

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA NA ESTIMAÇÃO DE  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO E PERSISTÊNCIA NAS  
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA**

IGOR DE OLIVEIRA BIASSUS  
Zootecnista/PUCRS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Julho de 2009

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela vida, pelo seu eterno amor, pela sua bondade divina e pelas graças concedidas. À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de realizar o meu mestrado. Ao professor Dr. Jaime Araújo Cobuci pelos ensinamentos, amizade, incentivo e orientação. Ao Dr. Cláudio Nápolis Costa e a Embrapa por terem disponibilizado os dados para que eu pudesse realizar o meu mestrado. Aos professores Dr. José Braccini Neto e Dr. Fernando Flores Cardoso pela amizade, ensinamentos e esclarecimentos. Ao professor Rogério pelo incentivo e apoio para iniciar o mestrado. Ao colega Leandro Cardoso pela amizade, companheirismo, colaboração e incentivo. Aos colegas de laboratório de melhoramento genético animal, Fernanda Brito, Fernanda de Mello, Tatiana, Marta e Felipe pela colaboração e amizade. Aos meus pais Gilberto e Tania por tudo que fizeram por mim, pelo apoio e incentivo, mas principalmente pelo seu amor e dedicação. Aos meus irmãos Arthur e Diego pelo amor, amizade, apoio e companheirismo. Aos meus familiares pelo apoio e incentivo. À minha namorada Luciele pelo amor, incentivo, apoio e compreensão. Aos meus amigos pela amizade e incentivo. A CAPES pelo financiamento dos meus estudos. Ao meu amado Sport Club Internacional pelas alegrias, vitórias e títulos durante o período do mestrado. A todos aqueles que me auxiliaram para a realização deste trabalho.

# MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA NA ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO E PERSISTÊNCIA NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA <sup>1</sup>

Autor: Igor de Oliveira Biassus

Orientador: Prof. Jaime Araújo Cobuci

## RESUMO

Com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para as produções no dia do controle e para seis medidas para a persistência nas produções de leite, de gordura e de proteína, de vacas da raça Holandesa, do Estado de Minas Gerais, foram usados 56.508, 35.091 e 8.326 registros, de 7.015, 4.476 e 1.114 vacas, filhas de 6.089, 3.875 e 984 mães e 359, 246 e 90 touros, respectivamente para as produções no dia do controle, de leite, de gordura e de proteína. Foram ajustados modelos de regressão aleatória usando-se polinômios de Legendre com a ordem de 3 a 6. As herdabilidades variaram de 0,14 a 0,31, 0,03 a 0,21 e 0,09 a 0,33 para as produções de leite, de gordura e de proteína, respectivamente. As correlações genéticas variaram de 0,02 a 1,00, 0,34 a 1,00 e 0,42 a 1,00 e as correlações de ambiente permanente variaram de 0,02 a 0,99, -0,34 a 0,99 e -0,10 a 0,99, respectivamente para as produções de leite, de gordura e de proteína. As estimativas de herdabilidade para as persistências nas produções de leite, de gordura e de proteína variaram, respectivamente, de 0,04 a 0,32, 0,00 a 0,23 e 0,00 a 0,27. Os valores de correlações genéticas entre as medidas de persistência e as produções totais de leite, de gordura e de proteína variaram de -0,38 a 0,54, -0,39 a 0,97 e -0,78 a 0,67, respectivamente. Os modelos ajustados por polinômios de Legendre de maior ordem foram os mais adequados para as três características produtivas e a medida  $PS_2$  foi a mais apropriada para avaliação para a persistência das produções de leite, de gordura e de proteína, para animais da raça Holandesa em Minas Gerais.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (92p.). Julho 2009.

# **RANDOM REGRESSION MODELS IN THE GENETIC PARAMETERS ESTIMATION FOR PRODUCTION AND PERSISTENCY IN THE PRODUCTIVE TRAITS FROM THE COWS OF THE HOLSTEIN BREED <sup>1</sup>**

Author: Igor de Oliveira Biassus  
Adviser: Prof. Jaime Araújo Cobuci

## **ABSTRACT**

With the objective to estimate genetic parameters for the test-day yields and for six measures for the persistencies for milk, fat and protein yields from the cows of the Holstein breeds, in the State of Minas Gerais, were used 56,508, 35,091 and 8,326 records, from 7,015, 4,476 and 1,114 cows, sired by 6,089, 3,875 and 984 dams and 359, 246 and 90 bulls, respectively for milk, fat and protein test-day yields. Random regression models were adjusted by using Legendre polynomial with order from 3 to 6. The heritabilities ranged from 0.14 to 0.31, 0.03 to 0.21 and 0.09 to 0.33 for the milk, fat and protein yields, respectively. The genetic correlations ranged from 0.02 to 1.00, 0.34 to 1.00 and 0.42 to 1.00 and the permanent environmental correlations ranged from 0.02 to 0.99, -0.34 to 0.99 and -0.10 to 0.99, respectively for milk, fat and protein yields. The heritability estimates for the persistencies in the milk, fat and protein yields ranged, respectively, from 0.04 to 0.32, 0.00 to 0.23 and 0.00 to 0.27. The values of the genetic correlations among persistency measures and total milk, fat and protein yields ranged from -0.38 to 0.54, -0.39 to 0.97 and -0.78 to 0.67, respectively. The models adjusted for Legendre polynomials of higher order were the most adequate for the three productive traits and the  $PS_2$  measure was the most appropriated for evaluation for the persistencies for milk, fat and protein yields, for the animals of Holstein breed in the State of Minas Gerais.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (92p.). July 2009.

## SUMÁRIO

	Página
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Produção no dia do controle.....	4
2.2. Modelos de regressão aleatória.....	5
2.3. Avaliação do ajuste dos modelos.....	8
2.4. Persistência na lactação.....	10
<b>3. HIPÓTESES.....</b>	<b>13</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>15</b>
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	27
Conclusão.....	43
Literatura Citada.....	44
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>47</b>
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e métodos.....	52
Resultados e Discussão.....	57
Conclusão.....	65
Literatura Citada.....	66
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>68</b>
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>79</b>

VITA.....

92

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Informações contidas nos três arquivos, para as produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle.....	21
2. Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) para a produção de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, de vacas da raça Holandesa, de acordo com o número de dias em lactação (DIM) e modelos ajustados (M3 a M6).....	31
3. Valores de $-2\log$ da função de verossimilhança (L), do critério de informação de Akaike (AIC), do critério de informação Bayesiana (BIC) e da variância residual total (TRV), obtidos pelos diferentes modelos de regressão aleatória nas análises das produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle.....	42
4. Informações contidas nos três arquivos, para as produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle.....	53
5. Medidas de persistência ( $PS_1$ a $PS_6$ ) e produção em até 305 dias ( $P_{305}$ ) utilizadas neste estudo.....	55
6. Valores de $-2\log$ da função de verossimilhança (L), do critério de informação de Akaike (AIC), do critério de informação Bayesiana (BIC) e da variância residual total (TRV), obtidos pelos diferentes modelos de regressão aleatória nas análises das produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle.....	57
7. Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de leite no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6).....	58
8. Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de gordura no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6)	59
9. Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de proteína no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6).....	60

10.	Estimativas de herdabilidade para as diferentes medidas de persistência na produção de leite, gordura e proteína ( $PS_1$ a $PS_6$ ) e produção de leite, gordura e proteína em 305 dias ( $P_{305}$ ), obtidas pelos modelos de regressão aleatória (M3 a M6)	61
11.	Correlações genéticas entre as medidas de persistência nas produções de leite, de gordura e de proteína ( $PS_1$ a $PS_6$ ) e as produções de leite, de gordura e de proteína, em 305 dias, obtidas pelos diferentes modelos de regressão aleatória.....	63



## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Curvas de lactação com maior ( — ) e menor persistência na lactação ( — ).....	11
2. Produção de leite ao longo da lactação.....	21
3. Produção de gordura ao longo da lactação.....	22
4. Produção de proteína ao longo da lactação.....	22
5. Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de leite ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).....	27
6. Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de gordura ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).....	28
7. Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de proteína ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).....	29
8. Estimativas de herdabilidade para produção de leite ao longo da lactação.....	32
9. Estimativas de herdabilidade para produção de gordura ao longo da lactação.....	33
10. Estimativas de herdabilidade para produção de proteína ao longo da lactação.....	34
11. Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de leite ao longo da lactação.....	35
12. Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de gordura ao longo da lactação.....	36
13. Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de proteína ao longo da lactação.....	37
14. Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de leite ao longo da lactação.	38

15.	Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de gordura ao longo da lactação.....	39
16.	Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de proteína ao longo da lactação.....	40

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AIC	Critério de informação de Akaike
BIC	Critério de informação Bayesiano
DIM	Dias em lactação
g	Gramas
g <sup>2</sup>	Gramas ao quadrado
h <sup>2</sup>	Herdabilidade
kg	Quilogramas
kg <sup>2</sup>	Quilogramas ao quadrado
log (L)	Função da máxima verossimilhança
M3	Modelo de regressão aleatória ajustado pelos polinômios de Legendre de ordem 3
M4	Modelo de regressão aleatória ajustado pelos polinômios de Legendre de ordem 4
M5	Modelo de regressão aleatória ajustado pelos polinômios de Legendre de ordem 5
M6	Modelo de regressão aleatória ajustado pelos polinômios de Legendre de ordem 6
P <sub>305</sub>	Produção acumulada aos 305 dias
PS <sub>1</sub>	Primeira medida para a persistência
PS <sub>2</sub>	Segunda medida para a persistência
PS <sub>3</sub>	Terceira medida para a persistência
PS <sub>4</sub>	Quarta medida para a persistência
PS <sub>5</sub>	Quinta medida para a persistência
PS <sub>6</sub>	Sexta medida para a persistência
rG	Correlação genética

rP	Correlação de ambiente permanente
TRV	Variância residual total
VAP	Variância de ambiente permanente
Vg	Valor genético predito
VG	Variância genética aditiva
VF	Variância Fenotípica
VR	Variância Residual
$\Sigma$	Somatório

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação genética das características produtivas (leite, gordura e proteína) dos bovinos leiteiros é baseada na comparação de desempenho dos animais, em diferentes condições ambientais, geralmente utilizando a produção acumulada em 305 dias (P305). Essa produção acumulada é obtida com base em produções mensuradas nos dias em que ocorre o controle leiteiro (Jamrozik et al., 1997; Jamrozik & Schaeffer, 1997).

Entretanto, o uso das produções no dia do controle possibilita uma avaliação genética mais acurada por considerar efeitos ambientais específicos que podem estar influenciando o desempenho dos animais nos dias do controle (Jamrozik et al., 1997; Strabel & Jamrozik, 2002). Neste sentido, a metodologia comumente utilizada nas avaliações genética é a regressão aleatória.

Diferentemente das metodologias tradicionais (modelo de repetibilidade e modelo multicaracter), o modelo de regressão aleatória pressupõe concomitantemente que os registros produtivos do mesmo animal se referem a uma mesma característica e que há diferentes correlações genéticas entre esses registros.

A utilização dos modelos de regressão aleatória requer o uso de uma função para descrição dos efeitos fixos e aleatórios que atuam sobre as

características. Essa função pode ser uma função ortogonal, paramétrica ou de covariância (Cobuci et al., 2004), entretanto, os polinômios ortogonais de Legendre tem sido a função mais usada pela maioria dos estudos.

Segundo Strabel & Jamrozik et al. (2006), a associação dos modelos de regressão aleatória com as propriedades matemáticas de polinômios ortogonais permite uma simples e eficiente diferenciação entre produção e persistência na produção de leite. Esses modelos consideram fundamentalmente a existência de diferenças entre formatos das curvas de lactação dos animais (Bormann et al. 2003), constituindo, portanto, uma excelente ferramenta para avaliação de características produtivas como a persistência na produção de leite e de seus componentes gordura e proteína.

Devido a escassez de estudos sobre produção e persistência na de leite, gordura e proteína no dia do controle, principalmente, no Brasil, objetivou-se estimar parâmetros genéticos para produção e persistência na produção de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle de vacas primíparas da raça Holandesa, por meio de vários modelos de regressão aleatória, ajustados pela função polinomial de Legendre.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Produção no dia do controle**

Produção no dia do controle é o registro da produção medida durante um período de 24 horas, para uma determinada característica produtiva (Jamrozik et al., 1997; Jamrozik & Schaeffer, 1997). A produção de leite no dia do controle é obtida pela pesagem de todo o leite produzido, por um mesmo animal, enquanto, as produções de gordura e de proteína são obtidas por meio de análises laboratoriais.

As produções de leite, de gordura ou de proteína no dia do controle são os registros usados no cálculo da produção em 305 dias (Jamrozik et al., 1997; Jamrozik & Schaeffer, 1997), e essas produções acumuladas em até 305 dias são consideradas no processo de seleção para promover melhorias nas características produtivas em gado leiteiro (Jakobsen et al., 2002).

Os procedimentos usados nas avaliações genéticas são melhorados ao longo do tempo pelo uso de novas e diferentes metodologias (modelo de repetibilidade, modelo multicaracter, modelo de regressão aleatória), que normalmente utilizam os registros da produção no dia do controle ao invés da produção acumulada em 305 dias (Ptak & Schaeffer, 1993; Reents et al., 1995; Jamrozik et al., 1997; Schaeffer et al., 2000).



O uso das produções no dia do controle possibilita um ajuste mais preciso dos efeitos ambientais presentes em um determinado dia do controle (Ptak & Schaeffer, 1993; Visscher & Goddard, 1995; Swalve, 1995; Jamrozik et al., 1997; Zotto, 2000; Ledic et al., 2002; Strabel & Jamrozik, 2002; Strabel et al., 2005; Melo et al., 2007).

Atualmente, existe uma tendência em usar essas produções no dia do controle sob modelos de regressão aleatória (Mrode & Swanson, 2004). Esses modelos foram utilizados para estimar parâmetros genéticos para a produção de leite, de gordura e de proteína no dia do controle, por vários estudos (Jamrozik & Schaeffer, 1997; Lidauer & Mantysaari, 1999; Druet et al., 2003; Lidauer et al., 2003; Mayeres et al., 2004; Cobuci et al., 2005; Araújo et al., 2006; Costa et al., 2008).

## **2.2. Modelos de regressão aleatória**

A seleção de bovinos de leite baseia-se em registros de desempenho dos animais, coletadas a campo, e que muitas vezes provêm de características mensuradas várias vezes na vida do animal (chamados dados longitudinais), como produção de leite, de gordura ou de proteína. Do ponto de vista biológico, essas características são explicadas pela ação de diferentes genes que se expressam em diferentes idades do animal, causando alterações fisiológicas e, conseqüentemente, alterações no desempenho dos animais ao longo do tempo (Schaeffer, 2000).

Existem diferentes metodologias para análise de dados longitudinais, entre elas estão incluídos o modelo de repetibilidade, o modelo multicaracter e

modelo de regressão aleatória. O modelo de repetibilidade pressupõe correlação genética igual a um entre todos pares de registros de um mesmo animal e esses registros são considerados como a expressão da mesma característica. Por outro lado, o modelo multicaracter pressupõe diferentes correlações genéticas entre os registros, assumindo que cada registro é considerado como uma característica diferente. Finalmente, o modelo de regressão aleatória pressupõe que todos os registros do mesmo animal se referem a uma mesma característica, porém assumindo diferentes correlações genéticas entre esses registros, considerando que o caráter em questão pode estar mudando continua e gradualmente com o passar do tempo (Kirkpatrick et al., 1994).

Esse último modelo foi reconhecido como a alternativa mais apropriada por Schaeffer & Dekkers (1994) e Meyer (1998), para análise dos dados longitudinais, porque ele pode descrever quase que a totalidade da variação da característica, com menor número de parâmetros quando comparado ao modelo multicaracter (Huisman et al., 2002; Araújo et al., 2006).

Esse modelo foi inicialmente proposto por Henderson Jr. (1982) e Laird & Ware (1982), mas Schaeffer & Dekkers (1994) que sugeriram a sua aplicação na avaliação genética do gado leiteiro. Ele assume, implicitamente, uma estrutura de covariância entre as observações, determinada pelos coeficientes de regressão (Gengler et al., 2005) e caracterizada-se como uma função de covariância que é estimada diretamente dos dados (Jamrozik et al., 1998; Jakobsen et al., 2002; Samoré et al., 2002).

O modelo de regressão aleatória ajusta uma trajetória para todos os

indivíduos pertencentes a um mesmo nível de efeito fixo, e trajetórias aleatórias, uma para cada indivíduo (Resende et al., 2001), fornecendo uma modelagem mais completa das curvas de lactação dos animais (Bormann et al., 2003). A primeira trajetória descreve a forma geral da população ou da subpopulação, enquanto que a segunda descreve os desvios genéticos dos indivíduos em relação à primeira trajetória (Mercadante et al., 2002; El Faro & Albuquerque, 2003).

Assim, o modelo de regressão aleatória apresenta uma capacidade em descrever a expressão genética em diferentes períodos de tempo (Swalve, 2000; Jensen, 2001), permitindo a predição de valores genéticos para qualquer animal, para uma trajetória como um todo ou para qualquer ponto desejado na escala de tempo dentro dessa trajetória (Albuquerque, 2004).

Esse modelo viabiliza usar mais registros de um mesmo animal (Dionello et al., 2006) e informações de animais com lactação em andamento ou parcial (Costa et al., 2005). Além disso, não existe a necessidade de se utilizar ajustes ou projeção da produção em 305 dias (Ferreira et al., 2002), proporcionando uma maior acurácia na avaliação dos animais (Rekaya et al., 1999; Swalve, 2000; Jensen, 2001; Lin & Togashi, 2002; Dionello et al., 2006).

Tudo isso torna esses modelos bastante flexíveis e precisos (Jamrozik et al., 1997; Van Der Werf et al., 1998), possibilitando avaliações genéticas mais freqüentes e redução no intervalo entre gerações (Hill et al., 1995), além de possibilitar a avaliação da persistência na lactação (Jamrozik et al., 1997; Cobuci et al., 2006).

A utilização do modelo de regressão aleatória exige a escolha de

uma função para a descrição das trajetórias dos efeitos fixos e aleatórios (Cobuci et al., 2006), as quais pode ser funções ortogonais, paramétricas ou de covariância (Cobuci et al., 2004). Dentre essas funções, os polinômios ortogonais de Legendre têm sido os mais aplicados para características de produção em gado leiteiro (Liu et al., 2006).

Os polinômios ortogonais de Legendre são os mais apropriados para serem usados como covariáveis no ajuste desses modelos (Schaeffer, 2004), pois, entre outros benefícios, ajudam a evitar superestimação das variâncias genéticas e herdabilidades nos extremos da trajetória ou período da lactação (Rekaya et al., 1999; Brotherstone et al., 2000; López-Romero & Carabaño, 2003).

Estudos envolvendo modelos de regressão aleatória ajustados por diferentes funções relataram estimativas de herdabilidade de 0,11 a 0,56, 0,06 a 0,24 e 0,10 a 0,21, respectivamente, para as produções de leite, de gordura e de proteína (Lidauer & Mantysaari, 1999; Strabel & Misztal, 1999; Lidauer et al., 2003; Cobuci et al., 2004; Mayeres et al., 2004; Cobuci et al., 2005; Araújo et al., 2006; Costa et al., 2008). Dentre esses autores, Cobuci et al. (2004), Araújo et al. (2006) e Costa et al. (2008), no Brasil, descreveram os polinômios de Legendre como os mais adequados.

### **2.3. Avaliação do ajuste dos modelos**

As metodologias mais freqüentemente usadas na comparação quanto ao ajuste dos modelos são Variância residual total (TRV), Função da máxima verossimilhança ( $\log(L)$ ), Critério de informação de Akaike (AIC) e

Critério de informação Bayesiano (BIC). Quanto menor os valores obtidos por esses testes, melhor a qualidade do ajuste ou modelagem dos modelos (El Faro & Albuquerque, 2003; Guo & Schaeffer, 2002; Liu et al., 2006).

O valor da função de máxima verossimilhança pode ser um indicativo da qualidade do ajuste dos modelos, porém, esse método tende a favorecer os modelos mais complexos ou com maior número de parâmetros (Ducrocq, 2000; López-Romero & Carabaño, 2003).

Segundo Strabel et al. (2005), uma correção para o número de parâmetros usados pelo modelo pode ser aplicada, tal como acontece com os critérios de informação Bayesiano (Schwarz, 1998) e de informação de Akaike (Akaike, 1973). Nesses critérios, ocorrem penalizações dos modelos mais complexos como os que apresentam maior número de parâmetros (Guo & Schaeffer, 2002), sendo que no critério de informação Bayesiano a penalidade é mais rigorosa (El Faro & Albuquerque, 2003).

Liu et al. (2006) ao compararem vários modelos, por meio de diferentes critérios, observaram que cada critério indicou um determinado modelo como o que melhor se ajustou aos registros de produção de leite, indicando que a escolha do modelo com melhor qualidade de ajuste não é simples e muitas vezes as metodologias empregadas para esse fim levam a resultados contraditórios entre si. Esses autores propuseram então a formação de um índice que usa informações das diferentes metodologias de comparação de modelos como ferramenta auxiliar na indicação do modelo mais adequado ou com melhor qualidade de ajuste.

Outros critérios para a escolha do melhor modelo podem ser a

demanda computacional, flexibilidade e robustez do modelo (Druet et al., 2003; Cobuci et al., 2006).

#### **2.4. Persistência na lactação**

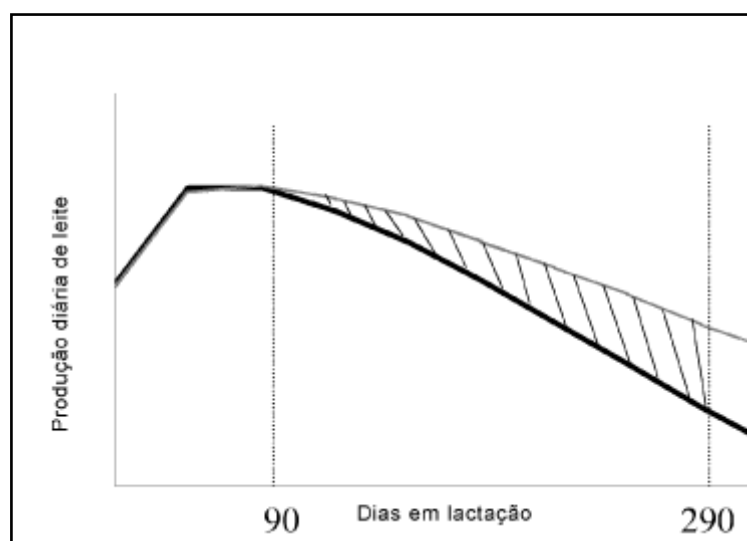
Conhecer a forma da curva de lactação dos animais de um rebanho pode resultar em melhor entendimento do sistema de produção e auxiliar o produtor a prever a produção de suas vacas a fim de tomar decisões quanto ao manejo dos animais (Madsen, 1975; Cobuci et al., 2001).

A curva de lactação pode ser dividida em três períodos, o primeiro período é ascendente e ocorre entre o parto e o pico de lactação, o segundo ocorre em torno do pico de lactação, e é relativamente constante, e o terceiro é descendente, indo do pico de lactação até o final da mesma (Cobuci et al., 2003).

De outra maneira, Ludwick & Petersen (1943) descrevem que a forma da curva é caracterizada por componentes como duração da lactação, persistência na lactação e pico de produção, compondo desse modo a produção total. Desses componentes, a persistência é o principal componente (Wood, 1967), pois é o componente que mais influencia o formato da curva de lactação (Gengler, 1996).

A persistência na lactação tem sido definida como a taxa de declínio na produção após seu pico ser atingido (Lin & Togashi, 2002; Cole & VanRaden, 2006), ou a capacidade da vaca em manter sua produção após atingir a produção máxima na lactação (Cobuci et al., 2003; Cobuci et al., 2004).

A Figura 1 ilustra graficamente essa característica e chama atenção para o ganho adicional na produção de leite, ou de gordura, ou de proteína (dado pela área hachurada) pela diferença no nível de persistência entre curvas de lactação dos animais.



Fonte: Cobuci et al.(2004)

Figura 1 - Curvas de lactação com maior (—) e menor persistência na produção (---).

De acordo com Sölkner & Fuchs (1987), existem indicativos de diferenças genéticas para persistência entre os animais, já que as vacas apresentam curvas de lactação distintas. Assim a seleção para a persistência pode ser vantajosa, já que a mesma constitui um elemento fundamental para produção total (Gengler, 1996; Grossman et al., 1999).

Em alguns países europeus, criadores procuram reduzir os custos de produção através da melhoria do nível de persistência na lactação (Teklerli et al., 2000; Jakobsen et al., 2002; Cobuci et al., 2003). Os rebanhos que possuem animais com curvas de lactação mais persistentes, a redução dos

custos pode ocorrer por meio da substituição, em parte, da alimentação concentrada pela volumosa (Sölkner & Fuchs, 1987), ou pela minimização de problemas relacionados com a saúde e/ou reprodução animal, além da produção adicional (Madsen, 1975; Sölkner & Fuchs, 1987; Reents et al., 1995; Dekkers et al., 1996, 1998; Grossman et al., 1999; Haile-Mariam et al., 2003; Harder et al., 2006).

No Brasil, poucos estudos envolveram avaliação da persistência na produção de leite (Cobuci et al., 2004 e Dorneles et al., 2009) e nenhum com a persistência na produção de gordura ou de proteína.

Estudos em diferentes países obtiveram de baixos a moderados valores de herdabilidade para persistência na produção de leite (0,05 a 0,27), de gordura (0,07 a 0,31), e de proteína (0,07 a 0,19) (Jakobsen et al., 2002; Cobuci et al., 2004; Cole & Vanraden, 2006; Strabel & Jamrozik, 2006; Dorneles et al., 2009), indicando viabilidade de seleção para tais características.



### **3. HIPÓTESES**

A qualidade do ajuste dos modelos de regressão aleatória depende de uma função adequada para descrever seus efeitos fixos e aleatórios.

A magnitude das estimativas dos componentes de covariância e conseqüentemente os parâmetros genéticos obtidos pelos modelos de regressão aleatória é dependente da qualidade desse ajuste.

A magnitude das estimativas dos parâmetros genéticos para persistência varia com a forma como é calculada e com a característica produtiva.

#### **4. OBJETIVOS**

Comparar o uso de modelos de regressão aleatória com polinômios de Legendre de diferentes ordens sobre as estimativas de componentes de covariância e parâmetros genéticos para produção e persistência na produção de leite, de gordura e de proteína.

Identificar as melhores medidas de persistência na produção de leite, de gordura e de proteína para uso em avaliação genética de animais da raça Holandesa.

## **CAPÍTULO II**

**Modelos de regressão aleatória na estimação de parâmetros genéticos para características produtivas de vacas primíparas da raça Holandesa <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Zootecnia (Apêndice 5).

## **Modelos de regressão aleatória na estimação de parâmetros genéticos para características produtivas de vacas primíparas da raça Holandesa**

**Igor de Oliveira Biassus<sup>1</sup>, Jaime Araújo Cobuci<sup>1,4</sup>, Cláudio Napolis Costa<sup>2,4</sup>, Paulo Roberto Nogara Rorato<sup>3,4</sup>, José Braccini Neto<sup>1</sup>, Leandro Lunardini Cardoso<sup>1</sup>**

**Resumo:** Com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para as produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, de vacas da raça Holandesa criadas no Estado de Minas Gerais, foram usados 56.508, 35.091 e 8.326 registros, de 7.015, 4.476 e 1.114 vacas, filhas de 6.089, 3.875 e 984 mães e 359, 246 e 90 touros, respectivamente para as produções de leite, de gordura e de proteína. Modelos de regressão aleatória com polinômios de Legendre de ordem 3 a 6 foram usados no ajuste dos efeitos genético aditivo e de ambiente permanente. As herdabilidades variaram de 0,14 a 0,31, 0,03 a 0,21 e 0,09 a 0,33, respectivamente para as produções de leite, de gordura e de proteína. As correlações genéticas entre os controles das produções de leite, de gordura e de proteína variaram de 0,02 a 1,00, 0,34 a 1,00 e 0,42 a 1,00 e as correlações de ambiente permanente variaram de 0,02 a 0,99, -0,34 a 0,99 e -0,10 a 0,99, respectivamente. Os modelos com maior ordem de ajuste dos polinômios de Legendre foram os mais adequados para uso nas três características produtivas.

**Palavras-chave:** dia do controle, herdabilidade, polinômios de Legendre, produção de gordura, produção de leite, produção de proteína

---

<sup>1</sup> UFRGS, Porto Alegre, RS, email: [ibiassus@yahoo.com.br](mailto:ibiassus@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora, MG

<sup>3</sup> UFSM, Santa Maria, RS

<sup>4</sup> Pesquisador do CNPq

## **Random regression models in the genetic parameters estimates for the productive traits from the primiparous cows of the Holstein breed**

**Abstract:** With the objective to estimate genetic parameters for milk, fat and protein yields in the test-day, from the cows of the Holstein breed raised in the State of Minas Gerais, were used 56,508, 35,091 and 8,326 records, of 7,015, 4,476 and 1,114 cows, sired by 6,089, 3,875 and 984 dams and 359, 246 and 90 bulls, respectively for milk, fat and protein yields. Random regression models with Legendre polynomials order from 3 to 6 were used in the adjustment, of genetic additive and permanent environmental effects. The heritabilities ranged from 0.14 to 0.31, 0.03 to 0.21 and 0.09 to 0.33, respectively for the milk, fat and protein yields. The genetic correlations among the controls for milk, fat and protein yields ranged from 0.02 to 1.00, 0.34 to 1.00 and 0.42 to 1.00 and the permanent environmental correlations ranged from 0.02 to 0.99, -0.34 to 0.99 and -0.10 to 0.99, respectively. The models with higher orders of adjustment of Legendre polynomials were more appropriate for the use in the three productive traits.

Keywords: herdability, Legendre polynomial, fat yield, milk yield, protein yield, test-day

## Introdução

A metodologia utilizada nas avaliações genética das características produtivas (leite, gordura e proteína) dos bovinos leiteiros baseada na produção acumulada em 305 dias vem sendo substituída por metodologias mais recentes que empregam a produção no dia do controle. Nesta ordem, os modelos de regressão aleatória está substituindo as metodologias tradicionais (por exemplo, os modelos de repetibilidade e multicaracter).

Diferentemente desses modelos, o modelo de regressão aleatória pressupõe concomitantemente que todos os registros produtivos do mesmo animal se referem a uma mesma característica e que as correlações genéticas entre esses registros não são constantes, portanto, diferentes da unidade.

Os modelos de regressão aleatória quando associados à produção no dia do controle permitem considerar efeitos ambientais específicos para cada controle leiteiro (Jamrozik et al., 1997; Strabel & Jamrozik, 2002), proporcionando maior acurácia na avaliação genética dos animais (Rekaya et al., 1999; Jensen, 2001; Lin & Togashi, 2002; Dionello et al., 2006), entre outras vantagens. Assim, esses modelos têm sido reconhecidos como a alternativa apropriada para a análise de registros que se repetem durante vida produtiva do animal (dados longitudinais).

A utilização desses modelos existe a escolha uma função matemática para descrever os efeitos fixos e aleatórios considerados pelo modelo, as quais podem ser funções ortogonais, paramétricas ou de covariância (Cobuci et al., 2004). Dentre essas funções, os polinômios ortogonais de Legendre têm sido os mais indicados para características de produção em bovinos leiteiros (Liu et al., 2006).

Estudos realizados no Brasil relataram que entre esses polinômios os de ordem quatro e cinco têm sido os preferidos para modelar os efeitos genéticos e não-genéticos que atuam a produção de leite (Costa et al., 2005, Cobuci et al., 2006 e Araujo et al.,

2006), entretanto, para as produções de gordura e proteína, nenhum estudo foi realizado.

Neste sentido, objetivou-se, neste estudo, estimar parâmetros genéticos para produção de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, de vacas primíparas da raça Holandesa, por meio de modelos de regressão aleatória com polinômios de Legendre de ordens três a seis, a fim de eleger os modelos mais adequados para uso em avaliações genéticas dessas características.

## **Material e Métodos**

Os registros de produção no dia do controle foram disponibilizados pelo Serviço de Controle Leiteiro e Genealógico da Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGH-MG). O arquivo de dados inicial continha 827.266 registros de produção, coletados entre os anos de 1989 e 2008, distribuídos da seguinte forma: 823.221 registros de produção de leite de 51.702 vacas, 648.433 registros de produção de gordura de 50.949 vacas, e 353.470 registros de produção de proteína de 35.381 vacas.

A edição das bases de dados resultou na eliminação de registros de animais com idade inferiores a 20 e superiores a 48 meses de idade ao parto; das produções de leite, de gordura e de proteína diária inferiores a 10,6 kg; 295g e 306 g, e superiores a 36,4 kg, a 1.246 g, e a 1.136 g, respectivamente; vacas filhas de reprodutores que não tivessem no mínimo duas filhas em pelo menos três rebanhos; grupos de contemporâneos com menos de 4 observações; vacas que não tivessem no mínimo 6 controles por lactação e que estes não tivessem sido coletados entre o 6° e o 305° dia após o parto; vacas que não fossem Holandesas, puras de origem ou puras por cruzamento.

Após a edição dos dados, definiram-se três novas bases de dados, correspondendo aos registros das produções de leite, das produções de gordura e das produções de proteína. Alguns detalhes sobre cada uma dessas três bases de dados estão descritos na Tabela 1.



Tabela 1 - Descrição das bases de dados  
 Table 1 - Description of the data base

	<b>Base 1</b> <i>Base 1</i>	<b>Base 2</b> <i>Base 2</i>	<b>Base 3</b> <i>Base 3</i>
Característica <i>Trait</i>	Leite <i>Milk</i>	Gordura <i>Fat</i>	Proteína <i>Protein</i>
Número de registros <i>Number of records</i>	56.508	35.091	8.326
Número de vacas <i>Number of cows</i>	7.015	4.476	1.114
Ano de nascimento <i>Year of birth</i>	1993 a 2005 <i>1993 to 2005</i>	1993 a 2005 <i>1993 to 2005</i>	1996 a 2005 <i>1996 to 2005</i>
Ano de parto <i>Year of calving</i>	1997 a 2007	1997 a 2007	1999 a 2007
Número de rebanhos <i>Number of herds</i>	211	154	51
Ano de Controle <i>Year of test</i>	1997 a 2008 <i>1997 to 2008</i>	1997 a 2008 <i>1997 to 2008</i>	1999 a 2008 <i>1999 to 2008</i>
Idade média da vaca no parto (meses) <i>Mean age of cow at calving (months)</i>	27,98	28,2	27,8
Produção média diária <i>Average daily yield</i>	23,64 kg	754 g	725 g

Os picos das produções de leite, de gordura e de proteína ocorreram próximos aos 60, 50 e 80 dias de lactação, respectivamente. As curvas de produção de leite, de gordura e de proteína estão representadas, respectivamente, nas Figuras 1, 2 e 3.

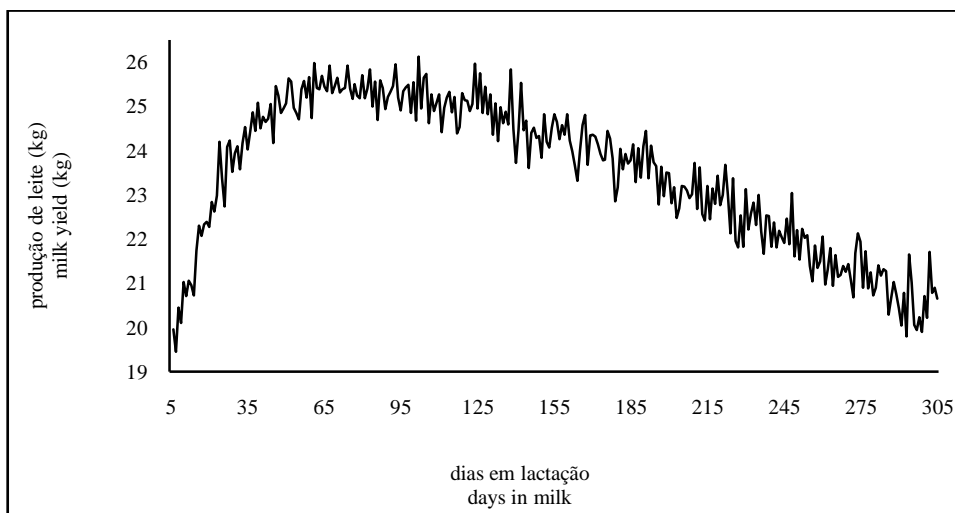


Figura 1 - Produção de leite ao longo da lactação.  
 Figure 1 - Milk yield along of lactation.

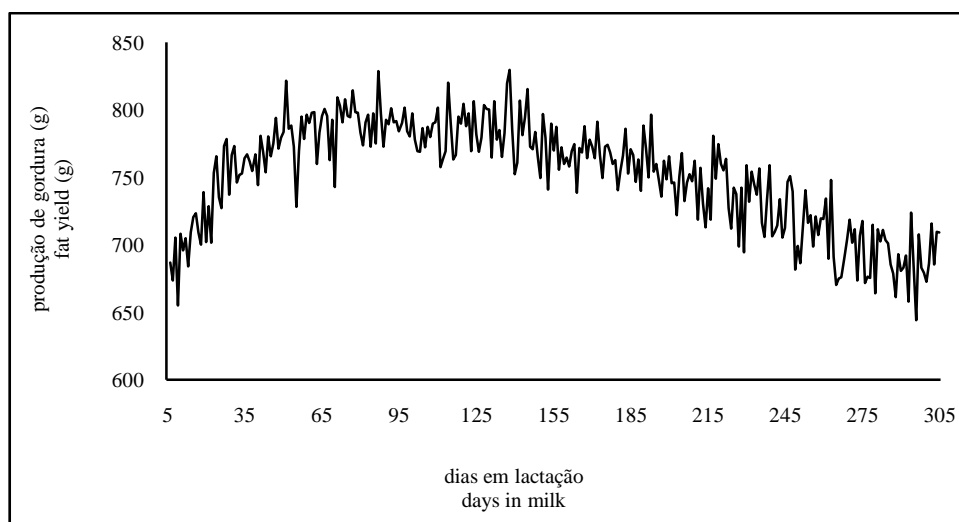


Figura 2 - Produção de gordura ao longo da lactação.  
*Figure 2 - Fat yield along of lactation.*

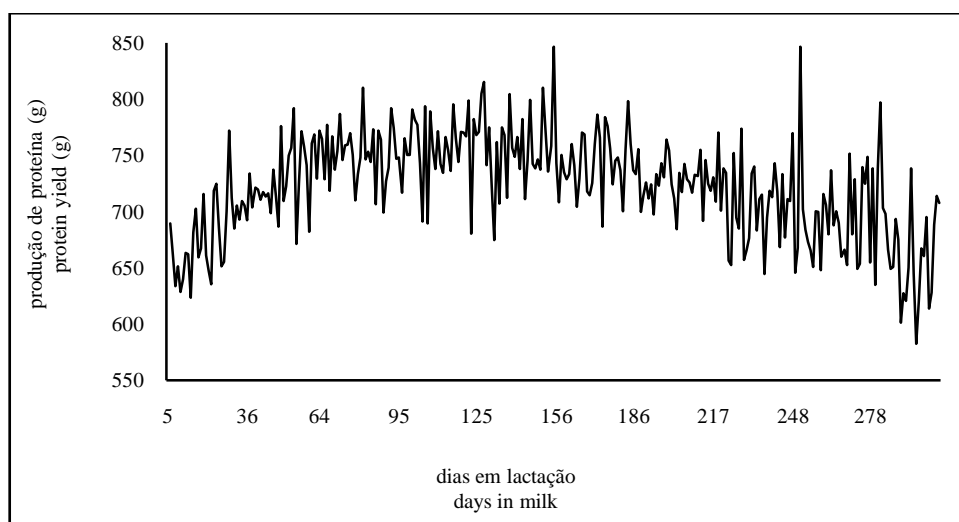


Figura 3 - Produção de proteína ao longo da lactação.  
*Figure 3 - Protein yield along of lactation.*

Foram definidas quatro classes de idade da vaca ao parto (20 a 25, 26 a 27, 28 a 30 e 31 a 48 meses) e quatro estações de parto (janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e outubro a dezembro). Essas classes quando combinadas entre si constituíram 16 classes de idade-estação ao parto, as quais foram incluídas no modelo de regressão aleatória, como efeito fixo.

Os grupos de contemporâneos foram definidos pelo agrupamento das variáveis:

rebanho, ano e mês de controle.

O modelo de regressão aleatória geral utilizado no ajuste das características produtivas foi:

$$y_{ijkl} = RAMC_i + \sum_{m=1}^n \beta_{km} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n a_{jm} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n p_{jm} Z_{jlm} + e_{ijkl},$$

em que  $y_{ijkl}$  é a produção (de leite, gordura ou proteína) na lactação  $l$  da vaca  $j$ , no dia  $t$  da lactação, dentro das classes  $i$  (rebanho-ano-mês do controle) e  $k$  (idade-estação de parto da vaca);  $RAMC_i$ , efeito fixo de rebanho-ano-mês do controle;  $\beta_{km}$ , vetor dos coeficientes de regressão fixos da produção (de leite, gordura ou proteína) no dia do controle que descreve a regressão fixa dentro das classes de idade-estação de parto da vaca;  $a_{jm}$  e  $p_{jm}$ , vetores dos coeficientes de regressão aleatória que descrevem, respectivamente, os efeitos genético aditivo e permanente de ambiente que atuam sobre a produção de cada animal;  $e_{ijkl}$ , efeito aleatório residual associado a  $y_{ijkl}$ ;  $Z_{jlm}$ , vetor de covariáveis específicas que representa o polinômio de Legendre, em que  $m$  é o  $m$ -ésimo parâmetro dos polinômios de Legendre de ordens 3, 4, 5 ou 6.

Os modelos incluíram duas estruturas de covariâncias dos coeficientes de regressão aleatória (uma para o efeito genético aditivo de animal e outra para o efeito de ambiente permanente). Os componentes de covariância foram estimados pelo uso do programa REMLF90 (Misztal, 2005), que utiliza a metodologia da máxima verossimilhança restrita (REML). As covariâncias genéticas e de ambiente permanente da produção de leite, de gordura ou de proteína, em diferentes períodos da lactação, são obtidas pela multiplicação das matrizes de covariância pelos vetores contendo as covariáveis específicas (coeficientes) que descrevem as curvas de lactação aleatórias (individuais) dos animais.

Assim, as estimativas de variâncias genéticas  $\hat{\sigma}_a^2$  e de ambiente permanente  $\hat{\sigma}_{ep}^2$  para produção de leite, de gordura ou de proteína em um período  $t$  qualquer da lactação (em dias) são dadas por:

$$\hat{\sigma}_{a(tt)}^2 = z_t' \hat{G} z_t \text{ e}$$

$$\hat{\sigma}_{ep(tt)}^2 = z_t' \hat{P} z_t ,$$

em que  $\hat{G}$  e  $\hat{P}$  são respectivamente matrizes de covariâncias genética e de ambiente permanente entre os coeficientes de regressão aleatória,  $z_t$  é o vetor de covariáveis pertinente ao controle específico medido no período  $t$  da lactação (em dias).

As estimativas de covariâncias genética e de ambiente permanente, entre dois controles, em um período  $t$  qualquer da lactação (em dias) são dadas por:

$$\hat{\sigma}_{a(t't)}^2 = z_{t'}' \hat{G} z_t ,$$

$$\hat{\sigma}_{ep(t't)}^2 = z_{t'}' \hat{P} z_t ,$$

em que  $\hat{G}$ ,  $\hat{P}$  e  $z_t$  são como descritos anteriormente e  $z_{t'}$  é o transposto de  $z_t$ , para  $t' \neq t$ .

As estimativas de herdabilidade para produção de leite, gordura ou proteína no dia do controle são obtidas por:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_{a(tt)}^2}{\hat{\sigma}_{a(tt)}^2 + \hat{\sigma}_{ep(tt)}^2 + \hat{\sigma}_e^2} ,$$

em que  $\hat{\sigma}_{a(tt)}^2$  é a variância genética aditiva,  $\hat{\sigma}_{ep(tt)}^2$  é a variância de ambiente permanente e  $\hat{\sigma}_e^2$  é a variância residual (considerada constante ao longo de toda a lactação).

As estimativas de correlações genéticas e de ambiente permanente entre

produções nos controles  $t'$  e  $t$  são dadas por:

$$rG_{t't} = \frac{\hat{\sigma}_{a(t't)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a(t't')}^2 * \hat{\sigma}_{a(tt)}^2}},$$

$$rP_{t't} = \frac{\hat{\sigma}_{ep(t't)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{ep(t't')}^2 * \hat{\sigma}_{ep(tt)}^2}},$$

em que  $t'$  e  $t$  são períodos de tempo (em dias) de produção após o parto;  $\hat{\sigma}_{ep(t't')}^2$  e  $\hat{\sigma}_{ep(tt)}^2$  são as variâncias de ambiente permanente;  $\hat{\sigma}_{a(t't')}^2$  e  $\hat{\sigma}_{a(tt)}^2$  são as variâncias genéticas;  $\hat{\sigma}_{a(t't)}$  e  $\hat{\sigma}_{ep(t't)}$  são as covariâncias genética e de ambiente permanente, respectivamente.

Os modelos foram denominados de M3, M4, M5 e M6 quando foram utilizados, respectivamente, os polinômios de Legendre de ordem 3, 4, 5 ou 6, para modelagem das curvas aleatórias de produção dos animais (referente aos efeitos genético e permanente de ambiente), assim como na modelagem das curvas fixa de produção (médias) dos animais pertencentes as classes de idade-estação do parto da vaca previamente determinada.

Os modelos foram comparados quanto à qualidade de ajuste por meio dos seguintes testes:

- 1) Variância Residual Total ( $TRV$ ) =  $\sum_{t=6}^{305} \sigma_{e_t}^2$ ;
- 2) Função de Verossimilhança;
- 3) Critério de Informação de Akaike ( $AIC$ ) =  $-2 \log(ML) + 2p$  (Akaike, 1973)
- 4) Critério de Informação Bayesiano:  $BIC = -2 \log(ML) + p * \log(n)$  (Schwarz, 1998);

em que  $p$  é o número de parâmetros no modelo;  $\hat{\sigma}_e^2$  é a variância residual, e  $n$  é o número de observações que contribuíram para a máxima verossimilhança (ML),  $\Sigma$  é o

somatório,  $\log$  é a função logarítmica e  $-2\log(\text{ML})$  é o valor da função de verossimilhança para o modelo e  $t$  é o período de tempo qualquer da lactação.

## Resultados e Discussão

As estimativas da variância genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF), para a produção de leite, de gordura e de proteína durante o período da lactação, estão representadas nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

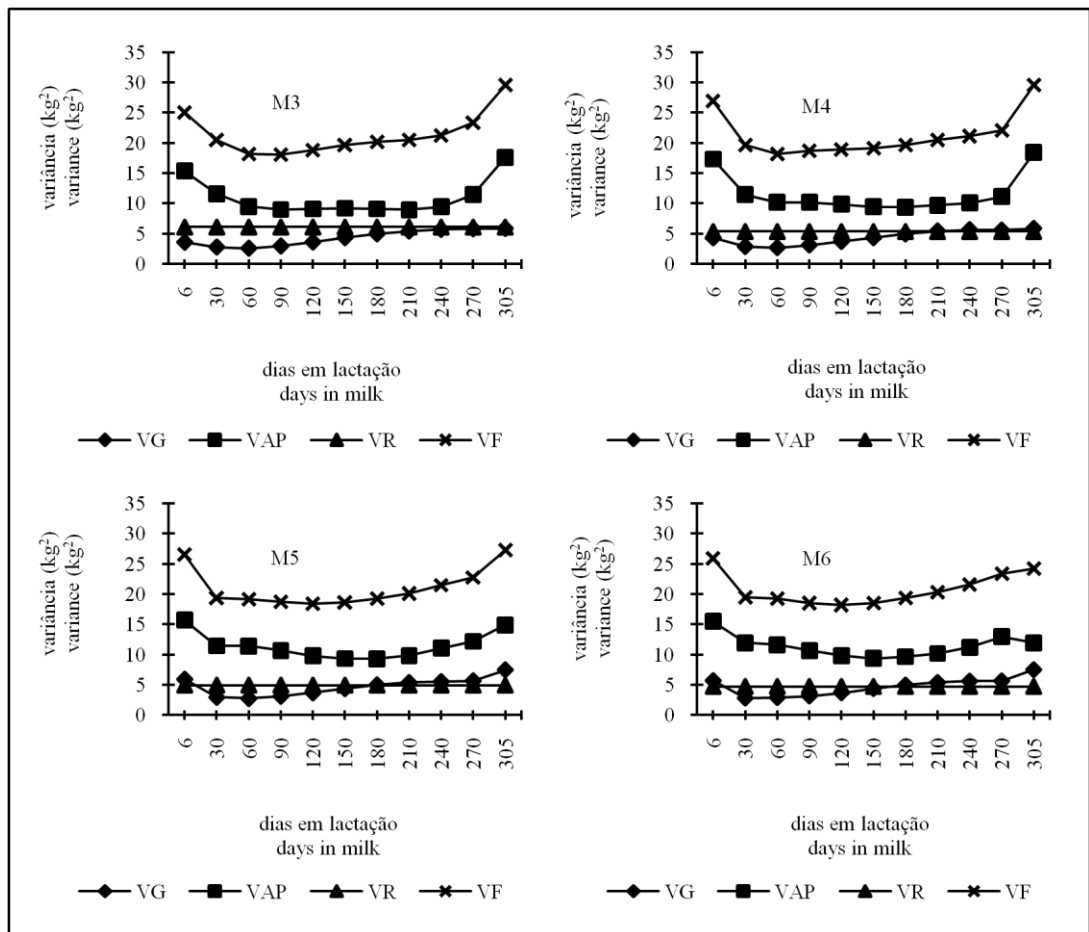


Figura 4 - Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de leite ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).

Figure 4 - Additive genetic (VG), permanent environmental (VAP), residual (VR) and phenotypic (VF) variances estimates for milk yield along of lactation, obtained for different models (M3 to M6).

As estimativas de variâncias obtidas para a produção de leite no dia do controle (Figura 4), pelos modelos M3, M4, M5 e M6, variaram, respectivamente, de 2,60 a 5,83

$\text{kg}^2$ , 2,68 a 5,84  $\text{kg}^2$ , 2,74 a 7,46  $\text{kg}^2$ , 2,78 a 7,53  $\text{kg}^2$ , para a variância genética aditiva; de 8,97 a 17,63  $\text{kg}^2$ , 9,38 a 18,40  $\text{kg}^2$ , 9,28 a 15,70  $\text{kg}^2$ , 9,38 a 15,49  $\text{kg}^2$ , para a variância de ambiente permanente; e de 17,69 a 29,58  $\text{kg}^2$ , 17,42 a 29,6  $\text{kg}^2$ , 16,96 a 28,1  $\text{kg}^2$ , 16,88 a 27,74  $\text{kg}^2$ , para a variância fenotípica. A variância residual estimada pelos modelos M3, M4, M5 e M6 foram 6,12  $\text{kg}^2$ , 5,36  $\text{kg}^2$ , 4,94  $\text{kg}^2$ , 4,72  $\text{kg}^2$ , respectivamente.

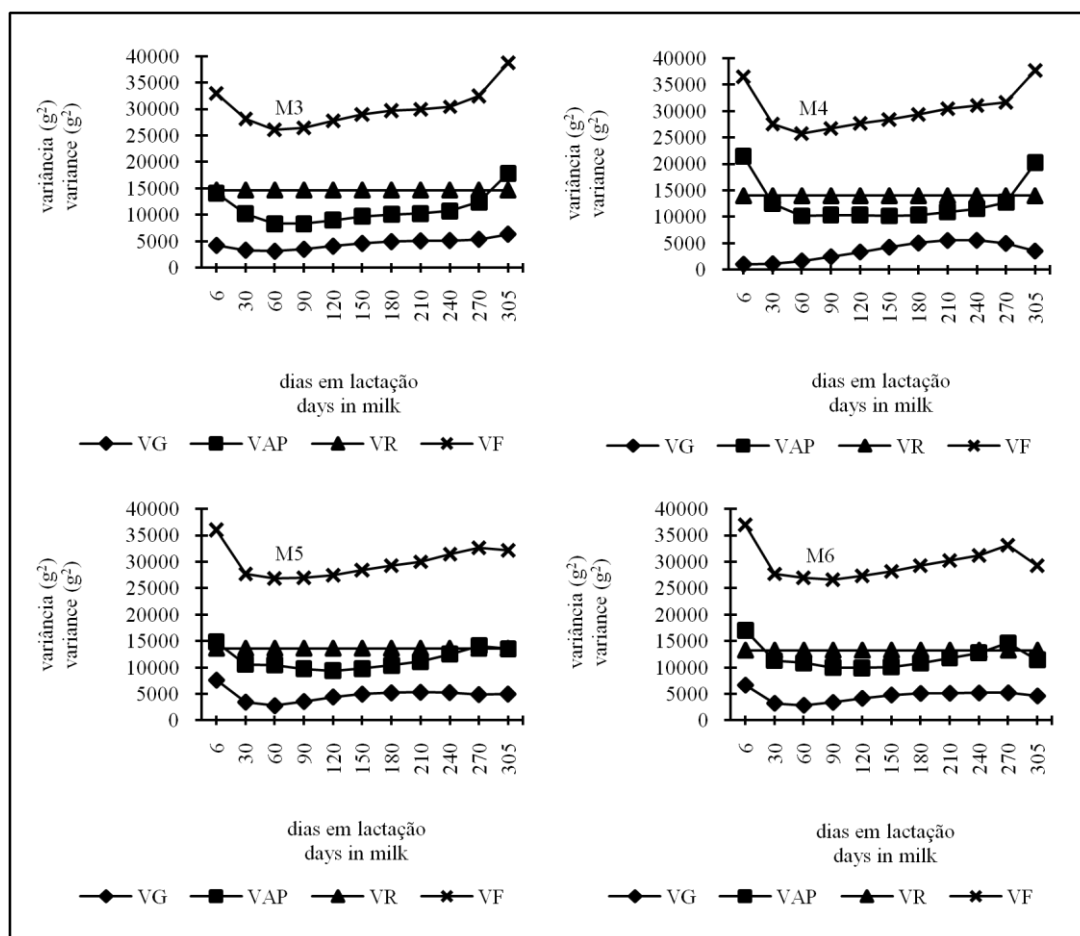


Figura 5 - Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de gordura ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).

Figure 5 - Additive genetic (VG), permanent environmental (VAP), residual (VR) and phenotypic (VF) variances estimates for fat yield along of lactation, obtained for different models (M3 to M6).

As estimativas de variâncias estimadas para a produção de gordura no dia do



controle (Figura 5), pelos modelos M3, M4, M5 e M6, variaram, respectivamente, de 3127,55 a 6298,62  $g^2$ , 994,69 a 5562,24  $g^2$ , 2774,17 a 7602,24  $g^2$ , 2832,36 a 6703,12  $g^2$ , para a variância genética aditiva; de 8297,32 a 17836,82  $g^2$ , 10155,58 a 21487,58  $g^2$ , 9375,16 a 14826,11  $g^2$ , 9901,14 a 17048,79  $g^2$ , para a variância de ambiente permanente; e de 26084,87 a 38795,44  $g^2$ , 25150,27 a 41049,82  $g^2$ , 25769,33 a 36048,35  $g^2$ , 25983,5 a 37001,91  $g^2$ , para a variância fenotípica. A variância residual estimada pelos modelos M3, M4, M5 e M6 foram 14660  $g^2$ , 14000  $g^2$ , 13620  $g^2$ , 13250  $g^2$ , respectivamente.

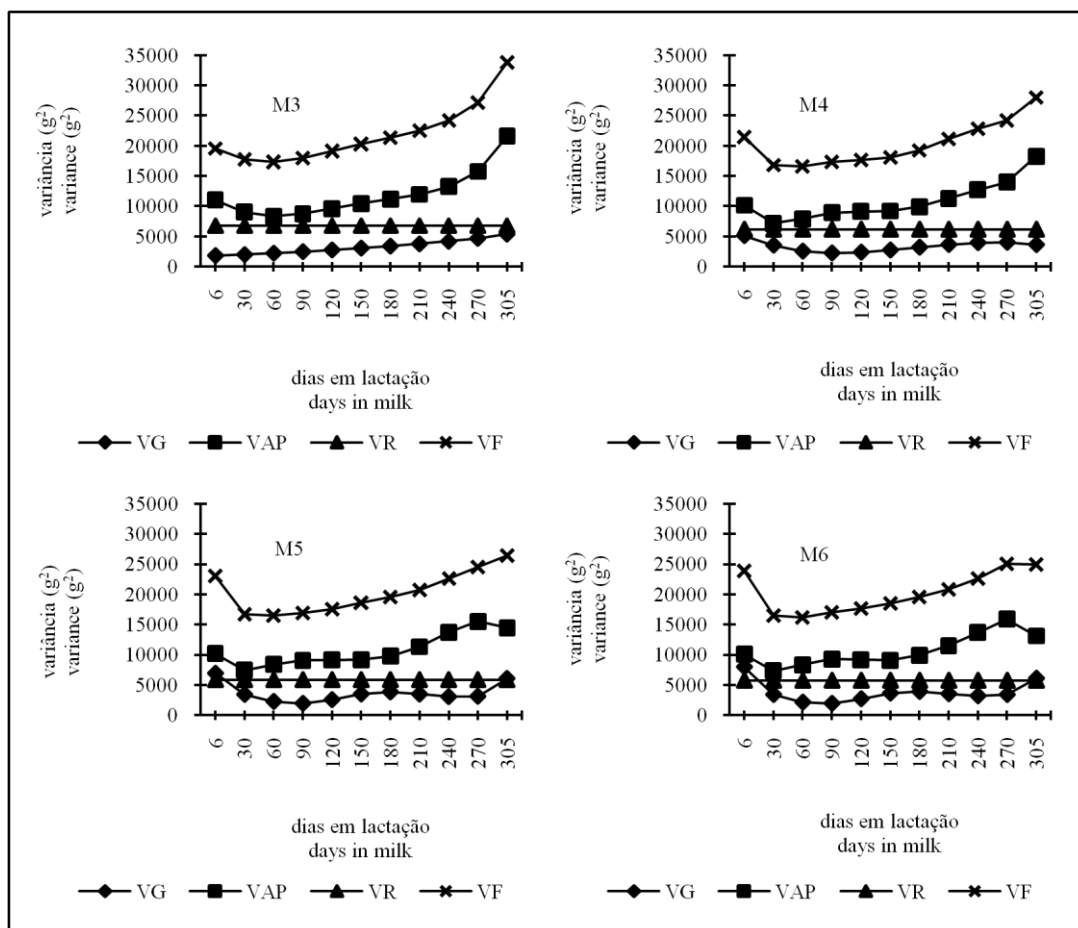


Figura 6 - Estimativas de variâncias genética aditiva (VG), de ambiente permanente (VAP), residual (VR) e fenotípica (VF) para a produção de proteína ao longo da lactação, obtidas por diferentes modelos (M3 a M6).

Figure 6 - Additive genetic (VG), permanent environmental (VAP), residual (VR) and phenotypic (VF) variances estimates for protein yield along of lactation, obtained for different models (M3 to M6).

As estimativas de variâncias estimadas para a produção de proteína no dia do controle (Figura 6), pelos modelos M3, M4, M5 e M6, variaram, respectivamente, de 1806,99 a 5395,34 g<sup>2</sup>, 2250,76 a 5126,75 g<sup>2</sup>, 1959,86 a 6961,20 g<sup>2</sup>, 1936,88 a 7979,51 g<sup>2</sup>, para a variância genética aditiva; de 8315,75 a 21607,87 g<sup>2</sup>, 7145,35 a 18249,11 g<sup>2</sup>, 7430,40 a 15532,11 g<sup>2</sup>, 7325,06 a 15875,77 g<sup>2</sup>, para a variância de ambiente permanente; e de 16887,74 a 33768,21 g<sup>2</sup>, 15557,11 a 29536,86 g<sup>2</sup>, 15270,26 a 28373,31 g<sup>2</sup>, 15035,94 a 29629,28 g<sup>2</sup>, para a variância fenotípica. A variância residual obtida pelos modelos M3, M4, M5 e M6 foram 6765 g<sup>2</sup>, 6161 g<sup>2</sup>, 5880 g<sup>2</sup>, 5774 g<sup>2</sup>, respectivamente.

Em geral, as estimativas das variâncias das produções no dia do controle, para os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente, demonstraram padrão semelhante entre modelos.

A diminuição na variabilidade genética no período inicial da lactação tem sido comumente observada nos estudos com a raça Holandesa (Jamrozik, et al., 1997; Berry et al., 2003 e Costa et al., 2008).

As maiores estimativas de variância de ambiente permanente foram observadas no período inicial e final da lactação (Figuras 4, 5 e 6). Esses resultados concordam parcialmente com Ludwick & Petersen (1943), os quais relataram que os fatores não-genéticos tendem a influenciar, de forma mais expressiva, a produção de leite durante as primeiras semanas da lactação.

Segundo López-Romero & Carabaño (2003) as diferenças entre modelos, para variâncias, são mais comumente observadas nos períodos extremos da lactação.

Embora a variância residual seja heterogênea entre determinados estádios de lactação, a adoção de variância residual homogênea, pelos modelos, é uma opção parcimoniosa para ajuste das produções no dia do controle, no Brasil (Costa et al.,

2008).

As estimativas de herdabilidade, obtidas para a produção de leite, de gordura e de proteína, ao longo da lactação, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) para a produção de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, de vacas da raça Holandesa, de acordo com o número de dias em lactação (DIM) e modelos ajustados (M3 a M6)

*Table 2 – Heritability estimates ( $h^2$ ) for the milk, fat and protein yield, in the test-day, of cows from of Holsteins breed, according with the number of days in milk (DIM) and models adjusted (M3 to M6)*

MODELO <i>Model</i>		M3	M4	M5	M6
Característica <i>Trait</i>	(DIM)	Herdabilidade <i>Heritability</i>			
Leite <i>Milk</i>	6	0,14	0,16	0,22	0,22
	30	0,14	0,15	0,15	0,14
	60	0,14	0,15	0,14	0,15
	90	0,16	0,17	0,17	0,17
	120	0,19	0,20	0,20	0,20
	150	0,22	0,23	0,23	0,24
	180	0,25	0,25	0,26	0,26
	210	0,26	0,26	0,27	0,27
	240	0,27	0,27	0,26	0,26
	270	0,25	0,25	0,25	0,24
	305	0,20	0,20	0,27	0,31
Gordura <i>Fat</i>	6	0,13	0,03	0,21	0,18
	30	0,12	0,04	0,12	0,12
	60	0,12	0,06	0,10	0,11
	90	0,13	0,09	0,13	0,13
	120	0,15	0,12	0,16	0,15
	150	0,16	0,15	0,17	0,17
	180	0,17	0,17	0,18	0,17
	210	0,17	0,18	0,18	0,17
	240	0,17	0,18	0,17	0,17
	270	0,17	0,16	0,15	0,16
	305	0,16	0,09	0,15	0,16
Proteína <i>Protein</i>	6	0,09	0,24	0,30	0,33
	30	0,11	0,21	0,21	0,21
	60	0,13	0,15	0,14	0,13
	90	0,14	0,13	0,12	0,11
	120	0,14	0,13	0,15	0,15
	150	0,15	0,15	0,19	0,20
	180	0,16	0,17	0,20	0,20
	210	0,17	0,17	0,17	0,17
	240	0,17	0,17	0,14	0,14
	270	0,17	0,17	0,13	0,14
	305	0,16	0,13	0,23	0,24

As estimativas de herdabilidade para produção de leite durante a lactação revelam uma grande semelhança entre modelos M3 a M6 (Figura 7).

De modo geral, observou-se um gradual aumento das herdabilidades para a produção de leite no decorrer da lactação. O aumento nas estimativas de herdabilidade está associado tanto ao aumento da variância genética aditiva como às pequenas

reduções da variância de ambiente permanente.

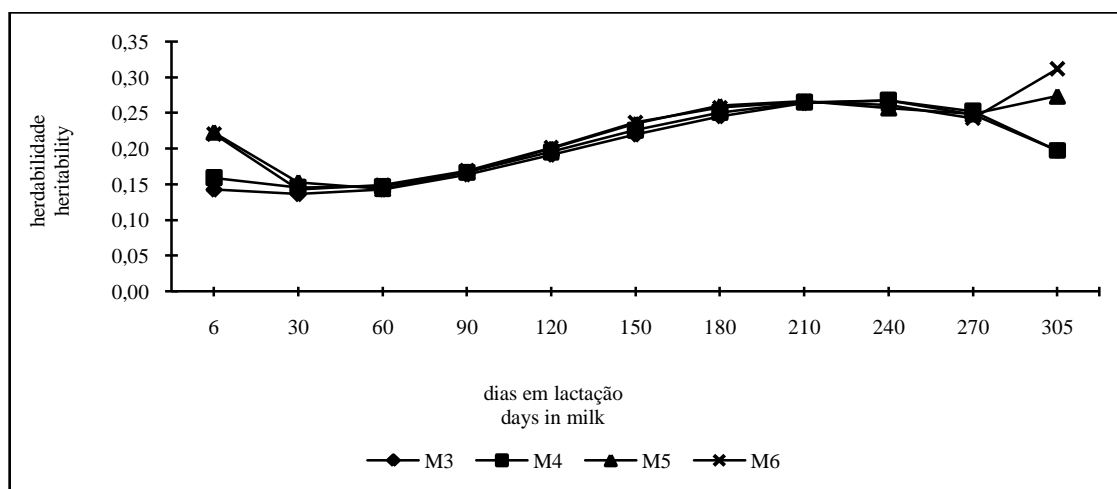


Figura 7 - Estimativas de herdabilidade para produção de leite ao longo da lactação.  
 Figure 7 - Heritability estimates ( $h^2$ ) for milk yield along of lactation.

A tendência de aumento das estimativas de herdabilidade, para a produção de leite, concorda com as encontradas por Druet et al. (2003), Cobuci et al. (2005), Araújo et al. (2006), para a raça Holandesa. As amplitudes das estimativas obtidas nesse trabalho são semelhantes às relatadas por outros estudos, as quais variaram de 0,11 a 0,42 (Araújo et al., 2006; Cobuci et al., 2005; Costa et al., 2008; Druet et al., 2003; Mayeres et al., 2004).

Semelhantemente às estimativas de herdabilidade para a produção de leite, as estimativas para a produção de gordura apresentaram valores crescentes em quase todo o período de lactação, com maior variação entre os modelos (Figura 8). Conforme relatado por López-Romero & Carabaño (2003) maiores diferenças nas estimativas entre modelos foram observadas nos períodos extremos da lactação, destacando-se, nesse caso, o início da lactação.

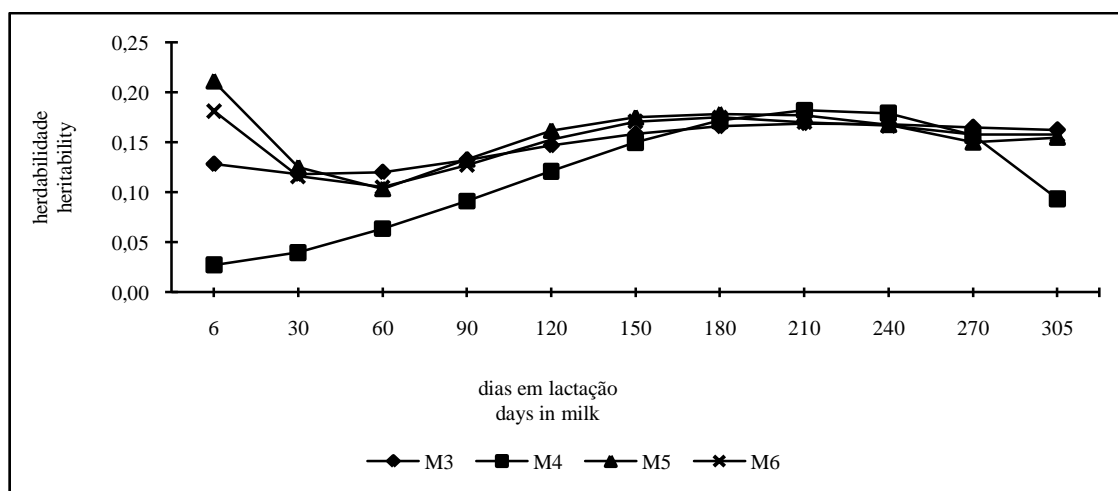


Figura 8 - Estimativas de herdabilidade para produção de gordura ao longo da lactação.  
 Figure 8 - Heritability estimates ( $h^2$ ) for fat yield along of lactation.

Os valores das estimativas de herdabilidade para a produção de gordura situam-se nas amplitudes encontradas por outros estudos, as quais variaram de 0,06 a 0,68 (Jamrozik & Schaeffer, 1997; Lidauer et al., 2003; Lidauer & Mäntysaari, 1999).

A trajetória das estimativas de herdabilidade para a produção de proteína foi semelhante à trajetória das estimativas para a produção de gordura, apresentando, entre modelos, valores distintos no período inicial e final da lactação (Figura 9).

Os valores de herdabilidade para a produção de proteína são semelhantes aos encontradas por Jamrozik & Schaeffer, 1997; Lidauer & Mäntysaari, 1999; Lidauer et al., 2003, as quais variaram entre 0,10 e 0,69.

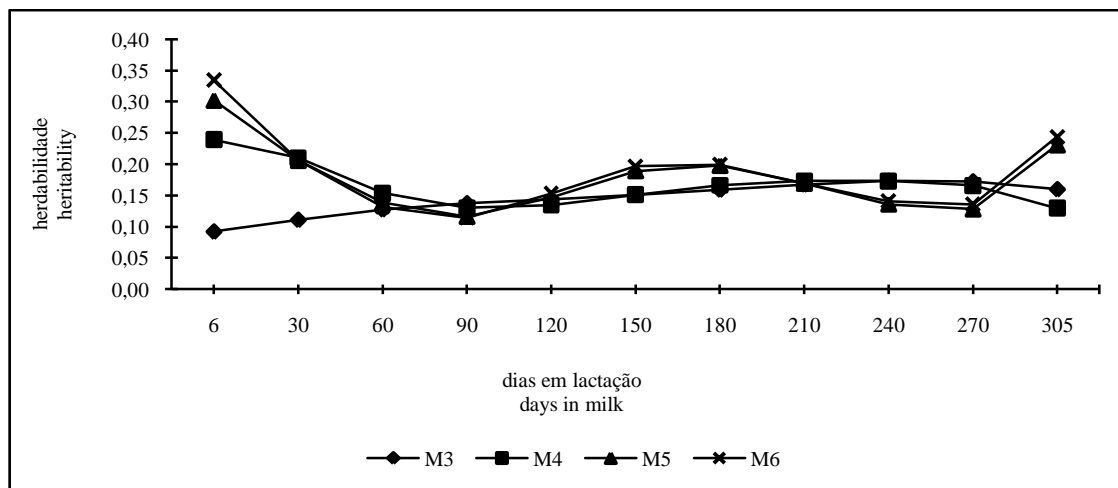


Figura 9 - Estimativas de herdabilidade para produção de proteína ao longo da lactação.  
 Figure 9 - Heritability estimates ( $h^2$ ) for protein yield along of lactation.

As estimativas das correlações genéticas e de ambiente permanente entre os controles, para as produções de leite, de gordura e de proteína, obtidas pelos modelos M3 a M6 para alguns dias selecionados de lactação, são representados nas Figuras 10 a 15.

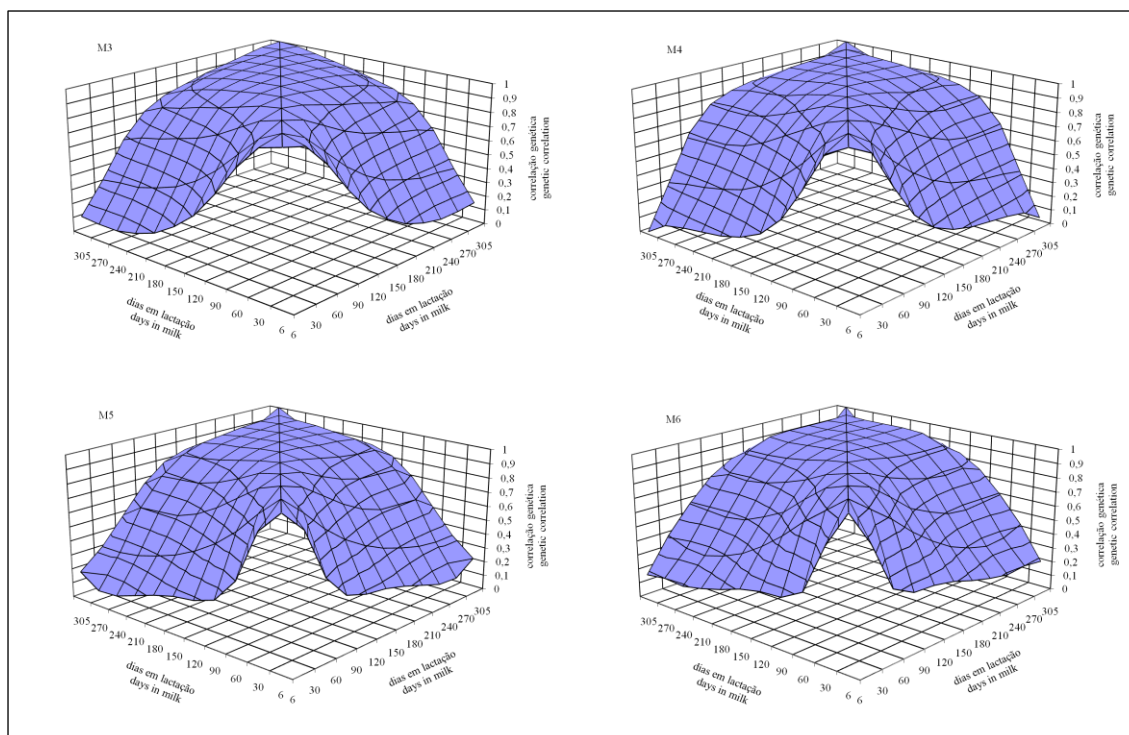


Figura 10 - Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de leite ao longo da lactação.

*Figure 10 - Genetic correlation estimates between test-day milk yield along of lactation.*

As estimativas de correlação genética para a produção de leite apresentaram valores entre 0,12 e 1,00, 0,02 e 1,00, 0,11 e 1,00 e 0,18 e 1,00, para controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.

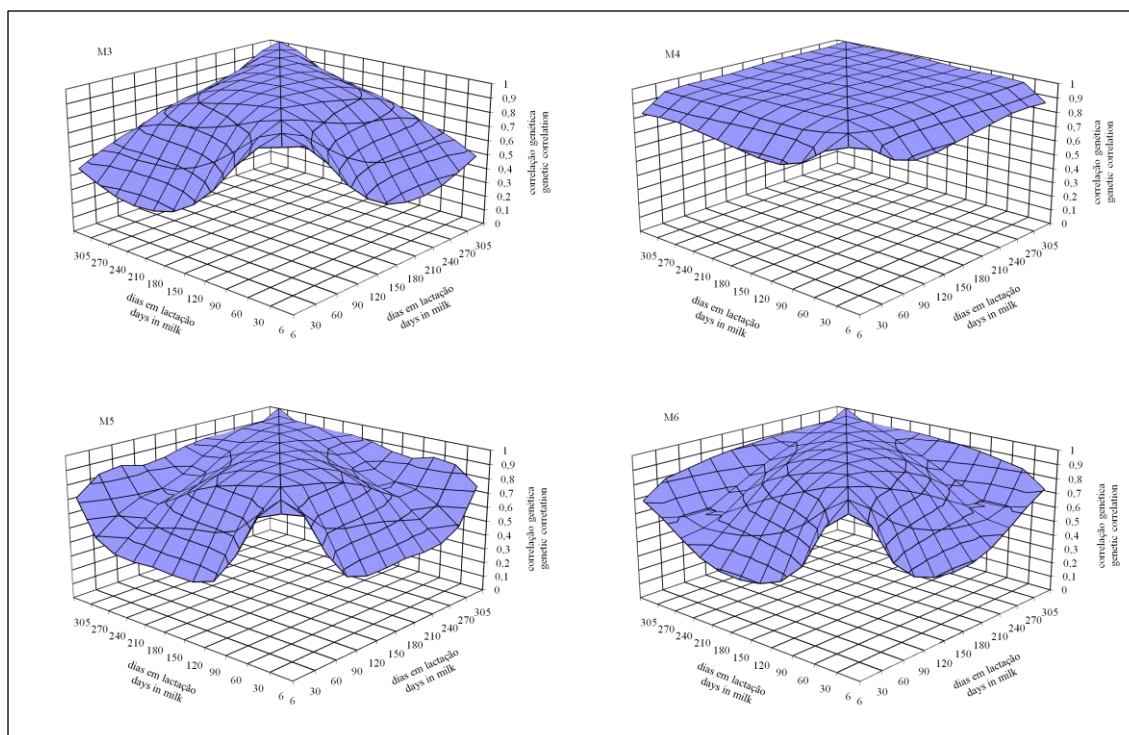


Figura 11 - Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de gordura ao longo da lactação.

*Figure 11 - Genetic correlation estimates between test-day fat yield along of lactation.*

Estimativas de correlação genética para a produção de gordura apresentaram valores de 0,34 a 0,99, 0,78 a 1,00, 0,41 a 1,00 e 0,38 a 0,99, entre controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.



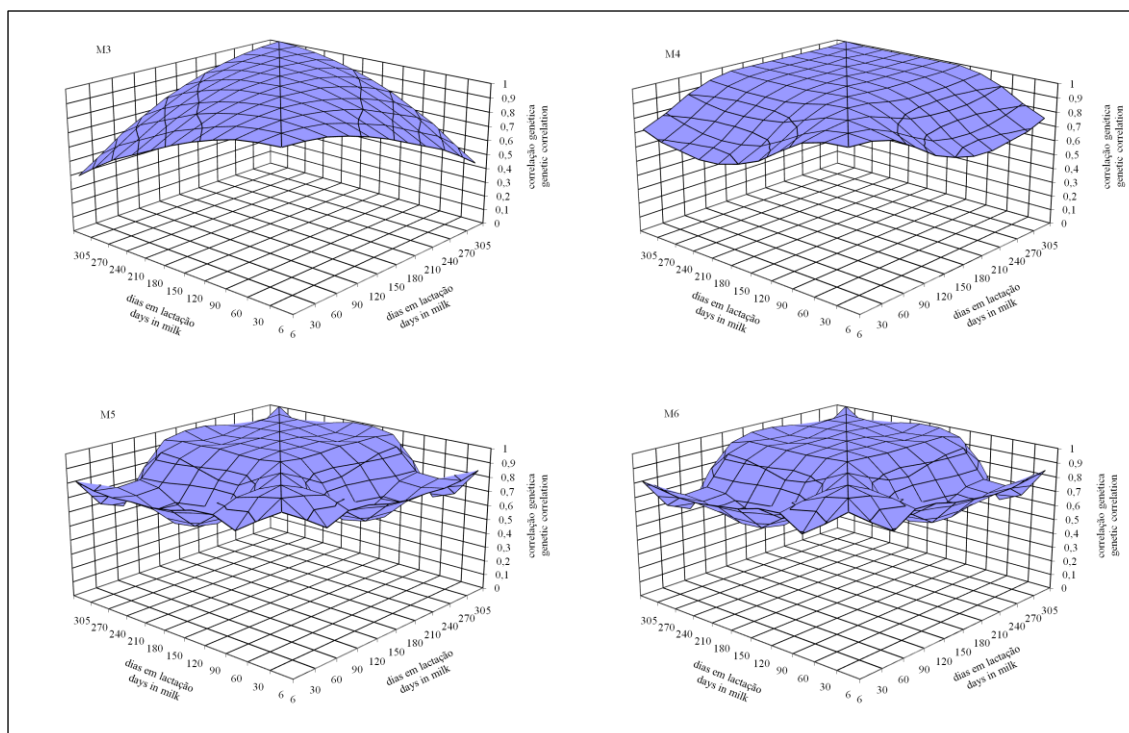


Figura 12 - Estimativas de correlação genética entre controles leiteiros das produções de proteína ao longo da lactação.

*Figure 12 - Genetic correlation estimates between test-day protein yield along of lactation.*

As estimativas de correlação genética para a produção de proteína apresentaram valores variando de 0,42 a 0,99, 0,65 a 1,00, 0,57 a 1,00 e 0,55 a 1,00 entre controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.

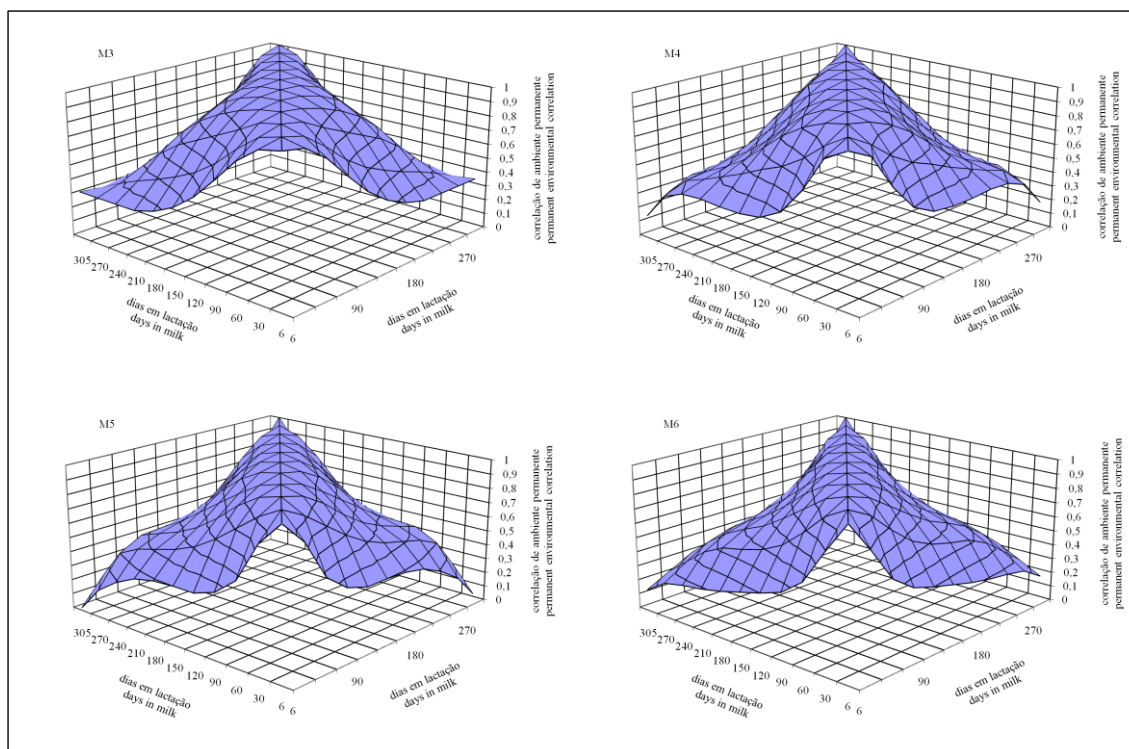


Figura 13 - Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de leite ao longo da lactação.

*Figure 13 - Permanent environmental correlation estimates between test-day milk yield along of lactation.*

As estimativas de correlação de ambiente permanente para a produção de leite apresentaram valores entre 0,27 e 0,99, 0,16 e 0,98, 0,02 e 0,97 e 0,15 e 0,96, para controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.

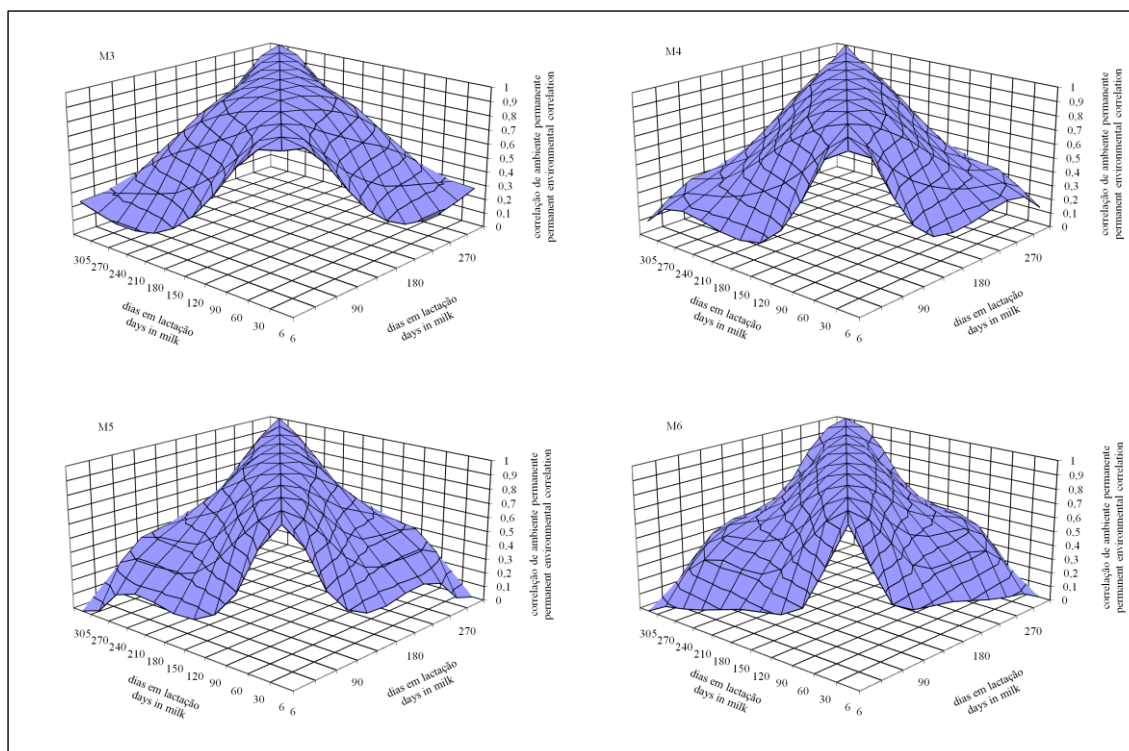


Figura 14 - Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de gordura ao longo da lactação.

*Figure 14 - Permanent environmental correlation estimates between test-day fat yield along of lactation.*

Estimativas de correlação de ambiente permanente para a produção de gordura apresentaram valores de 0,19 a 0,99, 0,12 a 0,97, -0,34 a 0,97 e 0,00 a 0,96, entre controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.

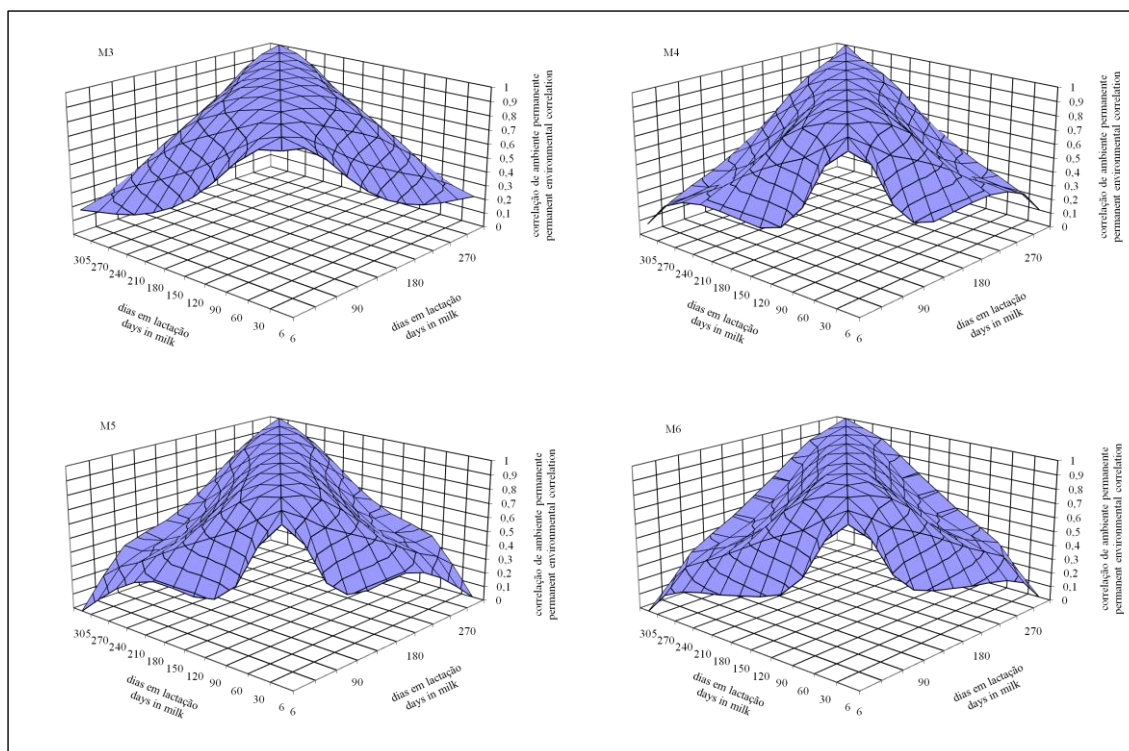


Figura 15 - Estimativas de correlação de ambiente permanente entre controles leiteiros das produções de proteína ao longo da lactação.

*Figure 15 - Permanent environmental correlation estimates between test-day protein yield along of lactation.*

As estimativas de correlação de ambiente permanente para a produção de proteína apresentaram valores variando de 0,20 a 0,99, 0,10 a 0,98, -0,10 a 0,97 e -0,05 a 0,98 entre controles adjacentes, respectivamente para os modelos M3, M4, M5 e M6.

De maneira geral, as correlações genéticas (Figuras 10 a 12) e de ambiente permanente (Figuras 13 a 15) entre as produções no dia do controle foram maiores quanto mais próximos entre si ocorreram os controles. Tal comportamento também foi observado por Druet et al. (2003), Lidauer et al. (2003), Cobuci et al. (2005) e Costa et al. (2008).

Com exceção das correlações de ambiente permanente para as produções de gordura e de proteína, entre dias 6 e 305 (períodos extremos da lactação), todos os valores de correlações foram positivos.

Estudos realizados por Jakobsen et al. (2002) e Araújo et al. (2006) com

produções de leite de vacas da raça Holandesa obtiveram correlações genéticas positivas e com valores acima de 0,40. Entretanto, valores baixos para correlações entre controles dos períodos extremos da lactação também foram observados por Strabel & Misztal (1999) e Cobuci et al. (2005).

Como esperado, as correlações genéticas e de ambiente permanente para as três características tenderam a diminuir com o aumento do intervalo de tempo entre as produções. Isso vem ao encontro aos relatos de Pander et al. (1992) e de Strabel et al. (2005), de que quanto mais próximos estiverem os controles, maior será a correlação entre eles.

As correlações genéticas entre as produções de gordura, ou de proteína, nos diferentes controles, tenderam a ser maior que aquelas entre as produções de leite.

Os resultados indicam que modelos (M3 a M6) tiveram pequena influência na estimação das correlações genéticas entre as produções de leite no dia do controle, enquanto que para as produções de gordura e de proteína essa influência foi maior, já que alguns modelos apresentaram correlações genéticas altas entre períodos extremos da lactação.

Com a finalidade de avaliar a qualidade do ajuste desses modelos, utilizou-se diferentes critérios para identificar o modelo que apresentou o melhor ajuste aos registros produtivos.

Tabela 3 - Valores de  $-2\log$  da função de verossimilhança (L), do critério de informação de Akaike (AIC), do critério de informação Bayesiana (BIC) e do somatório da variância residual (SRV), obtidos pelos diferentes modelos de regressão aleatória nas análises das produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle

*Table 3 - Values of  $-2\log$  likelihood function (ML), of Akaike's information criterion (AIC), of Bayesian information criterion (BIC) and of total residual variance (SRV), obtained for different models of random regression models in the analysis of milk, fat and protein yields, in test-day*

Característica <i>Trait</i>	Modelo <i>Model</i>	$-2\log(\text{ML})$	AIC	BIC	SRV
Leite <i>Milk</i>	M3	280401,1050717930	280439,1050717930	280659,9037	1836,9000
	M4	278321,6277147130	278387,6277147130	278771,1201	1608,3000
	M5	277127,5933843680	277229,5933843680	277822,2634	1483,2000
	M6	276737,9778446600	276883,9778446600	277732,3094	1415,7000
Gordura <i>Fat</i>	M3	414796,1485206190	414834,1485206190	415050,41249	4398000,0000
	M4	414553,9960654400	414619,9960654400	414995,6124	4200000,0000
	M5	414311,4392671050	414413,4392671050	414993,9373	4086000,0000
	M6	414167,3312313780	414313,3312313780	415144,2402	3975000,0000
Proteína <i>Protein</i>	M3	94191,2857690916	94229,2857690916	94434,02129	2029500,0000
	M4	93628,5643203153	93694,5643203153	94050,1576	1848300,0000
	M5	93485,6116808883	93587,6116808883	94137,16493	1764000,0000
	M6	93389,4335406330	93535,4335406330	94322,04897	1732200,0000

Os critérios de comparação de modelos indicaram o modelo M6 como aquele que proporcionou o melhor ajuste das três características. Houveram reduções nos valores de  $-2\log(L)$  da função de verossimilhança, AIC e TRV, com aumento da ordem do polinômio de Legendre usado pelos modelos em cada característica produtiva (Tabela 3). De forma oposta, foi observado, para as produções de gordura e proteína, um aumento nos valores do critério BIC com uso do polinômio de Legendre de ordem seis pelo modelo M6.

Segundo El Faro & Albuquerque (2003) e Liu et al. (2006) a escolha do modelo com melhor qualidade de ajuste não é uma tarefa simples e muitas vezes essas metodologias empregadas na comparação podem levar a resultados contraditórios entre si.

De modo geral, verificou-se que os modelos de melhor qualidade de ajuste foram aqueles utilizando polinômios de Legendre com maiores ordens (Tabela 3), estando, portanto, de acordo com Guo & Schaeffer (2002) que relataram melhor qualidade para os modelos com maior número de parâmetros.

## **Conclusão**

As estimativas dos componentes de covariância e dos parâmetros genéticos para produção de leite, de gordura e de proteína apresentaram tendências semelhantes entre si, dentro de cada característica e modelo. Os modelos de regressão aleatória ajustados com funções polinomiais de maiores ordens são mais adequados para uso em avaliações genéticas para essas características em vacas primíparas da raça Holandesa.

## Literatura Citada

- ARAÚJO, C.V.; TORRES, R.A.; COSTA, C. N. et al. Uso de funções ortogonais para descrever a produção de leite no dia de controle por meio de modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.967-974, 2006.
- BERRY, D.P.; BUCKLEY, F.; DILLON, P. et al. Genetic parameters for body condition score, body weight, milk yield, and fertility estimated using random regression models. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3704-3717, 2003.
- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N. et al. Estimativas de herdabilidade para produção de leite no dia do controle de vacas da raça Holandesa utilizando regressão aleatória. In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004.
- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N.M. et al. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.614-623, 2006.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; LOPES, P.S. et al. Estimation of genetic parameters for test-day milk yield in Holstein cows using a random regression models. **Genetics and Molecular Biology**, v.28, p.75-83, 2005.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R. de; MACHADO, C.H.C. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1519-1530, 2005.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; PACKER, I.U. et al. Genetic parameters for test day milk yield of first lactation Holstein cows estimated by random regression using Legendre polynomials. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.602-608, 2008.
- DIONELLO, N. J. L. ; SILVA, C.A.S. da ; COSTA, C.N. et al. Estimação de parâmetros genéticos utilizando-se a produção de leite no dia do controle em primeiras lactações de vacas da raça Jersey. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1644-1650, 2006.
- DRUET, T.; JAFFREZIC, F.; BOICHARD, D. et al. Modeling lactation curves and estimation of genetic parameters for firstlactation test-day records of French Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2480-2490, 2003.
- GUO, Z.; SCHAEFFER, L.R. Random regression submodel comparison. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- JAKOBSEN, J.H.; MADSEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.6, p.1607-1616, 2002.



- JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; DEKKERS, J.C.M. et al. Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analyses of test day yields. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.10, p.2550-2556, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.4, p.762-770, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.6, p.1217-1226, 1997.
- JENSEN, J. Genetic evaluation of dairy cattle using Test-day models. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.12, p.2803-2812, 2001.
- LIDAUER, M.; MANTYSAARI, E.A. Multiple trait reduced rank random regression test-day model for production traits. **Interbull Bulletin**, v.22, p.74-80, 1999.
- LIDAUER, M.; MÄNTYSAARI, E.A.; STRANDÉN, I. Comparison of test-day models for genetic evaluation of production traits in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.79, p.73-86, 2003.
- LIN, C.Y.; TOGASHI, K. Simultaneous improvement of lactation milk and persistency. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- LIU, Y.X.; ZHANG, J.; SCHAEFFER, L.R. et al. Short communication: Optimal random regression models for milk production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.2233-2235, 2006.
- LÓPEZ-ROMERO, P.; CARABAÑO, M.J. Comparing alternative random regression models to analyze first lactation daily milk yield data in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, v.82, p.81-96, 2003.
- LUDWICK, T.M.; PETERSEN, W.E. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.26, p.439-445, 1943.
- MAYERES, P.; STOLL, J.; BORMANN, J. et al. Prediction of daily milk, fat and protein production by a random regression test-day model. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.1925-1933, 2004.
- PANDER, B.L.; HILL, W.G.; THOMPSON, R. Genetic parameters of test day records of British Holstein-Friesian heifers. **Animal Production**, v.55, p.11-21, 1992.
- REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use of test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, v.57, p.203-217, 1999.

- STRABEL, T.; JAMROZIK, J. The effect on incorrect estimated variance-covariance components on genetic evaluation of dairy cattle with random regression models. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- STRABEL, T.; MISZTAL, I. Genetic parameters for first and second lactation milk yields of Polish black and white cattle with random regression test-day models. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2805-2810, 1999.
- STRABEL, T.; SZYDA, J.; PTAK, E. et al. Comparison of random regression test-day models for Polish Black and White cattle. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.3688-3699, 2005.

### **CAPÍTULO III**

**Modelo de regressão aleatória para o estudo da persistência para as produções de leite, de gordura e de proteína de vacas primíparas da raça Holandesa <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Zootecnia (Apêndice 5).

## **Modelo de regressão aleatória para o estudo da persistência para as produções de leite, de gordura e de proteína de vacas primíparas da raça Holandesa**

**Igor de Oliveira Biassus<sup>1</sup>, Jaime Araújo Cobuci<sup>1</sup>, Cláudio Napolis Costa<sup>2</sup>, Paulo Roberto Nogara Rorato<sup>3,4</sup>, José Braccini Neto<sup>1</sup>, Leandro Lunardini Cardoso<sup>1</sup>**

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos para seis medidas de persistência para as produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, respectivamente, para 7.015, 4.476 e 1.114 lactações de vacas da raça Holandesa criadas em rebanhos localizados no Estado de Minas Gerais. Usaram-se modelos de regressão aleatória com polinômios de Legendre com a ordem de 3 a 6. Em geral, os modelos com as mais altas ordens dos polinômios de Legendre foram considerados aqueles que apresentaram a melhor qualidade no ajuste dos registros produtivos. As herdabilidades obtidas pelos modelos para as persistências nas produções de leite, de gordura e de proteína variaram, respectivamente, de 0,04 a 0,32, 0,00 a 0,23 e 0,00 a 0,27. Os valores das estimativas de correlação genética entre as medidas de persistência e as produções de leite, de gordura e de proteína, em 305 dias, variaram de -0,38 a 0,54, -0,39 a 0,97 e -0,78 a 0,67, respectivamente. A medida  $PS_2$  foi eleita como a mais apropriada para as avaliações genéticas para as persistências para as produções de leite, de gordura e de proteína, de animais da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais.

**Palavras-chave:** correlação genética, herdabilidade, modelo de regressão aleatória, polinômios de Legendre

---

<sup>1</sup> UFRGS, Porto Alegre, RS, email: [ibiassus@yahoo.com.br](mailto:ibiassus@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora, MG

<sup>3</sup> UFSM, Santa Maria, RS

<sup>4</sup> Pesquisador do CNPq

## **Random regression model for the persistency study for milk, fat and protein yields from the primiparous cows of the Holstein breed**

**Abstract:** The objective of this study was to estimate genetic parameters for six persistency measures for milk, fat and protein yields in test-day, respectively, of 7,015, 4,476 and 1,114 lactations of Holstein cows raised in herds located in the State of Minas Gerais. There were used random regression models with Legendre polynomials with order from 3 to 6 for to model the fixed and random effects that act on the predicted traits. In general, the models with higher orders of Legendre polynomials were considered those that presented better qualities in the adjustments of productive records. The heritabilities gotten for the models for the persistencies for milk, fat and protein yields ranged, respectively, from 0.04 to 0.32, 0.00 to 0.23 and 0.00 to 0.27. The values for the genetic correlation estimates among the measures of persistency and for milk, fat and protein yields in 305 days ranged from -0.38 to 0.54, -0.39 to 0.97 and -0.78 to 0.67, respectively. The  $PS_2$  measure was elect as being the most appropriate, for the genetic evaluations for the persistencies for milk, fat and protein yields from the animals of Holstein breed in the State of Minas Gerais.

**Keywords:** genetic correlation, heritability, Legendre polynomial, random regression model

## **Introdução**

A persistência na lactação pode ser definida como a capacidade que a vaca possui em manter sua produção (de leite, de gordura ou de proteína) após atingir a produção máxima (Cobuci et al., 2003).

Tal característica relaciona-se diretamente com os aspectos econômicos da atividade leiteira por possibilitar redução nos custos do sistema de produção (Teklerli et al., 2000), por meio da diminuição nos custos com a alimentação concentrada e nos custos relacionados com a saúde ou reprodução das vacas mais persistentes.

Existem indicativos de diferenças genéticas para persistência na produção de leite entre animais (Cobuci et al., 2004 e Dorneles et al., 2009), podendo ser vantajosa a seleção para essa característica, já que a mesma constitui um elemento fundamental para a produção na lactação. Por outro lado, são escassos trabalhos envolvendo a persistência na produção de gordura ou de proteína.

Reconhecido como um excelente mecanismo para avaliação da persistência (Lin & Togashi, 2002), os modelos de regressão aleatória tem sido os mais comumente utilizados nos estudos envolvendo essa característica.

A utilização desses modelos existe a escolha uma função matemática para descrever os efeitos fixos e aleatórios considerados pelo modelo, as quais podem ser funções ortogonais, paramétricas ou de covariância (Cobuci et al., 2004). Dentre essas funções, os polinômios ortogonais de Legendre têm sido os mais indicados (Liu et al., 2006).

Devido a importância da característica persistência e a escassez de estudos objetivou-se estimar parâmetros genéticos para seis medidas de persistência na produção de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle, para vacas primíparas da raça Holandesa, por meio de modelos de regressão aleatória com polinômios de

Legendre de ordens três a seis, a fim de identificar medidas e modelos mais adequados para uso em avaliações genéticas para persistência dessas características produtivas.

## **Material e Métodos**

Os registros de produção no dia do controle foram disponibilizados pelo Serviço de Controle Leiteiro e Genealógico da Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGH-MG). O arquivo de dados inicial continha 827.266 registros de produção, coletados entre os anos de 1989 e 2008, distribuídos da seguinte forma: 823.221 registros de produção de leite de 51.702 vacas, 648.433 registros de produção de gordura de 50.949 vacas, e 353.470 registros de produção de proteína de 35.381 vacas.

A edição das bases de dados resultou na eliminação de registros de animais com idade inferiores a 20 e superiores a 48 meses de idade ao parto; das produções de leite, de gordura e de proteína diária inferiores a 10,6 kg; 295g e 306 g, e superiores a 36,4 kg, a 1.246 g, e a 1.136 g, respectivamente; vacas filhas de reprodutores que não tivessem no mínimo duas filhas em pelo menos três rebanhos; grupos de contemporâneos com menos de 4 observações; vacas que não tivessem no mínimo 6 controles por lactação e que estes não tivessem sido coletados entre o 6° e o 305° dia após o parto; vacas que não fossem Holandesas, puras de origem ou puras por cruzamento.

Após a edição dos dados, definiram-se três novas bases de dados, correspondendo aos registros das produções de leite, das produções de gordura e das produções de proteína. Alguns detalhes sobre cada uma dessas três bases de dados estão descritos na Tabela 1.



Tabela 1 - Descrição das bases de dados  
 Table 1 - Description of the data base

	<b>Base 1</b> <i>Base 1</i>	<b>Base 2</b> <i>Base 2</i>	<b>Base 3</b> <i>Base 3</i>
Característica <i>Trait</i>	Leite <i>Milk</i>	Gordura <i>Fat</i>	Proteína <i>Protein</i>
Número de registros <i>Number of records</i>	56.508	35.091	8.326
Número de vacas <i>Number of cows</i>	7.015	4.476	1.114
Ano de nascimento <i>Year of birth</i>	1993 a 2005 <i>1993 to 2005</i>	1993 a 2005 <i>1993 to 2005</i>	1996 a 2005 <i>1996 to 2005</i>
Ano de parto <i>Year of calving</i>	1997 a 2007	1997 a 2007	1999 a 2007
Número de rebanhos <i>Number of herds</i>	211	154	51
Ano de Controle <i>Year of test</i>	1997 a 2008 <i>1997 to 2008</i>	1997 a 2008 <i>1997 to 2008</i>	1999 a 2008 <i>1999 to 2008</i>
Idade média da vaca no parto (meses) <i>Mean age of cow at calving (months)</i>	27,98	28,2	27,8
Produção média diária <i>Average daily yield</i>	23,64 kg	754 g	725 g

Foram definidas quatro classes de idade da vaca ao parto (20 a 25, 26 a 27, 28 a 30 e 31 a 48 meses) e quatro estações de parto (janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e outubro a dezembro). Essas classes quando combinadas entre si constituíram 16 classes de idade-estação ao parto, as quais foram incluídas no modelo de regressão aleatória, como efeito fixo.

Os grupos de contemporâneos foram definidos pelo agrupamento das variáveis: rebanho, ano e mês de controle.

O modelo de regressão aleatória geral utilizado no ajuste das características produtivas foi:

$$y_{ijkl} = RAMC_i + \sum_{m=1}^n \beta_{km} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n a_{jm} Z_{jlm} + \sum_{m=1}^n p_{jm} Z_{jlm} + e_{ijkl},$$

em que  $y_{ijkl}$  é a produção (de leite, gordura ou proteína) na lactação  $l$  da vaca  $j$ , no dia  $t$  da lactação, dentro das classes  $i$  (rebanho-ano-mês do controle) e  $k$  (idade-estação de parto da vaca);  $RAMC_i$ , efeito fixo de rebanho-ano-mês do controle;  $\beta_{km}$ , vetor dos coeficientes de regressão fixos da produção (de leite, gordura ou proteína) no dia do controle que descreve a regressão fixa dentro das classes de idade-estação de parto da

vaca;  $a_{jm}$  e  $p_{jm}$ , vetores dos coeficientes de regressão aleatória que descrevem, respectivamente, os efeitos genético aditivo e permanente de ambiente que atuam sobre a produção de cada animal;  $e_{ijkl}$ , efeito aleatório residual associado a  $y_{ijkl}$ ;  $Z_{jlm}$ , vetor de covariáveis específicas que representa o polinômio de Legendre, em que  $m$  é o  $m$ -ésimo parâmetro dos polinômios de Legendre de ordens 3, 4, 5 ou 6.

As matrizes de covariância dos coeficientes de regressão aleatória foram estimadas pelo uso do programa REMLF90 (Misztal, 2005), que utiliza a metodologia da máxima verossimilhança restrita (REML).

As estimativas das variâncias genéticas e de ambiente permanente para produção em até 305 dias e medidas de persistência na produção de leite, gordura ou proteína foram obtidas multiplicação das matrizes de covariância e vetores contendo covariáveis específicas para cada medida de persistência e produção em até 305 dias (Tabela 2).

Tabela 2 - Medidas de persistência ( $PS_1$  a  $PS_6$ ) e produção em até 305 dias ( $P_{305}$ ) utilizadas neste estudo  
 Table 2 - Persistency measures ( $PS_1$  to  $PS_6$ ) and yield in 305 days ( $P_{305}$ ) utilized in this study

Medidas Measures	Autores Authoress
$PS_1 = (Vg_{280} - Vg_{60})$	Jamrozik et al. (1997)
$PS_1 = (EBV_{280} - EBV_{60})$	
$PS_2 = (\sum_{t=106}^{205} Vg_t - \sum_{t=6}^{105} Vg_t)$	Jakobsen et al. (2002)
$PS_2 = (\sum_{t=106}^{205} EBV_t - \sum_{t=6}^{105} EBV_t)$	
$PS_3 = (\sum_{t=206}^{305} Vg_t - \sum_{t=6}^{105} Vg_t)$	Jakobsen et al. (2002)
$PS_3 = (\sum_{t=206}^{305} EBV_t - \sum_{t=6}^{105} EBV_t)$	
$PS_4 = (\sum_{t=61}^{280} Vg_t - Vg_{60})$	Jamrozik et al. (1997)
$PS_4 = (\sum_{t=61}^{280} EBV_t - EBV_{60})$	
$PS_5 = (\sum_{t=60}^{279} Vg_t - Vg_{280})$	Jakobsen et al. (2002)
$PS_5 = (\sum_{t=60}^{279} EBV_t - EBV_{280})$	
$PS_6 = (Vg_{290} - Vg_{90})$	Cobuci et al. (2004)
$PS_6 = (EBV_{290} - EBV_{90})$	
$P_{305} = \sum_{t=6}^{305} Vg_t$	
$P_{305} = \sum_{t=6}^{305} EBV_t$	

$Vg$  é o valor genético.

$EBV$  is the Estimated Breeding Value.

Os modelos foram denominados de M3, M4, M5 e M6 quando foram utilizados, respectivamente, os polinômios de Legendre de ordem 3, 4, 5 ou 6, para modelagem das curvas aleatórias de produção dos animais (referente aos efeitos genético e permanente de ambiente), assim como na modelagem das curvas fixa de produção (médias) dos animais pertencentes as classes de idade-estação do parto da vaca previamente determinada.

Esses modelos foram comparados quanto à qualidade de ajuste por meio dos seguintes critérios:

1) Variância Residual Total ( $TRV$ ) =  $\sum_{t=6}^{305} \sigma_{e_t}^2$  ;

2) Função de Máxima Verossimilhança;

3) Critério de Informação de Akaike ( $AIC$ ) =  $-2\log(ML) + 2p$  (Akaike, 1973);

4) Critério de Informação Bayesiano:  $BIC = -2\log(ML) + p \cdot \log(n)$  (Schwarz, 1998);

em que  $p$  é o número de parâmetros no modelo;  $\hat{\sigma}_e^2$  é a variância residual, e  $n$  é o número de observações que contribuíram para a máxima verossimilhança (ML),  $\Sigma$  é o somatório,  $\log$  é a função logarítmica e  $-2\log(ML)$  é o valor da função de verossimilhança para o modelo e  $t$  é o período de tempo qualquer da lactação.

## Resultados e Discussão

Os resultados dos critérios de comparação dos modelos indicaram que os melhores ajustes foram obtidos com polinômios de Legendre com maior ordem (Tabela 3). Tais resultados se assemelham aos de Guo & Schaeffer (2002) que relataram melhor qualidade para os modelos com maior número de parâmetros.

De maneira geral, os modelos de regressão aleatória com polinômios de Legendre com ordens quatro ou cinco têm sido os eleitos, pelos testes de comparação, como os que melhor se ajustam aos registros de produção de leite (Guo & Schaeffer, 2002; Costa et al., 2005; Cobuci et al., 2006; Liu et al., 2006).

Tabela 3 - Valores de  $-2\log$  da função de verossimilhança (L), do critério de informação de Akaike (AIC), do critério de informação Bayesiana (BIC) e do somatório da variância residual (SRV), obtidos pelos diferentes modelos de regressão aleatória nas análises das produções de leite, de gordura e de proteína, no dia do controle

*Table 3 - Values of  $-2\log$  likelihood function (ML), of Akaike's information criterion (AIC), of Bayesian information criterion (BIC) and of total residual variance (SRV), obtained for different models of random regression models in the analysis of milk, fat and protein yields, in test-day*

Característica <i>Trait</i>	Modelo <i>Model</i>	$-2\log(\text{ML})$	AIC	BIC	SRV
Leite <i>Milk</i>	M3	280401,1050717930	280439,1050717930	280659,9037	1836,9000
	M4	278321,6277147130	278387,6277147130	278771,1201	1608,3000
	M5	277127,5933843680	277229,5933843680	277822,2634	1483,2000
	M6	276737,9778446600	276883,9778446600	277732,3094	1415,7000
Gordura <i>Fat</i>	M3	414796,1485206190	414834,1485206190	415050,41249	4398000,0000
	M4	414553,9960654400	414619,9960654400	414995,6124	4200000,0000
	M5	414311,4392671050	414413,4392671050	414993,9373	4086000,0000
	M6	414167,3312313780	414313,3312313780	415144,2402	3975000,0000
Proteína <i>Protein</i>	M3	94191,2857690916	94229,2857690916	94434,02129	2029500,0000
	M4	93628,5643203153	93694,5643203153	94050,1576	1848300,0000
	M5	93485,6116808883	93587,6116808883	94137,16493	1764000,0000
	M6	93389,4335406330	93535,4335406330	94322,04897	1732200,0000

A utilização dos polinômios de Legendre de ordens três a seis pelos modelos não promoveu tendência definida (decréscimo ou acréscimos) nas estimativas de covariância entre os coeficientes de regressão aleatória (Tabelas 4 a 6). Para esses modelos os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente foram associados ao primeiro coeficiente ( $a_1$  e  $p_1$ ), para as produções de leite, de gordura e de proteína.

Tabela 4 - Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de leite no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6)

Table 4 - Genetic and permanent environmental covariance estimates from coefficients of random regression and residual variance, obtained in the adjust for test-day milk yield for different models (M3 to M6)

Componentes de covariância <i>Covariance components</i>	Modelo <i>Model</i>				
	M3	M4	M5	M6	
Componentes de regressão genéticos aditivo <i>Additive genetic regression components</i>	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub>	6,982	6,895	6,977	7,039
	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	1,51	1,463	1,527	1,535
	a <sub>1</sub> a <sub>3</sub>	-0,6916	-0,7129	-0,625	-0,6187
	a <sub>1</sub> a <sub>4</sub>	-	0,03015	0,06079	0,05609
	a <sub>1</sub> a <sub>5</sub>	-	-	0,1169	0,1231
	a <sub>1</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-0,03498
	a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	1,363	1,325	1,395	1,301
	a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	-0,3843	-0,4355	-0,4207	-0,4372
	a <sub>2</sub> a <sub>4</sub>	-	-0,0183	0,00924	-0,07043
	a <sub>2</sub> a <sub>5</sub>	-	-	0,04906	0,06573
	a <sub>2</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-0,02893
	a <sub>3</sub> a <sub>3</sub>	0,2853	0,2902	0,3045	0,2557
	a <sub>3</sub> a <sub>4</sub>	-	-0,02538	-0,04047	0,01452
	a <sub>3</sub> a <sub>5</sub>	-	-	0,05383	0,05549
	a <sub>3</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	0,008317
	a <sub>4</sub> a <sub>4</sub>	-	0,1664	0,1579	0,1919
	a <sub>4</sub> a <sub>5</sub>	-	-	-0,05294	-0,04773
	a <sub>4</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	0,0547
a <sub>5</sub> a <sub>5</sub>	-	-	0,09802	0,08181	
a <sub>5</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-0,01977	
a <sub>6</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	0,02209	
Componentes de regressão de ambiente permanentes <i>Permanent environmental regression components</i>	p <sub>1</sub> p <sub>1</sub>	15,0	15,2	15,2	15,1
	p <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	0,1342	0,03055	0	-0,04683
	p <sub>1</sub> p <sub>3</sub>	-0,5012	-0,6516	-0,8019	-0,8518
	p <sub>1</sub> p <sub>4</sub>	-	0,06012	0,08967	0,06379
	p <sub>1</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-0,682	-0,7181
	p <sub>1</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	0,05148
	p <sub>2</sub> p <sub>2</sub>	3,706	3,615	3,667	3,699
	p <sub>2</sub> p <sub>3</sub>	0,2313	0,2159	0,2467	0,2241
	p <sub>2</sub> p <sub>4</sub>	-	-0,2672	-0,2618	-0,301
	p <sub>2</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-0,1199	-0,1406
	p <sub>2</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-0,2107
	p <sub>3</sub> p <sub>3</sub>	1,825	1,705	1,628	1,684
	p <sub>3</sub> p <sub>4</sub>	-	-0,08636	-0,03613	-0,09057
	p <sub>3</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-0,2547	-0,2691
	p <sub>3</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-0,1653
	p <sub>4</sub> p <sub>4</sub>	-	0,9364	0,9141	0,8406
	p <sub>4</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-0,09244	-0,05625
	p <sub>4</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-0,1644
p <sub>5</sub> p <sub>5</sub>	-	-	0,3763	0,4333	
p <sub>5</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	0,002886	
p <sub>6</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	0,2514	
Variância Residual <i>Residual variance</i>	e	6,12	5,36	4,94	4,72

Tabela 5 - Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de gordura no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6)

Table 5 - Genetic and permanent environmental covariance estimates from coefficients of random regression and residual variance, obtained in the adjust for test-day fat yield for different models (M3 to M6)

Componentes de covariância <i>Covariance components</i>	Modelo <i>Model</i>				
	M3	M4	M5	M6	
Componentes de regressão genéticos aditivo <i>Additive genetic regression components</i>	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub>	7377,0	6827,0	7479,0	7226,0
	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	964,7	1539,0	861,2	945,4
	a <sub>1</sub> a <sub>3</sub>	-557,3	-819,4	-535,7	-503,6
	a <sub>1</sub> a <sub>4</sub>	-	-296,4	-160,0	-155,9
	a <sub>1</sub> a <sub>5</sub>	-	-	330,5	294,0
	a <sub>1</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-48,48
	a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	953,5	382,7	803	820,3
	a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	-162,7	-178,1	-239,5	-208,7
	a <sub>2</sub> a <sub>4</sub>	-	-79,85	-211,6	-247,8
	a <sub>2</sub> a <sub>5</sub>	-	-	-89,65	0,7777
	a <sub>2</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-74,85
	a <sub>3</sub> a <sub>3</sub>	554,2	138,4	540,4	579,2
	a <sub>3</sub> a <sub>4</sub>	-	11,88	-183,5	-153,7
	a <sub>3</sub> a <sub>5</sub>	-	-	43,21	-11,79
	a <sub>3</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-61,2
	a <sub>4</sub> a <sub>4</sub>	-	34,62	192,3	173
	a <sub>4</sub> a <sub>5</sub>	-	-	11,92	6,007
	a <sub>4</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	50,33
a <sub>5</sub> a <sub>5</sub>	-	-	45,43	17,54	
a <sub>5</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	1,269	
a <sub>6</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	23,91	
Componentes de regressão de ambiente permanentes <i>Permanent environmental regression components</i>	p <sub>1</sub> p <sub>1</sub>	1,50E+04	1,55E+04	1,50E+04	1,52E+04
	p <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	1292	746,2	1310	1264
	p <sub>1</sub> p <sub>3</sub>	-1002	-847,3	-1180	-1197
	p <sub>1</sub> p <sub>4</sub>	-	37,17	-56,95	-26,07
	p <sub>1</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-882,7	-799,2
	p <sub>1</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	59,52
	p <sub>2</sub> p <sub>2</sub>	3964	4478	4176	4178
	p <sub>2</sub> p <sub>3</sub>	-92,47	-112,9	-28	-49
	p <sub>2</sub> p <sub>4</sub>	-	-283,8	-72,45	-111
	p <sub>2</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-68,91	-102,4
	p <sub>2</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-181,3
	p <sub>3</sub> p <sub>3</sub>	1909	2314	1847	1886
	p <sub>3</sub> p <sub>4</sub>	-	-270,5	-83,54	-94,2
	p <sub>3</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-570,3	-453,4
	p <sub>3</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-153,6
	p <sub>4</sub> p <sub>4</sub>	-	1077	1023	1002
	p <sub>4</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-226,1	-139,9
	p <sub>4</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-295
p <sub>5</sub> p <sub>5</sub>	-	-	374,8	638	
p <sub>5</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-160,6	
p <sub>6</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	275,4	
Variância Residual <i>Residual variance</i>	e	1,47E+04	1,40E+04	1,36E+04	1,33E+04

Tabela 6 - Estimativas de covariância genética e de ambiente permanente dos coeficientes de regressão aleatória e variância residual, obtidas no ajuste para a produção de proteína no dia do controle pelos diferentes modelos (M3 a M6)

Table 6 - Genetic and permanent environmental covariance estimates from coefficients of random regression and residual variance, obtained in the adjust for test-day protein yield for different models (M3 to M6)

Componentes de covariância <i>Covariance components</i>	Modelo <i>Model</i>				
	M3	M4	M5	M6	
Componentes de regressão genéticos aditivo <i>Additive genetic regression components</i>	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub>	5739	5914	5673	5766
	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	967	500,4	444,2	513
	a <sub>1</sub> a <sub>3</sub>	-207,3	206,7	169,2	171,9
	a <sub>1</sub> a <sub>4</sub>	-	-280,2	-329,1	-372,2
	a <sub>1</sub> a <sub>5</sub>	-	-	578,8	663,1
	a <sub>1</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-93,6
	a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	758,8	403,1	403,9	458,4
	a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	30,82	-192,3	-209,7	-212,2
	a <sub>2</sub> a <sub>4</sub>	-	-16,34	-30,73	-38,33
	a <sub>2</sub> a <sub>5</sub>	-	-	194	199,8
	a <sub>2</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-26,72
	a <sub>3</sub> a <sub>3</sub>	22,85	147,3	152,6	147,3
	a <sub>3</sub> a <sub>4</sub>	-	-21,26	-11,93	-15,37
	a <sub>3</sub> a <sub>5</sub>	-	-	-70,72	-50,89
	a <sub>3</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	1,25
	a <sub>4</sub> a <sub>4</sub>	-	18,42	27,04	31,04
	a <sub>4</sub> a <sub>5</sub>	-	-	-57,59	-63,26
	a <sub>4</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	7,382
a <sub>5</sub> a <sub>5</sub>	-	-	246,7	247,2	
a <sub>5</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	-17,01	
a <sub>6</sub> a <sub>6</sub>	-	-	-	19,72	
Componentes de regressão de ambiente permanentes <i>Permanent environmental regression components</i>	p <sub>1</sub> p <sub>1</sub>	1,73E+04	1,45E+04	1,48E+04	1,48E+04
	p <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	2492	2157	2210	2168
	p <sub>1</sub> p <sub>3</sub>	-983,6	-1126	-993,9	-995,3
	p <sub>1</sub> p <sub>4</sub>	-	-99,53	-61,68	-8,697
	p <sub>1</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-401,8	-462,8
	p <sub>1</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-41,66
	p <sub>2</sub> p <sub>2</sub>	4409	4316	4398	4393
	p <sub>2</sub> p <sub>3</sub>	252	468,4	511,7	492,1
	p <sub>2</sub> p <sub>4</sub>	-	-686,6	-622,4	-623,4
	p <sub>2</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-332,9	-321,1
	p <sub>2</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	18,94
	p <sub>3</sub> p <sub>3</sub>	1301	1229	1114	1130
	p <sub>3</sub> p <sub>4</sub>	-	-208,7	-217,3	-233,5
	p <sub>3</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-292,7	-288,1
	p <sub>3</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-175,2
	p <sub>4</sub> p <sub>4</sub>	-	878,7	868,5	825
	p <sub>4</sub> p <sub>5</sub>	-	-	-62,6	-29,43
	p <sub>4</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	-134
p <sub>5</sub> p <sub>5</sub>	-	-	163,9	194,9	
p <sub>5</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	59,75	
p <sub>6</sub> p <sub>6</sub>	-	-	-	93,63	
Variância Residual <i>Residual variance</i>	e	6,77E+03	6,16E+03	5,88E+03	5,77E+03

As estimativas de herdabilidade para a persistência na produção de leite, de gordura e de proteína, variaram, respectivamente, de 0,04 a 0,32, de 0,00 a 0,23, e, de 0,00 a 0,27 (Tabela 7).

Os valores das estimativas de herdabilidade obtido neste estudo apresentaram



maior amplitude do que as encontradas por Jakobsen et al. (2002) na Dinamarca, que ao avaliarem cinco das seis medidas de persistência usadas no presente trabalho encontraram valores de herdabilidade entre 0,09 e 0,24, 0,10 e 0,31 e 0,07 e 0,19, respectivamente para a persistência nas produções de leite, de gordura e de proteína.

No Brasil, Cobuci et al. (2004) e Dorneles et al. (2009) avaliando medidas semelhantes sobre registros de produção de leite de rebanhos da raça Holandesa, nos Estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, obtiveram valores de herdabilidade para persistência na produção de leite que variaram de 0,05 a 0,27. Em geral, os valores das estimativas de herdabilidade obtidos para a persistência na produção de leite (Tabela 7) são semelhantes aos obtidos por Cobuci et al. (2004) e Dorneles et al. (2009).

Tabela 7 - Estimativas de herdabilidade para as diferentes medidas de persistência na produção de leite, gordura e proteína (PS<sub>1</sub> a PS<sub>6</sub>) e produção de leite, gordura e proteína em 305 dias (P<sub>305</sub>), obtidas pelos modelos de regressão aleatória (M3 a M6)

Table 7 - Heritability estimates for different persistency measures in milk, fat and protein yield (PS<sub>1</sub> to PS<sub>6</sub>) and Milk, fat and protein yield in 305 days (P<sub>305</sub>), obtained for random regression models (M3 to M6)

Característica <i>Trait</i>	Modelo <i>Model</i>	PS <sub>1</sub>	PS <sub>2</sub>	PS <sub>3</sub>	PS <sub>4</sub>	PS <sub>5</sub>	PS <sub>6</sub>	P <sub>305</sub>
Leite <i>Milk</i>	M3	0,12	0,31	0,27	0,14	0,05	0,08	0,32
	M4	0,12	0,32	0,26	0,15	0,05	0,08	0,31
	M5	0,14	0,31	0,27	0,16	0,05	0,10	0,31
	M6	0,14	0,30	0,26	0,18	0,04	0,09	0,32
Gordura <i>Fat</i>	M3	0,06	0,23	0,19	0,06	0,06	0,06	0,33
	M4	0,02	0,11	0,08	0,03	0,00	0,01	0,30
	M5	0,05	0,18	0,17	0,05	0,03	0,05	0,33
	M6	0,07	0,20	0,17	0,07	0,04	0,05	0,32
Proteína <i>Protein</i>	M3	0,08	0,10	0,15	0,05	0,05	0,07	0,25
	M4	0,03	0,17	0,08	0,05	0,01	0,02	0,29
	M5	0,05	0,27	0,08	0,10	0,00	0,03	0,28
	M6	0,06	0,27	0,09	0,12	0,01	0,04	0,28

Cole & VanRaden (2006) e Strabel & Jamrozik (2006), trabalhando com outras medidas de persistência, encontraram valores de herdabilidade entre 0,10 a 0,11, entre 0,07 a 0,12 e entre 0,09 a 0,10, respectivamente, para persistência na produção de leite, de gordura e de proteína.

Pode-se ainda com base na tabela 7 concluir que as estimativas de herdabilidade

são dependentes da maneira de calcular a persistência. Tal fato, explica, em parte, porque de várias medidas de persistência ter sido propostas nos últimos anos com objetivo de melhor expressar essa característica.

Segundo Madsen (1975), diferenças entre herdabilidades podem ser causadas por três fatores. O primeiro está relacionado com a eficiência biológica do tipo de mensuração da persistência na lactação (ou seja, se as diferenças entre produções, nos diferentes períodos, devem ser consideradas em termos absolutos ou relativos). O segundo e o terceiro estão associados, respectivamente, à eficiência estatística do tipo de medida da persistência e à parte da lactação usada no cálculo da medida de persistência.

Os valores de herdabilidades para a produção em 305 dias variaram de 0,31 a 0,32 para o leite, de 0,30 a 0,33 para a gordura e de 0,25 a 0,29 para a proteína (Tabela 7). Comparado às estimativas das medidas de persistência observou menor variação das herdabilidades, entre modelos, para produção em 305 dias. Com base no relato de Madsen (1975) pode-se inferir que no cálculo da herdabilidade para produção em 305 dias são usados componentes de variância de todo o período da lactação e, provavelmente, por isso as estimativas estão sujeitas à menores variações.

A magnitude de tais estimativas de herdabilidade assemelha-se as encontradas por outros estudos, como os de Jakobsen et al. (2002) que encontraram valores de 0,42, 0,37 e 0,36, respectivamente, para as produções de leite, de gordura e de proteína, porém foram superiores aos valores de herdabilidades (0,18, 0,12 e 0,13) encontrados por Strabel & Jamrozik (2006), respectivamente, para mesmas características.

No Brasil, os estudos realizados na raça Holandesa por Cobuci et al. (2004), Melo et al. (2005), Dorneles et al. (2009) com modelos de regressão aleatória sobre registros de produção de leite relataram, respectivamente, valores de 0,35, 0,27 e 0,25 para

herdabilidade da produção de leite em 305 dias.

A eficiência das diferentes medidas de persistência poderia ser obtida por meio da correlação entre persistência e a produção total de leite (ou em 305 dias), admitindo-se o mesmo nível de produção dos animais (Madsen, 1975).

Em geral, os valores de herdabilidade para persistência variaram significativamente entre os tipos de medidas de persistência e indicaram para algumas medidas que uma moderada fração da variação total da persistência é devida a fatores genéticos aditivos. A medida  $PS_2$  destacou-se devido aos maiores valores de herdabilidade, para as três características.

Os valores das estimativas de correlação genética entre as medidas de persistência e as produções totais, variaram entre -0,38 e 0,54, entre -0,39 e 0,97 e entre -0,78 e 0,67, respectivamente, para as produções de leite, de gordura e de proteína (Tabela 8).

Valores inferiores foram encontrados por Jakobsen et al. (2002), os quais relataram correlações com variações entre 0,00 e 0,47 para leite, entre -0,30 e 0,10 para gordura e, entre -0,20 e 0,53 para proteína.

Tabela 8 - Correlações genéticas entre as medidas de persistência nas produções de leite, de gordura e de proteína ( $PS_1$  a  $PS_6$ ) e as produções de leite, de gordura e de proteína, em 305 dias, obtidas pelos diferentes modelos de regressão aleatória

Table 8 - Genetic correlations between persistency measures in milk, fat and protein yield ( $PS_1$  to  $PS_6$ ) and milk, fat and protein yield, in 305 days, obtained for different random regression models

Característica <i>Trait</i>	Modelo <i>Model</i>	$PS_1$	$PS_2$	$PS_3$	$PS_4$	$PS_5$	$PS_6$
Leite <i>Milk</i>	M3	0,45	0,54	0,49	0,52	-0,25	0,35
	M4	0,44	0,53	0,48	0,50	-0,25	0,36
	M5	0,46	0,53	0,49	0,50	-0,30	0,39
	M6	0,48	0,53	0,50	0,48	-0,38	0,43
Gordura <i>Fat</i>	M3	0,29	0,41	0,36	0,41	-0,07	0,16
	M4	0,91	0,96	0,95	0,97	-0,39	0,74
	M5	0,34	0,48	0,35	0,51	-0,01	0,23
	M6	0,34	0,46	0,38	0,47	-0,07	0,26
Proteína <i>Protein</i>	M3	0,42	0,61	0,46	0,53	-0,31	0,36
	M4	0,47	0,11	0,35	0,28	-0,78	0,67
	M5	0,48	0,25	0,32	0,38	-0,70	0,63
	M6	0,52	0,29	0,35	0,44	-0,63	0,64

Os valores de correlação genética entre produção e persistência na produção de leite observados neste trabalho foram semelhantes aos valores (-0,31 a 0,55) encontrados, no Brasil, por Cobuci et al. (2004), porém superiores aos valores (-0,05 a 0,07) obtidos por Dorneles et al. (2009) para as medidas PS1, PS2 e PS3.

Segundo Jakobsen et al. (2002), uma boa medida de persistência na lactação deve apresentar alta herdabilidade e baixa correlação genética com a produção total, pois, do contrário, Cobuci et al. (2003) relatam que não se justificaria a realização de estudos que visem à seleção de animais para a persistência na lactação, bastaria, portanto, selecioná-los para produção total e, conseqüentemente, obter-se-ia melhoria no nível de persistência na lactação.

Nesta ordem, Cole e VanRaden (2006) utilizando uma medida de persistência que considera os desvios das produções no dia do controle em função dos dias em lactação, obtiveram baixos valores de correlações genéticas entre produção total e persistência na produção de leite (0,05), de gordura (0,12) e de proteína (-0,09), os quais estão bem próximos aos sugeridos por Jakobsen et al. (2002) como sendo os ideais.

Os resultados sugerem, em geral, que tanto as estimativas de herdabilidades para as persistências na produção de leite, gordura e proteína e quanto as estimativas de suas correlações genéticas com a produção em 305 dias são dependentes do tipo de medida e do modelo usado nas análises.

Vale ressaltar que o modelo M6 foi o mais adequado no ajuste das medidas de persistência (Tabela 3), sugerindo que esse modelo juntamente com a medida PS<sub>2</sub> são os indicados para uso em avaliação genética das persistências na produção de leite, gordura e proteína na raça Holandesa.

## **Conclusão**

As estimativas dos parâmetros genéticos para persistência na produção de leite, de gordura e de proteína apresentaram-se distintas entre si, dentro de cada medida e modelo. Nessa ordem, a medida de persistência  $PS_2$  e o modelo com função polinomial de maior ordem, são as opções adequadas para uso em avaliações genéticas de vacas primíparas da raça Holandesa.

## Literatura Citada

- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N.M. et al. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.614-623, 2006.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, C.N. et al. Análises da persistência na lactação de vacas da raça holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.546-555, 2004.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S. et al. Persistência na lactação - uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.11, p.163-173, 2003.
- COLE, J.B.; VANRADEN, P.M. Genetic Evaluation and Best Prediction of Lactation Persistency. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.2722-2728, 2006.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R. de; MACHADO, C.H.C. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1519-1530, 2005.
- DORNELES, C.K.P.; RORATO, P.R.R.; COBUCI, J.A. et al. Persistência na lactação para vacas da raça Holandesa criadas no Estado do Rio Grande do Sul via modelos de regressão aleatória. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1485-1491, 2009.
- GUO, Z.; SCHAEFFER, L.R. Random regression submodel comparison. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- JAKOBSEN, J.H.; MADSEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.6, p.1607-1616, 2002.
- LIN, C.Y.; TOGASHI, K. Simultaneous improvement of lactation milk and persistency. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- LIU, Y.X.; ZHANG, J.; SCHAEFFER L.R. et al. Short communication: Optimal random regression models for milk production in diary cattle. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.2233-2235, 2006.
- MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. **Animal Production**, v.20, p.191-197, 1975.
- MELO, C.M.R. de; PACKER, I.U.; COSTA, C.N. et al. Parâmetros genéticos para as produções de leite no dia do controle e da primeira lactação de vacas da raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.796-806, 2005.

STRABEL, T.; JAMROZIK, J. Genetic analysis of milk production traits of Polish Black and White cattle using large-scale random regression test-day models. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3152-3163, 2006.

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

## **CAPÍTULO IV**



## **5. CONCLUSÕES GERAIS**

Os modelos ajustados por polinômios de Legendre com maior ordem são os indicados para serem usados nas avaliações genéticas para a produção e persistência das características produtivas de vacas primíparas da raça Holandesa.

Com relação à persistência, a segunda medida (PS2) é a que melhor expressa a característica persistência na produção, quer seja de leite, de gordura ou de proteína, e por isso deve ser a preferida para uso em avaliações genéticas.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os parâmetros genéticos para as produções e persistências nas produções de leite, de gordura e de proteína, foram pouco influenciados pela ordem dos polinômios de Legendre utilizados na descrição dos efeitos fixos e aleatórios, entretanto, a fim de se obter a melhor qualidade no ajuste os modelos de regressão aleatória devem-se usar os polinômios de Legendre de ordem seis.

Quanto às medidas de persistência na lactação para as produções de leite e de gordura, ficou constatado que as medidas PS2 e PS3 foram igualmente adequadas para uso em avaliações genéticas para a persistência na lactação, pois foram aquelas que apresentaram as mais altas herdabilidades.

Dentre as medidas de persistência na produção de proteína, a medida PS2 foi a única adequada para uso em avaliações genéticas, com as mais altas herdabilidades.

São necessários mais estudos acerca das medidas de persistência, pois poderá haver medidas mais adequadas do que as utilizadas no presente estudo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L.G. Regressão aleatória: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das avaliações genéticas. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004.
- ARAÚJO, C.V.; TORRES, R.A.; COSTA, C. N. et al. Uso de funções ortogonais para descrever a produção de leite no dia de controle por meio de modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.967-974, 2006.
- BORMANN, J.; WIGGANS, G.R.; DRUET, T. et al. Within-herd effects of age at test day and lactation stage on test-day yields. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.3765-3774, 2003.
- BROTHERSTONE, S; WHITE, I.M.S; MEYER, K. Genetic modelling of daily yield using orthogonal and parametric curves. **Animal Science**, Penicuik, v.70, p.407-415, 2000.
- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N. et al. Estimativas de herdabilidade para produção de leite no dia do controle de vacas da raça Holandesa utilizando regressão aleatória. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004.
- COBUCI, J.A.; COSTA, C.N.; TEIXEIRA, N.M. et al. Utilização dos polinômios de Legendre e da função de Wilmink em avaliações genéticas para persistência na lactação de animais da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.4, p.614-623, 2006.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, C.N. et al. Análises da persistência na lactação de vacas da raça holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.546-554, 2004.

- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; LOPES, P.S. et al. Estimation of genetic parameters for test-day milk yield in Holstein cows using a random regression models. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.28, p.75-83, 2005.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.F.; PEREIRA, C.S. et al. Persistência na lactação - uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Mayaguez, v.11, p.163-173, 2003.
- COBUCI, J.A.; EUCLYDES, R.; TEODORO, R.L. et al. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p.1204-1211, 2001.
- COLE, J.B.; VANRADEN, P.M. Genetic Evaluation and Best Prediction of Lactation Persistency. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.2722-2728, 2006.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R. de; MACHADO, C.H.C. et al. Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1519-1530, 2005.
- COSTA, C.N.; MELO, C.M.R.; PACKER, I.U. et al. Genetic parameters for test day milk yield of first lactation Holstein cows estimated by random regression using Legendre polynomials. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.602-608, 2008.
- DEKKERS, J.C.M.; JAMROZIK, J.; TEN HAG, J.H. et al. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. **Interbull Bulletin**, Uppsala, Sweden p.97-102, 1996.
- DEKKERS, J.C.M.; TEM HAG, J.H.; WEERSINK, A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.53, p.237-252, 1998.
- DIONELLO, N. J. L. ; SILVA, C.A.S. da ; COSTA, C.N. et al. Estimação de parâmetros genéticos utilizando-se a produção de leite no dia do controle em primeiras lactações de vacas da raça Jersey. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1644-1650, 2006.
- DORNELES, C.K.P.; RORATO, P.R.N.; COBUCI, J.A. et al. Persistência na lactação para vacas da raça Holandesa criadas no Rio Grande do Sul via modelos de regressão aleatória. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1485-1491, 2009.

- DRUET, T.; JAFFREZIC, F.; BOICHARD, D. et al. Modeling lactation curves and estimation of genetic parameters for firstlactation test-day records of French Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.2480-2490, 2003.
- DUCROCQ V. Calving Ease Evaluation of French Dairy Bulls with a heteroskedastic Threshold Model with Direct and Maternal effects. **Interbull Bulletin**, Uppsala, Sweden, v.25, p.123-130, 2000.
- EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Utilização de modelos de regressão aleatória para produção de leite no dia do controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.
- FERREIRA, W.J.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. et al. Utilizacao da producao de leite no dia do controle na avaliacao genetica em gado de leite - uma revisao. **Archivos Latinoamericano de Produccion Animal**, Mayaguez, v.10, n.1, p.46-53, 2002.
- GENGLER, N. Persistency of lactation yields: a review. **Interbull Bulletin**, Uppsala, Sweden n.12, p.87-96, 1996.
- GENGLER, N.; WIGGANS, G.R.; GILLON, A. Adjustment for heterogeneous covariance due to herd milk yield by transformation of test-day random regressions. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.2981-2990, 2005.
- GROSSMAN, M.; HARTZ, S.M.; KOOPS, W.P. Persistency of lactation yield: A novel approach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, n.10, p.2192-2197, 1999.
- GUO, Z.; SCHAEFFER, L.R. Random regression submodel comparison. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, 2002. CD-ROM.
- HAILE-MARIAM, M.; BOWMAN, P.L.; GODDARD, M.E. Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.80, p.189-200, 2003.
- HARDER, B.; BENNEWITZ, J.; HINRICHS, D. et al. Genetic Parameters for Health Traits and Their Relationship to Different Persistency Traits in German Holstein Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, n.8, p.3202-3212, 2006.
- HENDERSON, C.R. **Aplications of linear models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph, 1984. 462p.

- HENDERSON Jr., C.R. Analysis of covariance in the mixed model: higher-level, nonhomogeneous, and random regressions. **Biometrics**, Washington, v.38, p.623-640, 1982.
- HILL, W.G.; BROTHERSTONE, S.; VISSCHER, P.M. **Current and future developments in dairy cattle breeding: a research viewpoint**. Edinburgh: British Society of Animal Science , 1995. p. 59-66.
- HUISMAN, A.E.; VEERKAMP, R.F.; ARENDONK, J.A.M. Genetics parameters for various random regression models to describe the weight data of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, n.3, p.575-582, 2002.
- JAKOBSEN, J.H.; MADSEN, P.; JENSEN, J. et al. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.6, p.1607-1616, 2002.
- JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; DEKKERS, J.C.M. et al. Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analyses of test day yields. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.10, p.2550-2556, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.4, p.762-770, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.6, p.1217-1226, 1997.
- JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L.R.; GRIGNOLA, F. Genetic parameters for production traits and somatic cell score of Canadian Holsteins with multiple trait random regression models. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale, 1998.
- JENSEN, J. Genetic evaluation of dairy cattle using Test-day models. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84, n.12, p.2803-2812, 2001.
- KIRKPATRICK, M.; HILL, W.G.; THOMPSON, R. Estimating the covariance structure of traits during growth and ageing, illustrated with lactations in dairy cattle. **Genetic Research**, Pittsburgh, v.64, p.57-69, 1994.
- LAIRD, N.M.; WARE, J.H. Random effects models for longitudinal data. **Biometrics**, Washington, v.38, n.4, p.963-974, 1982.

- LEDIC, I.L.; TONHATI, H.; VERNEQUE, R.S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientes para as produções de leite no dia de controle e em 305 dias de lactação de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.1953-1963, 2002.
- LIDAUER, M.; MANTYSAARI, E.A. Multiple trait reduced rank random regression test-day model for production traits. **Interbull Bulletin**, Uppsala, Sweden v.22, p.74-80, 1999.
- LIDAUER, M.; MÄNTYSAARI, E.A.; STRANDÉN, I. Comparison of test-day models for genetic evaluation of production traits in dairy cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.79, p.73-86, 2003.
- LIN, C.Y.; TOGASHI, K. Simultaneous improvement of lactation milk and persistency. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, 2002. CD-ROM.
- LIU, Y.X.; ZHANG, J.; SCHAEFFER L.R. et al. Short communication: Optimal random regression models for milk production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.2233-2235, 2006.
- LÓPEZ-ROMERO, P.; CARABAÑO, M.J. Comparing alternative random regression models to analyze first lactation daily milk yield data in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.82, p.81-96, 2003.
- LUDWICK, T.M.; PETERSEN, W.E. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.26, p.439-445, 1943.
- MADSEN, O. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. **Animal Production**, Bletchley, v.20, p.191-197, 1975.
- MAYERES, P.; STOLL, J.; BORMANN, J. et al. Prediction of daily milk, fat and protein production by a random regression test-day model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p.1925-1933, 2004.
- MELO, C.M.R.; PACKER, I.U.; COSTA, C.N. et al. Genetic Parameters for Test Day Milk Yields of First Lactation Holstein Cows by Random Regression Models. **Animal**, Cambridge, v.1, p.325-334, 2007.
- MELO, C.M.R.; PACKER, I.U.; COSTA, C.N. et al. Valores genéticos para as produções de leite do dia do controle e da lactação na raça Holandesa com diferentes modelos estatísticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1295-1303, 2007.

- MERCADANTE, M.E.Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G. et al. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento. II – Modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1726-1733, 2002.
- MEYER, K. Modeling repeated records: covariance function and random regression models to analyze animal breeding data. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale, 1998.
- MRODE, R.A.; SWANSON, G.J.T. Calculating cow and daughter yield deviations and partitioning of genetic evaluations under a random regression model. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.86, p.253-260, 2004.
- PTAK, E.; SCHAEFFER, L.R. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.34, p.23-34, 1993.
- REENTS, R.; DEKKERS, J.C.M.; SCHAEFFER, L.R. Genetic evaluation for somatic cell score with a test day model for multiple lactations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.12, p.2858-2870, 1995.
- REKAYA, R.; CARABAÑO, M.J.; TORO, M.A. Use of test day yields for the genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.57, p.203-217, 1999.
- RESENDE, M.D.V.de; REZENDE, G.D.S.P.; FERNANDES, J.S.C. Regressão aleatória e funções de covariância na análise de medidas repetidas. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v.19, p.21-40, 2001.
- SAMORÉ, A.B.; BOETTCHER, P.; JAMROZIK, J. et al. Genetic parameters for production traits and somatic cell scores estimated with a multiple trait random regression model in Italian Holsteins. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- SCHAEFFER, L.R. 2000. **Random regression models**. Disponível em: <http://www.aps.uoguelph.ca/~lrs/ANSC637/LRS14/> Acesso em: 27/03/2008.
- SCHAEFFER, L.R. Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.86, p.35-45, 2004.
- SCHAEFFER, L.R.; DEKKERS, J.C.M. Random regression in animal models for test day production in dairy cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Guelph. **Proceedings...** Guelph, 1994. p.443-446.



- SCHAEFFER, L.R.; JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J. et al. Experience with a test-day model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, p.1135-1144, 2000.
- SÖLKNER, J.; FUCHS, W. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of Test-day milk yields. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.16, p.305-319, 1987.
- STRABEL, T.; JAMROZIK, J. The effect on incorrect estimated variance-covariance components on genetic evaluation of dairy cattle with random regression models. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, CD-ROM, 2002.
- STRABEL, T.; JAMROZIK, J. Genetic analysis of milk production traits of Polish Black and White cattle using large-scale random regression test-day models. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.3152-3163, 2006.
- STRABEL, T.; MISZTAL, I. Genetic parameters for first and second lactation milk yields of Polish black and white cattle with random regression test-day models. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.82, n.12, p.2805-2810, 1999.
- STRABEL, T.; SZYDA, J.; PTAK, E. et al. Comparison of random regression test-day models for Polish Black and White cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.3688-3699, 2005.
- SWALVE, H.H. The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yield traits. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.4, p.929-938, 1995.
- SWALVE, H.H. Theoretical basis and computational for different test-day genetic evaluation methods. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.5, p.1115-1124, 2000.
- TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, I. et al. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.6, p.1381-1386, 2000.
- VAN DER WERF, J.H.J.; GODDARD, M.E.; MEYER, K. The use of covariance functions and random regression for genetic evaluation of milk production based on test day records. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, n.12, p.3300-3308, 1998.
- VISSCHER, P.M.; GODDARD, M.E. Genetic parameters for milk yield, survival, workability, and type traits for Australian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, p.205-220, 1995.

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

ZOTTO, R.D. Comparison of different test-day models for genetic evaluation of Italian Brown dairy cattle. **Interbull Bulletin**, Uppsala, Sweden v.25, p.95-98, 2000.

## **APÊNDICES**

Apêndice 1 - Estimativas de variâncias genética aditiva (VG) e de ambiente permanente (VAP) para a produção de leite, gordura e proteína, no dia do controle de vacas da raça Holandesa, obtidas pelos modelos (M3 a M6) para os dias em lactação selecionados (DIM)

Modelo		M3		M4		M5		M6	
Característica	DIM	VG	VAP	VG	VAP	VG	VAP	VG	VAP
Leite	6	3,58	15,37	4,29	17,32	5,92	15,70	5,71	15,49
	30	2,79	11,59	2,86	11,44	2,95	11,44	2,78	11,96
	60	2,60	9,49	2,68	10,17	2,74	11,41	2,86	11,63
	90	2,96	8,99	3,12	10,19	3,13	10,67	3,13	10,69
	120	3,60	9,10	3,69	9,85	3,68	9,77	3,67	9,85
	150	4,32	9,20	4,31	9,42	4,38	9,32	4,37	9,38
	180	4,95	9,10	4,93	9,38	4,99	9,28	4,97	9,64
	210	5,41	8,97	5,43	9,70	5,37	9,81	5,39	10,18
	240	5,67	9,42	5,65	10,09	5,53	11,05	5,62	11,19
	270	5,78	11,43	5,56	11,13	5,67	12,17	5,66	12,95
	305	5,83	17,63	5,84	18,40	7,46	14,89	7,53	11,92
Gordura	6	4217,15	14077,63	994,69	21487,58	7602,24	14826,11	6703,12	17048,79
	30	3324,05	10191,47	1091,72	12473,57	3458,43	10616,31	3214,76	11290,99
	60	3127,55	8311,05	1638,42	10155,58	2774,17	10456,93	2832,36	10876,03
	90	3498,98	8297,32	2434,56	10312,52	3574,64	9722,66	3377,85	9976,55
	120	4066,98	9002,90	3343,87	10317,57	4431,85	9375,16	4160,69	9901,14
	150	4581,52	9698,32	4257,75	10159,87	4960,84	9808,03	4811,42	10122,90
	180	4913,86	10071,97	5045,59	10345,72	5205,46	10397,98	5109,11	10852,12
	210	5056,60	10230,14	5540,78	10907,40	5309,34	11111,73	5133,82	11797,09
	240	5123,65	10697,00	5562,24	11519,60	5256,73	12533,55	5193,77	12763,77
	270	5350,24	12414,60	4971,62	12723,42	4883,09	14101,25	5219,96	14606,98
	305	6298,62	17836,82	3518,34	20193,96	4970,05	13551,74	4617,25	11430,85
Proteína	6	1806,99	11023,87	5126,75	10145,48	6961,20	10186,45	7979,51	10096,86
	30	1969,24	9014,56	3543,04	7145,35	3445,99	7430,40	3401,38	7325,06
	60	2204,22	8315,75	2548,94	7903,38	2283,13	8381,47	2138,05	8314,62
	90	2466,10	8731,70	2250,76	8916,19	1959,86	9060,78	1936,88	9270,92
	120	2750,12	9569,17	2373,39	9114,93	2575,02	9120,66	2701,39	9166,38
	150	3056,56	10419,74	2736,37	9195,26	3513,49	9178,09	3637,44	9088,15
	180	3390,66	11159,79	3203,60	9915,37	3857,48	9773,73	3904,68	9932,46
	210	3762,70	11950,47	3651,98	11297,69	3497,64	11327,27	3528,92	11494,20
	240	4187,94	13237,73	3958,98	12734,25	3074,82	13707,47	3186,97	13670,39
	270	4686,66	15752,31	4009,17	13995,72	3135,35	15532,11	3393,29	15875,77
	305	5395,34	21607,87	3636,37	18249,11	6094,79	14454,36	6092,72	13119,45

Apêndice 2 - Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e de ambiente permanente (abaixo da diagonal) entre os períodos de lactação selecionados, obtidas pelos diferentes modelos (M3 a M6), para a produção de leite no dia do controle

MODELO	DIM	6	30	60	90	120	150	180	210	240	270	305
M3	6		0,96	0,80	0,59	0,41	0,29	0,20	0,15	0,12	0,12	0,13
	30	0,97		0,93	0,79	0,65	0,54	0,46	0,41	0,37	0,36	0,34
	60	0,86	0,96		0,96	0,88	0,80	0,74	0,70	0,66	0,63	0,58
	90	0,70	0,85	0,97		0,98	0,94	0,90	0,87	0,83	0,80	0,74
	120	0,55	0,72	0,89	0,98		0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,82
	150	0,44	0,62	0,82	0,94	0,99		0,99	0,98	0,96	0,93	0,86
	180	0,37	0,55	0,75	0,88	0,95	0,99		1,00	0,98	0,96	0,90
	210	0,33	0,49	0,68	0,80	0,88	0,94	0,98		1,00	0,98	0,93
	240	0,33	0,44	0,58	0,68	0,75	0,82	0,90	0,97		0,99	0,96
	270	0,33	0,38	0,45	0,50	0,56	0,63	0,73	0,85	0,96		0,99
	305	0,33	0,31	0,28	0,27	0,30	0,36	0,47	0,63	0,81	0,95	
M4	6		0,92	0,66	0,43	0,29	0,22	0,18	0,16	0,14	0,11	0,02
	30	0,92		0,90	0,74	0,61	0,51	0,44	0,40	0,37	0,35	0,32
	60	0,68	0,91		0,95	0,87	0,79	0,71	0,65	0,62	0,62	0,63
	90	0,50	0,79	0,97		0,98	0,92	0,86	0,81	0,78	0,78	0,79
	120	0,42	0,70	0,91	0,98		0,98	0,95	0,91	0,89	0,88	0,85
	150	0,40	0,64	0,82	0,91	0,97		0,99	0,97	0,95	0,94	0,88
	180	0,40	0,57	0,70	0,79	0,89	0,97		0,99	0,98	0,97	0,87
	210	0,41	0,51	0,58	0,66	0,77	0,89	0,97		1,00	0,98	0,87
	240	0,40	0,45	0,49	0,55	0,65	0,78	0,90	0,97		0,99	0,89
	270	0,34	0,40	0,42	0,46	0,53	0,64	0,74	0,85	0,94		0,94
	305	0,16	0,28	0,35	0,36	0,37	0,38	0,42	0,50	0,65	0,86	
M5	6		0,85	0,50	0,33	0,28	0,26	0,22	0,17	0,12	0,11	0,20
	30	0,84		0,87	0,72	0,60	0,51	0,44	0,39	0,35	0,33	0,33
	60	0,57	0,92		0,95	0,85	0,75	0,67	0,62	0,61	0,60	0,51
	90	0,45	0,81	0,96		0,97	0,90	0,84	0,80	0,79	0,78	0,69
	120	0,40	0,70	0,87	0,96		0,98	0,95	0,92	0,90	0,89	0,81
	150	0,40	0,61	0,75	0,87	0,97		0,99	0,97	0,96	0,94	0,86
	180	0,39	0,55	0,65	0,77	0,89	0,97		0,99	0,98	0,96	0,86
	210	0,36	0,51	0,58	0,67	0,77	0,87	0,96		1,00	0,98	0,85
	240	0,29	0,47	0,53	0,57	0,63	0,72	0,84	0,95		0,99	0,86
	270	0,19	0,40	0,48	0,49	0,50	0,56	0,68	0,83	0,95		0,92
	305	0,02	0,20	0,30	0,33	0,33	0,34	0,39	0,49	0,62	0,81	
M6	6		0,76	0,43	0,35	0,34	0,31	0,26	0,22	0,19	0,20	0,18
	30	0,79		0,89	0,78	0,65	0,54	0,45	0,39	0,35	0,36	0,41
	60	0,56	0,92		0,95	0,84	0,72	0,65	0,59	0,57	0,58	0,59
	90	0,45	0,78	0,95		0,96	0,89	0,84	0,80	0,78	0,79	0,74
	120	0,40	0,66	0,85	0,96		0,98	0,95	0,93	0,92	0,92	0,83
	150	0,36	0,59	0,75	0,87	0,96		0,99	0,98	0,97	0,98	0,84
	180	0,32	0,55	0,66	0,75	0,85	0,96		1,00	0,99	0,99	0,83
	210	0,29	0,52	0,60	0,65	0,73	0,86	0,96		1,00	0,99	0,81
	240	0,27	0,45	0,53	0,57	0,62	0,70	0,81	0,93		0,99	0,80
	270	0,24	0,34	0,43	0,48	0,50	0,52	0,60	0,75	0,93		0,86
	305	0,15	0,23	0,31	0,36	0,39	0,42	0,46	0,55	0,68	0,81	

Apêndice 3 - Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e de ambiente permanente (abaixo da diagonal) entre os períodos de lactação selecionados, obtidas pelos diferentes modelos (M3 a M6), para a produção de gordura no dia do controle

MODELO	DIM	6	30	60	90	120	150	180	210	240	270	305
M3	6		0,96	0,81	0,62	0,48	0,39	0,35	0,34	0,36	0,41	0,47
	30	0,97		0,94	0,82	0,71	0,63	0,58	0,57	0,56	0,57	0,55
	60	0,82	0,94		0,96	0,90	0,85	0,81	0,79	0,76	0,71	0,61
	90	0,61	0,79	0,95		0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,78	0,63
	120	0,43	0,64	0,86	0,97		0,99	0,98	0,95	0,90	0,82	0,64
	150	0,30	0,53	0,78	0,93	0,99		0,99	0,98	0,93	0,85	0,67
	180	0,22	0,44	0,70	0,87	0,95	0,99		0,99	0,96	0,89	0,72
	210	0,19	0,39	0,63	0,79	0,89	0,94	0,98		0,99	0,93	0,79
	240	0,19	0,35	0,54	0,68	0,78	0,85	0,91	0,97		0,98	0,88
	270	0,22	0,31	0,43	0,53	0,60	0,68	0,77	0,87	0,96		0,96
	305	0,26	0,27	0,28	0,31	0,35	0,42	0,52	0,66	0,82	0,95	
M4	6		0,94	0,83	0,78	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,86	0,85
	30	0,91		0,97	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	60	0,62	0,88		1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97
	90	0,38	0,71	0,95		1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97
	120	0,25	0,58	0,86	0,97		1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97
	150	0,22	0,49	0,76	0,89	0,97		1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
	180	0,23	0,42	0,63	0,76	0,88	0,97		1,00	1,00	0,99	0,99
	210	0,26	0,37	0,51	0,62	0,75	0,88	0,97		1,00	1,00	0,99
	240	0,28	0,34	0,41	0,50	0,62	0,77	0,89	0,97		1,00	1,00
	270	0,25	0,31	0,36	0,42	0,51	0,62	0,74	0,85	0,95		1,00
	305	0,12	0,23	0,32	0,34	0,36	0,38	0,43	0,52	0,67	0,87	
M5	6		0,94	0,66	0,46	0,41	0,41	0,42	0,41	0,42	0,49	0,73
	30	0,81		0,87	0,73	0,68	0,66	0,63	0,59	0,55	0,61	0,85
	60	0,49	0,90		0,97	0,94	0,90	0,84	0,75	0,67	0,68	0,87
	90	0,31	0,74	0,94		0,99	0,96	0,90	0,80	0,71	0,70	0,83
	120	0,23	0,56	0,80	0,94		0,99	0,94	0,86	0,78	0,76	0,85
	150	0,22	0,44	0,64	0,83	0,96		0,98	0,93	0,87	0,85	0,89
	180	0,25	0,39	0,54	0,72	0,88	0,97		0,98	0,94	0,93	0,91
	210	0,26	0,41	0,52	0,65	0,79	0,89	0,96		0,99	0,98	0,91
	240	0,21	0,41	0,51	0,58	0,66	0,73	0,84	0,95		1,00	0,89
	270	0,05	0,34	0,47	0,50	0,52	0,56	0,67	0,82	0,95		0,92
	305	-0,34	0,03	0,28	0,35	0,36	0,37	0,45	0,60	0,76	0,90	
M6	6		0,88	0,60	0,46	0,40	0,38	0,39	0,44	0,53	0,63	0,71
	30	0,69		0,90	0,77	0,68	0,62	0,58	0,56	0,55	0,59	0,82
	60	0,40	0,89		0,96	0,90	0,84	0,77	0,69	0,61	0,59	0,85
	90	0,31	0,70	0,92		0,98	0,94	0,89	0,82	0,72	0,67	0,88
	120	0,28	0,51	0,75	0,94		0,99	0,96	0,90	0,81	0,75	0,90
	150	0,25	0,43	0,62	0,83	0,95		0,99	0,95	0,88	0,82	0,91
	180	0,20	0,42	0,56	0,70	0,84	0,95		0,98	0,93	0,88	0,92
	210	0,15	0,44	0,54	0,62	0,71	0,85	0,96		0,98	0,94	0,92
	240	0,11	0,40	0,52	0,57	0,62	0,71	0,83	0,94		0,99	0,92
	270	0,08	0,28	0,43	0,51	0,52	0,55	0,62	0,76	0,93		0,92
	305	0,00	0,08	0,26	0,41	0,47	0,48	0,52	0,63	0,83	0,96	

Apêndice 4 - Estimativas de correlações genéticas (acima da diagonal) e de ambiente permanente (abaixo da diagonal) entre os períodos de lactação selecionados, obtidas pelos diferentes modelos (M3 a M6), para a produção de proteína no dia do controle

MODELO	DIM	6	30	60	90	120	150	180	210	240	270	305
M3	6		0,99	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75	0,68	0,61	0,52	0,42
	30	0,97		0,99	0,97	0,93	0,88	0,83	0,76	0,69	0,62	0,52
	60	0,85	0,95		0,99	0,97	0,94	0,90	0,84	0,78	0,72	0,63
	90	0,69	0,85	0,97		0,99	0,97	0,94	0,90	0,85	0,79	0,71
	120	0,55	0,74	0,90	0,98		0,99	0,98	0,95	0,91	0,86	0,79
	150	0,44	0,64	0,83	0,94	0,99		0,99	0,98	0,95	0,91	0,85
	180	0,36	0,56	0,76	0,88	0,95	0,99		0,99	0,98	0,95	0,90
	210	0,30	0,48	0,68	0,81	0,89	0,95	0,98		0,99	0,98	0,94
	240	0,26	0,41	0,57	0,70	0,79	0,86	0,93	0,98		0,99	0,97
	270	0,23	0,33	0,46	0,56	0,64	0,73	0,82	0,91	0,97		0,99
	305	0,20	0,24	0,31	0,37	0,45	0,54	0,64	0,76	0,88	0,96	
M4	6		0,99	0,95	0,86	0,76	0,70	0,66	0,65	0,67	0,69	0,74
	30	0,87		0,98	0,92	0,84	0,77	0,74	0,73	0,74	0,77	0,81
	60	0,57	0,90		0,98	0,93	0,88	0,86	0,85	0,85	0,87	0,90
	90	0,40	0,79	0,97		0,99	0,96	0,94	0,94	0,94	0,95	0,96
	120	0,35	0,72	0,91	0,98		0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
	150	0,36	0,64	0,81	0,89	0,97		1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
	180	0,37	0,55	0,65	0,75	0,86	0,96		1,00	1,00	1,00	0,99
	210	0,37	0,44	0,49	0,58	0,72	0,87	0,97		1,00	1,00	0,99
	240	0,34	0,36	0,37	0,45	0,60	0,77	0,90	0,98		1,00	0,99
	270	0,27	0,28	0,30	0,37	0,50	0,66	0,80	0,90	0,97		1,00
	305	0,10	0,20	0,27	0,33	0,41	0,50	0,58	0,67	0,77	0,90	
M5	6		0,91	0,81	0,87	0,86	0,82	0,80	0,80	0,79	0,80	0,83
	30	0,83		0,97	0,93	0,78	0,67	0,65	0,70	0,76	0,78	0,63
	60	0,54	0,91		0,94	0,76	0,64	0,62	0,69	0,77	0,79	0,57
	90	0,41	0,80	0,97		0,93	0,85	0,85	0,89	0,93	0,94	0,80
	120	0,38	0,72	0,89	0,97		0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,96
	150	0,39	0,64	0,78	0,89	0,97		1,00	0,99	0,95	0,95	0,99
	180	0,39	0,56	0,65	0,75	0,87	0,96		0,99	0,96	0,95	0,99
	210	0,34	0,47	0,52	0,60	0,72	0,85	0,96		0,99	0,98	0,96
	240	0,25	0,38	0,42	0,47	0,57	0,71	0,86	0,97		1,00	0,91
	270	0,13	0,31	0,37	0,40	0,47	0,59	0,75	0,89	0,97		0,90
	305	-0,10	0,20	0,37	0,42	0,46	0,53	0,63	0,75	0,86	0,94	
M6	6		0,89	0,79	0,88	0,87	0,83	0,81	0,79	0,79	0,81	0,83
	30	0,86		0,97	0,91	0,76	0,66	0,65	0,68	0,72	0,73	0,62
	60	0,59	0,91		0,93	0,74	0,63	0,62	0,67	0,73	0,74	0,55
	90	0,44	0,80	0,97		0,93	0,87	0,85	0,89	0,92	0,93	0,79
	120	0,38	0,73	0,91	0,98		0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,94
	150	0,34	0,65	0,80	0,88	0,96		1,00	0,99	0,96	0,96	0,98
	180	0,30	0,56	0,65	0,72	0,83	0,95		0,99	0,96	0,95	0,98
	210	0,27	0,47	0,53	0,57	0,69	0,84	0,96		0,99	0,98	0,96
	240	0,23	0,39	0,44	0,47	0,56	0,70	0,84	0,95		1,00	0,90
	270	0,16	0,31	0,38	0,42	0,48	0,58	0,70	0,85	0,96		0,90
	305	-0,05	0,15	0,32	0,41	0,49	0,59	0,69	0,80	0,90	0,95	

Apêndice 5 - Normas utilizadas para preparação dos capítulos II e III.

### **Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia**

A fim de prestigiar a comunidade científica nacional, é importante que os autores citem mais artigos disponíveis na literatura brasileira.

#### **Instruções gerais**

A RBZ publica artigos científicos originais nas áreas de Aqüicultura, Forragicultura, Melhoramento, Genética e Reprodução, Monogástricos, Produção Animal, Ruminantes, e Sistemas de Produção e Agronegócio.

O envio dos manuscritos é feito exclusivamente pela *home page* da RBZ (<http://www.sbz.org.br>), link Revista, juntamente com a carta de encaminhamento, conforme instruções no link "Envie seu manuscrito".

O texto deve ser elaborado segundo as normas da RBZ e orientações disponíveis no link "Instruções aos autores".

O pagamento da taxa de tramitação (pré-requisito para emissão do número de protocolo), no valor de R\$ 40,00 (quarenta reais), deverá ser realizado por meio de boleto bancário, disponível na *home page* da SBZ (<http://www.sbz.org.br>).

A taxa de publicação para 2009 é diferenciada para associados e não-associados da SBZ. Para associados, será cobrada taxa de R\$ 115,00 (até 8 páginas no formato final) e R\$ 45,00 para cada página excedente. Uma vez aprovado o manuscrito, todos os autores devem estar em dia com a anuidade da SBZ do ano corrente, exceto co-autor que não milita na área zootécnica (estatístico, químico, entre outros), desde que não seja o primeiro autor e que não publique mais de um artigo no ano corrente (reincidência). Para não-associados, serão cobrados R\$ 90,00 por página (até 8 páginas no formato final) e R\$ 180,00 para cada página excedente.

No processo de publicação, os artigos técnico-científicos são avaliados por revisores *ad hoc* indicados pelo Conselho Científico, composto por especialistas com doutorado nas diferentes áreas de interesse e coordenados pela Comissão Editorial da RBZ. A política editorial da RBZ consiste em manter o alto padrão científico das publicações, por intermédio de colaboradores de renomada conduta ética e elevado nível técnico. O Editor Chefe e o Conselho Científico, em casos especiais, têm autonomia para decidir sobre a publicação do artigo.

**Língua:** português ou inglês

#### **Formatação de texto**

O texto deve ser digitado em fonte Times New Roman 12, espaço duplo (exceto Resumo, Abstract e Tabelas, que devem ser elaborados em espaço 1,5), margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente.



O manuscrito pode conter até 25 páginas, numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos.

As páginas devem apresentar linhas numeradas (a numeração é feita da seguinte forma: MENU ARQUIVO/CONFIGURAR PÁGINA/LAYOUT/NÚMEROS DE LINHA.../NUMERAR LINHAS), com paginação contínua e centralizada no rodapé.

### **Estrutura do artigo**

O artigo deve ser dividido em seções com cabeçalho centralizado, em negrito, na seguinte ordem: Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Literatura Citada.

Não são aceitos cabeçalhos de terceira ordem.

Os parágrafos devem iniciar a 1,0 cm da margem esquerda.

### **Título**

Deve ser preciso e informativo. Quinze palavras são o ideal e 25, o máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, segundo o exemplo: Valor nutritivo da cana-de-açúcar para bovinos em crescimento. Deve apresentar a chamada "1" somente no caso de a pesquisa ter sido financiada. Não citar "parte da tese...."

### **Autores**

Deve-se listar até seis autores. A primeira letra de cada nome/sobrenome deve ser maiúscula (Ex.: Anacleto José Benevenuto). Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: A.J. Benevenuto).

Outras pessoas que auxiliaram na condução do experimento e/ou preparação/avaliação do manuscrito devem ser mencionadas em **Agradecimentos**.

Digitar o nome dos autores separados por vírgula, centralizado e em negrito, com chamadas de rodapé numeradas e em sobrescrito, indicando apenas a instituição e/ou o endereço profissional dos autores. Não citar o vínculo empregatício, a profissão e a titulação dos autores. Informar o endereço eletrônico somente do responsável pelo artigo.

### **Resumo**

Deve conter no máximo 1.800 caracteres com espaço. As informações do resumo devem ser precisas e informativas. Resumos extensos serão devolvidos para adequação às normas.

Deve sumarizar objetivos, material e métodos, resultados e conclusões. Não deve conter introdução. Referências nunca devem ser citadas no resumo.

O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e espaço 1,5, começando por RESUMO, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

## **Abstract**

Deve aparecer obrigatoriamente na segunda página e ser redigido em inglês científico, evitando-se traduções de aplicativos comerciais.

O texto deve ser justificado e digitado em espaço 1,5, começando por ABSTRACT, em parágrafo único, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

## **Palavras-chave e Key Words**

Apresentar até seis (6) palavras-chave e Key Words imediatamente após o RESUMO e ABSTRACT, respectivamente, em ordem alfabética. Devem ser elaboradas de modo que o trabalho seja rapidamente resgatado nas pesquisas bibliográficas. Não podem ser retiradas do título do artigo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separado por vírgulas. Não devem conter ponto final.

## **Introdução**

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaço.

Deve-se evitar a citação de várias referências para o mesmo assunto.

Trabalhos com introdução extensa serão devolvidos para adequação às normas.

## **Material e Métodos**

Descrição clara e com referência específica original para todos os procedimentos biológicos, analíticos e estatísticos. Todas as modificações de procedimentos devem ser explicadas.

## **Resultados e Discussão**

Os resultados devem ser combinados com discussão. Dados suficientes, todos com algum índice de variação incluso, devem ser apresentados para permitir ao leitor a interpretação dos resultados do experimento. A discussão deve interpretar clara e concisamente os resultados e integrar resultados de literatura com os da pesquisa para proporcionar ao leitor uma base ampla na qual possa aceitar ou rejeitar as hipóteses testadas.

Evitar parágrafos soltos e citações pouco relacionadas ao assunto.

## **Conclusões**

Devem ser redigidas em parágrafo único e conter no máximo 1.000 caracteres com espaço.

Não devem ser repetição de resultados. Devem ser dirigidas aos leitores que não são necessariamente profissionais ligados à ciência animal. Devem explicar claramente, sem abreviações, acrônimos ou citações, o que os

resultados da pesquisa concluem para a ciência animal.

## Agradecimentos

Deve iniciar logo após as Conclusões.

## Abreviaturas, símbolos e unidades

Abreviaturas, símbolos e unidades devem ser listados conforme indicado na *home page* da RBZ, link "Instruções aos autores".

- Usar **36%**, e não 36 % (sem espaço entre o no e %)
- Usar **88 kg**, e não 88Kg (com espaço entre o no e kg, que deve vir em minúsculo)
- Usar **136,22**, e não 136.22 (usar vírgula, e não ponto)
- Usar **42 mL**, e não 42 ml (litro deve vir em L maiúsculo, conforme padronização internacional)
- Usar **25oC**, e não 25 oC (sem espaço entre o no e oC)
- Usar (**P<0,05**), e não (P < 0,05) (sem espaço antes e depois do <)
- Usar **521,79 ± 217,58**, e não 521,79±217,58 (com espaço antes e depois do ±)
- Usar **r2 = 0,95**, e não r2=0,95 (com espaço antes e depois do =)
- Usar asterisco nas tabelas apenas para probabilidade de P: (\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001)

Deve-se evitar o uso de abreviações não consagradas e de acrônimos, como por exemplo: "o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6". Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

## Tabelas e Figuras

É imprescindível que todas as tabelas sejam digitadas segundo menu do Word "Inserir Tabela", em células distintas (não serão aceitas tabelas com valores separados pelo recurso ENTER ou coladas como figura). Tabelas e figuras enviadas fora de normas serão devolvidas para adequação.

Devem ser numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.

O título das tabelas e figuras deve ser curto e informativo, devendo-se adotar as abreviaturas divulgadas oficialmente pela RBZ.

A legenda das Figuras (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura. Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas e unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas, que deve ser referenciada.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o

excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

As figuras devem ser gravadas no programa Word, Excel ou Corel Draw (extensão CDR), para possibilitar a edição e possíveis correções.

Usar linhas com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

No caso de gráfico de barras, usar diferentes efeitos de preenchimento (linhas horizontais, verticais, diagonais, pontinhos etc). Evite os padrões de cinza porque eles dificultam a visualização quando impressos.

As figuras deverão ser exclusivamente monocromáticas.

Não usar negrito nas figuras.

Os números decimais apresentados no interior das tabelas e figuras devem conter vírgula, e não ponto.

### **Citações no texto**

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

### **Comunicação pessoal (ABNT-NBR 10520).**

Não fazem parte da lista de referências, sendo colocadas apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão “comunicação pessoal”, a data da comunicação, o nome, estado e país da Instituição à qual o autor é vinculado.

### **Literatura Citada**

Baseia-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 6023).

Devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s) sobrenome(s) do(s) autor(es).

Digitá-las em espaço simples, alinhamento justificado e recuo até a terceira letra a partir da segunda linha da referência. Para formatá-las, siga as seguintes instruções:

No menu FORMATAR, escolha a opção PARÁGRAFO... RECUO ESPECIAL, opção DESLOCAMENTO... 0,6 cm.

Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto-e-vírgula e, naquelas com mais de três autores, os três primeiros vêm seguidos de et al. As iniciais dos autores não podem conter espaços. O termo et al. não deve ser italizado nem precedido de vírgula.

O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título será negrito e, para os nomes científicos, itálico.

Indica(m)-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado (s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

No caso de homônimos de cidades, acrescenta-se o nome do estado (ex.: Viçosa, MG; Viçosa, AL; Viçosa, RJ).

### Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva

A entidade é tida como autora e deve ser escrita por extenso, acompanhada por sua respectiva abreviatura. No texto, é citada somente a abreviatura correspondente.

Quando a editora é a mesma instituição responsável pela autoria e já tiver sido mencionada, não é indicada.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

### Livros e capítulos de livro

Os elementos essenciais são: autor(es), título e subtítulo (se houver), seguidos da expressão "In:", e da referência completa como um todo. No final da referência, deve-se informar a paginação.

Quando a editora não é identificada, deve-se indicar a expressão *sine nomine*, abreviada, entre colchetes [s.n.].

Quando o editor e local não puderem ser indicados na publicação, utilizam-se ambas as expressões, abreviadas, e entre colchetes [S.l.: s.n.].

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acríbia, 1974. p.425-434.

NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. New York: John Wiley, 1997. 883p.

### Teses e dissertações

Deve-se evitar a citação de teses, procurando referenciar sempre os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados. Entretanto, caso os artigos ainda não tenham sido publicados, devem-se citar os seguintes elementos: autor, título, ano, página, área de concentração, universidade e local.

CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. 1989. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

### Boletins e relatórios

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine**. (S.L.): Virginia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

## Artigos

O nome do periódico deve ser escrito por extenso. Com vistas à padronização deste tipo de referência, não é necessário citar o local; somente volume, número, intervalo de páginas e ano.

RESTLE, J.; VAZ, R.Z.; ALVES FILHO, D.C. et al. Desempenho de vacas Charolês e Nelore desterнейradas aos três ou sete meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.499-507, 2001.

## Congressos, reuniões, seminários etc

Citar o mínimo de trabalhos publicados em forma de resumo, procurando sempre referenciar os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados.

CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999]. (CD-ROM).

## Artigo e/ou matéria em meios eletrônicos

Na citação de material bibliográfico obtido via internet, o autor deve procurar sempre usar artigos assinados, sendo também sua função decidir quais fontes têm realmente credibilidade e confiabilidade.

Quando se tratar de obras consultadas *on-line*, são essenciais as informações sobre o endereço eletrônico, apresentado entre os sinais < >, precedido da expressão "Disponível em:" e a data de acesso do documento, precedida da expressão "Acesso em:".

NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. [2003]. Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm>> Acesso em: 28/7/2005.

REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. [2002]. **Digestión de la soja integral en rumiantes**. Disponível em: <[http://www.ussoymeal.org/ruminant\\_s.pdf](http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf)> Acesso em: 12/10/2002.

SILVA, R.N.; OLIVEIRA, R. [1996]. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO

CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 1996. Disponível em: <http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais.htm> Acesso em: 21/1/1997.

## **VITA**

Igor de Oliveira Biassus nasceu em 28 de novembro de 1979 no município de Uruguaiana no Estado do Rio Grande do Sul. É filho de Gilberto Eroni Martini Biassus e Tania Mara de Oliveira Biassus.

Realizou o ensino fundamental na Escola Nossa Senhora do Horto e concluiu no Colégio Marista Santana, concluiu o ensino médio na Escola Estadual Eliza Ferrari Valls. Em 1997 ingressou no curso de Zootecnia na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), onde no ano de 2001 graduou-se em Zootecnia.

Em março de 2007 iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.