UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

INTERAÇÃO GENOTIPO-AMBIENTE PARA IDADE AO PRIMEIRO PARTO, PERÍMETRO ESCROTAL E PESO AO SOBREANO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

Hermenegildo Lucas Justino Chiaia

Médico Veterinário

Jaboticabal - SP - Brasil

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

INTERAÇÃO GENOTIPO-AMBIENTE PARA IDADE AO PRIMEIRO PARTO, PERÍMETRO ESCROTAL E PESO AO SOBREANO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

Hermenegildo Lucas Justino Chiaia

Orientador: Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey

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

Fevereiro de 2014

Chiaia, Hermenegildo Lucas Justino
C532i Interação genotipo-ambiente para idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano em bovinos da raça Nelore utilizando normas de reação/ Hermenegildo Lucas Justino Chiai. – – Jaboticabal, 2014
v, 48 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Fernando Sebastián Baldi Rey
Banca examinadora: Henrique Nunes de Oliveira, Maria Eugênia Zerlotti Mercadante
Bibliografia

1. Correlação genética. 2. Idade ao primeiro parto. 3. Perímetro escrotal. 4. Peso ao sobreano. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.82

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

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE PARA IDADE AO PRIMEIRO PARTO, PERÍMETRO ESCROTAL E PESO AO SOBREANO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

AUTOR: HERMENEGILDO LUCAS JUSTINO CHIAIA

ORIENTADOR: Prof. Dr. FERNANDO SEBASTIÁN BALDI REY

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

Prof. Dr. FERNANDO SEBASTIÁN BALDI REY
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARIA EUGENIA ZERLOTTI MERCADANTE
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Hermenegildo Lucas Justino Chiaia – Solteiro, nascido aos 5 de Junho de 1982, na cidade do Huambo – Angola, filho de Elias Chiaia e de Joaquina Luís Balombo Justino. É formado em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Agostinho Neto, em Junho de 2009. Em Agosto de 2012 iniciou o curso de mestrado em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), na UNESP – Campus de Jaboticabal – SP, sob orientação do Professor Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey.

“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito.

Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.”

Dalai Lama

DEDICO

Aos meus pais Elias Chiaia e Joaquina Luís Balombo Justino por todo apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Elias Chiaia e Joaquina Luís Balombo Justino, agradeço por todos os dias da minha vida por serem o pilar da minha caminhada, fonte de amor e sabedoria.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey, por ter sido um mestre incansável na transmissão do saber para a realização deste trabalho, por toda amizade e conselhos que serão postos em prática na jornada científica que está começando.

Ao Prof. Dr. Humberto Tonhati por me ter colhido e tratado como um filho no Brasil.

À Prof[a]. Dr[a]. Lucia Galvão de Albuquerque pela receptividade e apoio à formação.

Ao Dr. Guilherme Venturini, pelo apoio e amizade na elaboraçação da dissertação.

Ao Prof. Dr. Marcílio Silveira Dias da Mota (*in memorian*) por toda atenção e apoio.

Ao colega Marcos Lemos pelas valiosas contribuições na elaboração da dissertação.

Ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal pela oportunidade concedida para o desenvolvimento dos meus estudos.

À Seção Técnica de Pós-graduação pelo apoio ao longo do curso de mestrado.

À Faculdade de Medicina Veterinária do Huambo pelo apoio para minha formação.

Aos membros da banca de dissertação, Prof. Dr. Fernando Baldi, Prof. Dr. Henrique Nunes de Oliveira e Dra. Maria Eugénia Mercadante pelas valiosas sugestões.

Aos colegas do curso de genética e melhoramento animal, pela amizade e apoio.

Aos meus tios Justino, Enoque, Nelito, Dina, Isabel, Enoque, Isabel, Felícia, Paulina e Marcelina por todo apoio e conselhos ao longo da minha formação.

Aos meus irmãos Yuri, Mariana, Nini, Teidy, Cléusia e Cidália pelo apoio na superação de momentos difíceis, pelas alegrias e brigas.

À minha namorada, Eng.ª Gilmara Pereira da Silva, pelo amor, compreensão e apoio durante o desenvolvimento da presente dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO ii
ABSTRACT iii
LISTA DE ABREVIATURAS iv
LISTA TABELAS E FIGURAS v
CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS 1
Objetivo geral 3
Objetivos específicos 3
1.1 - Revisão de Literatura 4
1.1.1 - Estimativas de herdabilidade para características de crescimento 4
1.1.2 - Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto 5
1.1.3 - Estimativas de herdabilidade para perímetro escrotal 6
1.1.4 - Correlações genéticas entre características de crescimento e reprodutivas 6
1.1.5 - Interação genótipo-ambiente para características de crescimento e reprodutivas 9
1.3 - Referências Bibliográficas 14
RESUMO 25
MATERIAL E MÉTODOS 28
RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

INTERAÇÃO GENOTIPO AMBIENTE PARA IDADE AO PRIMEIRO PARTO, PERIMETRO ESCROTAL E PESO AO SOBREANO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

RESUMO - A redução da idade ao primeiro parto (IPP) está diretamente ligada à eficiência e lucratividade da produção de carne bovina. Apesar da sua importância, as características ligadas à precocidade sexual das fêmeas, vêm sendo pouco utilizadas nos programas de melhoramento genético de gado de corte no Brasil, como consequência de sua baixa herdabilidade e baixo índice de seleção em fêmeas. O perímetro escrotal (PE) e a IPP são características de fácil mensuração e as mais importantes como indicadoras de idade à puberdade em bovinos. O peso ao sobreano (PS) assume importante papel no melhoramento genético por ser o peso mais próximo ao abate. Atualmente, no Brasil, são publicados vários sumários de touros para a raça Nelore, com diversas características de importância econômica, todos incluindo grandes conjuntos de dados de animais distribuídos em diversas regiões do país. Em gado de corte, não existem estudos de correlações genéticas dessas características sob interação genótipo-ambiente (IGA). O objetivo do presente trabalho foi verificar a importância da interação genótipo-ambiente sobre a IPP, PE e PS em bovinos da raça Nelore, usando normas de reação em modelos de regressão aleatória multicaracterística. Os dados foram colhidos em propriedades localizadas no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, e Sudeste do Brasil que participam do Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G. Os grupos ambientais (GAs) foram definidos em função dos animais nascidos na mesma fazenda e ano, do mesmo grupo de manejo (do nascimento ao sobreano) e do mesmo sexo para IPP, PE e PS. A média de ganho de peso pós-desmama foi utilizada como medida de gradiente ambiental. Para as análises de normas de reação foram utilizados polinômios lineares de Legendre regredidos sobre os GAs para modelar o efeito genético aditivo. Polinômios lineares de Legendre também foram utilizados para modelar o efeito fixo da tendência média da população. As variâncias residuais foram modeladas em classes homogêneas. As (co)variâncias foram estimadas utilizando o programa computacional Wombat. O modelo para PE e PS incluiu como efeitos fixos o grupo de contemporâneo e a covariável idade do animal no momento de avaliação, e os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual. Para IPP foi considerado o mesmo modelo sem a covariável idade do animal no momento de avaliação. As estimativas de herdabilidade variaram de baixa a média magnitude para IPP (0,04 a 0,48); altas para o PE (0,51 a 0,67) e médias a altas para o PS (0,23 a 0,76). As estimativas de correlações genéticas entre os grupos ambientais variaram de 0,38 a 1,00 para IPP; 0,73 a 1,00 para PE e 0,24 a 1,00 para PS. As estimativas de correlações genéticas entre diferentes características em diferentes ambientes entre IPP e PE; IPP e PS; PS e PE variaram de -0,15 a -0,68; -0,18 a -0,35; -0,1 a 0,68 respectivamente. A eficiência relativa de seleção para IPP em função do PS e do PE variou de 4% a 395% e 12% a 333% respectivamente. Houve evidência de IGA importante para as características IPP, PE e PS. A adoção do PE e PS como critério de seleção para melhorar a precocidade sexual em ambientes de maior restrição ambiental para IPP é favorável no contexto do presente estudo.

Palavras-chave: correlação genética, idade ao primeiro parto, perímetro escrotal, peso ao sobreano

GENOTYPE ENVIRONMENT INTERACTION FOR AGE AT FIRST BIRTH, SCROTAL PERIMETER, YEARLING WEIGHT IN CATTLE NELORE USING REACTION NORMS

ABSTRACT - Reducing the age at first calving (IPP) is directly linked to the efficiency and profitability of beef production. Despite its importance, the characteristics linked to early sexual activity in females, have been little used in breeding beef cattle programs in Brazil, as a consequence of its low heritability and low rate of selection in females. The scrotal circumference (PE) and IPP are easy to measure and the most important indicator of age at puberty in cattle. The yearling weight (PS) plays an important role in the genetic improvement to be the closest weight of slaughter weight. Currently, in Brazil, are published several summaries for Nelore bulls with various traits of economic importance, including all large data sets of animals distributed in various regions of the country. In cattle, there is no studies of genetic correlations of these traits on genotype-environment interaction (IGA). The objective of this study was to verify the genotype-environment interaction on the age at first calving, scrotal circumference and yearling weight in Nelore cattle, using multi-trait random regression models. Data were collected on properties located in the North, Northeast, Midwest, and Southeast of Brazil participating in the Program for Genetic Improvement of Conexão Delta G. Environmental groups (AGs) were defined in relation to animals born in the same herd and year, management group (birth, weaning and yearling) and the same sex for IPP, PE and PS. The average gain after weaning weight was used as an environmental gradient. For the analysis of reaction norms linear Legendre polynomials regressed on GAs to model the additive genetic effects were used. Linear Legendre polynomials were used to model also fixed effect of the average population trend. The residual variances were modeled in homogeneous classes. The (co)variances were estimated using the software Wombat. The model for PE and PS included fixed effects of contemporary group and the covariate age of the animal at the time of evaluation, and the random effects and residual additive. IPP was considered the same model without the covariate age of the animal at the time of evaluation. Heritability estimates ranged from low to medium magnitude for IPP (0.04 to 0.48), high for PE (0.51-0.67) and medium to high for PS (0.23 to 0.76). Estimates of genetic correlations between environmental groups ranged from 0.38 to 1.00 for IPP, 0.73 to 1.00 for PE and 0.24 to 1.00 for PS. Estimates of genetic correlations between different features in different environments between IPP and EP; IPP and PS, PS and PE ranged from -0.15 to -0.68, -0.18 to -0.35, -0.1 to 0.68 respectively. The relative efficiency of selection for IPP function of PS and PE ranged 4% to 395% and 12% to 333% respectively. There was important evidence of IGA for IPP, PE and PS features. The PE and PS can be adopted as a selection criterion to improve the age at first calving in more restricted environments in the context of the present study.

Keywords: genetic correlation, age at first calving, scrotal circumference, yearling weight

LISTA DE ABREVIATURAS

GA - Grupo ambiental

GAs – Grupos ambientais

IGA - Interação genótipo-ambiente

IPP - Idade ao primeiro parto

PE - Perímetro escrotal

PS - Peso ao sobreano

h^2 - Herdabilidade

σ_a^2 - Variância genética

σ_P^2 - Variância Fenotípica

G - Eficiência relativa de seleção

r_g - Correlação genética

LISTA TABELAS E FIGURAS

Figura 1 - Evolução da média para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c) em função do grupo ambiental (GA).31
Figura 2 - Estimativas de variâncias genética aditiva (σ_a^2) e fenotípica (σ_p^2) em função do grupo ambiental (GA) para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c). 33
Figura 3 - Estimativas de herdabilidade (h^2) para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c) em função do grupo ambiental (GA). 35
Figura 4 - Estimativas de correlação genética (r_g) para idade ao primeiro parto (IPP) entre diferentes grupos ambientais (GA).....36
Figura 5 - Estimativas de correlação genética (r_g) para perímetro escrotal (PE) entre diferentes grupos ambientais (GA).....37
Figura 6 - Estimativas de correlação genética (r_g) para peso ao sobreano (PS) entre diferentes grupos ambientais (GA).....37
Figura 7 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e perímetro escrotal ($r_{g(IPPxPE)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA).....38
Figura 8 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e peso ao sobreano ($r_{g(IPPxPS)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA). 39
Figura 9 - Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e peso ao sobreano ($r_{g(PExPS)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA). 39
Figura 10 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e perímetro escrotal ($r_{g(IPPxPE)}$) em diferentes grupos ambientais (GA). 40
Figura 11 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e peso ao sobreano ($r_{g(IPPxPS)}$) em diferentes grupos ambientais ambientes (GA).....41
Figura 12 – Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e peso ao sobreano ($r_{g(PExPS)}$) em diferentes grupos ambientais (GA).....41

Tabela 1 - Eficiência relativa de seleção (G) expresso em percentagem para IPP em função do PS e PE, considerando diferentes ambientes. 43

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A produção de carne bovina tem sido destaque no setor do agronegócio brasileiro, colocando o Brasil entre os maiores produtores do mundo. Em 2012 o rebanho de bovinos de corte no Brasil chegou a 212 milhões de cabeças, sendo abatidas 40,4 milhões de cabeças (ABIEC, 2012). O Brasil exportou, neste último ano, cerca de 1,50 milhões de toneladas sendo o maior exportador desta proteína de origem animal (USDA, 2013).

Para manter esta posição de destaque é necessário que os programas de melhoramento genético animal empreguem, nas avaliações genéticas, além das características relacionadas ao produto carne, àquelas ligadas ao desempenho animal e à reprodução. Características ligadas à precocidade sexual, principalmente em fêmeas, vêm sendo pouco utilizadas nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil, pela pouca variabilidade genética aditiva e baixa intensidade de seleção realizada em fêmeas (KOOTS et al., 1994; ALENCAR, 2002; REZENDE NEVES, 2009). Com relação às fêmeas, existe dificuldade de se identificar características facilmente mensuráveis que sejam geneticamente relacionadas com a fertilidade (JOHNSTON & BUNTER, 1996). Oliveira et al. (2012) estudaram a associação do perímetro escrotal e precocidade sexual e sua importância como critério de seleção, tendo concluído que o perímetro escrotal é mais herdável que a idade ao primeiro parto, sendo a correlação entre ambas favorável, podendo ser eficiente ao selecionar indiretamente pelo perímetro escrotal.

A redução da idade ao primeiro parto está diretamente ligada à eficiência produtiva em bovinos. Vários trabalhos na literatura têm citado as vantagens em iniciar mais cedo a vida reprodutiva das novilhas (MARTIN et al., 1992; SHORT et al., 1994; BERETTA et al., 2001; 2002). Segundo Martin et al. (1992), o desempenho reprodutivo das novilhas depende da idade em que essas fêmeas parem pela primeira vez. Esses autores observaram que novilhas que parem mais cedo têm maior vida produtiva que novilhas mais tardias. Entre as principais vantagens em emprenhar novilhas mais jovens estão: menor tempo para obter retorno do investimento, aumento da vida reprodutiva da vaca e aumento do número de bezerros (SHORT et al., 1994). Além desses aspectos, os rebanhos com maior

precocidade sexual possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como para seleção, permitindo assim maior intensidade seletiva, levando a elevado progresso genético e, por conseguinte, aumento na lucratividade. Beretta et al. (2002) trabalhando com base em resultados de pesquisas, por intermédio de simulações, avaliaram a produtividade e eficiência biológica de sistemas de ciclo completo de produção de bovinos de corte no Rio Grande do Sul, diferindo na idade das novilhas no primeiro parto e dos novilhos ao abate, tendo concluído que a melhoria dos índices reprodutivos (taxa de natalidade e idade das novilhas ao primeiro parto) e produtivos (idade de abate dos novilhos) aumentou a produtividade física e melhorou a eficiência biológica de sistemas de ciclo completo de produção de carne.

A idade ao primeiro parto é uma característica indicativa de precocidade reprodutiva, é de fácil mensuração e apresenta herdabilidade que varia de baixa (0,01) a moderada (0,46) magnitude (PEREIRA et al., 1991; OLIVEIRA, 1995; GRESSLER et al., 1998; LÔBO, 1998; MERCADANTE et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; DIAS et al., 2004; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005).

O perímetro escrotal é uma característica de crescimento, indicativa de precocidade sexual que é usualmente utilizada nos programas de melhoramento genético de bovinos. Isso ocorre, pois a mesma apresenta herdabilidade de média a alta magnitude além de apresentar facilidade de medição, correlação genética favorável com precocidade sexual (PEREIRA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2012), características de sêmen (KNIGHTS et al., 1984; SILVA et al., 2002) e crescimento (QUIRINO & BERGMAN, 1997; CYRILLO et al., 2001).

O peso ao sobreano é uma característica interessante por apresentar correlação genética favorável de média magnitude com as características reprodutivas (BOLIGON et al., 2008). Para avaliar o crescimento dos animais após desmama, permitindo identificar animais com maior potencial de ganho de peso tem sido usado o peso ao sobreano, sendo uma característica com estimativas de herdabilidade geralmente de moderada a alta magnitude (ELER et al., 1996; RAZOOK et al., 1998; MERCADANTE et al., 2003; BOLIGON et al., 2008).

Considerando a diversidade das condições de produção no Brasil, é fundamental verificar a importância da interação entre o genótipo e o ambiente. Para Falconer e Mackay (1996), o efeito da interação genótipo-ambiente (IGA) ocorre quando um conjunto de genótipos sofre alterações em seu desempenho relativo em ambientes diferentes. Essa interação pode expressar-se de diferentes formas e intensidades, sendo que a expressão mais extrema pode ser representada pela inversão de classificação dos diferentes genótipos dependendo do ambiente onde foram criados, havendo mudanças nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais, alterando as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos.

Uma forma de se avaliar a interação genótipo-ambiente e que vem sendo bastante utilizada para várias características em bovinos de corte e leite é a utilização das normas de reação (MATTOS et al., 2000; OSENI et al., 2004; WINDIG et al., 2006; STRANDBERG et al., 2009; CARVALHO et al., 2009; CORRÊA et al., 2009; PÉGOLO et al., 2009; ESPASANDIN et al., 2011). Deste modo, a realização de estudos envolvendo o efeito da interação genótipo-ambiente permite realizar uma avaliação adequada dos animais de acordo com o ambiente de produção e manejo dos animais geneticamente superiores.

Objetivo geral

Verificar a importância da interação genótipo-ambiente sobre a idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano em bovinos da raça Nelore, usando normas de reação em modelos de regressão aleatória multicaracterística.

Objetivos específicos

Estimar componentes de (co)variância e herdabilidade para idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano em diferentes ambientes.

Estimar correlações genéticas entre idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano em diferentes ambientes.

Estimar a eficiência relativa de seleção para idade ao primeiro parto em função do perímetro escrotal e peso ao sobreano em diferentes ambientes.

1.1 - Revisão de Literatura

1.1.1 - Estimativas de herdabilidade para características de crescimento

As estimativas de herdabilidade são de grande importância nas análises para características de crescimento, pois são utilizadas para delinear o processo de seleção nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte. Utilizando informações de animais da raça Nelore, Eler et al. (1995a) estimaram componentes de variância e parâmetros genéticos para peso aos 205 (P205) e 365 (P365) dias de idade obtendo estimativas de herdabilidade de 0,13 (P205) e 0,16 (P365). Em estudos posteriores, Eler et al. (1995b; 1996) além das características acima mencionadas, incorporaram o peso ao sobreano (P550) nas análises e estimaram herdabilidade de 0,30. No entanto, estimativas de herdabilidade superiores para P205 (0,58) e P365 (0,69) foram obtidas por Magnabosco et al. (1995) analisando dados de um único rebanho da raça Nelore.

Boligon et al. (2008) trabalhando com animais da raça Nelore nas regiões Sul e Sudeste do Brasil estimaram herdabilidade para peso ao ano e ao sobreano de 0,30 e 0,34 respectivamente. Valores próximos foram encontrados na literatura para peso ao ano e peso ao sobreano para bovinos de raças zebuínas, os quais variam de 0,21 a 0,32 e 0,15 a 0,35, respectivamente (CABRERA et al., 2001; PEREIRA et al., 2001; FERRAZ FILHO et al., 2002; TALHARI et al., 2003; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005; PEREIRA et al., 2005). Regatieri et al. (2012) em Nelore, obtiveram estimativas de herdabilidade de moderada magnitude (0,47) para peso adulto.

Araújo et al. (2011) avaliaram a influência de variâncias heterogêneas nos dados sobre as estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos de corte da raça Nelore e seu impacto na avaliação genética de reprodutores, considerando também a intensidade de seleção. Estes autores observaram estimativas de herdabilidade iguais a 0,34 e 0,36; 0,41 e 0,41; 0,38 e 0,49 nas classes de alto e baixo desvio-padrão fenotípico para os P365, P450 e P550, respectivamente; as estimativas de correlações genéticas entre o mesmo

peso nas classes de baixo e alto desvio-padrão foram iguais a 0,71; 0,80 e 0,84 para os P365, P450 e P550, respectivamente.

Boligon et al. (2009) utilizando informações de mais de 20 mil animais da raça Nelore estimaram herdabilidade para ganho de peso da desmama ao ano e do ano ao sobreano de 0,23 e 0,25 respectivamente. Em geral, os estudos desenvolvidos para animais da raça Nelore criados no Brasil mostram estimativas de herdabilidade para ganhos de peso variando de 0,23 a 0,57 para o período pós-desmama (MERCADANTE et al., 1995; PAZ et al.,1997; BOLIGON et al., 2010; REGATIERI et al., 2012).

1.1.2 - Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto

Em bovinos de corte, são vários trabalhos realizados sobre estimativas de herdabilidade para a idade ao primeiro parto, sendo variáveis em relação à magnitude dos valores obtidos. Neste sentido Martins Filho e Lôbo (1991), Pereira et al. (1991), Mercadante (1995), Lôbo (1998), Mercadante et al. (2000), Van der Westhuizen et al. (2000), Bertazzo et al. (2004) e Yokoo et al. (2012) obtiveram estimativas que variaram entre 0,18 e 0,46, podendo ser consideradas estimativas altas por serem características reprodutivas. No entanto, Gressler (1998), Garnero et al. (1998), Pereira et al. (2000), Silva et al. (2000), Talhari et al. (2003), Costa et al. (2004), Dias et al. (2004) e Silva et al. (2004), Evandro et al. (2013) obtiveram estimativas menores, que variaram de 0,01 a 0,19.

Yokoo et al. (2012) em pesquisa sobre características reprodutivas e suas associações com outras características em Nelore, através de análise multicaracterística por modelo animal, utilizando inferência bayesiana via algoritmo de "Gibbs Sampling", obtiveram estimativas de herdabilidade de média magnitude (0,26) para idade ao primeiro parto.

Recentemente Evandro et al. (2013), em pesquisa sobre análise genética de características reprodutivas na raça Nelore, estimaram coeficientes de herdabilidade de 0,19 e 0,02 para idade ao primeiro parto de 0,19 e 0,02 em fêmeas expostas pela primeira vez ao touro aos 14 e 26 meses de idade respectivamente.

1.1.3 - Estimativas de herdabilidade para perímetro escrotal

O perímetro escrotal está geneticamente correlacionado com várias características reprodutivas de machos e fêmeas e com características ponderais. Esta característica apresenta alta herdabilidade, é de fácil mensuração e baixo custo (OLIVEIRA & PEREIRA, 2013). Por ser de fácil mensuração, apresentar alta intensidade de seleção em machos e estimativas de herdabilidade favoráveis à seleção, o perímetro escrotal vem sendo utilizado nos programas de melhoramento genético (SILVA et al., 2000; PEREIRA et al., 2000; CYRILLO et al., 2001; GARNERO et al., 2001; YOKOO et al., 2007; VASCONCELOS SILVA et al., 2012).

Estudos realizados utilizando modelos de regressão aleatória indicam que esta característica é mais herdável quando mensurada em torno dos 400 dias de idade (MEYER & JOHNSTON, 2001; ALBUQUERQUE et al., 2005). Analisando perímetro escrotal em três idades (365, 450 e 550 dias de idade) na raça Nelore, Yokoo et al. (2007) encontraram estimativas de herdabilidade de 0,48±0,04(365); 0,53±0,04(450) e 0,42±0,09(550). Considerando este fato e a alta correlação genética existente entre as três medidas (acima de 0,81), os autores concluíram que apenas uma medida de perímetro escrotal seria necessária para utilizar como critério de seleção, recomendando que o perímetro escrotal deva ser mensurado próximo aos 450 dias de idade.

Recentemente Evandro et al. (2013) em pesquisa sobre análise genética de características reprodutivas na raça Nelore estimaram coeficientes de herdabilidade para perímetro escrotal (0,47), utilizando modelo animal bi-característica nas análises dos dados. Matos et al. (2013) obtiveram resultado similar (0,45), em pesquisa sobre interação genótipo-ambiente em rebanhos Nelore da Amazônia Legal.

1.1.4 - Correlações genéticas entre características de crescimento e reprodutivas

A correlação genética é um dos parâmetros tido em conta em programas de melhoramento animal, para inferir sobre o grau de associação entre características,

quer sejam reprodutivas, produtivas ou de crescimento e conformação. Neste sentido vários estudos têm sido desenvolvidos para estimar correlações entre características reprodutivas (PEREIRA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; BOLIGON et al., 2007) e entre combinações de características reprodutivas, de crescimento e de tipo (SILVA et al. 2000; BOLIGON et al., 2009; BARROZO et al., 2010; BORBA et al., 2011; REGATIERI et al., 2012; VASCONCELOS SILVA et al., 2012; YOKOO et al., 2012; FERRIANI et al., 2013; MARQUES, 2013; EVANDRO et al., 2013).

Estudos realizados mostram que o perímetro escrotal apresenta correlação genética negativa com a idade ao primeiro parto, com estimativas que variam de -0,13 a -0,44 (MARTINS FILHO & LÔBO, 1991; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2002; BOLIGON et al., 2007) e positiva com probabilidade de prenhes em novilhas jovens, variando de 0,11 a 0,27 (ELER et al., 2006) e peso em diferentes idades, sendo 0,18 à desmama (ELER et al., 1996) e 0,64 (QUIRINO & BERGMAN, 1997) e 0,72 (CYRILLO et al., 2001) ao sobreano . A seleção para aumentar o perímetro escrotal em longo prazo, deve levar a um aumento na precocidade sexual das fêmeas. Entretanto, pelas estimativas de correlação genética obtidas entre estas características serem baixas, a resposta correlacionada à seleção, para precocidade sexual pode ser lenta.

Gressler et al. (2000) estudaram a associação entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore e estimaram correlações genéticas entre perímetro escrotal aos 12 meses com idade ao primeiro parto (-1,0), data do primeiro parto (-0,08) e primeiro intervalo entre partos (-0,37); assim como perímetro escrotal aos 18 meses com idade ao primeiro parto (-1,0), data do primeiro parto (0,21) e primeiro intervalo entre partos (-0,44). Os autores concluíram que a seleção para o perímetro escrotal aos 12 meses seria mais efetiva que a seleção para o perímetro escrotal aos 18 meses, quando se deseja obter melhorias relacionadas às características reprodutivas das fêmeas.

Boligon et al. (2007) trabalhando com bovinos Nelore, estimaram correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal com características produtivas e reprodutivas. As correlações genéticas entre perímetro escrotal ao sobreano e peso

aos 12 meses, peso ao primeiro parto, idade ao primeiro parto, dias para o primeiro parto e duração da gestação foram de 0,29; 0,32; -0,21; -0,08 e 0,14, respectivamente. Esses resultados sugerem melhorias na eficiência reprodutiva de fêmeas, principalmente quando os rebanhos são selecionados para perímetro escrotal aos 18 meses.

Boligon et al. (2009) em estudo de associação genética entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore, obtiveram estimativas de correlações genéticas negativas entre pesos medidos em diferentes idades e idade ao primeiro parto, as quais variaram de -0,31 a -0,16. Sendo que a seleção para aumento de peso deve promover redução da idade ao primeiro parto.

Borba et al. (2011) estimaram parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodutivas em bovinos Canchim, obtendo correlações entre peso aos 420 dias com idade ao primeiro parto e perímetro escrotal com idade ao primeiro parto de -0,09 e -0,67 respectivamente. Deste modo, a seleção quanto ao maior peso aos 420 dias de idade não deve provocar mudanças nas características reprodutivas em fêmeas, enquanto a seleção para o aumento da circunferência escrotal resulta em diminuição da idade ao primeiro parto.

Regatieri et al. (2012) trabalhando com bovinos Nelore, estimaram correlações entre peso adulto com características produtivas e características reprodutivas. As correlações entre o peso adulto com características produtivas foram positivas com média e alta magnitude (0,47 a 0,71), com o perímetro escrotal também foram positivas e de baixa magnitude (0,24), com a idade ao primeiro parto foram negativas e de baixa magnitude (-0,19).

Yokoo et al. (2012) analisando a associação entre características reprodutivas e várias de importância econômica, estimaram correlações entre idade ao primeiro parto com peso ao sobreano (-0,44) e idade ao primeiro parto com perímetro escrotal aos 450 dias de idade (0,02). Os autores concluíram que a seleção para diminuir a idade ao primeiro parto em fêmeas Nelore pode aumentar o peso corporal dos animais, ao passo que a seleção para aumentar o perímetro escrotal aos 450 dias de idade não afeta a idade ao primeiro parto, em termos de resposta correlacionada.

Recentemente Evandro et al. (2013), em trabalho de análise genética de características reprodutivas na raça Nelore estimaram coeficientes de correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto. As correlações genéticas obtidas foram negativas (-0,39 a -0,19). Esses autores concluíram que a seleção de touros com base no mérito genético para perímetro escrotal pode resultar na diminuição da idade ao primeiro parto de suas filhas. Marques et al. (2013) analisando estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça Nelore avaliados em provas de ganho de peso em confinamento, obtiveram correlações de 0,73 entre peso final (ajustado aos 426 dias) e perímetro escrotal. Referindo que, o conhecimento das relações genéticas facilita a correta utilização das diferentes características no processo de seleção dos melhores animais.

1.1.5 - Interação genótipo-ambiente para características de crescimento e reprodutivas

Os programas de melhoramento genético de bovinos de corte em andamento no Brasil, têm estimado componentes de (co)variância por máxima verossimilhança restrita em modelo animal, predizendo os valores genéticos por meio de melhores preditores lineares não viesados. A pressuposição comumente assumida, nas avaliações genéticas, é a ausência de interação genótipo-ambiente, em que as variâncias residuais e genéticas são consideradas homogêneas para cada característica em todos os rebanhos participantes. São desconsideradas assim, as diferenças no comportamento de um mesmo genótipo em diferentes níveis de produção e as variâncias específicas aos diferentes ambientes avaliados (ANCP, 2013). No entanto, têm sido encontradas evidências (KOLMODIN et al., 2002; CARDOSO et al., 2005; PÉGOLO et al., 2009) de que a heterogeneidade de variâncias e a interação genótipo-ambiente estejam presentes quando os dados se originam de diferentes regiões e de diferentes sistemas de manejo.

A avaliação da existência de interação genótipo-ambiente pode ser feita com base em diferentes métodos. Fridrich (2007) citou vários métodos para avaliar o efeito de interação genótipo-ambiente:

- Experimentos com gêmeos idênticos. Neste método um membro de cada par é colocado em um dos dois ambientes. Por meio de uma análise de variância de dois fatores é possível estimar a variância devida a herança (entre pares), ao ambiente e a variância residual, que inclui os termos interação e erro, uma vez que há somente uma observação por subclasse. O termo do erro pode ser estimado separadamente por ajuste entre membros do mesmo par de gêmeos idênticos e deduzidos da variância restante; sendo assim, obtida a estimativa do componente de interação.

- Diferença significativa na magnitude da estimativa da herdabilidade de um caráter em dois ambientes;

- Análise de variância das características, considerando modelos fatoriais que englobam combinações de fatores, como genótipo e como ambiente;

- Comparação do desempenho de progênies de touros entre ambientes pelas técnicas de análise de variância;

- Resposta correlacionada. Determina-se a resposta direta à seleção em um ambiente e a resposta correlacionada à seleção para a mesma característica em outro ambiente diferente. A razão entre as duas respostas fornece a correlação genética entre as características;

- Normas de reação e análises de regressão.

Segundo Robertson (1959) quando a estimativa de correlação genética entre a mesma característica, avaliada em ambientes diferentes for menor que 0,8 a interação genótipo-ambiente é importante na expressão da característica. Assim, quando a interação é considerada importante, alguns dos genes que controlam a característica são diferentes daqueles que controlam a mesma característica em ambientes diferentes, indicando que são características diferentes.

Vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de verificar a existência de interação genótipo-ambiente para características de crescimento por meio da estimação de correlações genéticas da mesma característica em diferentes ambientes ou pelo valor da correlação de Spearman entre os valores genéticos dos touros nos ambientes (PÉGOLO et al., 2009; CARVALHO et al., 2009; ESPASANDIN et al., 2011; AMBROSINI et al., 2012; NEPOMUCENO et al., 2013).

Pégolo et al. (2009), trabalhando com bovinos Nelore, estudaram a presença de interação genótipo-ambiente para peso ajustado aos 450 dias de idade utilizando normas de reação por regressão aleatória. Foram avaliados diferentes modelos no qual a definição do gradiente ambiental foi variando de acordo com seis variáveis ambientais. Para todos os modelos avaliados, as estimativas de componentes de (co)variância e herdabilidade tiveram comportamento semelhante. As estimativas de herdabilidade para peso ajustado aos 450 dias de idade foram superiores nos ambientes extremos e inferiores em ambientes intermediários, variando de 0,2 a 0,4. As estimativas de correlações genéticas entre grupos ambientes opostos foram baixas, indicando a presença de interação genótipo-ambiente para peso ajustado aos 450.

Espasandin et al. (2011) avaliaram a importância da interação genótipo-país na avaliação genética de bovinos da raça Angus no Brasil e Uruguai. Foram realizadas análises bi-caráter considerando a característica peso à desmama em cada país como sendo características diferentes. Além disso, os autores compararam dois modelos estatísticos, incluindo ou não o efeito aleatório não correlacionado de touro-paíz. Com os resultados obtidos, os autores reportaram a existência de interação genótipo-ambiente e a necessidade de considerá-la nas avaliações genéticas conjuntas da raça Angus do Brasil e do Uruguai.

Ambrosini et al. (2012) avaliaram a interação genótipo-ambiente para P365 em bovinos da raça Nelore Mocha do Nordeste do Brasil, por meio de modelos de norma de reação, via regressão aleatória com abordagem bayesiana. Nesse estudo as correlações de Spearman estimadas variaram de 0,69 a 0,99, nos diferentes ambientes, o que indica alteração na classificação. Os autores concluíram que a identificação do nível de interação genótipo-ambiente torna necessária avaliações específicas dos indivíduos e rebanhos para os ambientes de baixo, médio e alto nível de produção.

Recentemente Nepomuceno et al. (2013) trabalhando com bovinos Nelore criados a pasto, analisaram o efeito de interação genótipo-ambiente sobre os pesos aos 120 e 210 dias de idade. No estudo dos autores supracitados, as estimativas de correlações genéticas entre os desempenhos das progênies de um mesmo

reprodutor nos diferentes estados variaram de 0,13 a 0,70; tendo concluído a existência de interação genótipo-ambiente importante, tanto no peso aos 120 dias de idade quanto no peso aos 210 dias de idade, o que influenciou diretamente a predição do valor genético dos reprodutores, resultando em classificação diferente de um mesmo touro em cada estado.

1.1.6 – Regressão aleatória e normas de reação

A utilização de regressão aleatória e de funções de covariâncias tem sido proposta para modelar dados longitudinais. Diversos estudos, utilizando modelos de regressão aleatória, têm sido realizados para estimar parâmetros genéticos de características como produção de leite e seus constituintes (LIN & TOGASHI, 2002; HERRERA et al., 2008), características de crescimento em gado de corte (MEYER, 2001; MEYER 2002; PALHARIM et al., 2013), em suínos (ANDERSON & PEDERSEN, 1996) e em peixes (MCKAY et al., 2002); para estimação de tendência genética (TSURUTA et al., 2002; LAWLOR et al., 2002) e análise de interação genótipo-ambiente (CORRÊA et al., 2009; PÉGOLO et al., 2009; PÉGOLO et al., 2011). No Brasil, regressões aleatórias têm sido aplicadas a dados de produção de leite (COSTA et al., 2002; EL FARO et al., 2003; HERRERA et al., 2008), crescimento de bovinos de corte (ALBUQUERQUE & MEYER, 2001; NOBRE et al., 2002; BALDI et al., 2010a; 2010b) e de reprodução em bovinos de corte (MERCADANTE et al., 2002).

Nos últimos anos, modelos de normas de reação têm sido utilizados para analisar a importância da interação genótipo-ambiente sobre diferentes características (KOLMODIN et al., 2002; CARDOSO et al., 2005). Em modelos de norma de reação, a expressão de um genótipo em diferentes ambientes é descrita como uma função linear (norma de reação) de um valor ou gradiente ambiental. Um valor ambiental é normalmente definido como o desempenho médio de todos os genótipos naquele ambiente (KIRPATRICK et al., 1990).

Modelos de regressão aleatória permitem que o efeito da interação genótipo-ambiente possa ser sistematicamente avaliado pela regressão dos valores genéticos dos touros sobre alguma medida dos ambientes onde sua progênie é criada

(KOLMODIN et al., 2002). Em modelos de regressão aleatória os parâmetros de uma característica quantitativa podem ser descritos como uma função sob uma escala contínua, ocasionando mudança no panorama descontínuo das estimativas de variâncias e (co)variâncias (KIRKPATRICK et al., 1990).

No Brasil, Pégolo et al. (2009) utilizando informações de 366 rebanhos da raça Nelore, estudaram o efeito de interação genótipo-ambiente para peso ajustado aos 450 dias de idade utilizando normas de reação. Os autores avaliaram vários modelos no qual a definição do gradiente ambiente foi variando, de acordo com seis variáveis ambientais. Para todos os modelos avaliados, as estimativas de componentes de covariância e herdabilidade tiveram um comportamento semelhante. As estimativas de herdabilidade para peso ajustado aos 450 dias de idade foram superiores nos ambientes extremos (ambientes favoráveis ou desfavoráveis), variando de 0,35 a 0,40, e inferiores em ambientes intermediários, 0,20 a 0,25. As correlações genéticas entre pesos provenientes de grupos ambientes opostos foram baixas, inferiores a 0,80, indicando a presença de interação genótipo-ambiente para esta característica.

Corrêa et al. (2009) estudaram a presença de interação genótipo-ambiente para o ganho de peso pós-desmama padronizado para 345 dias, em bovinos da raça Devon no Rio Grande do Sul. Os autores compararam vários modelos para a estimação de parâmetros genéticos para esta característica via normas de reação obtidas por regressão aleatória. As estimativas do gradiente ambiental foram obtidas com base na solução nos desvios dos grupos de contemporâneos. Modelos hierárquicos de normas de reação com variâncias residuais homogêneas e heterogêneas, e coeficientes de regressão lineares aleatórios correspondentes à norma de reação do animal foram aplicados para a estimação dos componentes de (co)variância. Segundo os autores, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de normas de reação com variância residual homogênea. As estimativas de herdabilidade para ganho de peso pós-desmama padronizado para 345 dias aumentaram na medida em que o ambiente foi mais favorável, variando de 0,30 a 0,70. As estimativas de correlação genética entre os ganhos obtidos em ambientes semelhantes foram positivas e altas, acima de 0,80, entretanto caíram rapidamente

entre gradientes ambientais opostos. Segundo os autores, os resultados evidenciam a existência de interação genótipo-ambiente para a característica estudada.

1.3 - Referências Bibliográficas

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/estatisticas/>. Acesso em: 1 Out. 2013.

ALBUQUERQUE, L. G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2776-2789, 2001.

ALBUQUERQUE, L. G.; SILVA, J. A. V; SESANA, R. C; SESANA, J. C; OLIVEIRA, H. N. Estimativas de parâmetros genéticos para perímetro escrotal na raça Nelore, usando regressão aleatória. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 19, 2005, Tampico. **Anais...** Tampico: Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 2005. (CD-ROM).

ALENCAR, M. M. Critérios de seleção e a moderna pecuária bovina de corte brasileira. Embrapa Pecuária Sudeste. sp, 2002. Disponível em: < http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/41323/1/PROCIMMA2002.00029.PDF>. Acesso em: 14 Set. 2013.

AMBROSINI, D. P.; CARNEIRO, P. L. S.; NETO, J. B.; MALHADO, C. H. M.; MARTINS FILHO, R.; CARDOSO, F. F. Interação genótipo-ambiente para peso ao ano em bovinos Nelore Mocho no Nordeste do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira,** v. 47, p. 1489-1495, 2012.

ANCP – Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores. **Sumário de Touros**, Agosto de 2013. Disponível em: < http://www.ancp.org.br/arqsumarios/sumarioagosto2013.pdf>. Acesso em: 7 Dez. 2013.

ANDERSEN, S.; PEDERSEN, B. Growth and food intake curves for group-housed gilts and castrated male pigs. **Animal Science**, v. 63, p. 457-464, 1996.

ARAÚJO, C. V.; BITTENCOURT, T.C.C.; ARAÚJO, S.I.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.F. Estudo de heterogeneidade de variâncias na avaliação genética de bovinos de corte da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1902-1908, 2011.

BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G.; ALENCAR, M. M. Random regression models on Legendre polynomials to estimate genetic parameters for weights from birth to adult age in Canchim cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.127, p.289 - 299, 2010a.

BALDI, F.; ALENCAR, M. M.; ALBUQUERQUE, L. G. Random regression analyses using B-splines functions to model growth from birth to adult age in Canchim cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.127, p.433-441, 2010b.

BARROZO, D.; BUZANSKAS, M. E.; THOLON, P.; MUNARI, D. P.; QUEIROZ, S. Parâmetros genéticos para conformação, precocidade, musculatura, temperamento e idade ao primeiro parto em animais da raça Nelore. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8º. 2010. Maringá, PR. **Anais...** Maringá: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2010. (CD-ROM).

BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e Eficiência Biológica de Sistemas Pecuários de Cria Diferindo na Idade das Novilhas ao Primeiro Parto e na Taxa de Natalidade do Rebanho no Rio Grande de Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1278-1286, 2001.

BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas de produção de gado de corte de ciclo completo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.991-1001, 2002.

BERTAZZO, R. P.; FREITAS, R. D.; GONÇALVES, T. D. M.; PEREIRA, I. G.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; ANDRADE, I. D. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1118-1127, 2004.

BOLIGON, A. A.; RORATO, P. R. N.; ALBUQUERQUE, L. G. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.36, p.565-571, 2007.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; RORATO, P. R. N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.596-601, 2008.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; MERCADANTE, M. E. Z; LOBO, R. B. Associação genética entre a idade ao primeiro parto, ganhos em peso e peso adulto em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46**.** 2009. Maringá. Anais... Maringá: **Sociedade Brasileira de Zootecnia,** 2009. CD-ROM.

BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. D. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1412-1418, 2010.

BORBA, L. H. F.; REY, F. S. B.; SILVA, L. O. C.; BOLIGON, A. A.; DE ALENCAR, M. M. Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodução de bovinos da raça Canchim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1570-1578, 2011.

CABRERA, M. E.; GARNERO, A. V.; LÔBO, R. B. Efecto de la incorporación de la covarianza genética directa-materna en el análisis de características de crecimiento en la raza Nelore. **Livestock Research for Rural Development**, v.13, p.1-6, 2001.

CARDOSO, F. F.; CAMPOS, L. T.; CARDELLINO, R. A. Caracterização de interação genótipo-ambiente no ganho pós-desmama de bovinos Angus via normas de reação"**.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: **Sociedade Brasileira de Zootecnia,** 2005. CD-ROM.

CARVALHO, F. M.; SILVA, L. O. C.; ALENCAR, M. M. Interação genótipo- ambiente para perímetro escrotal à desmama de bovinos da raça Canchim pertencentes a três níveis de produção no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 54, 2009, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP: RBRAS, 2009. p.1-3.

CORRÊA, M. B. B.; DIONELLO, N. J. L.; CARDOSO, F. F. Caracterização da interação genótipo-ambiente e comparação entre modelos para ajuste do ganho pós-demama de bovinos Devon via normas de reação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, p.1468-1477, 2009.

COSTA, C. N.; MELO, C. M. R.; MARTINEZ, M. L.; MACHADO, C. H. C.; PACKER, I. U. Estimation of genetic parameters for test day milk records of first lactation Gir cows in Brazil, using random regression. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier, France. **Proceedings…** Montpellier, CD-ROM, 2002.

COSTA, B. R.; LAUREANO, M. M. M.; FORNI, S.; ALBURQUERQUE, L. G. Estimativas de parâmetros genéticos para as características perímetro escrotal, peso ao sobre ano e idade ao primeiro parto em um rebanho da raça Nelore. In: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 5, 2004. Pirassununga, SP. **Anais…** Pirassununga: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004. (CD-ROM).

CYRILLO, J. N. D. S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. D.; BONILHA NETO, L. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.56-65, 2001.

DIAS, L. T.; FARO, L. E. I.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimativas de herdabilidade para idade ao primeiro parto de novilhas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.97-102, 2004.

ELER, J. P.; VAN VLECK, L. D.; FERRAZ, J. B.; LÔBO, R. B. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, p.3253-3258, 1995a.

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; SILVA, P. R. Parâmetros genéticos de pesos de bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995b, Brasilia, DF. **Anais...** Brasilia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.709-710, 1995b.

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B.; SILVA, P. R. Estimação simultânea de parâmetros genéticos para características de importância econômica na raça Nelore, com a utilização de modelos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.99-101.

ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, J. C. C.; MATTOS, E. C.; MOURÃO, G. B. Genetic correlation between heifer pregnancy and scrotal circumference measured at 15 and 18 month of age in Nellore cattle. **Genetics and Molecular Research**, v.5, p.569-580, 2006.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. D. Utilização de modelos de regressão aleatória para produção de leite no dia do controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1104-1113, 2003.

ESPASANDIN, A. C.; URIOSTE, J. I.; CAMPOS, L. T.; ALENCAR, M. M. Genotype-country interaction for weaning weight in the Angus populations of Brazil and Uruguay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.568-574, 2011.

EVANDRO, P.; PEREIRA, E. J.; STERMAN, F. J. B. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. 2013. Disponível em: < http://dspace.mediu.edu.my:8181/xmlui/handle/123456789/3809?show=full>. Acesso em: 02/Jan/2014.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to Quantitative Genetics**, ed 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 1996.

FERRIANI, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; BALDI, F. S. B.; VENTURINI, G. C.; BIGNARDI, A. B.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, J. A. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de crescimento de bovinos da raça Nelore. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.123-129, 2013.

FERRAZ FILHO, P. B.; RAMOS, A. A.; SILVA, L. O. C.; SOUZA, J. C.; ALENCAR, M. M. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**, v.7, p.65-69, 2002.

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**. v.83, p.1511-1515, 2005.

FRIDRICH, B. A. **Interações genótipo x ambientes e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore**. 2007. 53p. Tese

(doutorado em zootecnia) - Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HERRERA, L. G. G.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. D.; TONHATI, H.; MACHADO, C. H. C. Estimativas de parâmetros genéticos para produção de leite e persistência da lactação em vacas Gir, aplicando modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1584-1594, 2008.

GARNERO, A.V.; LÔBO, R.B.; BORJAS, A.R. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.434-436.

GARNERO, A. V.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; OLIVEIRA, H. N. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.714-718, 2001.

GRESSLER, S. L. **Estudo de fatores de ambiente e parâmetros genéticos de algumas características reprodutivas em animais da raça Nelore**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 149p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

GRESSLER, S. L.; BERGMANN, J. A. G.; PEREIRA, C. S.; PENNA, V. M.; PEREIRA, J. C. C.; GRESSLER, M. G. D. M. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.427-437, 2000.

HERRERA, L. G. G.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; TONHATI, H.; MACHADO, C. H. C. Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e produção de leite até 305 dias para as primeiras lactações de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1774-1780, 2008.

JOHNSTON, D. J.; BUNTER, K. L. Days to calving in Angus cattle: genetic and environmental effects, and covariances with other traits. **Livestock Production Science**, v.45, p.13-22, 1996.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. **Genetics**, v.124, p.979-993. 1990.

KNIGHTS, S. A.; BAKER, R. L.; GIANOLA, D.; GIBB, J. B. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. **Journal of Animal Science**, v.58, p.887-893, 1984.

KOLMODIN, R.; STRANDBERG, E.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; JORJANI, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculture Scandinavia**, v.52, p.11-24, 2002.

KOOTS, K. R.; GI BSON, J. P.; WI LTON, J. W. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits: 2. Phenotypic and genetic correlations. **Animal Breeding Abstract***,* v.62, p.825-853, 1994.

LAWLOR, T. J.; TSURUTA S.; KLEI L., MISZTAL I. Use of a random regression model to investigate changes in genetic parameters over time. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings…** Montpellier, CD-ROM, 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.

LÔBO, R. N. B. Genetic parameters for reproductive traits of zebu cows in the semi-arid region of Brazil. **Livestock Prodution Science**. v.55, p.245-248, 1998.

MAGNABOSCO, C. U.; FAMULA, T. R.; LÔBO, R. B. Componentes da variância e covariância para características de crescimento em um rebanho da raça Nelore mocho do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.677-679.

MARQUES, E. G.; MAGNABOSCO, C. U.; LOPES, F. B.; SILVA, M. C. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça Nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. **Bioscience Journal**, v.29, p.159-167, 2013.

MARTIN, L. C.; BRINKS, J. S.; BOURDON, R. M.; CUNDIFF, L. V. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v.70, p.4006-4017, 1992.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R. B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, p.209-212, 1991.

MATTOS, D. DE; BERTRAND, J. K.; MISZTAL, I. Investigation of genotype x environment interactions for weaning weight for Herefords in three countries. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2121-2126, 2000.

MATOS, A. D. S.; SENA, J. D. S. D. S.; MARCONDES, C. R.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B.; NOGARA, P. R.; ARAÚJO, R. O. D. Interação genótipo-ambiente em rebanhos Nelore da Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.599-608, 2013.

MCKAY L. R.; SCHAEFFER L. R.; MCMILLAN, I. Analysis of growth curves in rainbow trout using random regression In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED

LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier, France. **Proceedings**… Montpellier, CD-ROM, 2002.

MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; REYES, A. B. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebuínos de carne. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.3 p.45-89, 1995.

MERCADANTE, M. E. Z.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. de Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.997-1004, 2000.

MERCADANTE, M. E. Z.; PACKER, I. U.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G., FIGUEIREDO, L.A. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento: I - Modelo de Repetibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1715, 2002.

MERCADANTE, M. E. Z.; PACKER, I. U.; RAZOOK, A. G.; CYRILLO, J. N. S. G.; FIGUEIREDO, L. A. Direct and correlated responses to selection for yearling weight onreproductive performance of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.376-384, 2003.

MEYER, K. Estimates of direct and maternal covariance functions for growth of Australian beef calves from birth to weaning. **Genetics Selection Evolution**, v.33, p.1-28, 2001.

MEYER, K.; JOHNSTON, D. J. Estimates of genetic parameters from random regression analyses of scrotal circumference and days to calving in Brahmans. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14, 2001. **Proceedings…** Queenstown, NZ, p.349-352, 2001.

MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth of Australian beef cattle from a large set of field data. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier, France. **Proceedings**… Montpellier, France, 2002. (CD-ROM).

NASCIMENTO, D. S. Interação genótipo-ambiente em bovinos de corte. 2008. Revisão Literária - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Campo Grande, 2008.

NEPOMUCENO, L. L. ; LIRA, T. S. D. ; LOPES, F. B. ; LÔBO, R. B. ; FERREIRA, J. L. Interação genótipo-ambiente para características sob efeito maternal na raça Nelore nos estados do Maranhão, Mato Grosso e Pará. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.269-276, 2013.

NOBRE, P. R. C. ; MISZTAL, I. ; TSURUTA, S. ; BERTRAND, J. K. ; SILVA, L. O. C.; LOPES, P. S. Genetic evaluation of growth in beef cattle with random regression

model. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier, France. **Proceedings…** Montpellier, CD-ROM, 2002.

OLIVEIRA, H. N. **Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá**. 1995. 73p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, USP, Ribeirão Preto, 1995.

OLIVEIRA, M. M.; ROTA, E.; DIONELLO, N.; AITA, M. Herdabilidade e correlações genéticas do perímetro escrotal e idade ao primeiro parto com características produtivas em bovinos de corte: revisão. **Current Agricultural Science and Technology**, v.13, p.141-146, 2012.

OLIVEIRA, J.; PEREIRA, R. Associação entre perímetro escrotal e precocidade sexual e sua importância como critério de seleção. Cadernos de Pós-Graduação da FAZU, v. 3, sp, 2013. Disponivel em: < http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/521/391>.

OSENI. S.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; REKAYA, R. Genetic Components of Days Open Under Heat Stress. **Journal Dairy Science**. v.87, p.3022–3028, 2004.

PALHARIM, D. P. D.; ARAÚJO, C. V.; BITTENCOUR, T. C. B. S. C.; ARAÚJO, S. I., LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F. Estimativas de herdabilidade para o desempenho ponderal na raça Nelore no Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, v.3, p.59-62, 2013.

PAZ, C. C. P.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Contribuição ao estudo do coeficiente de repetibilidade do ganho de peso médio diário no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997 Juiz de Fora MG. **Anais**... Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.152-154.

PÉGOLO, N. T.; OLIVEIRA, H. N.; ALBUQUERQUE, L. G.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Genotype by environment interaction for 450-day weight of Nelore cattle analyzed by reaction norm models. **Genetics and Molecular Biology**, v.32, p.281-287, 2009.

PEGOLO, N. T.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Effects of sex and age on genotype-environment interaction for beef cattle body weight studied using reaction norm models. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3410-3425, 2011.

PEREIRA, J. C. C.; AYALA, J. M. N.; OLIVEIRA, H. N. Efeitos genéticos e não-genéticos sobre a idade ao primeiro parto e o intervalo entre partos de duas populações da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.42, p.93-102, 1991.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; COSTA, F. A.; FERRAZ, J. B. Análise genética da idade ao primeiro parto e do perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.116-121, 2001.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.703-708, 2002.

PEREIRA, J. C. C.; RIBEIRO, S. H. A.; SILVA, M. A. Análise genética de características ponderais e reprodutivas de fêmeas bovinas Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.231-236, 2005.

QUIRINO, C. R.; BERGMANN, J. A. Herdabilidade do perímetro escrotal ajustado e não ajustado para peso corporal usando modelo animal uni e bivariado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.127-129.

RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; BONILHA NETO, L. M.; TROVO, J. B. F.; PACKER, I. U.; PACOLA, L. J.; CYRILLO, J. N. S. G.; RUGGIERI, A. C.; MERCADANTE, M. E. Z. MERCADANTE. Selection for yearling weight in Nelore and Guzerá zebu breeds: selection applied and response in 15 years of progeny. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6, 1998. **Proceedings…** Armidale, NSW-Australia: Genetics Applied to Livestock Production, p.133-136, 1998.

REGATIERI, I. C.; BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nellore cattle. **Genetics and Molecular Research**, v.11, p.2979-2986, 2012.

REZENDE NEVES, H. H.; CARVALHEIRO, R.; FRIES, L. A.; DE QUEIROZ, S. A. Uso combinado de sêmen sexado e acasalamento dirigido sobre uma população de bovinos de corte submetida á seleção: estudo de simulação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2368-2374, 2009.

ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biomethic**, v.15, p.469-485, 1959.

SHORT, R. Y.; STAIMILLER, R. B.; BELLOWS, R. L. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: FIELDS, M.J.; SAND, R.S. (Eds.) Factors affecting calf crop. London: CRC Press, 1994. p.55-68.

SILVA, A. M.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, R. T.; OLIVEIRA, M. C. S.; NOVAES, A. P.; TULLIO, R. R.; CORRÊA, L. A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e

de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2223-2230, 2000.

SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M.; CORDEIRO, C. M. T.; FREITAS, A. R. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1157-1165, 2002.

SILVA, J. A. V.; ALBURQUERQUE, L. G. Estudo da prenhes aos 16 meses e idade ao primeiro parto em novilhas Nelore. In: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 5, 2004. Pirassununga, SP. **Anais…** Pirassununga: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004. (CD-ROM).

STRANDBERG, E.; BROTHERSTONE, S.; WALL, E.; COFFEY, M. P. Genotype by environment interaction for first-lactation female fertility traits in UK dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.92, p.3437–3446, 2009.

TALHARI, F. M.; ALENCAR, M. M.; MASCIOLI, A. S.; SILVA, A. M.; BARBOSA, P. F. Correlações genéticas entre características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.880-886, 2003.

TSURUTA S.; MISZTAL I.; LAWLOR T. J.; KLEI L. Estimation of genetic parameters over time for final score in holsteins using a random regression model. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier, France. **Proceedings…** Montpellier, CD-ROM, 2002.

USDA. 2013. **Livestock and poultry: World markets and trade.** Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.PDF> Acessado em: Sep. 16, 2013.

VAN DER WESTHUIZEN, R. R.; SCHOEMAN, S. J.; JORDAAN, G. F.; VAN WYCK, J. B. Heritabilities of reproductive traits in a beef cattle herd using a multitraits analysis. **South African Journal Animal Science**, v.30, p.140–141, 2000.

VASCONCELOS SILVA, J. A. I.; MARCELO, E. T.; RIBEIRO, C. B.; MAIORANO, A. M.; CURI, R. A.; DE OLIVEIRA, H. N.; DA MOTA, M. D. S. Análise genética de características de crescimento e perímetro escrotal em bovinos da raça Brangus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1166-1173, 2012.

WINDIG, J. J.; CALUS, M.; BEERDA, B.; VEERKAMP, R. F. Genetic correlations between milk production and health and fertility depending on herd environment. **Journal Dairy Science**, v.89, p.1765–1775, 2006.

YOKOO, M. J.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; SAINZ, R. D.; CARNEIRO JÚNIOR, J. M.; BEZERRA, L. A. F.; ARAUJO, ARAÚJO, F. R. C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1761-1768, 2007.

YOKOO, M. J.; MAGNABOSCO, C. U.; ROSA, G. J.; LÔBO, R. B.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.91-100, 2012.

CAPÍTULO 2 – INTERAÇÃO GENOTIPO AMBIENTE PARA IDADE AO PRIMEIRO PARTO, PERIMETRO ESCROTAL E PESO AO SOBREANO EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi verificar a importância da interação genótipo-ambiente sobre a idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano, bem como estimar as correlações genéticas, analisando o grau de associação entre elas, em bovinos da raça Nelore, usando normas de reação em modelos de regressão aleatória multicaracterística. A pesquisa foi realizada com registros de bovinos Nelore, sendo 28.871, 41.386 e 89.152 para as características IPP, PE e PS, respectivamente. Os dados foram obtidos em propriedades localizadas no Norte, Nordeste, Centro-Oeste, e Sudeste do Brasil que participam do Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G. Os grupos ambientais (GAs) foram definidos em função dos animais nascidos na mesma fazenda e ano, do mesmo grupo de manejo (do nascimento ao sobreano) e do mesmo sexo para IPP, PE e PS. A característica ganho de peso pós-desmama foi utilizada como critério para avaliar o gradiente ambiental. Para as análises de normas de reação foram utilizados polinômios lineares de Legendre regredidos sobre os GAs para modelar o efeito genético aditivo. Polinômios lineares de Legendre também foram utilizados para modelar o efeito fixo da tendência média da população. As variâncias residuais foram modeladas em classes homogêneas. As (co)variâncias foram estimadas utilizando o programa computacional Wombat. O modelo para PE e PS incluiu como efeitos fixos o grupo de contemporâneo e a covariável idade do animal no momento de avaliação, e os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual. Para IPP foi considerado o mesmo modelo sem incluir a covariável idade do animal no momento de avaliação. As estimativas de herdabilidade variaram de baixa a média magnitude para IPP (0,04 a 0,48); altas para o PE (0,51 a 0,67) e médias a altas para o PS (0,23 a 0,76). As estimativas de correlações genéticas entre os grupos ambientais variaram de 0,38 a 1,00 para IPP; 0,73 a 1,00 para PE e 0,24 a 1,00 para PS. As estimativas de correlações genéticas entre diferentes características em diferentes ambientes entre IPP e PE; IPP e PS; PS e PE variaram de -0,15 a -0,68; -0,18 a -0,35; -0,1 a 0,68 respectivamente. A eficiência relativa de seleção para IPP em função do PS e do PE variou de 4 a 395 e 12 a 333 respectivamente. Houve evidência de IGA importante para as características IPP, PE e PS. As correlações genéticas mostraram a presença de IGA em diferentes magnitudes para as características IPP, PE e PS. A adoção do PE e PS como critério de seleção para melhorar a precocidade sexual em ambientes de maior restrição ambiental para IPP é favorável no contexto do presente estudo.

Palavras-chave: Correlação genética, idade ao primeiro parto, perímetro escrotal, peso ao sobreano, Nelore

INTRODUÇÃO

O sucesso dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte está relacionado à correta identificação, seleção e utilização de animais geneticamente superiores para as características de interesse. O fenótipo de um animal é resultante de um conjunto de fatores genéticos, ambientais e da interação entre o genótipo e o ambiente. Deste modo, estudos sobre interações entre esses fatores são fundamentais para que o processo de seleção apresente resultados satisfatórios.

Pereira et al. (2002), ressaltam a importância de avaliar as características reprodutivas, quando se pretende selecionar matrizes jovens, visto que esta seleção possibilita, devido ao seu valor econômico, a obtenção mais rápida do retorno do capital investido, aumentando o ciclo reprodutivo e o número de bezerros por vaca. A seleção para aumento do perímetro escrotal permite a obtenção de animais mais precoces sexualmente e mais férteis, com maior quantidade e qualidade espermática e maior capacidade de serviço. Existem evidências de que o perímetro escrotal esteja correlacionado geneticamente com a idade à puberdade nos machos e nas fêmeas, com a fertilidade das fêmeas aparentadas a estes machos (GRESSLER, 2000), bem como com características físicas e morfológicas do sêmen (SILVA et al., 2002, DIAS et al., 2008).

Segundo Falconer e Mackay (1996), a interação genótipo-ambiente (IGA) ocorre quando um conjunto de genótipos sofre alterações em seu desempenho relativo em ambientes diferentes. Essa interação pode expressar-se de diferentes formas e em diferentes intensidades, sendo que a expressão mais extrema pode ser representada pela inversão de classificação dos diferentes genótipos dependendo do ambiente onde foram criados.

A adaptação dos animais ao ambiente de exploração pode causar variações significativas nos seus desempenhos individuais em diferentes ambientes caracterizando a IGA (AMBROSINI et al., 2012; NEPOMUCENO et al., 2013; CARVALHO et al., 2013). A avaliação da importância de IGA tem sido realizada principalmente pela investigação da expressão fenotípica dos diferentes genótipos em vários ambientes como características distintas (sob modelos de múltiplas

características) com estimação da correlação genética entre a mesma característica (genótipo) em diferentes ambientes.

O conceito de correlação genética entre desempenho em diferentes ambientes foi introduzido por Falconer (1952), visando utilizar a relação entre a resposta indireta (correlacionada) com a resposta direta, para determinar o ambiente óptimo para seleção. O autor defende a ideia de que um carácter medido em dois ambientes diferentes não deveria ser analisado como único carácter, mas sim como dois caracteres, pois mecanismos fisiológicos são, de certo modo, diferentes. Para Robertson (1959) se a correlação genética se a correlação genética entre a mesma característica mensurada em ambientes diferentes for menor a 0,80, podemos afirmar que são características diferentes.

Alguns estudos têm demonstrado a presença de alterações significativas na ordem de classificação dos animais em desempenho ou mérito genético para características de crescimento em bovinos de corte (FERREIRA et al., 2001; FRIDRICH et al., 2005; LOPES et al., 2008, PEGOLÓ et al., 2009) e produtivas em bovinos de leite (RORATO et al., 2000; FIKSE et al., 2003) quando estes são comparados em diferentes regiões por meio de correlações genéticas da mesma característica entre diferentes ambientes.

A interação genótipo-ambiente vem sendo considerada em alguns programas de avaliações genéticas, considerando países diferentes como características diferentes, porém pode haver limitações devido ao facto de ambientes em que vivem animais de países pequenos serem mais similares do que ambientes de países de áreas extensas (CALUS et al., 2004). Deste modo, para países de área extensa torna-se necessário considerar regiões para realização de estudos de interação genótipo-ambiente. Considerando a importância da idade ao primeiro parto e perímetro escrotal como características indicativas de maturidade sexual e o peso ao sobreano como característica de crescimento em bovinos Nelore, bem como a diversidade das condições ambientais no Brasil, é fundamental verificar a importância da interação entre o genótipo e o ambiente, visando adoção de estratégias que maximizam a atividade pecuária.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a importância da interação genótipo-ambiente sobre a idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao

sobreano em bovinos da raça Nelore, usando normas de reação em modelos de regressão aleatória multicaracterística.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição dos dados

O presente estudo foi realizado com dados fenotípicos de animais da raça Nelore, sendo 28.871, 41.386 e 89.152 para as características IPP, PE e PS (em ambos os sexos), respectivamente. Os dados foram colhidos em 26 propriedades localizadas no Norte (Tocantins – TO), Nordeste (Bahia – BA), Centro-Oeste (Goiás – GO, Mato Grosso – MT e Mato Grosso do Sul – MS) e Sudeste (São Paulo – SP) do Brasil, que participam do Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G. Os dados são referentes a animais nascidos entre os anos de 1984 e 2010. O principal objetivo das fazendas participantes do programa é a venda de reprodutores jovens e animais para abate. Os animais são mantidos em pasto e suplementados com sal mineral à vontade. Normalmente, a estação de monta para vacas tem início em torno do mês de novembro com duração de aproximadamente 70 a 90 dias. Em algumas fazendas realiza-se uma estação de monta antecipada para as novilhas de 14 a 16 meses de idade, entre os meses de janeiro e março, com duração de aproximadamente 60 dias. Todas as novilhas são expostas à reprodução independentemente do peso e da condição corporal.

Consistência dos dados

A organização e análises para verificar a consistência do arquivo de dados foram realizadas utilizando o programa SAS (versão 9.2, SAS Institute Inc., NC, USA). Foram formados grupos de contemporâneos (GC) por fazenda (ao nascimento e ao sobreano) e grupo de manejo (ao nascimento, à desmama e ao sobreano) para PE e IPP; para PS foram considerados os mesmos elementos do PE incluindo o sexo. Os GC com menos de 10 animais não foram considerados nas análises. Registros de IPP, PE e PS que extrapolaram 3 desvios-padrão acima ou abaixo da média de cada

grupo de contemporâneos foram excluídos das análises. O PS e PE foram avaliados aos 511±45 e 517±45 dias de idade, respectivamente

Formação dos grupos ambientais

Os grupos ambientais (GAs) foram definidos em função dos animais nascidos na mesma fazenda e ano, grupo de manejo (do nascimento ao sobreano) e do mesmo sexo para IPP, PE e PS. A característica ganho de peso pós-desmama foi utilizada como critério para avaliar o gradiente ambiental (desempenho médio de todos os animais em cada ambiente). A média de ganho de peso pós-desmama para cada grupo ambiental (GA) foi estimada e padronizada para uma média 0 e variância 1. Os GAs com média padronizada para ganho de peso pós-desmama acima de +2,5 foram considerados como GA=+2,5 (limite superior) e GAs abaixo de -2,5 foram considerados GA=-2,5 (limite inferior). Os GAs padronizados foram submetidos a um processo iterativo conforme descrito por Calus et al. (2004) visando corrigir o viés nas estimativas dos GAs causado pelo uso não aleatório de reprodutores ou pelo baixo número de animais em alguns rebanhos.

Estimação dos parâmetros genéticos

Foi realizada uma análise multicaracterística empregando modelo animal de regressão aleatória envolvendo IPP, PE e PS. O arquivo de pedigree continha as identificações de animal, pai e mãe, totalizando 156.212 animais na matriz de parentesco, sendo 106.301 animais no arquivo de dados com 268 touros e 19.056 vacas com progênie contendo dados fenotípicos.

Para as análises de normas de reação foram utilizados polinômios lineares de Legendre regredidos sobre os GAs para modelar o efeito genético aditivo. Polinômios lineares de Legendre também foram utilizados para modelar o efeito fixo da tendência média da população. As variâncias residuais foram modeladas em classes homogêneas para as três características. As funções de (co)variância foram estimadas pelo método de máxima verossimilhança restrita, utilizando o programa computacional WOMBAT desenvolvido por Meyer (2006). O modelo para PE e PS

incluiu como efeitos fixos o grupo de contemporâneo e a covariável idade do animal no momento de avaliação, e os efeitos aleatórios genético aditivo direto e residual. Para IPP foi considerado o mesmo modelo para PE e PS sem a covariável idade do animal no momento de avaliação. Em notação matricial o modelo completo da regressão aleatória pode ser descrito como:

$$\mathrm{y} = \mathrm{X}\beta + \mathrm{Z}\mathrm{a} + \mathrm{e}$$

em que *y* é o vetor das observações de cada característica (IPP, PE e PS); *X* é a matriz de incidência dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos e covariável); *β* é o vetor solução para os efeitos fixos; *Z* é a matriz de incidência do efeito genético aditivo direto; *a* é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos; *e* é o vetor dos erros aleatórios associados às observações.

De acordo com o modelo foram adotadas as seguintes pressuposições:

$$E\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad V\begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_a \otimes A & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}$$

em que K_a é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatória para os efeitos genético aditivo direto, *A* é a matriz de parentesco entre os indivíduos, $\otimes$ é o produto de Kronecker entre matrizes, e *R* representa uma matriz bloco diagonal, contendo as variâncias residuais.

A eficiência relativa da seleção foi obtida pela razão entre a resposta correlacionada para a característica IPP quando a seleção é praticada para PS ou PE e a resposta direta para IPP, conforme equações apresentadas por Falconer e Mackay (1996). Foi assumida a mesma intensidade de seleção para as características envolvidas, considerando ambientes com alta restrição ambiental (GA: -2,0), moderada restrição ambiental (GA: 0,0) e baixa restrição ambiental (GA: +2,0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução das médias das características em função do grupo ambiental

As estimativas das médias para PE e o PS foram crescentes em função da melhoria no ambiente. Na medida em que as restrições foram diminuindo ao longo do GA, as médias variaram de 1.068 a 975 dias para IPP; 21,70 a 31,88 cm para PE e 212 a 375 kg para PS (Figura 1). As médias para IPP foram decrescentes, na medida em que o ambiente foi melhorando, resultado do maior crescimento em função da melhor alimentação, manejo e ambiente, em consequência as fêmeas chegaram à puberdade em menor tempo reduzindo a IPP.

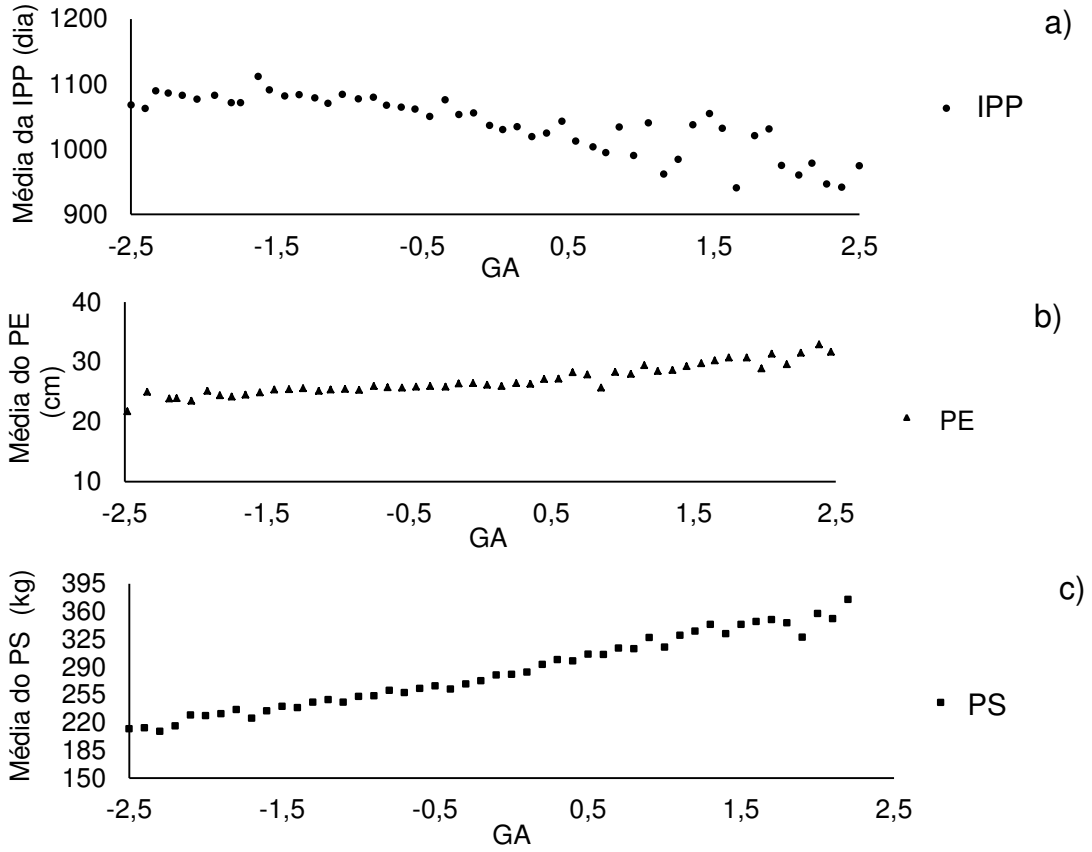

Figura 1 - Evolução da média para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c) em função do grupo ambiental (GA).

Estimativas de variâncias e herdabilidade

Para as três características estudadas (IPP, PE e PS), as estimativas de variância genética aditiva e fenotípica seguiram a mesma tendência, aumentando à medida que o gradiente ambiental se torna menos restrito (Figura 2).

Tendência similar ao presente estudo foi observada por diferentes pesquisadores, para componentes de variâncias em bovinos de corte para características de crescimento (PÉGOLO et al., 2009; PÉGOLO et al., 2011; MATTAR et al., 2011) e em bovinos de leite (KOLMODIN et al., 2002; STRANDBERG et al., 2009). Os resultados obtidos neste trabalho indicam que as diferenças genéticas aditivas entre os animais aumentam na medida em que o ambiente torna-se mais favorável para as três características, ou seja na medida que a restrição ambiental diminui os animais tem maior oportunidade de expressar seu genótipo.

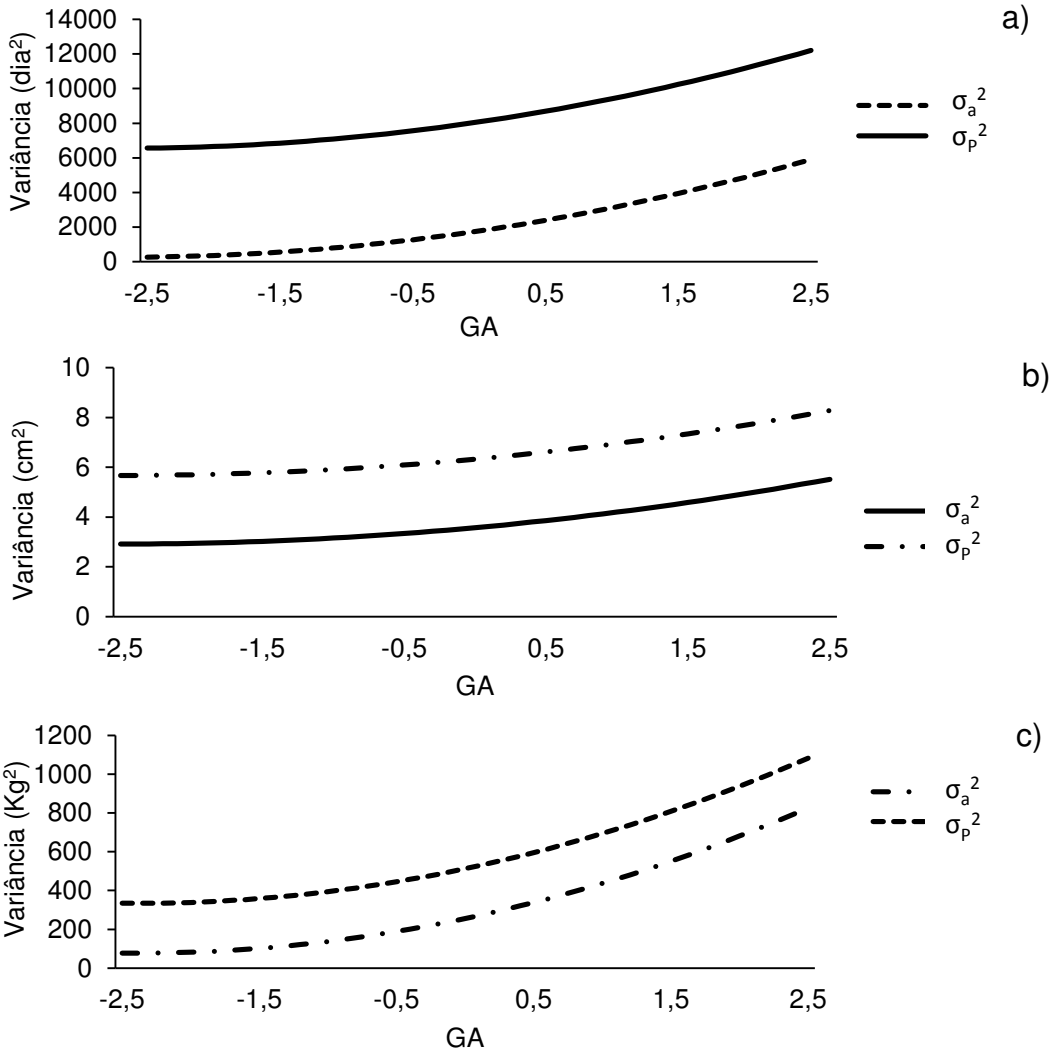

Figura 2 - Estimativas de variâncias genética aditiva (σ_a^2) e fenotípica (σ_p^2) em função do grupo ambiental (GA) para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c).

As estimativas de herdabilidade para as características estudadas aumentaram na medida em que os ambientes tornaram-se menos restritos. As estimativas de herdabilidade variaram de baixa a média magnitude para IPP (0,04 a 0,48); altas para o PE (0,51 a 0,67) e médias a altas para o PS (0,23 a 0,76) (Figura 3).

As estimativas de herdabilidade obtidas no presente estudo, em termos de magnitude, aproximam-se aos descritos na literatura, variando de 0,01 a 0,26 para IPP (PEREIRA et al., 2000; GRESSLER et al., 2000; PEREIRA et al., 2001; DIAS et al., 2003) e de 0,18 a 0,70 para PE (QUIRINO & BERGMANN, 1998; PANETO et al.,

2002). Contrastando com o presente resultado, estimativas de herdabilidade para peso aos 450 dias superiores nos extremos e inferiores em ambientes intermediários foram reportadas por Pégolo et al. (2009). As magnitudes das estimativas de herdabilidade obtidas para PS no presente estudo corroboram com resultados descritos na literatura (TORAL et al., 2004; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005; BOLIGON et al., 2008; FERRIANI et al., 2013). Contrastando com o presente resultado, estimativas de herdabilidade para peso aos 450 dias superiores nos extremos e inferiores em ambientes intermediários foram reportadas por Pégolo et al. (2009). As magnitudes das estimativas de herdabilidade obtidas para PS no presente estudo corroboram com resultados descritos na literatura (TORAL et al., 2004; FORNI & ALBUQUERQUE, 2005; BOLIGON et al., 2008; FERRIANI et al., 2013).

São várias as razões para explicar a variação dos componentes de variância e as estimativas de herdabilidade em diferentes ambientes. Para Falconer e Mackay (1996), a herdabilidade é uma propriedade da população e do ambiente, enquanto a variância ambiental é dependente das condições de manejo, clima e sanidade. Maior variação das condições ambientais reduz a herdabilidade, enquanto uma maior uniformidade do ambiente aumenta a herdabilidade (TORAL et al., 2004). A melhoria nas condições ambientais permite maior oportunidade para os animais expressarem o seu genótipo, assim, maior resposta à seleção poderá ser obtida nos grupos ambientais com menor grau de restrição ambiental.

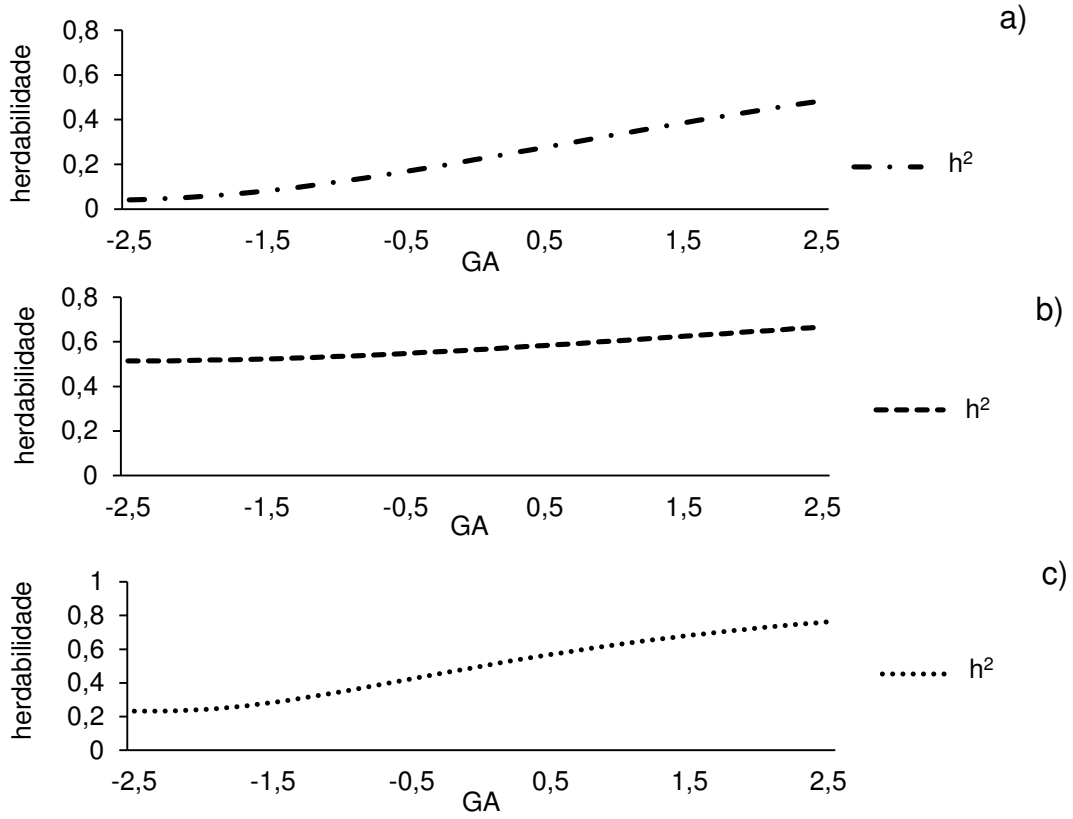

Figura 3 - Estimativas de herdabilidade (h^2) para idade ao primeiro parto (IPP) (a), perímetro escrotal (PE) (b) e peso ao sobreano (PS) (c) em função do grupo ambiental (GA).

Estimativas de correlação genética para cada caraterística entre diferentes ambientes

As estimativas de correlação genética para IPP entre os grupos ambientais apresentaram uma superfície com estimativas variando 0,38 a 1,00 (Figura 4). Essas estimativas são maiores quanto mais semelhantes os grupos ambientais estiverem um do outro, evidenciando IGA importante entre grupos com estimativas de correlação genética abaixo de 0,80 (ROBERTSON, 1959). Similar ao presente estudo a mesma tendência foi observada por Standberg et al. (2009) para dias para o primeiro parto em Holstein, denotando importância de IGA mais acentuada à medida que os ambientes em estudo se diferenciam.

As estimativas de correlação genética para PE entre os grupos ambientais apresentaram uma superfície com valores variando entre 0,73 a 1,00 (Figura 5). As

estimativas de correlações genéticas foram maiores na medida em que os grupos ambientais apresentaram-se mais próximos uns dos outros, havendo IGA importante para ambientes mais diferenciados.

As estimativas de correlação genética para PS entre os grupos ambientais apresentaram valores entre 0,24 a 1,00 (Figura 6). As estimativas de correlações genéticas são superiores na medida em que os grupos ambientais apresentam-se mais próximos uns dos outros e inferiores para grupos ambientais mais distanciados. Resultado similar ao presente estudo foi observado por Pégolo et al. (2009) utilizando diferentes modelos de regressão aleatória para verificar o efeito de IGA sobre o peso aos 450 dias em bovinos da raça Nelore. A mesma tendência foi observada por Mattar et al. (2011), em estudos para investigar o efeito da IGA sobre o peso ao sobreano de bovinos da raça Canchim, com estimativas variando de 0,25 a 1,00. Por outro lado, Carvalho et al. (2013), analisando o efeito de IGA para peso ao desmame (205 dias), estimaram correlações superiores a 0,80.

Estimativas de correlações genéticas da mesma característica, avaliada em ambientes diferentes, inferiores a 0,8 indicam que os conjuntos gênicos responsáveis pelas variâncias genéticas das características IPP, PE e PS entre os diferentes ambientes não estão atuando da mesma forma, ou não são exatamente os mesmos. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, o efeito de interação genótipo ambiente foi mais importante sobre o PS e IPP.

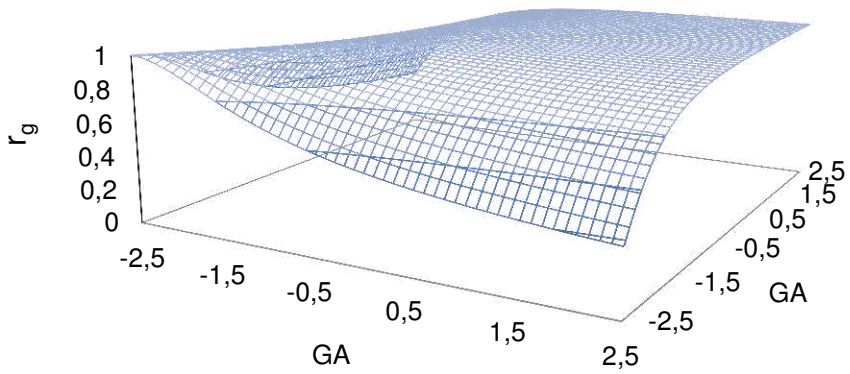

Figura 4 - Estimativas de correlação genética (r_g) para idade ao primeiro parto (IPP) entre diferentes grupos ambientais (GA).

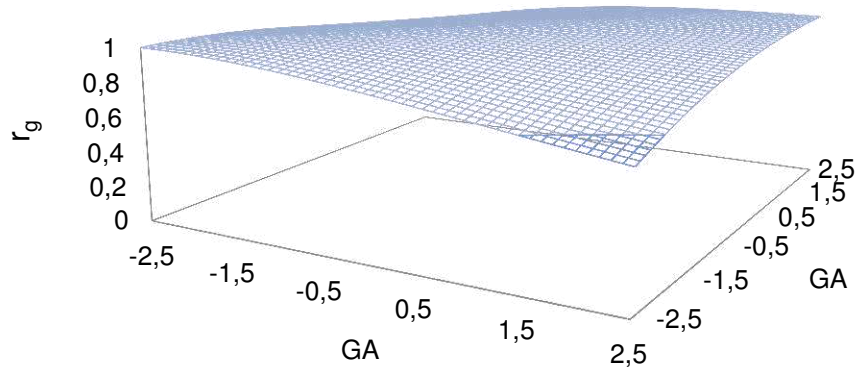

Figura 5 - Estimativas de correlação genética (r_g) para perímetro escrotal (PE) entre diferentes grupos ambientais (GA).

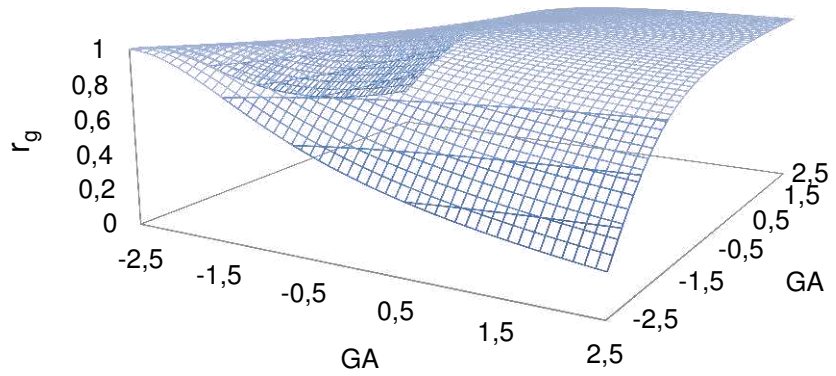

Figura 6 - Estimativas de correlação genética (r_g) para peso ao sobreano (PS) entre diferentes grupos ambientais (GA).

Estimativas de correlação genética entre caraterísticas no mesmo ambiente

As estimativas de correlação genética entre IPP e PE apresentaram valores negativos variando de -0,68 a -0,15. À medida que diminui a restrição ambiental, as estimativas de correlações genéticas tenderam a diminuir (Figura 7). As estimativas de correlações genéticas entre IPP e PE em diferentes ambientes indicam que grande parte dos genes que atuam sobre o PE, também atuam sobre a IPP em ambiente de maior restrição ambiental. Estes resultados sugerem que a seleção para maior PE pode levar a ganhos favoráveis para IPP, ao passo que na medida em que a restrição ambiental diminui a associação gênica entre as características

também diminui. Estimativas de correlações genéticas entre IPP e PE negativas e baixas (-0,10; -0,22 e -0,19) foram obtidas por Gressler et al. (2000); Pereira et al. (2000) e Evandro et al. (2013) respectivamente. Já estimativas de correlação genética entre IPP com PE negativas e moderadas (-0,67) foram obtidas por Borba et al. (2011) em bovinos de raça Canchim.

Na medida em que diminui a restrição ambiental, as estimativas de correlações genéticas entre IPP e PS apresentaram magnitudes de moderada a baixa (-0,30 a -0,18) (Figura 8). Estimativas inferiores ao intervalo observado no presente estudo (-0,01 e -0,015) foram observadas por Pereira et al. (2001) para correlações entre PS com IPP aos 14 e 26 meses, respectivamente.

As estimativas de correlação genética entre PE e PS foram positivas e de moderada magnitude, com valores variando de 0,41 a 0,61 (Figura 9). Essas estimativas indicam que o PE pode ser adequado para identificação de touros com maiores potenciais de ganho de peso. Resultados similares em termos de magnitude (0,57; 0,72 e 0,73), mas considerando um único ambiente e sem a influência de IGA em bovinos Nelore, foram obtidos por Yokoo et al. (2007), Dias et al. (2008) e Marques et al. (2013) respectivamente, enquanto Boligon et al. (2007); Pastore et al. (2008) e Regatieri et al. (2012) encontraram correlações baixas (0,32; 0,33 e 0,24) respectivamente, enquanto resultado inferior ao intervalo obtido no presente estudo (0,25) foi observado por Pereira et al. (2001).

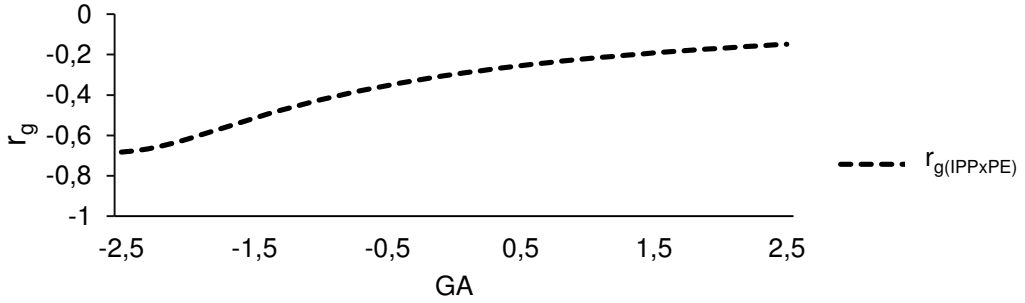

Figura 7 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e perímetro escrotal ($r_{g(IPPxPE)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA).

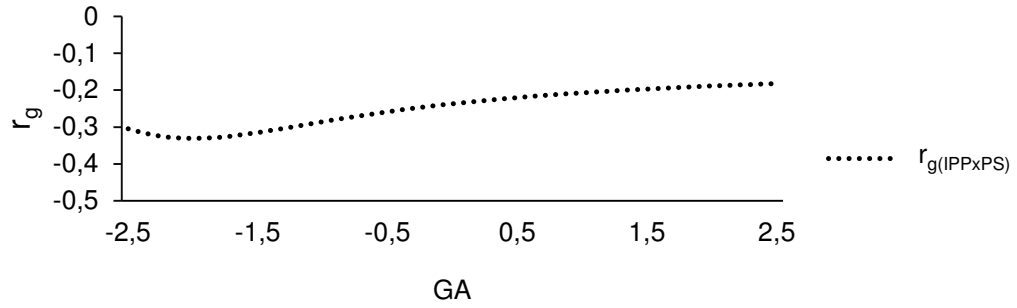

Figura 8 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e peso ao sobreano ($r_{g(IPPxPS)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA).

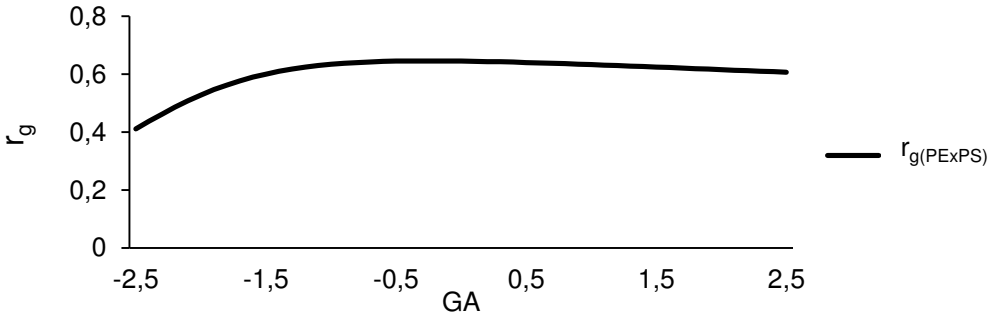

Figura 9 - Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e peso ao sobreano ($r_{g(PExPS)}$) ao longo dos grupos ambientais (GA).

Estimativas de correlação genética entre caraterísticas em diferentes ambientes

As estimativas de correlações genéticas entre diferentes características em diferentes ambientes, entre IPP e PE variaram de -0,15 a -0,68. Em ambiente mais restrito, para as duas características, a estimativa de correlação genética foi moderada e favorável (-0,68), ao passo que à medida que se torna menos restrito para IPP a magnitude de correlação genética foi diminuindo. Na medida em que os ambientes para IPP e PE se tornam menos restritos, as estimativas de correlações genéticas entre as duas características diminuem, indicando que os grupos gênicos que influem de forma conjunta sobre as duas características diminuem na medida em que as os ambientes se tornam menos restritos (Figura 10). Normalmente em programas de melhoramento os animais são selecionados em ambientes com baixa

restrição ambiental e criados em ambiente diferente, na maioria dos casos, menos favorável para a expressão do seu genótipo.

As estimativas de correlações genéticas entre IPP e PS em diferentes ambientes foram negativas e de baixa magnitude, variando de -0,18 a -0,35. (Figura 11). Na medida em que o ambiente para PS foi menos restrito e mais restrito para IPP, as estimativas de correlações genéticas foram diminuindo.

Em relação às correlações genéticas entre PS com PE, as estimativas variaram de baixa a moderada magnitude (-0,1 a 0,68), sendo que, as estimativas diminuíram na medida em que a restrição ambiental para PS diminui e para PE aumentou (Figura 12). Portanto, as correlações genéticas entre as duas características foram baixas entre grupos ambientais extremos. Na literatura são escassas estimativas de correlações genéticas entre características de crescimento e características indicadoras da precocidade sexual como PE e IPP mensuradas em diferentes ambientes.

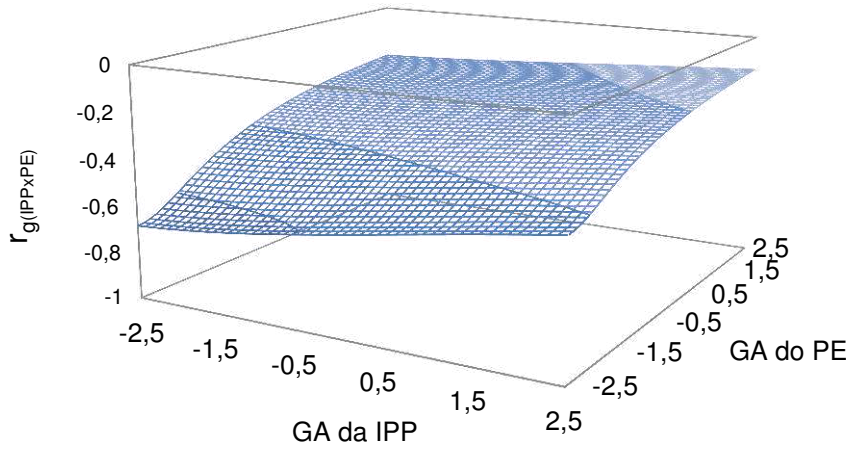

Figura 10 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e perímetro escrotal ($r_{g(IPPxPE)}$) em diferentes grupos ambientais (GA).

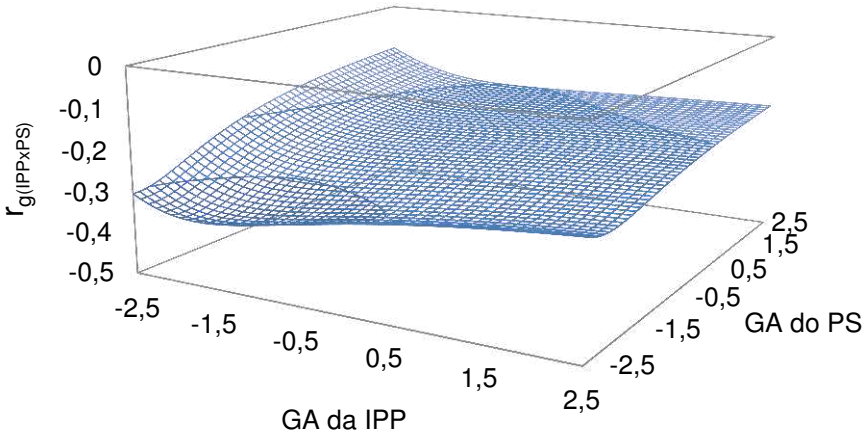

Figura 11 - Estimativas de correlação genética entre idade ao primeiro parto e peso ao sobreano ($r_{g(IPPxPS)}$) em diferentes grupos ambientais ambientes (GA).

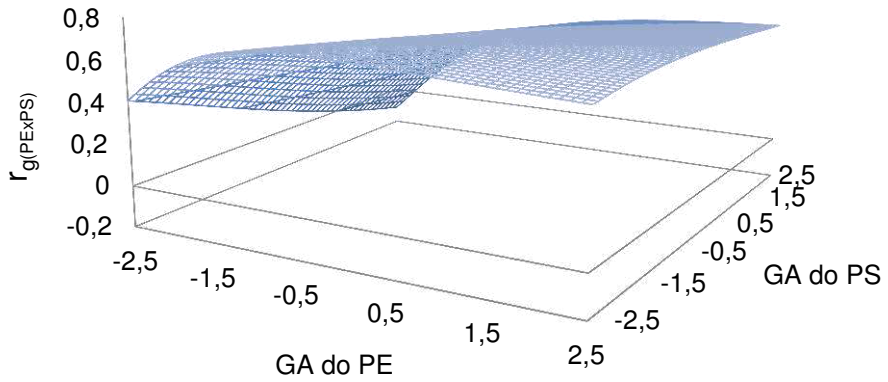

Figura 12 – Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e peso ao sobreano ($r_{g(PExPS)}$) em diferentes grupos ambientais (GA).

Eficiência de seleção relativa

Na Tabela 1 são apresentados resultados de estimativas da eficiencia relativa de seleção esperada para IPP em função do PS e PE considerando considerando ambientes com alta restrição ambiental (GA: -2,0), moderada restrição ambiental (GA: 0,0) e baixa restrição ambiental (GA: +2,0). A seleção indireta para IPP no mesmo ambiente para PS foi desfavorável nos cenários apresentados, compensando realizar seleção direta para IPP. A seleção indireta para IPP em ambiente diferente para PS foi favorável em caso de ambiente menos restrito para PS e mais restrito para IPP (Tabela 1).

A seleção indireta para IPP em função do PE foi favorável considerando IPP em ambiente com maior restrição, sendo maior a resposta quanto menor a restrição ambiental para PE (Tabela 1). Portanto, espera-se que a resposta à seleção indireta para IPP selecionando diretamente para PS e PE seja maior na medida que a restição ambiental para IPP seja mais alta. Já para ambientes ou situações onde a restrição ambiental é moderada a baixa, espera-se que a seleção direta para IPP seja mais vantajosa, uma vez que a variabilidade genético aditivo para esta caracterísitca é maior em ambientes com baixo stress ambiental. Geralmente a seleção indireta é favorável quando a correlação genética entre as características envolvidas é alta e a característica selecionada indiretamente apresenta menor herdabilidade em comparação à caracteristica sob seleção, com maior aplicação para caraterísticas limitadas pelo sexo ou medidas em fase avançada do ciclo de vida.

Cabe ressaltar que para o calculo da eficiencia de seleção foi assumido a mesma intensidade de seleção e intervalo entre gerações para todas as características e para todos os ambientes, portanto, a eficiencia de seleção estimada não é a real. A característica IPP é apenas expressa nas fêmeas, portanto espera-se que a intensidade de seleção seja menor quando se compara com a intensidade aplicada sobre PS, característica que pode ser mensurada nos dois sexos. Além disto, para a avaliação genética da IPP, pelo fato de ser uma característica apenas expressa nas fêmeas, sendo que a seleção é aplicada nos machos, é necessário a implementação de um teste de progênie, o que deve aumentar o intervalo entre geraçoes. Portanto, os resultados obtidos para eficiência de seleção relativa para IPP devem ser tratados com cautela e apenas devem ser considerado no contexto do presente estudo.

Tabela 1 - Eficiência relativa de seleção (G) expresso em percentagem para IPP em função do PS e PE, considerando diferentes ambientes.

Característica	G para IPP			
	GA	-2	0	2
PS	-2	69	15	4
	0	164	35	10
	2	395	85	24
PE	-2	189	41	12
	0	220	47	14
	2	333	72	20

IPP: idade ao primeiro parto; PE: perímetro escrotal; PS: peso ao sobreano; GA: grupo ambiental.

Na literatura são escassos os estudos sobre a estimação de parâmetros genéticos e componentes de (co)variancia considerando a presença de interação genotipo ambiente para características de crecimento e precocidade sexual em bovinos de corte, portanto, estes resultados deverão auxiliar pesquisadores e produtores na hora de definir criterios de seleção para o melhoramento das características de crescimento e de preccidade sexual. Em função dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se afirmar que a aquisição de animais para melhoramento genético de características de crescimento e precocidade sexual por parte dos criadores deve ser feita tendo em conta a diferença dos ambientes entre seus rebanhos e os rebanhos em que são criados os animais adquiridos. Modelos que incluam o efeito de IGA devem ser considerados em programas de melhoramento genético animal visando uma correta adopção de critérios de seleção que maximizem a resposta correlacionada para as características definidas.

O ganho genético esperado para as características consideradas no presente estudo, pelo processo de seleção dependerá dos parâmetros genéticos de cada característica em cada ambiente, e estes parâmetros poderão variar em função da maior ou menor restrição ambiental, definindo o critério de seleção que melhor se adequa a cada caso.

CONCLUSÕES

Existe efeito de interação genótipo-ambiente para as características idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano; assim o ganho genético esperado para estas características está em função do ambiente em que os animais são explorados.

As estimativas de correlações genéticas mostram a presença de interação genótipo-ambiente em diferentes magnitudes para as características idade ao primeiro parto, perímetro escrotal e peso ao sobreano.

A adoção das características perímetro escrotal e peso ao sobreano como critério de seleção para melhorar a precocidade sexual em ambientes de maior restrição ambiental para idade ao primeiro parto é favorável no contexto do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSINI, D. P.; CARNEIRO, P. L. S.; NETO, J. B.; MALHADO, C. H. M.; MARTINS FILHO, R.; CARDOSO, F. F. Interação genótipo-ambiente para peso ao ano em bovinos Nelore Mocho no Nordeste do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira,** v.47, p.1489-1495, 2012.

BERGMANN, J. A. G. Seleção de zebuínos para precocidade sexual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1999, p.52-64.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.36, p.565-571, 2007.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G.; RORATO, P. R. N. Associações genéticas entre pesos e características reprodutivas em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.596-601, 2008.

BORBA, L. H. F.; REY, F. S. B.; SILVA, L. O. C.; BOLIGON, A. A.; DE ALENCAR, M. M. Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodução de bovinos da raça Canchim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1570-1578, 2011.

CALUS, M. P. L.; BIJMA, P.; VEERKAMP, R. F. Effects of data structure on the estimation of covariance functions to describe genotype by environment interactions in a reaction norm model. **Genetic Seletion Evolution**, v.36, p.489-507, 2004.

CARVALHO, C. V. D.; BITTENCOURT, T. C. C. D.; LÔBO, R. B.; PINTO, L. F. B.; NASCIMENTO, M. C. Interação genótipo-ambiente sobre os pesos aos 205 e 365 dias de idade em bovinos da raça Nelore em diferentes regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.10-20, 2013.

DIAS, D. S. O.; TONHATI, H.; MAGNABOSCO, C. U.; LOBO, R. B.; DIAS, M. J. Estimativas de correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto na raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, Santa Maria, 2003. **Anais...** Santa Maria: SBZ. 2003. CD-ROM.

DIAS, J. C.; ANDRADE, V. D.; MARTINS, J. A. M.; EMERICK, L. L.; VALE FILHO, V. D. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.53-59, 2008.

EVANDRO, P.; PEREIRA, E. J.; STERMAN, F. J. B. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. 2013. Disponível em: < http://dspace.mediu.edu.my:8181/xmlui/handle/123456789/3809?show=full>. Acesso em: 02/Jan/2014.

FALCONER, D. S. The problem of environment and seletion. **The American Naturalist**, v.86, p.293-298, 1952.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to Quantitative Genetics**, ed 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 1996.

FERREIRA, V. C. P.; PENNA, V. M.; BERGMANN, J. A. G.; TORRES, R. A. Genotype environmental interaction in some growth traits of beef cattle in Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.385-392, 2001.

FERRIANI, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; BALDI, F. S. B.; VENTURINI, G. C.; BIGNARDI, A. B.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, J. A. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de crescimento de bovinos da raça Nelore. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.123-129, 2013.

FIKSE, W. F.; REKAYA, R.; WEIGEL, K. A. Assessment of environmental descriptors for studying genotype by environment interaction. **Livestock production science**, v.82, p.223-231, 2003.

FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**. v.83, p.1511-1515, 2005.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A.; FRIDRICH, D.; CORRÊA, G. S.; SILVA, L. O.; SAKAGUTI, E. S.; VALENTE, B. D. Interacão genótipo ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e zootecnia**, v.57, p.663-672, 2005.

GRESSLER, S. L.; BERGMANN, J. A. G.; PEREIRA, C. S.; PENNA, V. M.; PEREIRA, J. C. C.; GRESSLER, M. G. D. M. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.427-437, 2000.

KOLMODIN, R.; STRANDBERG, E.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; JORJANI, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculture Scandinavia**, v.52, p.11-24, 2002.

LOPES, J. S.; RORATO, P. R. N.; WEBER, T.; BOLIGON, A. A.; COMIN, J. G.; DORNELLES, M. D. A. Efeito da interação genótipo× ambiente sobre o peso ao nascimento, aos 205 e aos 550 dias de idade de bovinos da raça Nelore na Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.54-60, 2008.

MARQUES, E. G.; MAGNABOSCO, C. U.; LOPES, F. B.; SILVA, M. C. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça Nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. **Bioscience Journal**, v.29, p.159-167, 2013.

MATTAR, M.; SILVA, L. O. C.; ALENCAR, M. M.; CARDOSO, F. F. Genotype-invironment intaraction for leng-yearling weight in Canchim cattle quantified by reaction norm analysis. **Journal of Animal Science**, v.89, p.2349-2355, 2011.

MEYER, K. WOMBAT-Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. In: World Congress Genetic Applied to Livestock Production, 8, 2006. **Proceeding…** Belo Horizonte (Brasil), 13 to 18 of August 2006. (CD-ROM).

NEPOMUCENO, L. L. ; LIRA, T. S. D. ; LOPES, F. B. ; LÔBO, R. B. ; FERREIRA, J. L. Interação genótipo-ambiente para características sob efeito maternal na raça Nelore nos estados do Maranhão, Mato Grosso e Pará. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.269-276, 2013.

PANETO J. C. C.; LEMOS D. C.; BEZERRA L. A. F.; FILHO R. M.; LÔBO R. B. Estudo de características quantitativas de crescimento dos 120 aos 550 dias de idade em gado Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.668-674, 2002.

PASTORE, A. A.; TONIOLLO, G. H.; LÔBO, R. B.; FERNANDES, M. B.; VOZZI, P. A.; VILA, R. A. GALERANI, M. A. V.; ELIAS, F. P.; CARDILLI, D. J. Características biométricas, testiculares, seminais e parâmetros genéticos de touros pertencentes ao programa de melhoramento genético da raça Nelore. **ARS Veterinária**, Jabuticabal, v.24, p.124-141, 2008.

PÉGOLO, N. T.; OLIVEIRA, H. N.; ALBUQUERQUE, L. G.; BEZERRA, L. A. F.; LÔBO, R. B. Genotype by environment interaction for 450-day weight of Nelore cattle analyzed by reaction norm models. **Genetics and Molecular Biology**, v.32, p.281-287, 2009.

PEGOLO, N. T.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Effects of sex and age on genotype-environment interaction for beef cattle body weight studied using reaction norm models. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3410-3425, 2011.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desempenho ponderal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.720-727, 2001.

PEREIRA, E.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.703-708, 2002.

QUIRINO C.R.; BERGMANN J. A. G. Heritability of scrotal circumference adjusted and unadjusted for body weigh in Nelore Bulls, using univariate and bivariate animal models. **Theriogenology**, v.49, p.1389-1396, 1998.

REGATIERI, I. C.; BOLIGON, A. A.; BALDI, F.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nellore cattle. **Genetics and Molecular Research**, v.11, p.2979-2986, 2012.

ROBERTSON, A. The sampling variance of genetic correlation coefficient. **Biomethic**, v.15, p.469-485, 1959.

RORATO, P. R. N.; VAN VLECK, D.; VERNEQUE, R. S.; MARTINEZ, M. L.; VALENTE, J.; GADINI, C. H. Interação genótipo-ambiente para a produção de leite em rebanhos da raça Holandesa no Brasil. 2. Uso de um modelo animal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.2030-2035, 2000.

SILVA, A. E. D. F.; UNANIAN, M. M.; CORDEIRO, C. M. T.; FREITAS, A. R. Relação da circunferência escrotal e parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1157-1165, 2002.

STRANDBERG, E.; BROTHERSTONE, S.; WALL, E.; COFFEY, M. P. Genotype by environment interaction for first-lactation female fertility traits in UK dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.92, p.3437–3446, 2009.

TORAL, F. L. B.; SILVA, L. O. C.; MARTINS, E.N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S. M. Interação genótipo-ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1445-1455, 2004.

YOKOO, M. J. I.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; SAINZ, R. D.; CARNEIRO JÚNIOR, J. M.; BEZERRA, L. A. F.; ARAUJO, F. R. C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1761, 2007.