



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**



**MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA TEORES DE GORDURA
DO LEITE DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA**

LAYS ELIZABETT FERREIRA BARROS

Rio Largo – AL
2014

LAYS ELIZABETT FERREIRA BARROS

**MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA TEORES DE GORDURA
DO LEITE DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga

Co-Orientador: Prof^a. Dr^a. Aline Zampar

Rio Largo – AL
2014

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos”.

(Paulo Beleki)

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”. (John F. Kennedy)

Aos meus Avós, Ediberto, Rosália, Marlene e Alúzio *“in memoriam”*

Dedico

À Deus, pelo dom da minha vida,

Aos meus pais e irmãos (Lucas e Marcel), pelo apoio e amor incondicional,

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as oportunidades que tive.

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela possibilidade de realização deste curso.

Ao minha orientadora, Prof. Angelina Bossi Fraga, pela oportunidade, incentivo e amizade nessa nova fase de vida acadêmica.

À minha (co)orientadora, Prof. Aline Zampar, pelo exemplo de dedicação, amizade, Mãe (nas horas vagas) e principalmente por ter tido um impacto significativo na minha trajetória de vida.

Ao CNPq e a Capes.

Ao Jussiede e ao Pedro por serem AMIGOS para todos os momentos e IRMÃOS de republica “Os Sertanejos”,

Aos integrantes do Grupo de estudo de Melhoramento Animal (Darlim, Filipe e Jailton), sem os quais não seria possível a realização desse trabalho.

As “zamigas”, em especial Maria das Graças, Renilmary Alencar, Edna, Tatiane e Cidamilene pela amizade concedida, apoio e compreensão durante alguns períodos de ausência.

Em especial, ao Robson pela paciência e por ter sido fonte de luz nos momentos mais difíceis.

A meu pai João e minha mãe Maria (Nenem), pelo exemplo de vida, por terem sido a força motriz de minha formação humana e profissional.

Por fim, aos colegas, familiares e amigos que não foram aqui nominalmente mencionados, mas que, com certeza, também contribuíram para finalização deste trabalho.

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

BARROS, Lays Elizabett Ferreira Barros. Universidade Federal de Alagoas, december 2013. ___p. . **MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA TEORES DE GORDURA DO LEITE DE VACAS DA RAÇA HOLANDÊS**. Orientadora: Angelina Bossi Fraga. Co-orientadora: Aline Zampar. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

No atual momento de globalização econômica, torna-se necessária a discussão sobre a pecuária leiteira nacional e os aspectos que podem proporcionar seu desenvolvimento, tendo em vista a competitividade entre os mercados nacionais e internacionais. Neste sentido, este trabalho visou estimar os componentes de variância e as herdabilidades para percentuais de gordura do leite de vacas holandesas de segunda e terceira ordens de lactação, com a finalidade de verificar em qual estágio da lactação há maior influência de fatores genéticos, para que essa informação possa ser utilizada no auxílio à seleção de indivíduos geneticamente superiores, de interesse tanto para produtores, quanto para a indústria leiteira. Os dados de porcentagens de gordura foram retirados de um banco de dados referente a animais da raça Holandês. A consistência do banco de dados foi realizada com o auxílio dos softwares Visual FoxPro e SAS. Foram empregados modelos de regressão aleatória, uma vez que o banco de dados possui medidas repetidas dos animais, dentro de uma mesma lactação. A idade da vaca no dia da análise do leite e os dias em lactação (estágio) foram usados como covariáveis. Foram estimados os componentes de variância genéticos, de ambiente permanente e residual, além das herdabilidades ao longo da lactação. Utilizado para descrever a trajetória da curva de lactação dos animais, os modelos de regressão aleatória diferiram entre si pelo grau do polinômio de Legendre. Foram observados grandes variações nas estimativas de herdabilidade para a maioria das medidas de teores de gordura, com uso dos modelos que envolveram ajustes dos polinômios de Legendre. As estimativas de herdabilidade variaram de 0,20 a 0,50 para teores de gordura na 2ª ordem de lactação, e, de 0,06 a 0,30 para a 3ª ordem de lactação. O polinômio ortogonal de terceiro grau ajustou-se melhor aos dados de 2ª ordem de lactação e o polinômio de quarto grau para 3ª ordem de lactação, fornecendo estimativas mais acuradas de parâmetros genéticos.

Palavras-chave: componentes de variância, herdabilidade, qualidade, rendimento, seleção

ABSTRACT

BARROS, Lays Elizabett Ferreira Barros. Universidade Federal de Alagoas, december 2013. ___p. . **RANDOM REGRESSION MODELS FOR FAT MILK CONTENT OF HOLSTEIN COWS.** Advisor: Angelina Bossi Fraga. Advisor: Aline Zampar. Dissertation (Master of Animal Science).

In the current economic globalization, it becomes necessary to discuss national dairy farming and aspects that can provide its development, with a view to competitiveness between domestic and international markets. Thus, this study aimed to estimate the variance components and heritability for milk fat content from Holstein cows of second and third orders of lactation, to see at what stage of lactation there is a greater influence of genetic factors. This information can be used to select genetically superior individuals of interest to both producers and dairy industry. The percentages of fat were taken from a database refer to Holstein cows belonging to 33 herds. The consistency of the database was performed with the aid of SAS and Visual FoxPro software. Random regression models were employed, once the database has repeated measurements of animals within the same lactation. The age of the cow on the analysis of milk and days in milk (stage) were used as covariates. Components of genetic variance, permanent environmental and residual were estimated throughout lactation. Used to describe the trajectory of the lactation curve of the animals, the random regression models differ by the degree of the Legendre polynomial. Large variations in heritability estimates for most measures of fat content, using models involving adjustments of Legendre polynomials were observed. Heritability estimates ranged from 0.20 to 0.50 for fat content for 2nd lactation order, and 0.06 to 0.30 for the 3rd lactation order. The orthogonal polynomial of third degree was the one that best fit the data of 2nd lactation order and fourth-degree polynomial to 3rd lactation order, providing more accurate estimates of genetic parameters.

Keywords: variance components, heritability, quality, performance, selection

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO	9
II REVISÃO DE LITERATURA.....	10
III MATERIAL E MÉTODOS	14
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
V CONCLUSÃO.....	23
VI REFERÊNCIAS	24

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – ESTIMATIVAS DAS VARIÂNCIAS GENÉTICAS ADITIVAS (VG), DE AMBIENTE PERMANENTE (VP), FENOTÍPICA (VY) E RESIDUAL (VE) PARA O TEOR DE GORDURA NO LEITE DE VACAS HOLANDESAS DE SEGUNDA ORDEM DE LACTAÇÃO, PARA OS QUATRO POLINÔMIOS TESTADOS 18**
- FIGURA 2 – ESTIMATIVAS DAS VARIÂNCIAS GENÉTICAS ADITIVAS (VG), DE AMBIENTE PERMANENTE (VP), FENOTÍPICA (VY) E RESIDUAL (VE) PARA O TEOR DE GORDURA NO LEITE DE VACAS HOLANDESAS DE TERCEIRA ORDEM DE LACTAÇÃO, PARA OS QUATRO POLINÔMIOS TESTADOS..... 19**
- FIGURA 3 – ESTIMATIVA DA HERDABILIDADE PARA TEORES DE GORDURA DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS DE SEGUNDA ORDEM DE LACTAÇÃO..... 20**
- FIGURA 4 – ESTIMATIVA DA HERDABILIDADE PARA TEORES DE GORDURA DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS DE TERCEIRA ORDEM DE LACTAÇÃO..... 21**

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- POLINOMIOS DE LEGENDRE.....	15
TABELA 1- DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS DE TEORES DE GORDURA DE REBANHO BOVINO DA RAÇA HOLANDESA DE SEGUNDA ORDEM DE LACTAÇÃO.....	16
TABELA 2- DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS DE TEORES DE GORDURA DE REBANHO BOVINO DE LEITE DA RAÇA HOLANDESA DE TERCEIRA ORDEM DE LACTAÇÃO.....	16
TABELA 3- MODELOS ANALISADOS, NÚMEROS DE PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ESCOLHA DE MODELOS COM DIFERENTES ORDENS NA ESCALA DE LEGENDRE, PARA TEORES DE GORDURA DE ACORDO COM A ORDEM DE LACTAÇÃO.....	17

I INTRODUÇÃO

Existe uma tendência mundial de valorização dos sólidos do leite. Dessa forma, alguns países têm buscado a inclusão dessas características em seus programas de melhoramento genético visando maior remuneração do leite de melhor qualidade, em função do maior rendimento dos produtos lácteos. A composição do leite é essencial para a determinação de sua qualidade assim como seu valor por suas propriedades industriais. Segundo Dürr (2004), os parâmetros de qualidade são cada vez mais utilizados para detecção de falhas nas práticas de manejo, servindo como referência na valorização da matéria-prima.

A composição do leite varia de acordo com vários fatores como: rebanho, região, ano, mês, período de conservação de amostras, escore de células somáticas, dentre outros (RIBAS *et al.*, 2004), comprovado por González *et al.* (2001) os quais citam que a espécie animal, raça, período de ordenha e estágio de lactação podem alterar os constituintes do leite. Para Rangel *et al.* (2008b), diversos são os fatores que influenciam as características do leite, sendo essas variações de origem genética e não genética, que podem ser causadas por fatores ligados ao meio físico ou da natureza.

A gordura é o elemento que mais sofre variação na composição do leite, sendo o de maior valor para a indústria. O teor de gordura no leite é influenciado pela raça, alimentação, número e fase de lactação, nível de produção animal e a fase de ordenha (BRITO *et al.* 2009).

Nesse sentido, o melhoramento genético animal auxilia o produtor a selecionar animais que produzam leite de melhor qualidade. Com a utilização dos modelos de regressão aleatória, a tomada de decisão sobre descartes e seleção pode ser fundamentada no estágio da curva de lactação analisando em qual período há maior efeito genético aditivo da característica estudada.

Diante deste contexto, o presente estudo visou estimar os componentes de variância e as herdabilidades para percentuais de gordura do leite de vacas holandesas de segunda e terceira ordens de lactação, com a finalidade verificar em qual estágio da lactação há maior influência de fatores genéticos, a fim de que essa informação seja utilizada no auxílio à seleção de indivíduos geneticamente superiores para teor de gordura no leite.

II REVISÃO DE LITERATURA

O cenário econômico da pecuária leiteira vem passando por diversas mudanças em sua gestão técnica, tendo como necessidade o entendimento detalhado de suas atividades, por técnicos e produtores, dentro de todo o sistema de produção de leite (RIBEIRO *et al.*, 2009). O Brasil vem passando por profundas transformações que afetam toda a cadeia de lácteos. Os determinantes para tais transformações estão ligados à produtividade e à qualidade do leite. A qualidade do leite é muito importante para as indústrias e produtores, tendo em vista sua grande influência nos hábitos de consumo e na produção de derivados.

O leite é considerado um dos produtos que apresenta elevadas possibilidades de crescimento, sua produção deverá crescer a uma taxa anual de 1,9%. Isso corresponde a uma produção de 41,3 bilhões de litros de leite cru no final do período das projeções, 20,7% maior do que a produção de 2013 (BRASIL, 2013). Segundo a Embrapa Gado de Leite, as taxas de crescimento projetadas para a produção foram superadas, cresceu mais de 4,0% ao ano nos últimos 4 anos.

Na moderna exploração leiteira, um rígido controle da produção é fator determinante para o sucesso da atividade. Uma forma prática e consistente de se obter este controle é por meio de estudo da curva de lactação dos animais associado para duração da lactação (REBOUÇAS *et al.*, 2008).

Desde 1996, com a criação do “Programa Nacional de Melhoria da Qualidade de Leite” no Brasil, algumas mudanças ocorreram no setor leiteiro, dentre as quais o acompanhamento da qualidade do leite por meio de análises laboratoriais. Em julho de 2005, seguindo a tendência de controle de qualidade, entrou em vigor a Instrução Normativa 51 (IN-51/2002), a qual preconiza que o leite deve ser analisado de acordo com requisitos quanto a padrões mínimos de composição, contagem de células somáticas (CCS), contagem bacteriana total (CBT) e presença de resíduos de antibióticos (BRASIL, 2006). Devido as dificuldades de implementação dos novos parâmetros, uma nova Instrução Normativa (IN62) foi publicada em 29 de Dezembro de 2011.

É importante destacar que os parâmetros definidos tanto, pela IN51 quanto pela IN62, referem-se principalmente a normatização de valores

máximos e mínimos que garantam a comercialização de um leite que possua boas condições de higiene, provenientes de animais sadios, sem adulteração após a ordenha. Entretanto a IN62 determinou valores para sólidos totais de um mínimo de 11,5% sendo, 2,9% de proteína, 3% de gordura e 8,4% de proteína e lactose somadas. Para a Contagem de Células Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT) 600 mil/mL como o limite máximo, devendo haver uma diminuição progressiva, chegando a 100 mil ufc/mL para CBT e 400 mil células/mL para CCS, em 2016 (BRASIL, 2013).

Isso acarretou a mudança de pensamento dos produtores, os quais passaram a se preocupar mais com a qualidade do produto e com a valorização do leite, tendo em vista o pagamento diferenciado realizado pelas indústrias de laticínios, além da penalização que pode ocorrer em função da entrega de um leite de baixa qualidade. Com essas mudanças, nos últimos anos, intensificaram-se os estudos relacionados aos fatores que interferem na qualidade, assim como, na concentração dos constituintes do leite. Logo, é pertinente entender melhor os aspectos genéticos que influenciam a composição do leite.

A quantidade e a qualidade do leite estão atribuídas e influenciadas por fatores ambientais (manejo, clima, etc), genéticos (raça) e fisiológicos (primeiro parto, período de lactação e ordem de parto). Segundo Ribeiro *et al.* (2008), as variações que ocorrem com o avanço da idade do animal são principalmente causadas por fatores fisiológicos os quais proporcionam melhorias no desempenho com a maturidade do animal. O teor de gordura do leite é inversamente proporcional ao volume de produção, pois as duas características possuem correlação genética negativa, ou seja, se for feita seleção para o aumento de uma delas, a outra terá decréscimo. Em cada lactação sucessiva, a porcentagem de gordura decresce cerca de 0,05%, em função do aumento da quantidade de leite produzido (GALVÃO JUNIOR *et al.*, 2010).

Existe uma estreita relação entre a ordem de parto com a idade ao parto. Sendo assim, a ordem e época de parto, em diversos estudos, tem sua influência significativa na expressão fenotípica das características de produção e reprodução em rebanhos leiteiros. Galvão Junior *et al.* (2010), em estudo avaliando a influência da produção de leite e da ordem de parto sobre a composição físico-química do leite de vacas de raças zebuínas concluíram que

a produção de leite diária e a ordem de parto tem efeito significativo ($p > 0,05$) sobre os teores de proteína e gordura, ou seja, o percentual de proteína do leite está positivamente correlacionado com o percentual de gordura. Em outro estudo, Rangel *et al.* (2008a) determinaram que a variável idade ou ordem de parto exerceu efeito significativo ($p < 0,05$) de forma quadrática na produção de leite bem como para os teores de gordura.

Sabe-se que a produção de leite varia com a idade da vaca. Esta produção cresce até o animal atingir a maturidade fisiológica e depois decresce com o envelhecimento, o que está relacionado à ordem de lactação. Teixeira *et al.* (2006), observaram que animais de primeira lactação tendem a produzir menos leite do que os demais, e que a produção de leite aumenta com o avanço da idade do animal. Segundo Santos e Fonseca (2006) vacas de primeira lactação ainda estão em fase de crescimento corporal e desenvolvimento da glândula mamária e, portanto, teriam menor capacidade produtiva. Efeito significativo foi observado por Rangel *et al.* (2008a) ao analisar desempenho produtivo relacionando idade e/ou ordem de lactação de rebanhos da raça Jersey. Em estudo sobre a influência do grupo racial e o número de lactações na produção e composição do leite, Reis *et al.* (2012), observaram crescimento significativo na produção diária de leite entre a 1ª e a 3ª ordem de lactação, e, que o estágio de lactação afeta principalmente a produção diária, influenciando pouco os teores de lipídios e de proteínas.

Alguns trabalhos divergem quanto a composição do leite, Teixeira *et al.* (2006) ao observarem os teores de proteína e gordura, relatam que os componentes permanecem constantes com o aumento da idade. Entretanto Noro *et al.* (2006), em ensaio, verificaram maior teor de sólidos totais nos animais com idade acima de 84 meses, seguidos de vacas com partos de 33 a 45 meses e uma menor porcentagem nas vacas primíparas (20 a 32 meses).

A gordura é composta principalmente por glicerídeos (mono, di e tri), ácidos graxos livres, fosfolipídios e esteróis. Incluem-se aqui também certos pigmentos e vitaminas lipossolúveis, como os pigmentos como os carotenóides e as vitaminas A, D, E e K. (HARTMANN, 2002). Para Noro (2004), a gordura é o componente do leite sujeito à maior oscilação. Dentre os fatores que causam essa variação, podem ser citados a genética, período de lactação, estação do parto, ordem do parto, produção de leite, nutrição, saúde, raça, idade do

animal, etc. Devido a esta variabilidade, foi o primeiro componente usado no pagamento do leite por qualidade (BURCHARD e BLOCK, 1998).

Diante deste contexto, em bovinos de leite, as características de produção e qualidade podem ser observadas repetidas vezes ao longo da vida, dentro de uma mesma lactação e nas diferentes lactações do animal.

Sendo assim, a quantidade de dados disponíveis e relacionados com todo o período lactante do animal, tem sido sugerida a utilização de modelos de regressão aleatória (MRA), metodologia que foi proposta inicialmente por Henderson Jr. (1982). Modelos de regressão aleatória (MRA) são adequados para descrever variações dos constituintes lácteos em função do estágio de lactação das vacas (Zampar, 2012). Entre as vantagens de se utilizar os modelos de regressão, a estruturação e a correção dos efeitos fixos dentro de uma mesma lactação se torna a mais importante, principalmente aquelas que são afetadas ao longo e dentro da mesma lactação.

A utilização destes modelos direciona a uma escolha e utilização de uma função que descreva a ação dos efeitos fixos e aleatórios que atuam sobre as características estudadas, dentre estas funções, os polinômios ortogonais de Legendre são os mais aceitos (LIU *et al.*, 2006).

Inicialmente para a aplicação dos MRA's popularizou-se a utilização de funções paramétricas de Wilmlink e Ali & Schaeffer (ALI e SCHAEFFER, 1987). Em seguida, priorizou-se a utilização dos polinômios ortogonais de Legendre (funções não paramétricas) nos processos de estimação de funções de covariância, em decorrência de serem regressões ortogonais, possuem a vantagem computacional de possuírem menor correlação entre os coeficientes estimados, facilitando a convergência (SCHAEFFER, 2004).

Segundo Sarmiento (2007), uma diferença entre MRA's e os modelos animais tradicionais (repetibilidade e multicaracterística) está na inclusão de colunas de covariáveis em substituição as colunas de zero a um, na matriz de incidência dos efeitos aleatórios, o que permite a predição de valores genéticos para qualquer ponto da curva de crescimento e para funções da curva. Desta forma, torna-se necessário o emprego desta metodologia no estudo dos parâmetros genéticos nos teores de gordura no leite, buscando esclarecer a ordem apropriada dos polinômios para os efeitos fixos e aleatórios e com isso, determinar em que fase da lactação há maior efeito genético.

III MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo foram disponibilizados pela Clínica do Leite, laboratório pertencente ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (LZT-ESALQ/USP), laboratório este pertencente à Rede Brasileira de Qualidade de Leite e credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A análise de consistência dos dados foi realizada utilizando-se os softwares Microsoft Visual FoxPro®, versão 9.0 e Statistical Analysis System (SAS), versão 9.2.

Os dados referem-se a animais da raça Holandês, pertencentes a 33 rebanhos, de 1999 a 2009. Nas análises, foram considerados os controles leiteiros realizados entre o quinto e o 305º dia de lactação para a 2ª e 3ª ordens de lactação. O banco de dados analisado foi composto de 2091 informações provenientes de 391 vacas holandesas de 2ª ordem de lactação, filhas de 72 pais e 32 mães, pertencentes a 33 rebanhos. Enquanto o banco de dados para 3ª ordem de lactação foi composto de 1120 informações derivadas de 130 vacas holandesas, filhas de 49 pais e 21 mães.

A predição dos valores genéticos dos animais e a obtenção dos componentes de variância foram realizadas por meio de Modelos de Regressão Aleatória (MRA), sob modelo animal, com o uso do software WOMBAT (MEYER, 2006). Para obtenção das soluções fixas e aleatórias, foi usado o modelo animal proposto por Meyer (1998):

$$y_{ij} = F + \sum_{m=0}^{k_b-1} \beta_m \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^{k_A-1} \alpha_{im} \phi_m(t_{ij}) + \sum_{m=0}^{k_R-1} \gamma_{im} \phi_m(t_{ij}) + \varepsilon_{ij}$$

em que y_{ij} = dado j do animal i ; F é o conjunto dos efeitos fixos, incluindo o grupo de contemporâneos e idade da vaca; β_m é o coeficiente de regressão das características de acordo com o estágio de lactação para a média da população; α_{im} e γ_{im} são os coeficientes de regressão aleatória para efeito genético aditivo direto e de ambiente permanente, para o animal i ; k_b , k_A e k_R são as ordens dos polinômios; t_{ij} corresponde à idade j do animal i ; $\phi_m(t_{ij})$ é o $m^{\text{ésima}}$ função polinomial de Legendre para ser avaliada para t_{ij} ; ε_{ij} é o erro aleatório associado a cada dado j de cada animal i .

O estágio de lactação (t) foi padronizado de acordo com a seguinte equação:

$$t = \frac{2 * (del - t_{mim})}{t_{max} - t_{mim}} - 1$$

em que del = dias em lactação e t_{mim} e t_{max} são os dias mínimos e máximos de lactação, respectivamente, variando de 5 a 305 dias.

Os grupos de contemporâneos foram compostos pelos fatores rebanho, ano de parto e mês de análise do leite. Em todas as análises utilizou-se um arquivo de pedigree com a identificação da vaca, pai e mãe, totalizando 30.843 animais na matriz de parentesco.

No modelo animal descrito foram inseridos como aleatórios os efeitos residual e genético, como fixos, os grupos de contemporâneos e como covariável foi utilizada a idade da vaca ao parto usando efeito quadrático. Os modelos testados foram ajustados aos teores de gordura do leite no dia do controle receberam as denominações Leg3, Leg4, Leg5 e Leg6 de acordo com a ordem dos polinômios de Legendre (Tabela 1) usados para modelar as curvas (efeitos genéticos e de ambiente permanente).

Tabela 1. Polinômios ortogonais de Legendre

1ª ordem	$X_0^{(t)} = \sqrt{1/2}$
2ª ordem	$X_1^{(t)} = \sqrt{3/2} \cdot t$
3ª ordem	$X_2^{(t)} = 1/2 \cdot \sqrt{5/2} \cdot (3t^2 - 1)$
4ª ordem	$X_3^{(t)} = 1/2 \cdot \sqrt{7/2} \cdot (5t^3 - 3t)$
5ª ordem	$X_4^{(t)} = 1/8 \cdot \sqrt{9/2} \cdot (35t^4 - 30t^2 + 3)$
6ª ordem	$X_5^{(t)} = 1/8 \cdot \sqrt{11/2} \cdot (63t^5 - 70t^3 + 15t)$

Os critérios usados para a comparação entre os modelos foram feitos por intermédio do teste da razão de verossimilhança (LRT), que compara as diferenças entre as funções de máxima verossimilhança linearizadas de cada modelo. Além do LRT foram usados como referências, o Critério de Informação de Akaike (AIC) e o Critério de Informação Bayesiano de Schwarz (BIC) e a Verossimilhança restrita ($-2\log(L)$).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as Tabelas 3 e 4, as médias gerais para os teores de gordura foram de 3,40% (2ª ordem) e 3,43% (3ª ordem). Esse resultados foram próximos aos reportados por Noro *et al.* (2006), que encontraram médias para os teores de gordura do leite de vacas da raça Holandesas no Rio Grande do Sul de 3,54%.

O teor médio de gordura para 2ª ordem foi de 3,40% correspondente a 2091 amostras, o desvio padrão médio foi de 0,70. Se considerar um desvio padrão, a maior variabilidade no teor de gordura do leite é explicada pelo maior desvio padrão. O valor máximo foi 5,99% e o valor mínimo 2,01%. A variação no teor de gordura reflete as diferenças entre idade e estagio de lactação, etc. (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição do banco de dados para teores de gordura no leite em rebanho bovino da raça holandesa de segunda ordem de lactação

	Nº Observações	Média	Desvio-padrão	Mín	Máx
Gordura (%)	2091	3,40	0,70	2,01	5,99
Idade (dias)	2091	1369,06	193,63	1050	1998
Estágio (dias)	2091	149,66	83,27	5,00	365

*min= valores mínimos; max= valores máximos

O teor médio de gordura para a 3ª ordem foi 3,43% correspondente a 1120 amostras, o desvio padrão médio 0,77. A maior variabilidade no teor de gordura do leite é explicada pelo maior desvio padrão. Foi observada a variação mínima de 1404 dias e máxima de 2517 dias em relação à idade dos animais (Tabela 3).

Tabela 3. Descrição do banco de dados para teores de gordura no leite em um rebanho bovino da raça holandesa de terceira ordem de lactação

	Nº Observações	Média	Desvio-padrão	Mín	Máx
Gordura (%)	1120	3,43	0,77	2,02	5,80
Idade (dias)	1120	1838,75	236,36	1404	2517
Estágio (dias)	1120	155,93	85,46	6,00	364

*min= valores mínimos; max= valores máximos

Por meio da regressão aleatória foi possível verificar em que fase da lactação houve maior efeito genético para a característica estudada na segunda e terceira ordem de lactação. De acordo com a Tabela 4, o modelo Leg3 foi o que melhor se ajustou aos dados de gordura na segunda ordem de lactação, pois, menores valores para AIC e BIC indicam melhor ajuste, resultado que corrobora os trabalhos conduzidos por Torres *et al.* (1999) e Weber *et al.* (2005), os quais as estimativas de herdabilidade para produção de gordura obtiveram os mesmos valores das estimativas de herdabilidade para o modelo Leg3. Para a terceira ordem de lactação, o Leg4 foi determinado como sendo o melhor modelo de acordo com os critérios AIC e BIC, para a mesma característica. Por outro lado o critério de verossimilhança restrita ($-2\log(L)$), o melhor modelo foi o Leg6 para ambos os estágios de lactação.

Tabela 4. Modelos analisados, números de parâmetros e critérios de seleção de escolha de modelos com diferentes ordens na escala de Legendre, para teores de gordura do leite de acordo com a ordem de lactação

2ª ordem de lactação						
Modelo	Nº Parâmetros	-2log(L)	AIC	BIC	GL	LRT
Leg3	13	273,346	299,346	370,730	-	-
Leg4	21	265,536	307,536	422,848	8	53,118
Leg5	31	260,190	322,19	492,414	10	69,566
Leg6	43	250,340	336,34	572,458	12	80,044
3ª ordem de lactação						
Modelo	Nº Parâmetros	-2log(L)	AIC	BIC	GL	LRT
Leg3	13	460,806	487,066	549,634		
Leg4	21	324,366	366,366	467,858	8	-82
Leg5	31	323,944	385,944	535,768	10	68,910
Leg6	43	321,066	407,066	615,886	12	79,118

*Valores de LTR significativos ($p < 0,05$), pelo teste de Qui-quadrado. Valores em negrito correspondem à ordem do modelo que melhor se ajustou. GL=graus de liberdade

A importância do valor fenotípico para a genética se dá em permitir que se estime o valor de um indivíduo tornando possível a predição da resposta esperada e a seleção de indivíduos superiores. Sendo assim, o coeficiente de

herdabilidade depende do conhecimento dos componentes de variância genética, residual e ambiental de acordo com registros de animais avaliados, mudanças em qualquer um destes componentes podem interferir na estimação da herdabilidade.

Dessa forma, as variâncias fenotípicas totais, genéticas aditiva, de ambiente e residual estimada para segunda ordem de lactação foram expressas na Figura 1.

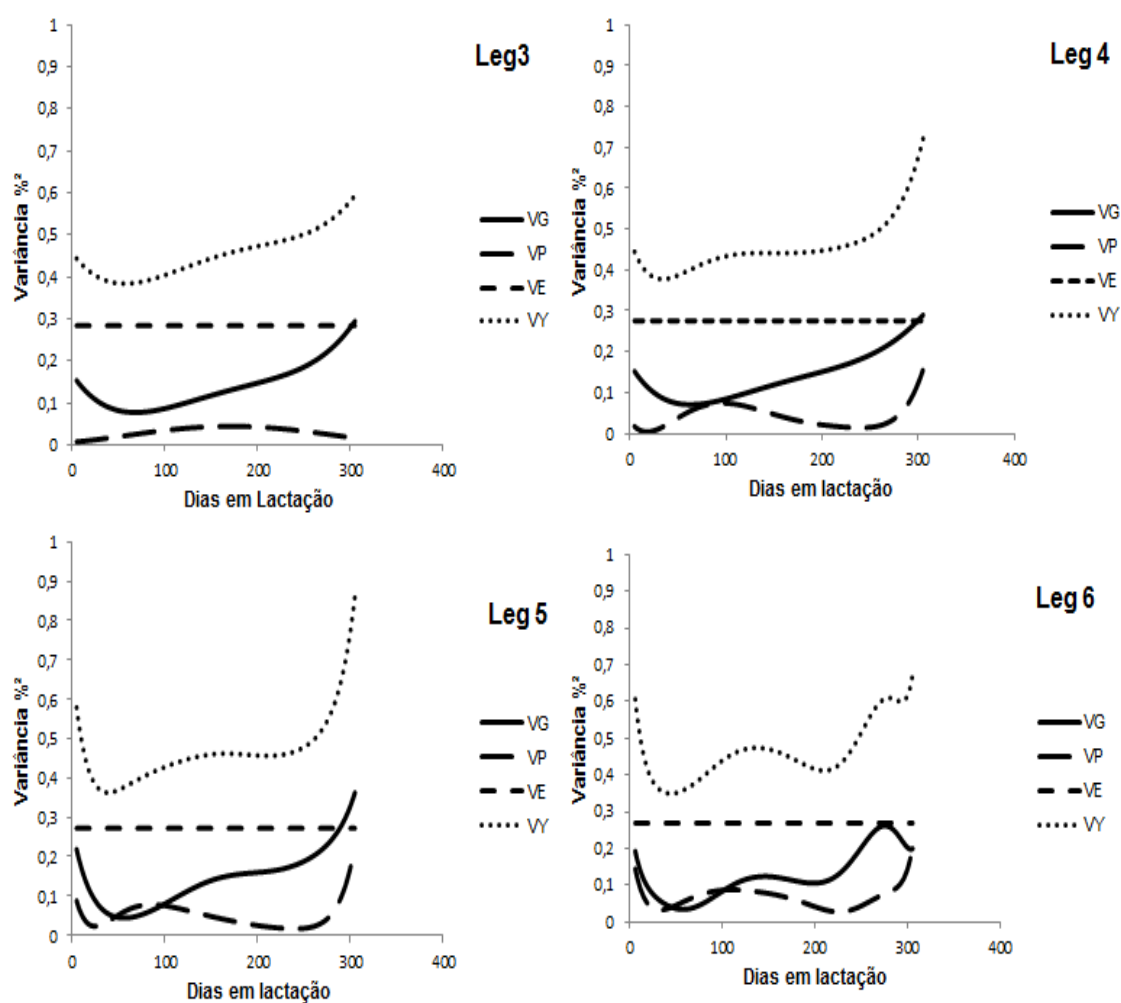


Figura 1. Estimativas das variâncias genéticas aditivas (VG), de ambiente permanente (VP), fenotípica (VY) e residual (VE) para o teor de gordura no leite de vacas holandesas de segunda ordem de lactação, para os quatro modelos testados

Foi observado diferentes valores a partir dos gráficos, no decorrer da lactação, sendo 0,384 a 0,594 (Leg3); 0,378 a 0,722 (Leg4); 0,363 a 0,862

(Leg5) e 0,349 a 0,675 (Leg6), para variância fenotípica total; 0,077 a 0,2924 (Leg3); 0,071 a 0,289 (Leg4); 0,004 a 0,363 (Leg5) e 0,034 a 0,219 (Leg6), para variância genética aditiva. Por outro lado para as variâncias de ambiente permanente, 0,007 a 0,044 (Leg3); 0,004 a 0,156 (Leg4); 0,017 a 0,227 (Leg5) e 0,027 a 0,206 (Leg6). Sendo que a variância residual foi considerada constante e homogênea nos modelos propostos, sendo de 0,284; 0,276; 0,272 e 0,269, respectivamente. Logo, a maioria das variâncias apresenta a mesma tendência descrita para a 2ª ordem de lactação, baixas entre o quinto e 62º dias e altas entre 172º e 305º dias.

As variâncias estimadas para terceira ordem foram de 0,341 a 0,888 (Leg3); 0,474 a 0,718 (Leg4); 0,474 a 0,718 (Leg5) e 0,474 a 0,718 (Leg6), para variância fenotípica total; de 0,004 a 0,407 (Leg3); 0,035 a 0,174 (Leg4); 0,035 a 0,174 (Leg5) e 0,035 a 0,174 (Leg6), para variância genética aditiva. Do mesmo modo para as variâncias de ambiente permanente de 0,03 a 0,18 (Leg3); 0,044 a 0,277 (Leg4); 0,044 a 0,277 (Leg5) e 0,044 a 0,277 (Leg6). Foi observado diferentes valores a partir dos gráficos, no decorrer da lactação, sendo que o residual considerada constante e homogênea nos modelos Leg3, Leg4, Leg5 e Leg6, de 0,298; 0,337; 0,337 e 0,337, respectivamente (Figura 2). Dessa forma as variâncias apresentam a mesma tendência descrita para a 2ª ordem de lactação, baixas entre o 23º e 174º dias e altas no quinto dia e entre os dias 225º e 305º.

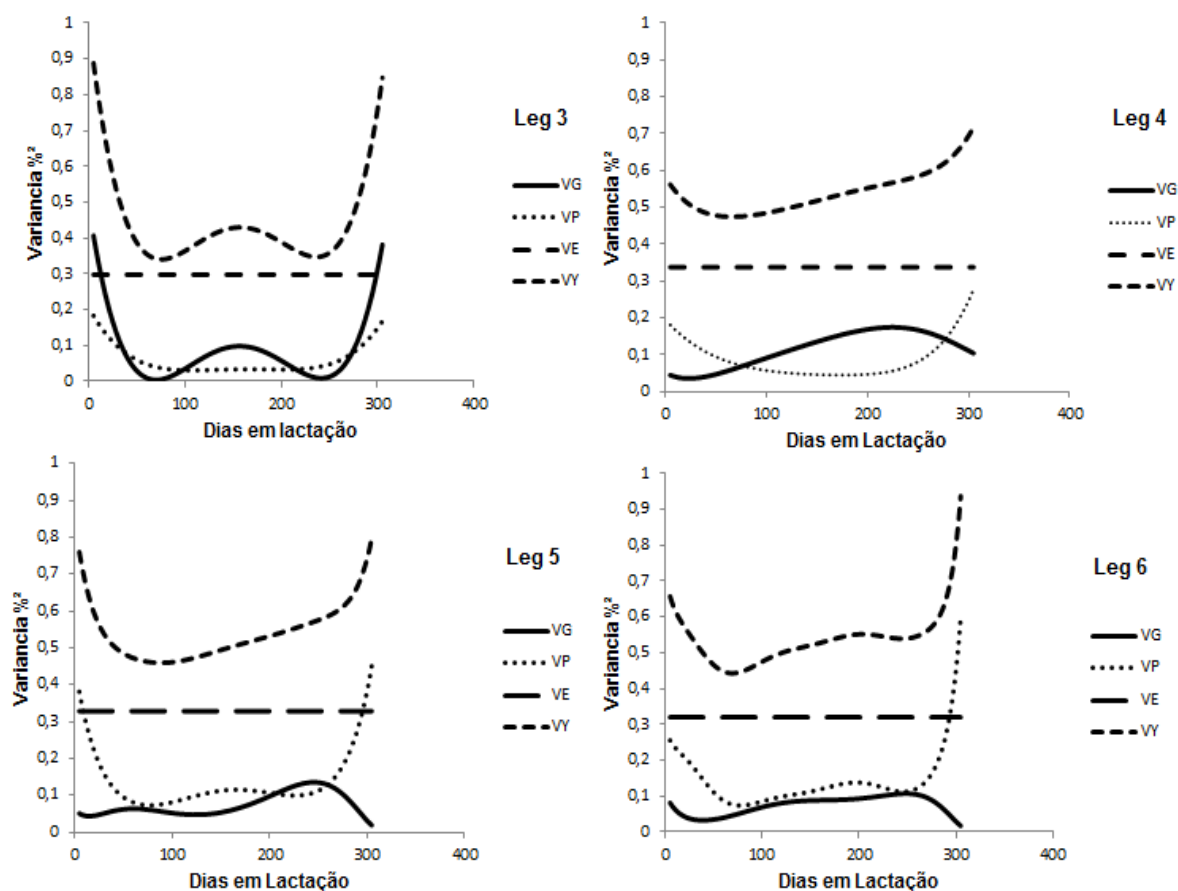


Figura 2. Estimativas das variâncias genéticas aditivas (VG), de ambiente permanente (VP), fenotípica (VY) e residual (VE) para o teor de gordura no leite de vacas holandesas de terceira ordem de lactação, para os quatro modelos testados

De acordo com a Figura 3, as herdabilidades estimadas variaram de 0,20 e 0,50; 0,17 e 0,42; 0,12 e 0,43; 0,09 e 0,43 para os modelos Leg3, Leg4, Leg5 e Leg6, respectivamente, para o teor de gordura na segunda ordem de lactação. As estimativas para a 3ª ordem de lactação apresentam a mesma tendência descrita para a 3ª ordem de lactação, baixas entre os dias 58º e 71º e altas entre 271º e 305º dias, ou seja, as herdabilidades foram mais altas no final da lactação. Por outro lado, para as estimativas da herdabilidade para mesma característica na terceira ordem de lactação variaram de 0,01 e 0,45; 0,06 e 0,30; 0,02 e 0,23; 0,01 e 0,19 para os modelos Leg3, Leg4, Leg5 e Leg6 (Figura 4). Apesar de variarem entre 0,01 e 0,45, o modelo Leg3 apresentou tendência contrária quando comparados aos modelos Leg4, Leg5 e Leg6, sendo observadas altas herdabilidades entre o quinto 12º dia e baixas entre os

dias 70^o e 242^o. Logo, para os Leg4, Leg5 e Leg6 as baixas estimativas de herdabilidade foram em torno do 20^o e 305^o dias e as altas forma entre os dias 215^o e 248^o.

O modelo que melhor se ajustou para segunda ordem foi o Leg3 apresentando herdabilidades mais baixas (0,20) em torno do 71^o dia, valores que permaneceram até 105 dias. As estimativas mais elevadas ocorreram no final da lactação, com um valor máximo de 0,50, concluindo que a herdabilidade aumenta conforme aumentam os dias em lactação (Figura 3).

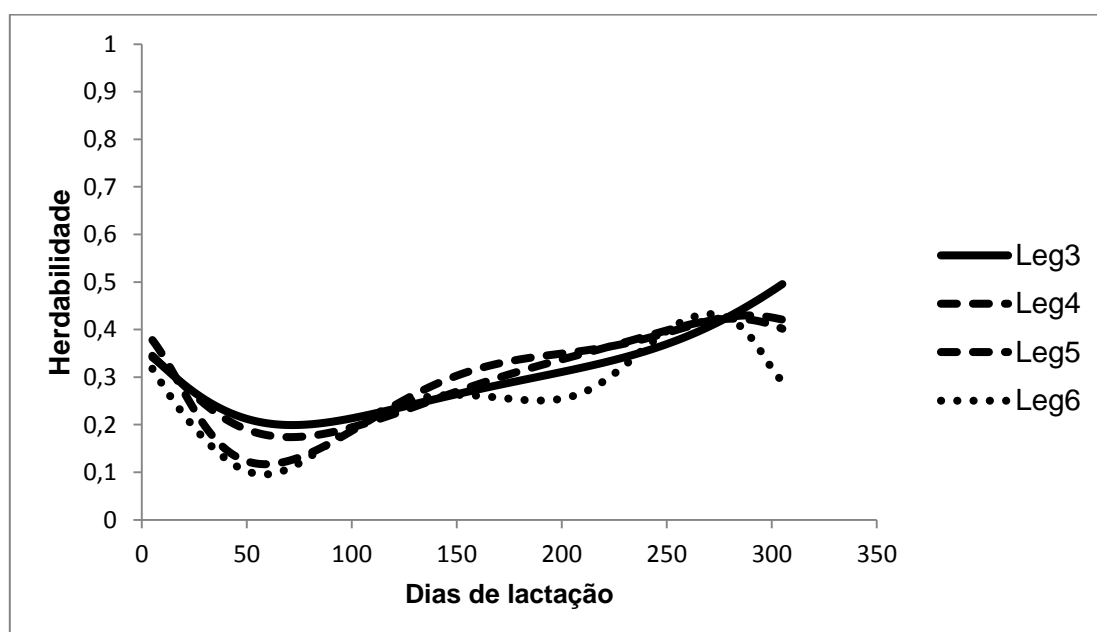


Figura 3. Estimativa da herdabilidade para teores de gordura no leite de vacas holandesas de segunda ordem de lactação

Freitas *et al.* (1982) relatam valores de 0,36 de herdabilidade para gordura, dados inferiores aos resultados encontrados neste trabalho. Por outro lado, também em ensaios com vacas Holandesas de segunda lactação Rorato *et al.* (1986) determinaram o teor gordura de 0,23, semelhantes a resultados encontrados neste trabalho.

O modelo Leg4 foi o que melhor se ajustou para a terceira lactação apresentando herdabilidades entre 0,06 e 0,30 (Figura 4). As estimativas de herdabilidade entre os modelos testados apresentaram variações,

principalmente quando comparado ao Leg3 com valores entre 0,01 e 0,45, evidenciando tais variações entre o quinto e aos 70º dias da lactação.

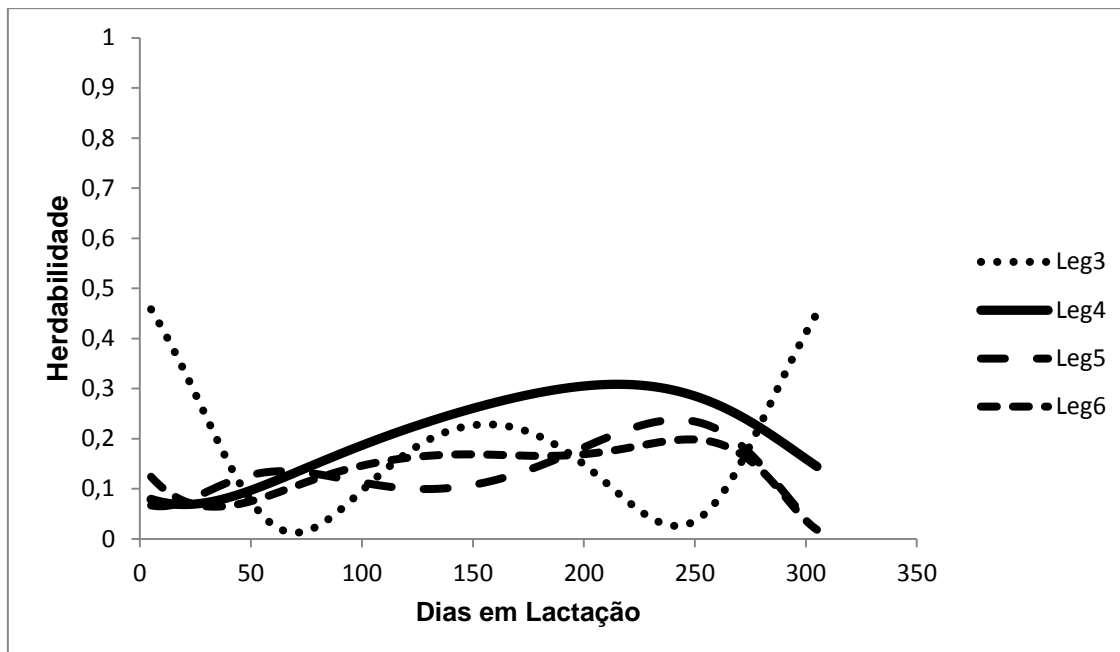


Figura 4. Estimativa da herdabilidade para teores de gordura do leite de vacas holandesas de terceira ordem de lactação

Alguns autores relatam valores estimados entre 0,17 e 0,33 para gordura na segunda ordem de lactação e 0,15 e 0,43 na terceira ordem de lactação. (TONG *et al.*, 1979; MEYER, 1984; POWELL *et al.*, 1981; ALBUQUERQUE *et al.*, 1996). As estimativas do presente estudo também foram semelhantes aos encontrados por Vercesi Filho *et al.* (2007) com valores de herdabilidade de 0,30 para teor de gordura. Porém diferiram dos valores encontrados por Santana Júnior *et al.* (2010), em rebanho da raça Holandesa no Estado de Goiás, em que encontraram valores de 0,18 para teor de gordura. Valores superiores foram encontrados por de Paula *et al.* (2008), que observaram teores de gordura iguais a 0,60 no estado do Paraná.

Utilizando dados das três primeiras lactações de rebanhos da raça Holandesa, Albuquerque *et al.* (1996), registraram valores que oscilaram de 0,30 a 0,46 para gordura, resultados similares aos encontrados neste trabalho. Estes resultados indicam que as características estudadas possuem variação genética aditiva suficiente para boa resposta à seleção.

V CONCLUSÃO

Dentre os modelos avaliados, o que utilizou o polinômio de Legendre de ordem 3 (2ª lactação) e de ordem 4 (3ª lactação) na descrição dos efeitos fixo e aleatórios foi o indicado para ser usado na estimação de parâmetros genéticos para teores de gordura no leite dos animais da raça Holandesa.

A escolha de animais superiores em relação ao maior teor de gordura no leite será mais eficiente no final da lactação para a 2ª ordem e a seleção para 3ª ordem será entre os dias 215^o a 248^o, período no qual a expressão dos efeitos genéticos é mais alta e, conseqüentemente a seleção será mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L.G., KEOWN, J.F., VANVLECK, L.D. Genetic parameters of milk, fat, and protein yields in the first three lactations, using an animal model and restricted maximum likelihood. *In: Revista Brasileira de Genética*, 19(1):79-86. 1996.

ALI, T.E.; SCHAEFFER, R. Accounting for covariances among test day milk yield in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, n.67, p.637-644, set. 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : **Mapa/ACS**, 96 p. 2013.

BRASIL. Instrução Normativa n. 51, de 18 de setembro de 2002. Estabelece o regulamento fixar os requisitos mínimos que devem ser observados para a produção, a identidade e a qualidade do leite. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, 8 p.14. 2006.

BRITO, A. S.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R. R. (Orgs.). Bovinocultura leiteira: informações técnicas e de gestão. Natal: **SEBRAE/RN**, p. 320, 2009.

BURCHARD, J.F.; BLOCK, E. Nutrição do gado leiteiro e composição do leite. *In: Simpósio Internacional sobre Qualidade do Leite*, 1, 1998, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa/Universidade Federal do Paraná, 1998.

DÜRR, J.W. Programa nacional de melhoria da qualidade do leite: uma oportunidade única. *In: DÜRR, J.W.; CARVALHO, M.P.; SANTOS, M.V. (Eds.) O compromisso com a qualidade do leite no Brasil*. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2004. p.38-55. 2004.

DE PAULA, M.C. MARTINS, E.N.; DA SILVA, L.O.C.; DE OLIVEIRA, C.A.L.; VALOTTO, A.A.; GASPARINO, E. Estimativas de parâmetros genéticos para a produção e composição do leite de vacas da raça Holandesa no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.37,n.5, p. 824-828, 2008.

FREITAS, M.A.R.; Durães, M.C.; Freitas, A.F.; Barra, R.B.. Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco “graus de sangue” originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Genética**, v.5, n. 1, 1982. p.147- 155. 2001.

GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; RANGEL, A.H.N; MEDEIROS,H.R; SILVA,J.B.A; AGUIAR,E.M; MADRUGA,R.C; DORGIVAL MORAIS DE LIMA JÚNIOR,D.M.L. Efeito da produção diária e da ordem de parto na Composição físico-química do leite de vacas de raças Zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.4, n.1, p.25-30, 2010.

GONZÁLEZ, F.H.D.;DURR, J.W.; FAONTANELI, R.S. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Gráfica UFRGS. P.77, 2001.

HARTMANN, W. Sólidos Totais em Amostras de Leite de Tanques. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

HENDERSON JR., C.R. Analysis of covariance in the mixed model: higher level, non homogeneous, and random regressions. **Biometrics**, Washington, v.38, p.623-640, 1982.

LIU, Y.X.; ZHANG, J.; SCHAEFFER L.R.; YANG, R.Q.; ZHANG, W.L. Short communication: Optimal random regression models for Milk production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 2233-3335, 2006.

MEYER, K. Estimating covariance functions for longitudinal data using a random regression model. **Genetics Selection Evolution**, Paris, v.30 p.221-240, 1998.

MEYER, K. Estimates of genetic parameters for milk and fat yield for first three lactations in British Friesian cows. In: **Anim. Prod.**, 38(3): 313-322. 1984.

MEYER, K. WOMBAT: digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. In: WORLD CONGRESS GENETICS APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 8., 2006. **Proceedings...** (Communication, 27–14).

NORO, G. Fatores ambientais que afetam a produção e a qualidade do leite em rebanhos ligados a cooperativas gaúchas. 2004. 90f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

NORO, G.; GONZÁLEZ, F.H.D.; CAMPOS, R.; DURR, J.W. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por 78 cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p.1129-1135, 2006.

POWELL, R.L., NORMAN, H.D., ELLIOT, R.M.. Different lactations for estimating genetic merit of dairy cows. In: **Jornal Dairy Science**, 64(2): 321-330. 1981.

RANGEL, A.H.N.; BRAGA A.P.; AGUIAR E.M.; LIMA JUNIOR D.M.; LIMA R.N. Fatores ambientais que afetam o desempenho produtivo de rebanhos da raça Jersey. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, p. 36-39, 2008a.

RANGEL, A.H.N.; CAMPOS, J. M. S. FILHO, S. C.; BRITO, A. F.; BRAGA, Z.C.A.C.; Produção, composição do leite e concentração de Nitrogênio uréico no soro de vacas alimentadas com cana-de-açúcar corrigida. **Revista Caatinga**. v.21, n. 4, p.06-11, 2008b.

REBOUÇAS, G.F.; GONÇALVES T.M.; MARTINEZ, M. L.; AZEVEDO, J.; KOOPS, W. Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias de

lactação de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.7, p.1222-1229, 2008.

REIS, A. M.; COSTA, M.R.; COSTA, R.G.; SUGUIMOTO, H.H.; SOUZA, C.H.B; ARAGON-ALEGRO, L.C.; LUDOVICO, A. ; SANTANA, E.H.W. Efeito do grupo racial e do número de lactações sobre a produtividade e a composição do leite bovino. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 33, suplemento 2, p. 3421-3436, 2012.

RIBAS N.P.; HARTMANN, W.; MONARDES H.G.; ANDRADE , U.V. Sólidos totais do leite em amostras de tanques do Estado do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.6, p.2343-2350, 2004.

RIBEIRO A.B. ; GUILHERMINO, M. M.; TINOCO A.F.; Efeito dos genótipos e da ordem de parto na qualidade do leite de vacas das raças Gir e Guzerá. In: Congresso Nordestino de produção Animal, 5., 2008, Aracajú. **Anais...** Aracajú: Universidade Federal de Sergipe. 2008.

RIBEIRO A.B.; TINOCO A.F.; LIMA G.F.C.; GUILHERMINO, M. M.; RANGEL A.H.N. Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. **Revista Caatinga**. v.22. n.3.p.46-51. 2009.

RORATO, P.R.N. et al. Estimates of phenotypic and genetic parameters for production traits in Holstein cows in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**. v.9, n.2. 1986. p.261-269. 1986.

SANTANA JÚNIOR, M. L.; LOPES, P. S.; VERNEQUE, R. S.; PEREIRA, R. J.; LAGROTTA, M. R.; PEIXOTO, M. G. C. D. Parâmetros Genéticos de Características Reprodutivas de Touros e Vacas Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1717-1722, 2010.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite. Barueri: Manole, 2006.

SARMENTO, J.L.R. Modelos de regressão aleatória para avaliação genética da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Tese de doutorado**. Viçosa-MG. 2007

SCHAEFFER, L.R. Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science**, v.86, n.1, p.35-45, 2004.

TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F.; BARRA, R.B. influencia de fatores de meio ambiente na variação mensal da composição e contagem de células somáticas do leite em rebanhos no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.4911-499, 2006.

TORRES, R.A., BERGMAN, J.A.G., COSTA, C.N et al.. Ajustamento para heterogeneidade de variância para produção de leite entre rebanhos da raça Holandesa o Brasil. In: **Revista Brasileira De Zootecnia**, v.28, n.2, p.295-303, 1999.

TONG, A.K.W., KENNEDY, B.W., MOXLEY, J.E.. Heritabilities and genetic correlations for the first three lactations from records subject to culling. **Jornal Dairy Science**. 1790.

VERCESI FILHO, A. E.; MADALENA, F. E.; ALBUQUERQUE, L. G.; FREITAS, A. F.; BORGES, L. E.; FERREIRA, J. J.; TEODORO, R. L.; FARIA, F. J. C. Parâmetros Genéticos entre Características de Leite, de Peso e a Idade ao Primeiro Parto em Gado Mestiço Leiteiro (Bos taurus x Bos indicus). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.983-990, 2007.

WEBER, T.; RORATO, P.R.N.; FERREIRA, G.B.B. et al.. Coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas para as produções de lite e de gordura, em diferentes níveis de produção, para raça Holandesa no estado do Rio Grande do Sul. In: **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.514-519, 2005.

ZAMPAR, A. Modelos de regressão aleatória para características de leite bovino. **Tese de doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Piracicaba. 2012.