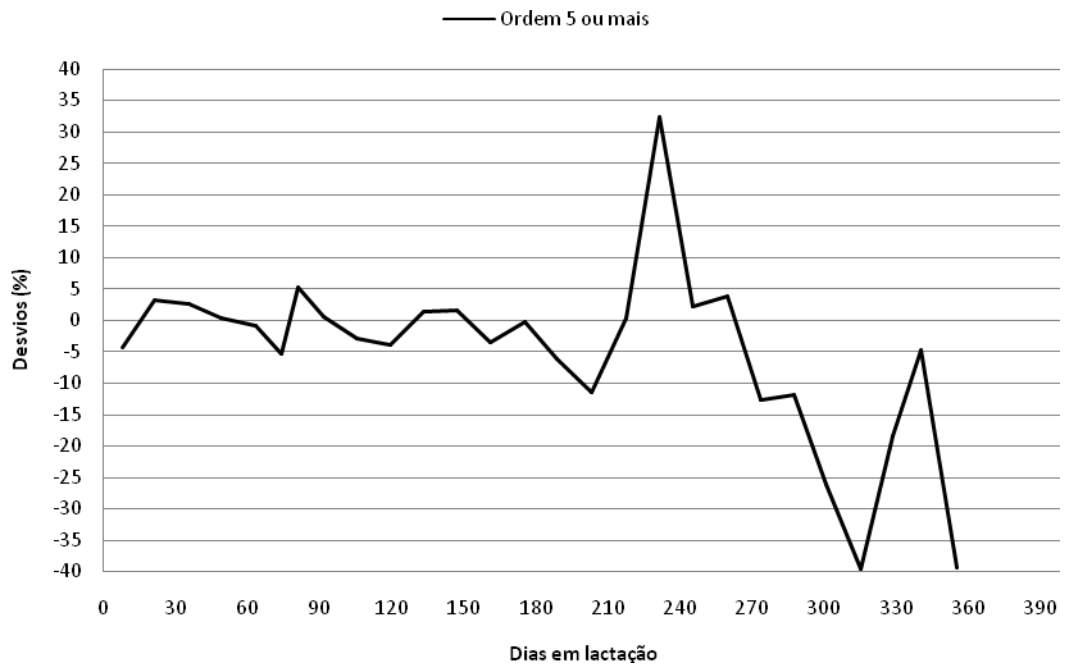


## ANEXO 2

Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Guzerá



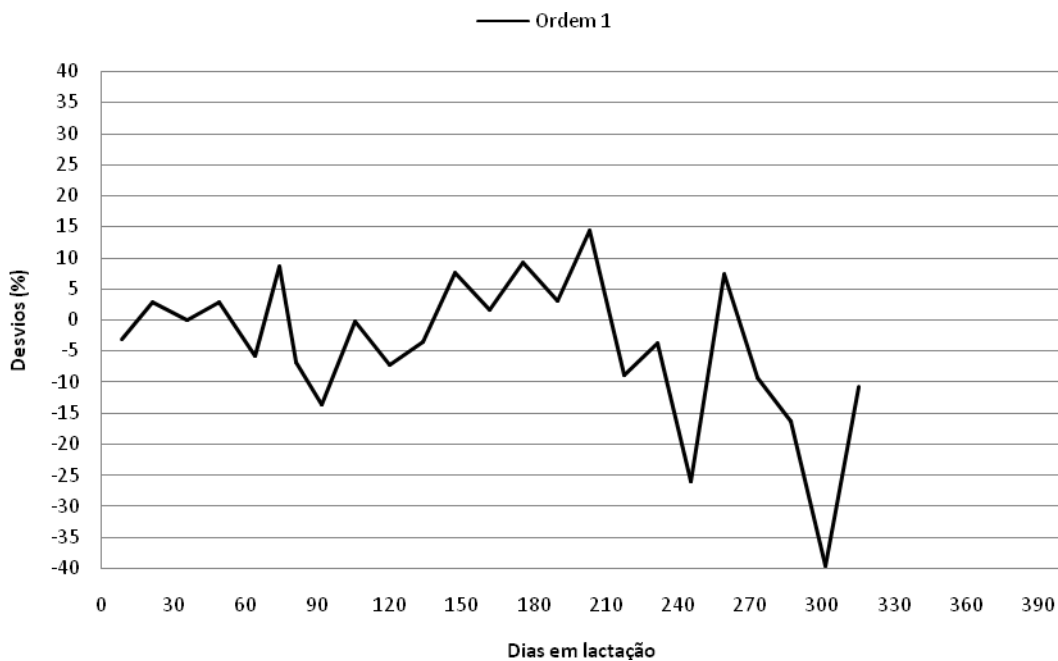


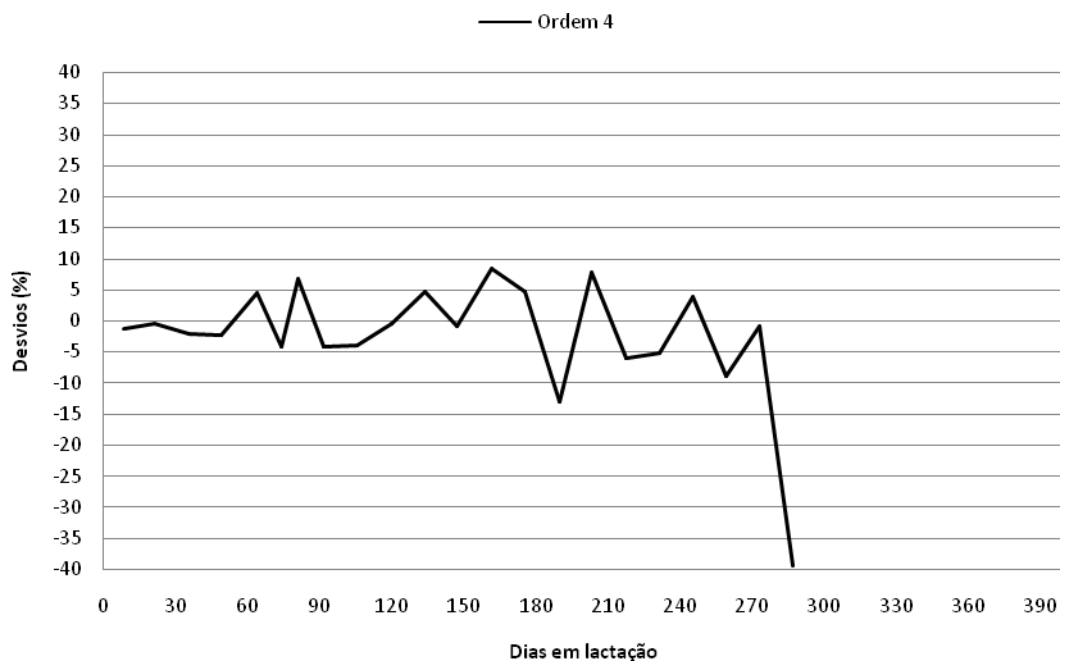
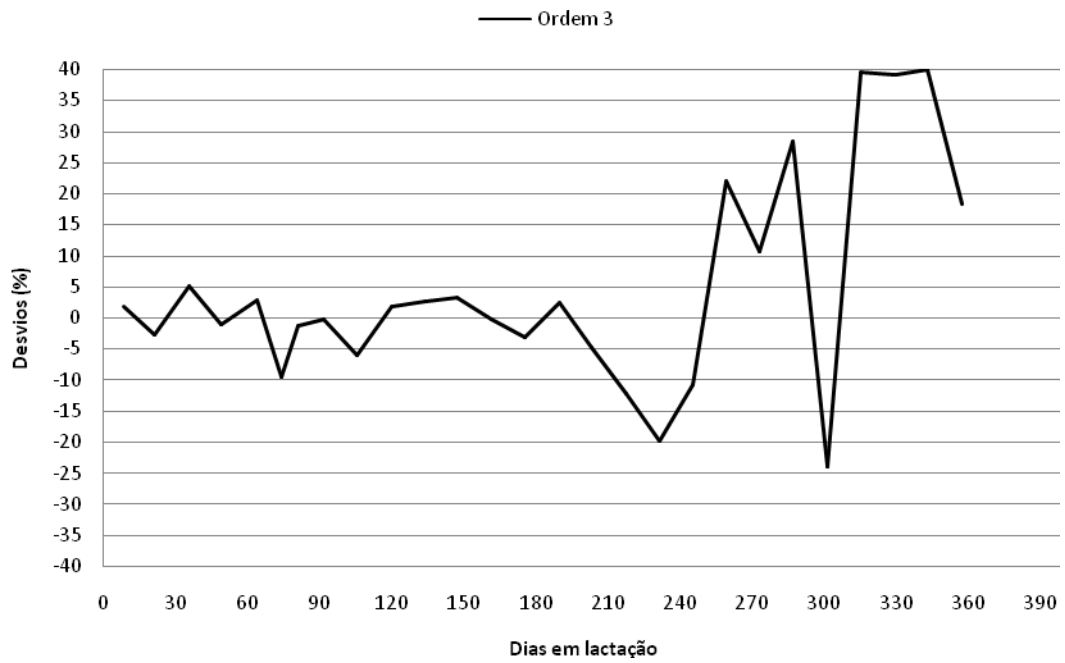


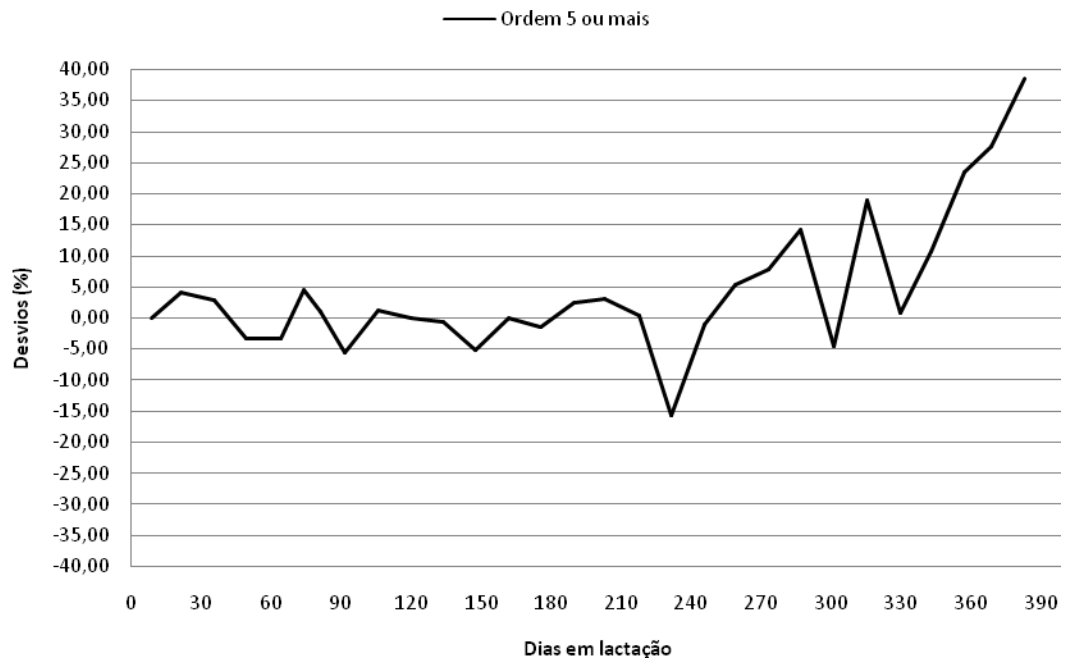


### ANEXO 3

Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Nelore

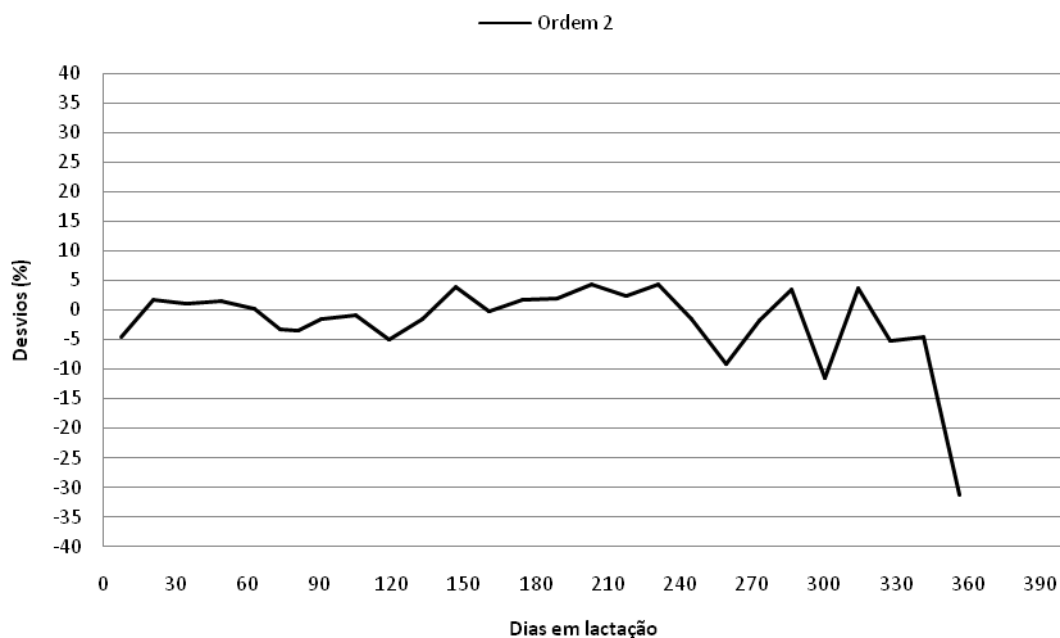
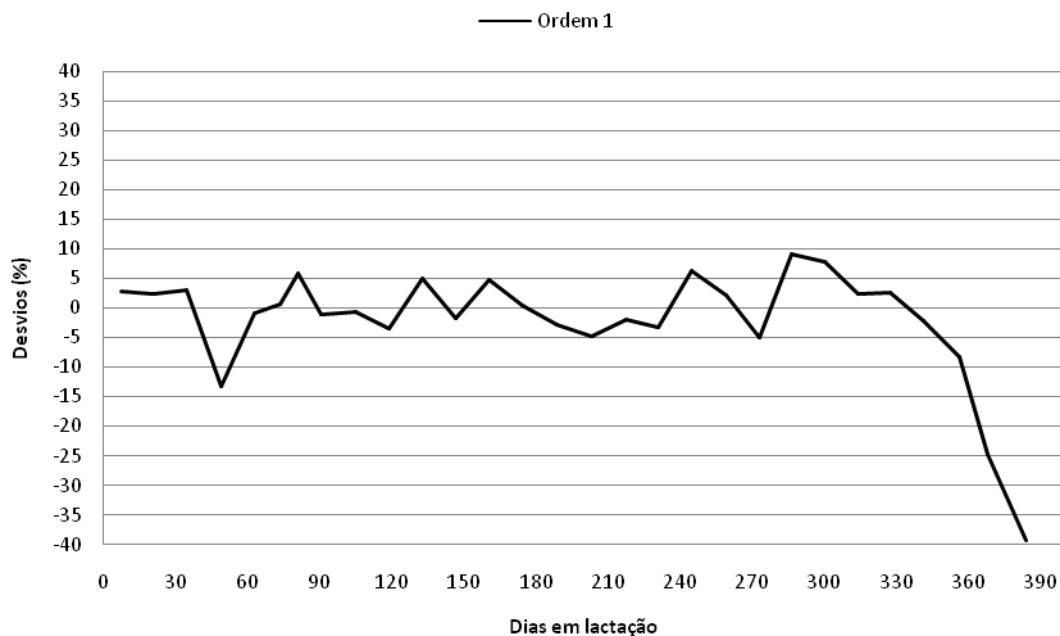


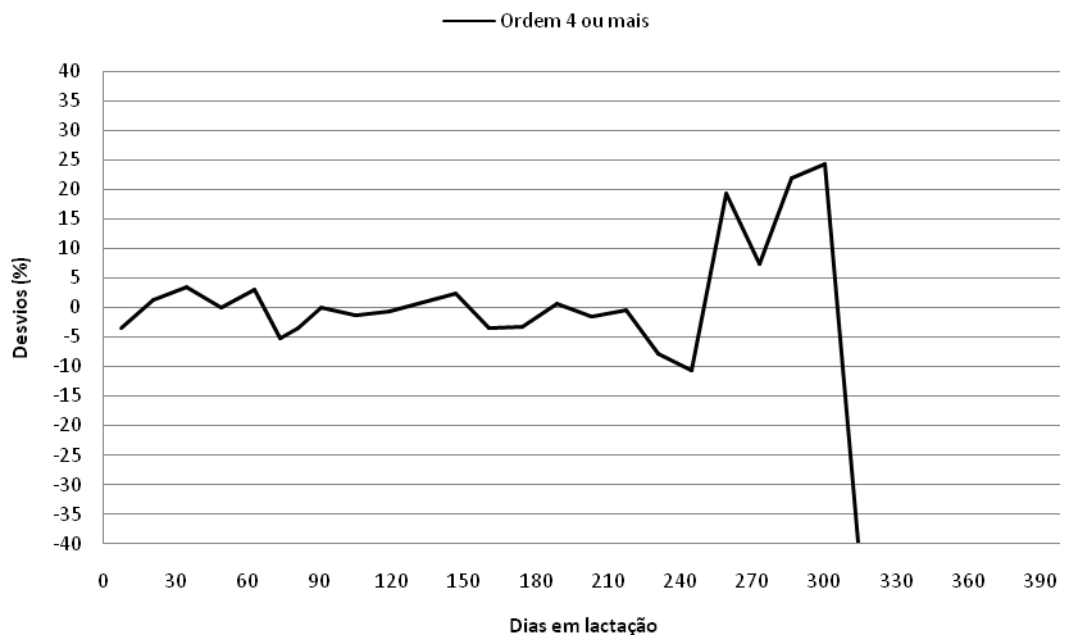
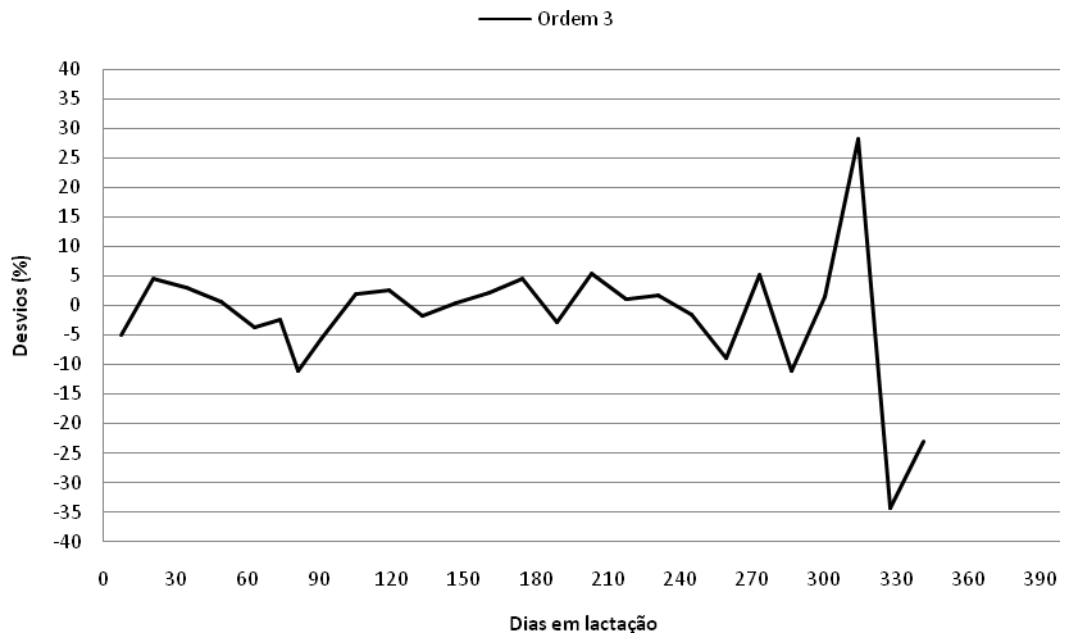




#### ANEXO 4

Distribuição dos desvios entre produções observadas e estimadas para as várias ordens de lactação do grupo F1 Holandês-Azebuado





## ANEXO 5

Número médio de observações utilizadas para cálculo dos desvios entre produções observadas e estimadas

Dias em lactação	Holandês-Gir	Holandês-Guzerá	Holandês-Nelore	Holandês-Zebu
8	125,6	37,0	32,4	21,8
22	144,4	42,0	35,6	26,5
36	142,2	39,6	34,4	25,8
50	143,4	40,8	35,6	26,3
64	144,2	39,6	35,8	25,8
74	72,6	20,8	18,8	15,0
81	71,2	19,6	18,2	11,0
92	146,6	41,8	35,0	26,0
106	145,4	41,4	36,6	26,3
120	148,4	39,6	35,8	27,0
134	142,4	41,4	36,0	25,5
148	142,0	39,0	33,0	26,3
162	138,6	39,2	35,6	25,5
176	141,8	38,4	32,8	26,0
190	135,4	37,4	33,8	26,8
204	135,2	38,2	31,8	25,0
218	122,8	35,6	28,8	25,3
232	118,2	31,2	22,8	24,0
246	109,8	24,8	15,6	19,8
260	87,4	20,8	14,2	18,8
273	71,4	16,6	9,4	16,0
287	54,8	11,0	6,6	11,3
302	43,0	9,6	4,0	9,0
317	29,2	6,0	2,4	6,0
331	21,0	4,8	1,4	5,0
345	13,0	2,4	0,8	3,8
357	8,2	1,6	0,8	2,3
372	5,2	1,2	0,2	1,0
390	2,8	0,4	0,2	0,8
400	0,6			

## ANEXO 6

Tabela 1: Produção inicial (kg), por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação				
	1	2	3	4	5 ou mais
F1 Hol-Gir	8,05	10,00	12,66	13,59	13,90
F1 Hol-Guzerá	5,40	8,12	12,61	13,86	12,79
F1 Hol-Nelore	5,73	10,53	11,82	11,81	15,61
F1 Hol-Azebuado	5,43	9,72	10,67	15,22	

Tabela 2: Produção no pico de lactação (kg), por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação				
	1	2	3	4	5 ou mais
F1 Hol-Gir	10,11	13,33	14,93	16,20	15,30
F1 Hol-Guzerá	7,84	12,38	13,99	15,19	16,22
F1 Hol-Nelore	7,93	11,21	12,48	13,17	-
F1 Hol-Azebuado	9,07	13,86	15,14	16,94	

Tabela 3: Tempo até o pico de lactação (dias), por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação				
	1	2	3	4	5 ou mais
F1 Hol-Gir	26,9	30,0	20,7	22,1	13,9
F1 Hol-Guzerá	42,7	35,1	17,2	15,1	28,4
F1 Hol-Nelore	29,3	10,4	9,4	14,0	-2,3
F1 Hol-Azebuado	46,0	37,2	31,7	15,5	

Tabela 4: Persistência, por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação				
	1	2	3	4	5 ou mais
F1 Hol-Gir	475,17	486,31	406,82	427,14	337,74
F1 Hol-Guzerá	689,02	517,10	430,10	392,32	501,30
F1 Hol-Nelore	448,16	315,37	293,04	311,31	348,19
F1 Hol-Azebuado	693,83	590,01	482,34	364,20	

Tabela 5: Produção total (kg), por grupo genético e ordem de lactação

Grupo genético	Ordem de lactação				
	1	2	3	4	5 ou mais
F1 Hol-Gir	2140,2	2797,7	3007,0	3214,4	2876,5
F1 Hol-Guzerá	1818,7	2461,4	2822,3	2844,0	3267,3
F1 Hol-Nelore	1469,4	1954,5	2088,9	2202,8	2815,2
F1 Hol-Azebuado	2231,7	3093,5	3110,1	3185,2	

## ANEXO 7

<b>Detalhamento da alimentação com volumoso durante a época seca</b>			
<b>Categoria animal</b>	Silagem de milho	Cana de açúcar	Concentrado (A,B)
Vaca em lactação até 90 dias pós-parto e/ou com produção acima de 14 kg/dia	100%	0,0 %	200 g/dia (A)
Vaca em lactação de 90 a 180 dias pós-parto	50,0%	50,0%	250 g/dia (A)
Vaca em lactação mais de 180 dias pós-parto	0,0%	100,0%	300 g/dia (A)
Vaca gestante 30 dias pré-parto	100%	0,0%	800 g/dia (B)

<b>Detalhamento da alimentação com concentrado (C) durante o verão</b>		
<b>Categoria animal / Época</b>	Dezembro a Fevereiro	Março a Maio
Vaca após o parto até 1º controle	3 kg dia (independente da produção)	3 kg dia (independente da produção)
Vaca em lactação até 30 dias pós-parto	1 kg para 3 kg de leite	1 kg para 3 kg de leite
Vaca em lactação 31 a 90 dias pós-parto	1 kg para 3 kg de leite acima de 8 kg de leite	1 kg para 3 kg de leite acima de 5 kg de leite
Vaca em lactação após 91 dias pós-parto e gestante	1 kg para 3 kg de leite acima de 8 kg de leite	1 kg para 3 kg de leite acima de 8 kg de leite
Vaca gestante 30 dias pré-parto	Sem ração concentrada e sal mineralizado à vontade	Sem ração concentrada e sal mineralizado à vontade

<b>Detalhamento da alimentação com concentrado (D) durante a seca</b>	
<b>Categoria animal / Época</b>	<b>Abril a Novembro</b>
Vacas após o parto até 1º controle	3 kg dia (independente da produção)
Vaca lactação até 30 dias pós-parto	1 kg para 3 kg de leite
Vaca lactação 31 a 90 dias pós-parto	1 kg para 2,5 kg de leite acima de 5 kg de leite
Vaca lactação após 91 dias pós-parto e gestante	1 kg para 3 kg de leite acima de 5 kg de leite
Vacas gestantes 30 dias pré-parto	800 g/dia concentrado B e mineral à vontade

Fonte: Adaptado de Amaral et al. 2006, conforme informação pessoal de Ruas, J. R. M.

<b>Ingrediente</b>	<b>Concentrado</b>				
	<b>Ud</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Milho (%)	%	-	-	68,5	68,6
Farelo de soja (%)	%	-	79,7	24,0	28,0
Uréia (%)	%	55,0	9,2	2,0	-
Calcário (%)	%	9,0	2,0	1,6	1,2
Fosfato bicálcico (%)	%	5,0	2,3	2,3	0,8
Sal mineral	%	20,0	-	1,0	-
Sal comum	%	-	2,5	0,2	0,4
Suplemento vitamínico	%	-	2,5	-	1,0
Sulfato de amônio	%	11,0	1,8	0,4	-

Fonte: Amaral et al. (2006)



## ANEXO 8 – Análises de variância

Dependent Variable: A

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GS	3	274.42078021	91.47359340	6.14	0.0004
CLASEP	3	260.55718097	86.85239366	5.83	0.0006
CLASOL	3	4028.60758002	1342.86919334	90.19	0.0001

Dependent Variable: B

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	0.11975981	0.11975981	3.89	0.0488
GS	3	0.05013447	0.01671149	0.54	0.6528
CLASEP	3	0.68716236	0.22905412	7.45	0.0001
CLASOL	3	1.12028506	0.37342835	12.14	0.0001

Dependent Variable: C

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	0.00052972	0.00052972	53.78	0.0001
GS	3	0.00003123	0.00001041	1.06	0.3666
CLASEP	3	0.00042953	0.00014318	14.54	0.0001

Dependent Variable: DIASPICO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	12469.23711294	12469.23711294	28.55	0.0001
GS	3	1224.74100864	408.24700288	0.93	0.4232
CLASEP	3	7678.28411046	2559.42803682	5.86	0.0006
CLASOL	3	25993.38678632	8664.46226211	19.84	0.0001
GS*CLASOL	9	9244.22083536	1027.13564837	2.35	0.0126

Dependent Variable: PRODPICO

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	79.95527376	79.95527376	12.17	0.0005
GS	3	777.25729359	259.08576453	39.44	0.0001
CLASOL	3	3274.23576417	1091.41192139	166.16	0.0001
GS*CLASOL	9	119.81075711	13.31230635	2.03	0.0336

Dependent Variable: PERSIST

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	2922627.62549886	2922627.62549886	5.75	0.0167
GS	3	890032.05630018	296677.35210006	0.58	0.6259
CLASOL	3	16131509.33402100	5377169.77800701	10.58	0.0001
GS*CLASOL	9	9927647.81402951	1103071.97933661	2.17	0.0220

Dependent Variable: PT

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
FAZ	1	45260754.3855329	45260754.3855329	92.55	0.0001
GS	3	40592592.4353808	13530864.1451269	27.67	0.0001
CLASEP	3	17402903.0322022	5800967.6774007	11.86	0.0001
CLASOL	3	114772363.3286400	38257454.4428801	78.23	0.0001

Dependent Variable: DURLAC

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
GS	3	99945.28991514	33315.09663838	13.43	0.0001
CLASEP	3	38138.49536645	12712.83178882	5.12	0.0016
CLASOL	3	71471.14659445	23823.71553148	9.60	0.0001
GS*CLASOL	9	58443.68161034	6493.74240115	2.62	0.0054