

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/10/2017.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS
REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA
HOLANDESA**

**Pablo Dominguez Castaño
Médico Veterinário Zootecnista**

2016

D
I
S
S.

C
A
S
T
A
Ñ
O

P.
D.

2
0
1
6

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS
REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA
HOLANDESA**

Pablo Dominguez Castaño

Orientador: Prof. Dr. Josineudson Augusto Il Vasconcelos Silva

Co-orientadora: Dra. Lenira El Faro Zadra

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

2016

C346a Castaño, Pablo Dominguez
Análise multivariada de características reprodutivas e
produtivas de vacas da raça Holandesa / Pablo Dominguez
Castaño. -- Jaboticabal, 2016
iii, 46 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Josineudson Augusto II Vasconcelos Silva
Banca examinadora: Danisio Prado Munari; Rusbel Raul
Aspilcueta Borquis.
Bibliografia

1. Vacas Holandesa. 2. Fertilidade. 3. Produção de leite. 4.
Modelos de posto reduzido. 5. Parâmetros genéticos. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.082:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação - Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de
Jaboticabal.

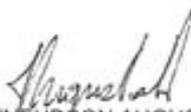
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA

AUTOR: PABLO DOMINGUEZ CASTAÑO

ORIENTADOR: JOSINEUDSON AUGUSTO II VASCONCELOS SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II VASCONCELOS SILVA
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ / UNESP Botucatu


Prof. Dr. DANISIO PRADO MUNARI
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. RUSBEL PAUL ASPILCUETA BORQUIS
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal da Grande Dourados - Dourados/MS

Jaboticabal, 29 de abril de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PABLO DOMINGUEZ CASTAÑO - filho de Rodrigo Dominguez Gomez e de Carmenza Castaño Arango. Nasceu na cidade de La Dorada (Caldas-Colômbia), em 26 de setembro de 1987. Em julho de 2006, iniciou o curso de Medicina Veterinária e Zootecnia na Universidad de Caldas em Manizales (Caldas-Colômbia). Fez o estágio de conclusão de curso durante os meses de agosto a dezembro de 2012 na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Botucatu, sob orientação do Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva, obtendo o título de Médico Veterinário e Zootecnista em julho de 2013. Em fevereiro de 2014, ingressou no Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as graças concedidas e por sempre ter me guiado na escolha do melhor caminho.

Aos meus pais, Rodrigo e Carmenza, pelo amor, carinho, apoio e educação. Além do incentivo para alcançar minhas metas. A quem devo tudo que sou.

À meu orientador, Professor Augusto, por todos os ensinamentos, dedicação, pela parceria, amizade e pelo bom sentido do humor que fazia dar risadas apesar dos momentos difíceis. Pelos proveitosos conselhos. Pela paciência e por sua importante contribuição para minha formação.

À minha co-orientadora, Dra. Lenira, pela valiosa ajuda durante a realização deste trabalho.

Aos professores Danisio Prado Munari, Henrique Nunes Oliveira e Rusbel Raul Aspilcueta pelos ensinamentos, pela disponibilidade em participar da banca examinadora e pelas sugestões que contribuíram para aprimorar este trabalho.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A Agrindus S/A Empresa Agrícola Pastoril – Município de Descalvado – SP, por permitir o uso de seu banco de dados.

Aos meus familiares pelo apoio e torcida.

Aos meus amigos e companheiros de moradia no Asilo Monte Olimpo: Rafael (Chaves), Bernardo (Potter), Tiago (Baianinho) e o novo morador Thiago (Flanela), pela grande amizade, ajuda e momentos de risadas.

Aos meus estimados amigos, das republicas Abre Lacre e Monte Olimpo pela amizade, por todos os momentos felizes e proveitosos, vividos durante minha estadia em Botucatu.

Aos colegas e amigos da sala do departamento de Melhoramento e Nutrição Animal: Ricardo Faria, Amanda Maiorano, Alejandra Toro, Camilla Nogueira e Eduardo Correia pela amizade, ajuda e convívio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Revisão de literatura	3
3.1. Análises de componentes principais.....	3
3.2. Análises de fatores	5
3.3 Modelos uni e multicaracterística.....	6
3.4. Comparação entre modelos.....	6
3.5. Características reprodutivas em gado de leite	7
3.6. Características de produção em gado de leite.....	9
3.7 Correlações entre características reprodutivas e produtivas	11
4. Referências bibliográficas	13
CAPÍTULO 2 – ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE MATRIZES DA RAÇA HOLANDESA.....	20
Introdução	21
Material e métodos.....	22
Resultados e discussão	25
Conclusão	30
Referências bibliográficas	30
CAPÍTULO 3 – COMPONENTES PRINCIPAIS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS EM MATRIZES DA RAÇA HOLANDESA.	34
Introdução	35
Material e métodos.....	36
Resultados e discussão	39
Referências bibliográficas	44

ANALISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS E PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA

RESUMO – O desempenho medido por características de produção de leite e de eficiência reprodutiva são os principais critérios de seleção nos rebanhos leiteiros devido às consequências diretas na rentabilidade econômica do sistema. O objetivo deste trabalho foi identificar as variáveis que representem a maior parte da variação fenotípica e genética, além de estimar os parâmetros genéticos de características de produção e reprodução. Foram analisados registros de 5.217 matrizes da raça Holandesa utilizando análise de componentes principais (ACP) e análise de fatores (AF). As características avaliadas foram: produção de leite aos 305 dias de lactação (P305), produção de leite por dia de intervalo de partos (PLIEP) e pico de lactação (PICO), intervalo da data do parto ao primeiro cio (I1C), intervalo da data do parto a última cobertura (IUC), intervalo de partos (IP) e duração da gestação (DG). A estrutura de associação das características foi verificada utilizando os métodos ACP e AF para extrair novas variáveis a partir da matriz de correlação dos fenótipos por meio do software estatístico SAS[®]. Os resultados indicaram que ACP e AF extraíram três e quatro variáveis latentes retendo 81,5 e 88,9% da variação total dos dados, respectivamente. As características que tiveram maior participação nos componentes e fatores selecionados foram P305, PLIEP, PICO, IUC e IP. A característica DG apresentou independência frente ao conjunto de variáveis avaliadas. Parâmetros genéticos foram estimados utilizando seis modelos diferentes: modelo multicaracterística e cinco modelos de posto reduzido ajustando aos 2, 3, 4, 5 e 6 componentes principais genéticos. Para todos os modelos foram considerados os efeitos aleatórios genético, ambiente permanente e residual e os efeitos fixos de grupo contemporâneo e idade ao parto da vaca. Os componentes de (co)variâncias foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita. Utilizou-se o critério de informação Bayesiano (BIC) para comparar os diferentes modelos. Os resultados indicaram que cinco componentes principais (CP5) são necessário para modelar a estrutura de (co)variância genética entre as sete características avaliadas. A correlação genética assim como a fenotípica evidenciou que características associadas à produção de leite estavam fortemente correlacionadas entre si, mas a correlação destas com as características reprodutivas foi baixa. Correlação genética entre características produtivas foi alta ($>0,90$), entre características reprodutivas variou de $-0,19 \pm 0,15$ (DG com IUC) a $0,99 \pm 0,00$ (IP com IUC) e entre estes dois conjuntos de características variou de $-0,14 \pm 0,14$ (PLIEP com IUC) a $0,23 \pm 0,09$ (PICO com DG). Estimativas de herdabilidade no modelo CP5 para as características P305, PLIEP, PICO, I1C, IUC, DG e IP foram $0,18 \pm 0,02$, $0,18 \pm 0,02$, $0,16 \pm 0,02$, $0,09 \pm 0,02$, $0,04 \pm 0,01$, $0,11 \pm 0,02$ e $0,03 \pm 0,01$ respectivamente. ACP reduziu o número de parâmetros a estimar, sem reduzir a qualidade do ajuste. Características IUP ou IP e P305, devem ser consideradas como critério de seleção em programas de melhoramento genético em bovinos leiteiros, devido a sua importância econômica e variabilidade genética.

Palavras-chaves: gado Holandês, modelos de posto reduzido, parâmetros genéticos, correlação, fertilidade, produção de leite

MULTIVARIATE ANALYSIS FOR REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE TRAITS IN HOLSTEIN CATTLE

ABSTRACT - The main causes of discard in dairy herds are the milk production and the reproductive efficiency traits due to direct consequences on economic profitability of the system. These two groups of characteristics are interconnected, occurring correlated response when selected some of them. The aim of this study was to evaluate the structure of phenotypic and genetic associations in addition to estimate genetic parameters of production and reproduction traits. Records of 5,217 Holstein cows were analyzed using principal component analysis (PCA) and factor analysis (FA). The traits studied were: 305-day accumulative milk yield (Y305), milk yield per day of calving interval (MYCI) and peak yield (PY), interval between calving and first estrus (CFE) interval between calving and last service (CLS), calving interval (CI), and gestation length (GL). The association structure of the traits was verified using the ACP and AF methods to extract new variables from the phenotypes correlation matrix using statistical software SAS[®]. The results indicate that ACP and AF managed to extract three and four latent variables explained 81 and 88.9% of the total variance of the dataset, respectively. The principal component analysis was more efficient than the analysis of factors, get summarize the information in fewer latent variables. Genetic parameters were estimated using six different models: standard multi-trait model and five reduced rank models fitting the first 2, 3, 4, 5 and 6 genetic principal components. The models include the random animal genetic effect, permanent environmental effects and residual effects and the fixed effects of the contemporary groups and age of cow. Variance components were estimated by restricted maximum likelihood method. Schwarz Bayesian information criteria were used to compare models. The results indicate that at most five principal components are required to model the genetic covariance structure among the seven traits. The genetic and phenotypic correlations showed to the production traits were more strongly correlated among themselves and more weakly correlated with the reproductive traits. Genetic correlation between yield traits was high ($>0,90\pm 0,02$), between reproduction traits ranged of -0.19 ± 0.15 (GL with CLS) to 0.99 ± 0.00 (CI with CLS) and between these two sets of traits ranged of -0.14 ± 0.14 (MYCI with CLS) to 0.23 ± 0.09 (PY with GL). The estimates of heritability in CP5 model for the traits Y305, MYCI, PY, CFE, CLS, GL and CI were 0.18 ± 0.02 , 0.18 ± 0.02 , 0.16 ± 0.02 , 0.09 ± 0.02 , 0.04 ± 0.01 , 0.11 ± 0.02 and 0.03 ± 0.01 respectively. ACP decreased the number of parameters to be estimated without reducing the goodness-of-fit. Traits CLS or CI and P305 should be considered as selection criteria in breeding programs in dairy cattle, due to its economic importance and genetic variability.

Keywords: correlation, fertility, genetic parameters, Holstein cattle, milk yield, reduced rank models

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A produção de leite brasileira ocupa a quinta posição na classificação mundial de 2015, com volume aproximado de 34,25 bilhões de litros/ano (USDA, 2015). Entretanto, a produtividade média nacional é aproximadamente 4,16 litros/vaca/dia, valor abaixo do desejado (IBGE, 2014).

A grande diversidade nas condições climáticas permite que várias raças bovinas possam ser exploradas na pecuária leiteira nacional. Entre as diferentes raças, a Holandesa, por décadas tem sido selecionada especificamente para produção de leite, sendo atribuído por alguns autores como o fator do declínio da atividade reprodutiva (LYONS e FREEMAN, 1991; VEERKAMP et al., 2001; SUN et al., 2010; TIEZZI et al., 2012; ALBARRÁN-PORTILLO e POLLOTT, 2013). Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de compreender a associação das características reprodutivas e produtivas (LYONS e FREEMAN, 1991; PETERS e PURSLEY, 2002; LÖF et al., 2007; TIEZZI et al., 2012). Lyons e Freeman (1991) e Tiezzi et al. (2012) apresentaram evidência científica da base genética do antagonismo entre produção de leite e desempenho reprodutivo. Em contrapartida, Peters e Pursley (2002) e Löf, Gustafsson e Emanuelson (2007) forneceram resultados associando favoravelmente a alta produção de leite com a fertilidade.

Análises estatísticas envolvendo características produtivas e reprodutivas se apresentam como necessárias para a pecuária leiteira. Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos usando técnicas de análise multivariadas avaliando a relação entre estas características. A técnica consiste na aplicação de conjunto de métodos estatísticos em situações nas quais diferentes variáveis ou características são medidas, simultaneamente, em cada elemento amostral. Uma das finalidades da estatística multivariada é simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado por meio da construção de novas variáveis que sintetizem a informação original dos dados, sendo a análise de fatores e de componentes principais, técnicas úteis para tal finalidade (MINGOTI, 2005). Segundo Pedrosa et al. (2014), avaliar várias características simultaneamente possibilita representar

melhor a realidade fisiológica dos animais, dado que muitas características são interdependentes e possuem genes em comum, portanto, não deveriam ser consideradas isoladamente.

Macciotta et al. (2004) e Macciotta, Vicario e Cappio-Borlino (2006) aplicaram os métodos multivariados de análise de componentes principais e análise de fatores para descrever curvas de lactação na Itália em vacas da raça Simental. Karacaören e Kadarmideen (2008), por meio de análise de componentes principais, pesquisaram a relação fenotípica e dependências entre grupo de características que afetam variáveis funcionais em vacas de leite das raças Holandesa e Pardo Suíço, descrevendo que quatro componentes principais das oito características avaliadas explicavam mais de 75% da variância total e concluíram que o uso de componentes principais, além de reduzir a dimensão dos dados, anulou a colinearidade. Macciotta et al. (2012) utilizaram análise de fatores para compreender a estrutura das relações entre a produção, composição e propriedades de coagulação do leite em gado Pardo Suíço.

Desta forma, mediante a obtenção dos resultados com análises multivariadas de determinado conjunto de variáveis de produção e reprodução, informações importantes podem ser obtidas de forma simultânea para compreender a associação das características e como incluí-las em programas de melhoramento animal.

CONCLUSÕES

O modelo de análise ajustado aos cinco primeiros componentes principais é recomendado para avaliações genéticas de características reprodutivas e produtivas por reduzir o número de parâmetros.

Características reprodutivas intervalo da data do parto a última cobertura ou intervalo de partos e a característica produtiva, produção de leite aos 305 dias de lactação, devem ser consideradas como critério de seleção em programas de melhoramento genético em bovinos leiteiros, devido a sua importância econômica e variabilidade genética.

Referências bibliográficas

ALBARRÁN-PORTILLO, B.; POLLOTT, G. E. The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, p. 635–46, 2013.

ALBARRAN-PORTILLO, B.; POLLOTT, G. E. Genetic parameters derived from using a biological model of lactation on records of commercial dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 91, p.3639–3648, 2008.

AGUDELO-GOMEZ, D. A.; SAVEGNAGO, R. P.; BUZANSKAS, M. E.; FERRAUDO, A. S.; MUNARI, D. P.; CERON-MUNOZ, M. F. Genetic principal components for reproductive and productive traits in dual-purpose buffaloes in Colombia. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 3801-3809, 2015.

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation—A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1514–1529, 1980.

BELLO, N. M.; STEVENSON, J. S.; TEMPELMAN, R. J. Invited review: milk production and reproductive performance: modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. **Journal of Dairy Science**, v. 95, no. 10, p. 5461–5475. 2012.

BIGNARDI, A. B.; EL FARO, L. ; ROSA, G. J. M.; CARDOSO, V. L.; MACHADO, P. F.; ALBUQUERQUE, L. G. Short communication: Principal components and factor analytic models for test-day milk yield in Brazilian Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 2157-2164, 2012.

BIGNARDI, A. B.; SANTANA, M. L.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Models for genetic evaluation of growth of Brazilian Bonsmara cattle. **Livestock Science**, v. 162, p. 50-58, 2014.

BOLIGON, A. A.; SILVEIRA, F. A.; SILVEIRA, D. D.; DIONELLO, N. J. L.; SANTANA, M. L.; BIGNARDI, A. B.; SOUZA, F. R. P. Reduced-rank models of growth and reproductive traits in Nelore cattle. **Theriogenology**, v. 83, p. 1338-1343, 2015.

BUCKLEY, F.; O'SULLIVAN, K.; MEE, J. F.; EVANS, R. D.; DILLON, P. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2308–2319, 2003.

EGHBALSAIED, S. Estimation of genetic parameters for 13 female fertility indices in Holstein dairy cows. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.811-816, 2011.

IRANO, N.; BIGNARDI, A. B.; BALDI, F.; SANTANA, M. L.; TEIXEIRA, I.; TONHATI, H.; ALBUQUERQUE, L. G. Multivariate analysis of test-day and total milk yield in goats. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 13719-13727, 2015.

JAMROZIK, J.; FATEHI, J.; KISTEMAKER, G. J.; SCHAEFFER, L. R. Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 6, p. 2199–2208, 2005.

KARACAOREN, B.; KADARMIDEEN, H. N. Principal component and clustering analysis of functional traits in Swiss dairy cattle. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 32, p. 163-171, 2008.

KIRKPATRICK, M.; MEYER, K. Direct estimation of genetic principal components. Simplified analysis of complex phenotypes. **Genetics**, v. 168, p. 2295-2306, 2004.

KIRKPATRICK, M.; MEYER, K. Restricted maximum likelihood estimation of genetic principal components and smoothed covariance matrices. **Genetics Selection Evolution**, v.21, p.1-30, 2005.

MEYER K. "WOMBAT" – digging deep for quantitative genetic analyses using restricted maximum likelihood. CD ROM Eighth World Congress Genetics Applied Livestock Production, **Proceedings**.... Communication No. 27-14, 2006.

MEYER, K. Multivariate analyses of carcass traits for Angus cattle fitting reduced rank and factor analytic models. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 124, p. 50-64, 2007.

MEYER, K. **WOMBAT, A program for Mixel Model Analyses by restricted Maximum Likelihood**. Australia, 2015. (Apostila).

NASCIMENTO, G. B.; SAVEGNAGO, R. P.; CHUD, T. C. S.; LEDUR, M. C.; FIGUEIREDO, E. A. P.; MUNARI, D. P. Genetic parameter estimates and principal component analysis on performance and carcass traits of a terminal pig sire line. **Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science**, v. 64, p. 137-144, 2014.

OLIVEIRA, D. P.; BARROS, C. C.; NETO, F. R. A.; LOURENCO, D. A. L.; HURTADO-LUGO, N. A.; TONHATI, H. Principal components for reproductive and productive traits in buffaloes from Brazil. In: 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production. British Columbia, Canada. **Resumos...Vancouver**, p. 3–5., 2014.

PEREIRA, R. J.; AYRES, D. R. ; EL FARO, L.; VERNEQUE, R. S.; VERCESI, A. E.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparison of factor-analytic and reduced rank models for test-day milk yield in Gyr dairy cattle (*Bos indicus*). **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 4036-4045, 2013.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **Animal**, v. 7, p. 34–46, 2012.

RODRIGUES, A. E.; MARQUES, J. R. F.; ARAÚJO, C. V. D.; CAMARGO JÚNIOR, R. N. C.; DIAS, L. D. N. S. Estimação de parâmetros genéticos para características produtivas em búfalos na Amazônia Oriental, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.712-717, 2010.

SUN, C.; MADSEN, P.; LUND, M.S.; ZHANG, Y.; NIELSEN, U.S.; SU, G. Improvement in genetic evaluation of female fertility in dairy cattle using multiple-trait models including milk production traits. **Jornal of Animal Science**, v. 88, p. 871-878, 2010.

WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics**, v.22, n.4, p.1079-1106, 1993.

TIEZZI, F.; MALTECCA, C.; CECCHINATO, A.; PENASA, M.; BITTANTE, G. Genetic parameters for fertility of dairy heifers and cows at different parities and relationships with production traits in first lactation. **Jornal of Animal Science**, v.95, p. 7355–7362, 2012.

TYRISEVA, A. M.; MEYER, K.; FIKSE, W. F.; DUCROCQ, V.; JAKOBSEN, J.; LIDAUER, M. H.; MANTYSAARI, E. A. Principal component and factor analytic models in international sire evaluation. **Genetics Selection Evolution**, v. 43, p. 10, 2011.

VEERKAMP, R. F.; KOENEN, E. P. C.; DE JONG, G. Genetic Correlations Among Body Condition Score, Yield, and Fertility in First-Parity Cows Estimated by Random Regression Models. **Jornal of Animal Science**, v. 84, p. 2327–2335, 2001.