

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**INTERAÇÃO GENOTIPO AMBIENTE PARA PERIMETRO  
ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE  
UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO**

**Marcos Vinícius Antunes de Lemos**

Zootecnista

Jaboticabal – São Paulo – Brasil

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**INTERAÇÃO GENOTIPO AMBIENTE PARA PERIMETRO  
ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE  
UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO**

**Marcos Vinícius Antunes de Lemos**

**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.

Jaboticabal – São Paulo – Brasil

2013

L557i Lemos, Marcos Vinicius Antunes de  
Interação genótipo ambiente para perímetro escrotal em bovinos da raça Nelore utilizando normas de reação / Marcos Vinicius Antunes de Lemos. -- Jaboticabal, 2013  
v, 42 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010

Orientador: Fernando Sebastián Baldi Rey  
Banca examinadora: Arthur dos Santos Mascioli, Henrique Nunes Oliveira

Bibliografia

1. Circunferência escrotal. 2. Correlação genética. 3. Regressão aleatória. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2:636.082

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



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE PARA PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

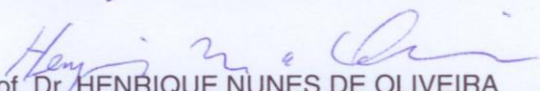
**AUTOR:** MARCOS VINICIUS ANTUNES DE LEMOS

**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

  
Prof. Dr. ARTHUR DOS SANTOS MASCIOLI

Universidade Federal de Goiás / Jataí/GO

Data da realização: 18 de julho de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**MARCOS VINÍCIUS ANTUNES DE LEMOS** – natural de Mara Rosa – GO, nascido em 16 de agosto de 1987, solteiro, filho de Maronita Antunes Clemente Lemos e Devacy Constantino de Lemos. É formado em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) – Câmpus Jatai, em setembro de 2011. Durante o curso de graduação foi bolsista da disciplina de Melhoramento Genético Animal por dois anos (2009 e 2010), com bolsa concedida pela UFG. Em março de 2012 iniciou o curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal, na faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), na Unesp – Campus de Jaboticabal – SP, como bolsista CAPES, sob orientação do Professor Dr. Fernando Sebastián Baldi Rey.

**“Que os vossos esforços desafiem  
as impossibilidades, lembrai-vos de  
que as grandes coisas do  
homem foram conquistadas  
do que parecia impossível”**

*Charles Chaplin*

À minha base, meu alicerce, meu porto seguro... Meus pais,  
Devacy e Maronita

Todo o carinho, amor do mundo é pouco para definir a  
gratidão, o respeito e o amor que tenho por vocês.

*“De tudo, ao meu amor serei atento  
Antes, e com tal zelo, e sempre, e tanto  
Que mesmo em face do maior encanto  
Dele se encante mais meu pensamento*

*Quero vivê-lo em cada vão momento  
E em seu louvor hei de espalhar meu canto  
E rir meu riso e derramar meu pranto  
Ao seu pesar ou seu contentamento*

*E assim quando mais tarde me procure  
Quem sabe a morte, angústia de quem vive  
Quem sabe a solidão, fim de quem ama*

*Eu possa me dizer do amor (que tive):  
Que não seja imortal, posto que é chama  
Mas que seja infinito enquanto dure”*

Soneto de fidelidade – Vinícius de Moraes

**DEDICO**

Aos meus irmãos

Claudya, Victor e Lara. Obrigado pelos bons momentos vividos, pelos risos perdidos, carinhos trocados, raivas indevidas... Amor que não se mede!

Às minhas avós Maria e Aláide

Duas vezes mãe... Duas vezes carinho... Duas vezes amor... Duas vezes compreensão...

Amo vocês!

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, por estar sempre presente em meus dias me iluminando, por me dar forças, coragem e me abençoar em todos os dias da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Baldi, pela confiança, paciência, dedicação, ensinamentos e credibilidade depositada em mim para que eu pudesse realizar este trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lucia G. Albuquerque, por ter permitido minha instalação na salinha durante todo este período.

Ao Dr. Guilherme Venturini, pela prontidão, paciência e apoio concedido.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal e mais especificamente ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento Animal, pela oportunidade em compor o corpo discente desta instituição.

Aos meus Professores mentores Dra. Carina Ubirajara de Faria, Dr. Igo Gomes e Dr. Arthur Mascioli, que contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

A toda minha família, que mesmo de longe é sempre presente em meu dia-a-dia, me concedendo paz e serenidade para o cumprimento desta etapa.

À minha nova família paulista, Tio Tadeu, Tia Dorinha, Erika, Giulia, Giovanna, Marcelo, Ana Paula e Ana Claudia Perini, Lise e Careca, Sandra e

Kaká, por terem me acolhido de braços abertos e estarem sempre ao meu lado.

Aos amigos que conquistei em toda minha vida e que estarão comigo sempre! Tânia, Gustavo Matias, Vanessa Fonseca, Mylena, Vanessa Assis, Leonardo, Julio, Fabrício Rezende, Eliseu, Gabriel, Carlos Barão, Mauro, Vitor, Katilene, Dênia, Iana, Polyana, Rogério... Meu muito obrigado a todos, de coração!

Aos meus "parça" de trabalho Fuxica, Raphael Costa, Raphael Tonussi, Fabricia, Raphael Medeiros, Espigolan, Inae, Tirinha, Gerardo, Thiago. Obrigado por me suportarem!!

À minha Mercedita (Iara), pelas risadas, ensinamentos, conselhos, treinos suados, confiança... Obrigado linda!!

À Conexão Delta G pela disponibilização dos dados para a realização deste trabalho.

À CAPES pela contribuição financeira que tornou possível a dedicação exclusiva a este estudo.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS .....	vi
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 – Revisão de literatura .....	2
1.1 Interação genótipo-ambiente .....	2
1.2 Estimativas de parâmetros genéticos para circunferência escrotal.....	4
1.3 Regressão aleatória e funções de covariância.....	5
1.4 Aplicação das normas de reação em estudos de interação genótipo ambiente .....	7
2. Objetivos .....	9
2.2 Objetivos específicos: .....	9
3. Referência bibliográfica .....	11
CAPITULO 2 – INTERAÇÃO GENOTIPO AMBIENTE PARA PERIMETRO ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO .....	19
RESUMO.....	19
1. Introdução.....	21
2. Material e Métodos .....	22
3. Resultados e discussão .....	26
4. Conclusões .....	36
5. Referências bibliográficas.....	37

## **INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE PARA PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO**

**RESUMO** – O crescente mercado de carne bovina brasileiro tem sinalizado a busca de rebanhos mais produtivos e com maiores proporções de animais precoces ao abate, de grande importância a seleção para precocidade sexual. Existem evidências que o perímetro escrotal está correlacionado, negativa e favoravelmente, com a idade ao primeiro parto de fêmeas. Portanto, a seleção para aumentar o perímetro escrotal, em longo prazo, deve levar a um aumento na precocidade sexual das fêmeas. No Brasil a pressuposição comumente assumida é a ausência de interação genótipo-ambiente (IGA) nas características de interesse econômico para a raça Nelore. Ainda são escassos os estudos de IGA para características de precocidade sexual, como o perímetro escrotal. O objetivo do presente trabalho foi quantificar a magnitude da IGA sobre o perímetro escrotal ao sobreano em machos da raça Nelore utilizando normas de reação. Foram utilizadas 31.370 medidas de machos da raça Nelore de propriedades localizadas no Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Os diferentes grupos ou descritores ambientais foram definidos conforme a informação de ano e estação de nascimento, fazenda de origem dos dados e grupo de manejo alimentar (nascimento, desmama e sobreano). Para a estimação dos parâmetros genéticos foi aplicado um modelo animal utilizando análises de regressão aleatória, em análises uni-característica, utilizando polinômios de Legendre como funções base. Para perímetro escrotal foram considerados a idade do animal no momento da avaliação como consequência aleatória foi considerado o efeito genético aditivo do animal. Polinômios de Legendre (de primeiro grau) regredidos sobre os grupos ambientais foram utilizados para modelar o efeito genético aditivo do animal e as (co)variâncias entre a característica estudada nos diferentes ambientes. Foram consideradas classes heterogêneas e homogêneas para modelar o resíduo. Nas análises que foram empregadas normas de reação do ambiente, via modelos de regressão aleatória, os componentes de (co)variâncias e os valores genéticos foram estimados pelo intercepto e o coeficiente da norma de reação de cada

animal. As estimativas de herdabilidade tiveram valores variáveis de acordo com o ambiente, aumentando à medida que o grupo ambiental se tornou mais favorável, variando 0,32 a 0,50 para os modelos estudados. A IGA foi avaliada por meio da correlação genética ( $r_g$ ) da mesma característica avaliada em diferentes ambientes, as quais apresentaram valores entre 0,75 a 1,0 para os diferentes modelos utilizados. Posteriormente, o valor genético (VG) dos touros foi calculado com base nos resultados obtidos na análise de modelo uni-característica, realizando assim o *ranking* dos animais em diferentes ambientes por meio das normas de reação. Houve baixa influência da interação genótipo ambiente sobre a expressão do perímetro escrotal. Desta forma, quando se seleciona animais para maior perímetro escrotal em diferentes ambientes considerando ou não o efeito da IGA, provavelmente os mesmos animais serão selecionados.

**Palavras-chaves:** características de crescimento, correlação genética, circunferência escrotal, precocidade sexual, modelos de regressão aleatória, parâmetros genéticos

## **GENOTYPE ENVIRONMENT INTERACTION FOR SCROTAL CIRCUMFERENCE IN CATTLE NELLORE USING REACTION NORMS**

**ABSTRACT** - The increasing search on growing market for Brazilian Beef are related to herds more productive and availability of animals for slaughter, as consequence more significant importance for sexual precocity selection. The use of indicator's characteristics to sexual precocity in indirect selection can result in improving of reproductive efficiency of females. There is significant evidence that scrotal circumference is correlated, negatively and positively, with age at first calving females. Therefore, the selection for increasing scrotal circumference in long-term should lead to an increase of sexual precocity in females. Nowadays, several Brazilian summaries for Nelore bulls are published with amount of characteristics with focus in economically important traits, including all large data sets of animals distributed in some regions of the country. These genetics evaluations have the assumption, commonly assumed, of absence the genotype-environment interaction (GxE). Although there are few studies of GxE related to indicator's characteristics to sexual precocity, such as scrotal circumference. The objectives of this study was to verify the occurrence of genotype-environment interaction on the scrotal circumference, as well as studying genetic association between this trait in different environments, in animals of Nelore breed using the approach of reaction norms. We used information from 31,370 male Nelore property located in the south-central and southeastern Brazil. The different groups or environmental descriptors were defined according to information year and season of birth, home farm and data feed management group (birth weaning and yearling). For the estimation of genetic parameters was applied an animal model using random regression analyzes in single-trait analyzes, using Legendre polynomials as basis functions. For scrotal circumference were considered the age of the animal at the time of evaluation (linear and quadratic covariate). As a random effect was considered the additive genetic effect of the animal. Legendre polynomials (first degree) regressed on the environmental groups were used to model the additive genetic effect of the animal and the (co) variances between the studied

trait in different environments. It were considered heterogeneous and homogeneous classes to model the residual variance. In the analyzes that were employed reaction norms of the environment, via random regression models, the (co) variances and breeding values were estimated by the intercept and coefficient of reaction norm of each animal. Genotype environment was assessed through genetic correlation ( $r_g$ ) of the same trait measured in different environments, which had values that ranged from 0.75 to 1.0, for the different models used. Heritability estimates had values vary according to the environment, increasing as the environmental group became more favorable, ranging from 0.32 to 0.50 for the models studied. Interactions were considered significant when the values of the correlations were below 0.80. Subsequently, the genetic value of bulls was calculated based on the results obtained in the analysis of uni-feature model, thus fulfilling the rank of the animals in different environments through the reaction norms. There was a low influence of genotype environment interaction on the expression of scrotal circumference. Thus when we select animals for increased scrotal circumference in different environments or not considering the effect of genotype-environment interaction, probably the same animals will be selected.

**Keywords:** genetic correlation, scrotal circumference, random regression models, genetic parameters

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AMUC** - Análise modelo uni-característica

**GA** – Grupo ambiental

**GA<sub>1</sub>** – Grupo ambiental – definição 1

**GA<sub>2</sub>** - Grupo ambiental – definição 2

**IGA** – Interação genótipo-ambiente

**RLH3\_ GA<sub>1</sub>** – Modelo de norma de reação 3 classes de variâncias residuais

**RH\_ GA<sub>2</sub>** - Modelo de norma de reação com classe de variância residual homogênea

**PE** – Perímetro escrotal

**PN** – Peso ao nascer

**P450** – Peso aos 450 dias

**rg** – Correlação genética

**VG** – Valor genético

## **CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Anualmente são publicados diferentes sumários de touros para a raça Nelore, que incluem diversas características de importância econômica para os sistemas de produção, cujos animais são criados e/ou distribuídos em regiões distintas do país. Nestas avaliações, a pressuposição comumente assumida é a ausência de interação genótipo-ambiente, onde as variâncias residuais e genéticas são consideradas constantes para todos os rebanhos participantes, desconsiderando tanto as diferenças no comportamento de um mesmo genótipo submetido a diferentes ambientes de produção, bem como suas variâncias específicas nos ambientes avaliados. Entretanto, a IGA pode provocar alterações nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais e, conseqüentemente, resultar em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, implicando na possibilidade de modificações nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (Alencar et al., 2005).

O efeito de IGA ocorre quando diferentes genótipos expressam desempenhos diferentes quando submetidos a ambientes diferentes de criação. Essa interação pode se expressar de diferentes formas e com diferentes intensidades, sendo que a mais extrema é representada pela inversão de classificação dos diferentes genótipos dependendo do ambiente onde foram avaliados (FALCONER e MACKAY 1996)

Nos últimos anos, e como consequência da expansão territorial agrícola no país, a atividade de pecuária de corte tem sido deslocada para regiões climáticas com menores recursos para a continuidade da boa produção. Portanto, estudos que avaliem o desempenho de genótipos em diferentes regiões agroecológicas do país e, uma vez que no Brasil existe uma grande variabilidade climática nas diferentes regiões, é de extrema importância a investigação da ocorrência da IGA sobre o desempenho dos animais, objetivando incluir essa variação nas avaliações genéticas.

Este estudo teve como objetivo dimensionar os efeitos da interação genótipo ambiente em rebanhos bovinos da raça Nelore, criados em de diferentes regiões do Brasil, em relação ao perímetro escrotal dos animais, utilizando modelos de normas de reação.

## **1 – Revisão de literatura**

### **1.1 Interação genótipo ambiente**

Por definição, interação genótipo ambiente é o termo utilizado para descrever o fenômeno que ocorre quando o desempenho de diferentes genótipos sofre alterações quando submetido a diferentes ambientes. O ambiente não modifica a constituição genética do indivíduo, e sim determina a extensão a qual o genótipo será exposto, podendo provocar, em algumas situações, alteração na classificação dos animais em termos do desempenho das características quando submetidos em ambientes distintos (FALCONER e MACKAY, 1996). Logo, os animais que apresentam melhor desempenho em um determinado ambiente não continuarão sendo, necessariamente, os melhores quando transferidos a um ambiente diferente.

Entretanto, pode não haver alteração na classificação do desempenho dos animais nos diferentes ambientes, mas a IGA pode causar mudanças na magnitude absoluta ou relativa das variâncias genéticas, ambientais e fenotípicas, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios e estratégias de seleção, dependendo do ambiente de criação (HENDERSON, 1984; FERREIRA et al., 2001; ALENCAR et al., 2005).

Nesse contexto, o ambiente pode ser descrito como um ou mais fatores que influenciam o desempenho de um indivíduo. Dentre os principais fatores estão as condições climáticas e nutricionais e os efeitos maternos, sendo que as duas primeiras, em certas circunstâncias podem ser controladas, em partes, por manejos específicos.

Mesmo controlando parcialmente o ambiente, sabe-se que o desempenho animal é resultado da expressão do genótipo de acordo com o ambiente ao qual está exposto. Portanto, a seleção de animais em um determinado ambiente pode não ser válida para obtenção de progresso genético em outro ambiente diferente (CORRÊA et al. 2009).

Inúmeras considerações são feitas em relação aos critérios de seleção e a escolha do melhor ambiente para seleção das gerações futuras. Para Hammond (1947), a seleção dos animais deve ser realizada em ambientes

onde os animais possam expressar todo o seu potencial genético. De forma contrária, Lush (1964) preconiza que a seleção de animais, progenitores das próximas gerações, deve ser realizada em ambientes similares àqueles em que suas progênes serão criadas e manejadas.

Vários estudos foram realizados com a preocupação de investigar a IGA sobre características de produção e crescimento de diversas raças de bovinos, tanto de corte como de leite. Toral et al. (2004), analisaram o efeito da IGA sobre a classificação de touros da raça Nelore, com base nos valores genéticos preditos para as características peso ao nascimento, à desmama, aos 12 e 18 meses de idade, criados em microrregiões climáticas do país. Os resultados evidenciaram a existência de IGA sobre as características estudadas, ressaltando a importância de selecionar animais de acordo com a região em que foram avaliados.

No mesmo sentido, Alencar et al. (2005), em estudos com bovinos da raça Canchim, detectaram IGA na classificação de touros para peso à desmama e aos 12 meses de idade e o ganho em peso diário da desmama até os 12 meses de idade, analisando as correlações genéticas das mesmas características em ambientes diferentes.

Carvalho, (2007) avaliou a existência de IGA para peso (PD) e perímetro escrotal (PE) à desmama em bovinos da raça Canchim pertencentes a rebanhos das regiões Sudeste e Centro-Oeste. Neste estudo o autor não constatou IGA sobre a característica PE, onde a estimativa de correlação genética para PE nas duas regiões foi 0,97. Já para o PD a estimativa de correlação genética foi 0,78 entre as duas regiões, evidenciando a presença do efeito de interação genótipo ambiente para esta característica.

Pégolo (2005) analisou dados provenientes de bovinos da raça Red Angus nos Estados Unidos e verificou ocorrência de interação genótipo ambiente no desempenho de animais nascidos em diferentes estações, para as características peso ao nascer, a desmama, aos 12 e 18 meses de idade, estimando as correlações genéticas por inferência bayesiana. Utilizando a mesma metodologia Mascioli et al. (2006), na tentativa de investigar a IGA em bovinos da raça Canchim, observaram evidências de interação genótipo-época de nascimento para as características estudadas, sugerindo que as avaliações genéticas e a seleção dos animais devem considerar esta interação.

Existem várias alternativas para quantificar a IGA, podendo ser obtida pela classificação dos genótipos em cada um dos ambientes, ou também pelo valor da estimativa da correlação entre valores genéticos ( $r_g$ ) da mesma característica expressa em diferentes ambientes (HALDANE, 1946; FALCONER, 1952). Robertson (1959) sugeriu que quando a estimativa da correlação genética entre a mesma característica, avaliada em ambientes diferentes, for menor do que 0,80, a IGA assume um papel importante da expressão da característica, ou seja, indica que a maioria dos genes responsáveis pela expressão da característica avaliada em ambientes diferentes possui ações diferentes. Assim, quando a interação é considerada importante, entende-se que alguns dos genes que controlam a característica em um determinado ambiente não são os mesmos daqueles que controlam a mesma característica em ambientes diferentes, indicando que as características são consideradas diferentes e, portanto, o desempenho fenotípico dependerá de grupos diferentes de genes. Assim, um fenótipo será expresso dependendo da interação de determinado genótipo com determinado ambiente.

Outras formas de avaliação da IGA citadas por Fridrich (2003) como: 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; e normas de reação e análises de regressão.

## **1.2 Estimativas de parâmetros genéticos para circunferência escrotal**

O perímetro escrotal (PE) é uma característica que vem sendo utilizada nos programas de melhoramento genético, por ser de fácil mensuração e, além disto, as estimativas de herdabilidade obtidas para esta característica são de magnitude moderadas a altas (0,30 a 0,77) (ALENCAR et al., 1993a; LÔBO et al., 1995; BERGMANN et al., 1996; QUIRINO e BERGMANN, 1997; PEREIRA et al., 2000; CYRILLO et al., 2001; GARNERO et al., 2001; DIAS et al., 2003;

YOKOO et al., 2007). Existem evidências que o perímetro escrotal está correlacionado geneticamente, negativa e favoravelmente, com a idade ao primeiro parto de fêmeas, com estimativas que variam de -0,13 a -0,44 (MARTINS FILHO e LÔBO, 1991; PEREIRA et al., 2000; PEREIRA et al., 2002; DIAS et al., 2003; BOLIGON et al., 2007) e positivamente (correlação variando de 0,11 a 0,27) com a probabilidade de prenhez em novilhas jovens (ELER et al., 2006). A seleção para aumentar o perímetro escrotal, em longo prazo, deve levar a um aumento na precocidade sexual das fêmeas. Entretanto, como as estimativas de correlação genética obtidas entre estas características não são altas, a resposta correlacionada à seleção, para precocidade sexual é lenta.

Estudos realizados utilizando modelos de regressão aleatória indicam que esta característica é mais herdável quando mensurada em torno dos 400 dias de idade (MEYER e JOHNSTON, 2001; ALBUQUERQUE et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Yokoo et al. (2007) analisando perímetro escrotal medido em três idades (365, 450 e 550 dias de idade) na raça Nelore. A estimativa de herdabilidade para perímetro medido aos 450 dias de idade foi levemente superior (0,53) às obtidas para os 365 e 550 dias de idade, 0,48 e 0,42, respectivamente. Considerando este fato e a alta correlação genética existente entre as três medidas, os autores concluíram que apenas uma medida de perímetro escrotal seria necessária para utilizar como critério de seleção, recomendando que a circunferência escrotal deva ser mensurada próximo aos 450 dias de idade. Estudos em países de clima temperado demonstraram que uma única medição do perímetro escrotal, próximo aos 12 meses de idade, seria suficiente para caracterizar o desenvolvimento testicular de tourinhos de raças européias (TOELLE e ROBISON, 1985; e NOTTER, 1988).

### **1.3 Regressão aleatória e funções de covariância**

Os modelos de regressão aleatória (MRA) têm sido propostos como uma alternativa para modelar características, como produção de leite e peso, que são denominadas características repetidas ou dados longitudinais (SCHAEFFER e DEKKERS, 1994). Estes modelos permitem a predição de

valores genéticos de indivíduos para qualquer ponto de uma curva na escala de tempo ou espaço de uma determinada característica que se repete, não havendo necessidade de se criar classes de desempenho arbitrárias, ou de fazer ajuste para uma determinada idade, uma vez que esta está incluída na matriz de delineamento. Com os MRA para ajustar a trajetória aleatória para cada indivíduo, ajusta-se uma regressão fixa para levar em conta a tendência média da população, e no mínimo, mais duas equações de regressão aleatória, para o efeito genético direto, e às vezes e para o ambiente permanente para cada animal. (ALBUQUERQUE, 2004).

Vários estudos utilizando MRA têm sido realizados a partir de Jamrozik & Schaeffer (1997) e Jamrozik et al. (1997a). Os MRA têm sido empregados na estimação de parâmetros genéticos para diversas características tais como: produção de leite e/ou seus constituintes (JAMROZIK e SCHAEFFER, 2002; TOGASHI e LIN, 2002, LIN e TOGASHI, 2002), para descrição de curva de crescimento em suínos (ANDERSON e PENDERSEN, 1996), em gado de corte (VARONA et al. 1997; MEYER, 2001a, 2002a) e para estimação de IGA (BERRY et al 2002).

A estimação de covariâncias entre os coeficientes de regressão aleatória produz estimativas de funções de covariâncias (FC) (KIRKPATRICK et al., 1990), que se referem a uma descrição contínua da estrutura de covariâncias do caráter para a amplitude de idades abrangida pelos dados, ou seja, uma função de covariância descreve a covariância entre medições tomadas em certas idades como função destas idades. Estas características foram denominadas de características de dimensão infinita por permitirem infinitos valores possíveis ao longo destas trajetórias e por estes valores serem considerados como características diferentes.

As FC são equivalentes de “dimensão finita” da matriz de covariâncias em uma análise multivariada de “dimensão finita”, podendo ser obtida pelas matrizes de variância e covariância destes modelos, ou a partir das matrizes de covariância entre os coeficientes de regressão estimados pelos MRA (MEYER, 1998). Kirkpatrick e Heckman (1989) apresentam três vantagens dos modelos de FC sobre os modelos tradicionais multi-características. A primeira é que as FC produzem uma descrição para todo ponto ao longo de uma escala contínua de medidas (tempo), permitindo que as covariâncias entre idades não

mensuradas sejam obtidas facilmente por interpolação. Outra vantagem é que cada FC tem um conjunto de autovalores e autofunções (análogos aos autovetores) que fornecem informações sobre a direção, na qual a curva média (crescimento, lactação, etc.) tem maior chance de ser modificada por seleção, pois apresentam maior variância genética. Essas FC permitem a estimação de uma função de seleção gradiente contínua, levando em conta os efeitos de seleção em todos os pontos. Assim, as FC permitem uma predição da resposta à seleção mais acurada. Também como vantagem observa-se que os modelos de FC tornam mais eficientes a utilização dos dados e estimação de parâmetros de interesse.

#### **1.4 Aplicações das normas de reação em estudos de interação genótipo ambiente**

No modelo de norma de reação, a expressão de genótipos em diferentes ambientes é descrita como uma função linear (norma de reação) de um valor ou gradiente ambiental (KIRKPATRICK et al., 1990), ou seja, a norma de reação descreve o fenótipo expresso por um genótipo como função do ambiente. Portanto, o genótipo não determina apenas um fenótipo, mas, sim, uma gama de fenótipos possíveis, uma norma de reação. As normas de reação permite determinar um repertório de vias alternativas de desenvolvimento e de metabolismo de um dado genótipo em vários ambientes possíveis. Um valor ambiental é normalmente definido como o desempenho médio de todos os genótipos naquele ambiente. Desenvolvimentos recentes na utilização de modelos de regressão aleatória permitem que o efeito da IGA possa ser sistematicamente avaliado pela regressão dos valores genéticos dos touros sobre alguma medida dos ambientes onde sua progênie é criada. Embora esse método inclua informação de uma variável dependente no modelo explanatório, tem a vantagem de discriminar objetivamente os ambientes como mais ou menos favoráveis (KOLMODINET et al., 2002).

As normas de reação têm sido amplamente aplicadas para verificar a presença de IGA para várias características de importância econômica em

gado leite (CALUS et al., 2002; KOLMODIN et al., 2002; FIKSE et al., 2003; OSENI et al., 2004; CALUS et al., 2005a; CALUS et al., 2005b; CALUS et al., 2006; WINDIG et al., 2006; STRANDBERG et al., 2009). A maioria destes estudos tem analisado a produção de leite e seus componentes, entretanto, são poucos os trabalhos abordando características indicadoras de precocidade sexual. Neste sentido, Oseni et al. (2004), em bovinos da raça Holstein, estimaram parâmetros genéticos utilizando normas de reação para a característica intervalo parto-concepção em vários ambientes, definidos através de um índice de estresse ambiental. Windig et al. (2006), também aplicaram normas de reação para verificar a presença de IGA em bovinos Holstein Friesian em vários rebanhos, para as características dias até o primeiro serviço e número de inseminações. Também por normas de reação, Strandberg et al., (2009) verificaram a presença de IGA para várias características reprodutivas em bovinos leiteiros no Reino Unido.

No Brasil, ainda existem poucos estudos utilizando normas de reações. Pégolo et al. (2009) utilizando informações de 366 rebanhos da raça Nelore, estudaram a presença de IGA 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 estimativas de correlações genéticas entre pesos provenientes de grupos ambientes opostos foram baixas, indicando a presença de IGA para esta característica.

Corrêa et al. (2009) estudaram a presença de IGA para o ganho de peso pós-desmama padronizado para 345 dias, em bovinos da raça Devon no Rio Grande do Sul, comparando vários modelos, obtidas por regressão aleatória, para a estimação de parâmetros genéticos. 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, bem como coeficientes de regressão

lineares aleatórios, correspondentes à norma de reação do animal, foram aplicados para a estimação dos componentes de covariância. 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 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 IGA para a característica estudada.

A presença de interação genótipo ambiente para características reprodutivas (idade ao primeiro parto) e de crescimento (peso aos 450 dias de idade), em fêmeas da raça Nelore, foi avaliada por Araujo Neto et al. (2010). As estimativas de herdabilidade para estas duas características aumentaram na medida em que o gradiente ambiental aumentou (ambientes menos restritivos), variando de 0,29 a 0,39 e 0,14 a 0,26, respectivamente. Já as correlações genéticas entre as características foram negativas e baixas em todos os ambientes avaliados, variando de -0,04 a -0,24, diminuindo com o incremento dos gradientes ambientais.

## **2. Objetivos**

O objetivo do presente trabalho foi verificar a importância e magnitude da interação genótipo ambiente sobre o perímetro escrotal ao sobreano (550 dias de idade) em machos da raça Nelore utilizando normas de reação.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Estimar as funções de covariâncias para perímetro escrotal obtidas por modelos de regressão aleatória para determinação da norma de reação dos animais às variações gradativas no ambiente.

- Verificar mudanças nas classificações dos touros quando se considera ou não o efeito de IGA para perímetro escrotal, por meio da estimação de correlações de Spearman dos valores genéticos preditos nos vários ambientes.

### 3. Referência bibliográfica

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., MASCIOLI, A.S., FREITAS, A.R. Evidências de interação genótipo - ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.2, p. 489-495, 2005.

ALENCAR, M.M., BARBOSA , P.F., BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para peso e circunferência escrotal em touros da raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22:572-583, 1993.

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

ARAUJO NETO, F.R.; DIAZ, I.D.P.S.; PESSOA, M.C.; PEGOLO, N.T.; LOBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Interação genótipo-ambiente em peso ao sobreano e idade ao primeiro parto em bovinos da raça Nelore. 47<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador, Bahia. **Anais da 47<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Bahia, Brasil, 2010.

BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L.C.; PROCÓPIO, C.S.O.; ANDRADE, V. J; VALE FILHO, V. R. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, p.69-78, 1996.

BERRY, D.P.; BUCKEY, F.; DILLON, P. et al. Genotype X environment interactions for body condition score, body weight and milk yield using random regression models. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, France, 2002. 1 CD-ROM

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, n.3, p.565-571, 2007.

BRITO, F. V. Influência da idade e peso corporal sobre o perímetro escrotal em touros Hereford – Estimativas de fatores de correção. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, MG. 1997, **Anais...**, p.130-132, 1997

CALUS, M. P. L.; JANSSE, L. L. G.; VEERKAMP, R. F. Genotype by Environment Interaction for Somatic Cell Score Across Bulk Milk Somatic Cell Count and Days in Milk. **Journal of Dairy Science** ,v.89 ,p.4846–4857,2006.

CALUS, M. P. L.; CARRICK, M. J.; VEERKAMP, R. F.; GODDARD, M. E. Estimation of Genetic Parameters for Milk Fat Depression in Dairy Cattle. **Journal Dairy Science**. V.88, p.1166 1177, 2005a.

CALUS, M. P. L.; WINDIG, J. J.; VEERKAMP, R. F. Associations Among Descriptors of Herd Management and Phenotypic and Genetic Levels of Health and Fertility. **Journal Dairy Science** . v.88,p.2178–2189, 2005b.

CALUS, M. P. L.; GROEN, A. F.; JONG.; G. de. Genotype x Environment Interaction for Protein Yield in Dutch Dairy Cattle as Quantified by Different Models. **Journal Dairy Science**. V.85, p.3115–3123 , 2002.

CARVALHO, F.M. **Estudo de interação genótipo x ambiente para peso e perímetro escrotal à desmama na raça Canchim**. Tese de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 57 p, 2007.

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, n.8, p.1468-1477, 2009.

CORRÊA, M.B.B. **Caracterização da interação genótipo-ambiente no desempenho de bovinos Devon no Rio Grande do Sul via normas de reação obtidas por regressão aleatória.** 2007. 88 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético Animal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO; 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**, 30:56-65. 2001

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimativa de correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto para animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2003.

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 Nelore cattle. **Genetics and Molecular Research**, 5:569-580, 2006.

ELER, J.P.; SILVA, J.A.I.V.; EVANS, J.L. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nelorecattles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.2519-2527, 2004.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics.** Harlow: Longman Group.. p. 464, 1996.

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

FERREIRA, V.C.P.; PENNA, V.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORRES, R.A. Interação genótipo x ambiente em algumas características produtivas de gado de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.** Belo Horizonte, v. 53, n. 3, p. 385-392, 2001.

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.

FRIDRICH, B.A. **Interações genótipo x ambientes e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos da raça Tabapuã**. 2003. 35p. Dissertação (mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GARNERO, A. del 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**, 30:714-718, 2001.

HALDANE, J.B.S. The interaction of nature and nurture. **Ann. Eugen.**, 13: 197-205, 1946.

HAMMOD J. Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. **Biologicalreviews**. v.22, p.195-203, 1947.

HENDERSON, C.R. **Applications of linear models in animal breeding**. Ontário: University of Guelph, p. 462, 1984.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. Bayesian comparison of random regression models for test-day yields in dairy cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings**... Montpellier, France, 2002. 1 CD-ROM.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, Selection and Evolution of Growth Trajectories. **Genetics**, v.124, n.4, p.979-993. 1990.

KIRKPATRICK, M.; HECKMAN, N. A quantitative genetic model for growth, shape and other infinite-dimensional characters. **Journal of Mathematical Biology**, v.27, p.429-450, 1989.

KOLMODIN, R.; STRAMBERG, E.; MADSEN, P. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. *Acta Agriculture Scandinavia, Sect. A, Animal Science*, Oslo, Norway, v.52, p.11-24, 2002.

KOMOLDIN, R. Reaction norms for the study of genotype by environment interaction in animal breeding. 2003. 35 f. Tese (Doutorado em Animal Breeding and Genetics) - **Swedish University of Agricultural Sciences**. Uppsala, 2003.

LIN, C.Y.; TOGASHI, K. Simultaneous improvement of lactation milk and persistency. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7. 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2002. 1 CD-ROM.

LÔBO, R.B., REYES, A. de los, BEZERRA, L. A. S. Parâmetros fenotípicos e genéticos de pesos e perímetro escrotal às idades-padrão em animais da raça Nelore. In: *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 32, 1995, Brasília, *Anais...*Brasília:SBZ, 1995, p.625-627, 1995.

LUSH, J.L. **Melhoramento genético dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: SEDEGRA. 1964. p. 570.

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, n.1, p.209-212, 1991.

MASCIOLI, A.S.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; MARTINS, E.N. A study of the genotype x environment interaction for growth traits in beef cattle using Bayesian inference. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p. 2275-2284, 2006.

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, 2002a. 1 CD-ROM

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, 2001a.

MEYER, K.; JOHNSTON, D.J. Estimates of genetic parameters from random regression analyses of scrotal circumference and days to calving in Brahmans. In **Proceedings** of the 14th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics. Queenstown, NZ, p.349-352, 2001.

MEYER, K. Estimating covariance functions for longitudinal data using a random regression model. **Genet. Sel. Evol.**, v.30, p.221-49,1998a.

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

NOTTER, D.R. (1995) Maximizing fertility in animal breeding programs. Blacksburg : Virginia Polytechnic Institute State University, Department of Animal and Poultry Sciences, 1995. p. inreg. (**XI Congresso Brasileiro de Reprodução Animal** . Belo Horizonte, 1995 - pré-congresso).

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.

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, n.2, p.281-287, 2009.

PÉGOLO, N. T. **Interação genótipo x ambiente e sensibilidade ambiental em características de crescimento em bovinos de corte**. 2005. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

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

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, n.6, p.1676- 1683, 2000.

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**, p.127-129, 1997.

ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, n.3, p.469-485, 1959.

STRANDBERG, E.; BROTHSTONE, 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.

TOELLE, V. D.; ROBISON, O. W. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in Cattle. **J. Anim. Sci.**, v.60, p.89-100, 1985.

TOGASHI, K.; LIN, C.Y. Optimal strategy to modify the shape of the lactation curves. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, France, 2002. 1 CD-ROM.

TORAL, F.L.B.; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N.; GONDO, A.; SIMONELLI, S.M. Interação genótipo x ambiente em características de crescimento em bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

VARONA, L.; MORENO, C.; GARCÍA CORTÉS, L. A.; et al. Multiple trait genetic analysis of underlying biological variables of production functions. **Livestock Production Science**. v.47, p.201-209, 1997.

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

## CAPITULO 2 – INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE PARA PERÍMETRO ESCROTAL EM BOVINOS DA RAÇA NELORE UTILIZANDO NORMAS DE REAÇÃO

**RESUMO:** O objetivo do presente estudo foi avaliar a existência da interação genótipo ambiente quanto ao perímetro escrotal aos 550 dias de machos da raça Nelore, nascidos entre os anos 1984 e 2007, utilizando normas de reação. O estudo foi realizado com 31.370 observações de perímetro escrotal, de animais criados nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, participantes do Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G. Utilizou um modelo de regressão aleatória, cujo regressor foi a média de ganho em peso pós-desmama dos animais. A variância residual foi modelada em classes homogênea e heterogênea, com seis, cinco, quatro e três classes. Os grupos ambientais foram definidos conforme os critérios de animais nascidos na mesma fazenda e ano ( $GA_1$ ) e de animais nascidos na mesma fazenda e ano, fazenda onde o animal se encontrava ao sobreano e os grupos de manejo ao nascimento, a desmama e ao sobreano ( $GA_2$ ). Os grupos ambientais foram estimados simultaneamente com a norma de reação, por meio dos desvios médios de ganho em peso ao sobreano, dos grupos de contemporâneos em relação à média da população e apresentou intervalo de -2,5 a +2,5. As funções de (co)variância foram estimadas utilizando o programa *Wombat* (Meyer, 2006). Por meio do critério de informação Bayesiano de Schwarz (BIC), selecionou os modelos mais adequados, os quais apresentaram heterogeneidade de variâncias para o resíduo com 3 classes (RLH3\_ $GA_1$ ) e, homogênea (RLH\_ $GA_2$ ). As estimativas de herdabilidade tiveram valores variáveis de acordo com o ambiente, aumentando à medida que o grupo ambiental se tornou mais favorável, variando 0,33 a 0,45 para o modelo RLH3\_ $GA_1$ , e de 0,32 a 0,50 para o modelo RLH\_ $GA_2$ . As correlações genéticas apresentaram valores entre 0,79 a 1,0 (RLH3\_ $GA_1$ ) e 0,75 a 1,0 (RLH\_ $GA_2$ ). As correlações de *ranking* dos animais foram elevadas com valor mínimo de 0,98, sendo que não houve alteração na classificação dos animais

de acordo com os ambientes estudados, demonstrando que a IGA não foi importante para o perímetro escrotal aos 550 dias. O efeito de IGA é de baixa magnitude sobre a seleção de animais para maior PE, não apresentando diferenças no posto dos animais selecionados em ambientes com diferentes níveis de restrições ambientais para os modelos que consideraram ou não a IGA.

**Palavras-chave:** características reprodutivas, correlação genética, circunferência escrotal, precocidade sexual, modelos de regressão aleatória, parâmetros genéticos, bovinos de corte, machos

## 1. Introdução

O agronegócio brasileiro vem ocupando um espaço importante para a produção mundial de alimentos, especialmente no que se refere à carne bovina. Neste sentido, rebanhos detentores de maior precocidade sexual e fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda quando para seleção, o que contribui diretamente para maior eficiência e lucratividade da produção de carne.

O perímetro escrotal é uma medida facilmente obtida, tem boa herdabilidade, variando de 0,30 a 0,74 (BERGMANN et al., 1996; QUIRINO & BERGMANN, 1997; ALBUQUERQUE et al., 2005), e está correlacionada de forma favorável com características de crescimento e de reprodução das fêmeas (BOLIGON et al., 2007, BERGMANN et al., 1996; PEREIRA et al., 2000, 2002; SILVA et al., 2000; BERGMANN et al., 1996; SILVA et al., 2005). Neste sentido, o perímetro escrotal vem sendo empregado como critério de seleção nos programas de melhoramento genético de gado de corte visando melhorar a precocidade sexual das fêmeas. Portanto, a seleção indireta, por meio de características indicadoras, pode ser utilizada para o melhoramento da eficiência reprodutiva das fêmeas.

Anualmente são publicados diferentes sumários de touros para a raça Nelore, que incluem diversas características de importância econômica para os sistemas de produção, cujos animais são criados e/ou distribuídos em regiões distintas do país. Nestas avaliações, a pressuposição comumente assumida é a ausência de interação genótipo ambiente (IGA), onde as variâncias residuais e genéticas são consideradas constantes para todos os rebanhos participantes, desconsiderando tanto as diferenças no comportamento de um mesmo genótipo submetido a diferentes ambientes de produção, bem como suas variâncias específicas nos ambientes avaliados.

Entretanto, a interação genótipo ambiente pode provocar alterações nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais e, conseqüentemente, resultar em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (Alencar et al., 2005).

Apesar dos vários estudos avaliando a importância da IGA nas características de importância econômica em bovinos de corte e leite, poucos (PÉGOLO et al., 2009; CORRÊA et al., 2009; CALUS et al., 2006; WINDIG et al., 2006; STRANDBERG et al., 2009) são os que utilizaram o modelo de normas de reação. Neste modelo a expressão de genótipos avaliados em diferentes ambientes é descrita como uma função linear (norma de reação) de um valor ou gradiente ambiental, utilizando funções de covariâncias, as quais são obtidas via modelos de regressão aleatória, quando um valor ambiental é normalmente definido como o desempenho médio de todos os genótipos naquele ambiente (KIRKPATRICK et al., 1990).

Também, apesar dos inúmeros estudos em melhoramento genético de bovinos de corte, ainda são escassos as investigações científicas de IGA, principalmente para as características indicadoras de precocidade sexual, como perímetro escrotal, em ambientes com diferente grau de restrição ambiental. Carvalho (2007) estudou o efeito da IGA sobre as características perímetro escrotal e peso a desmama em bovinos da raça Canchim em duas regiões do Brasil, relatando a presença de interação genótipo ambiente apenas para peso à desmama. Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar a ocorrência de interação genótipo ambiente no desenvolvimento do perímetro escrotal em machos da raça Nelore utilizando normas de reação.

## **2. Material e Métodos**

### *Descrição dos dados*

Foram avaliados 31.370 observações de perímetro escrotal de machos Nelore na idade de sobreano, nascidos entre os anos 1984 e 2007, pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Conexão Delta G. A média de idade de mensuração da característica foi de  $517 \pm 47$  dias. Os animais avaliados foram criados nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, do Brasil, compreendendo os estados de Bahia, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Os grupos de contemporâneos

(GC) foram definidos usando informações fazenda, ano e estação de nascimento. Os GC com menos de cinco indivíduos foram excluídos.

### *Grupos ambientais*

Na edição e consistência dos dados foram definidos diferentes grupos ou descritores ambientais conforme a informação de ano e estação de nascimento, fazenda de origem dos dados e grupo de manejo alimentar (nascimento, desmama e sobreano). Os grupos ambientais (GAs) foram definidos conforme dois critérios:

- animais nascidos na mesma fazenda e ano ( $GA_1$ );
- animais nascidos na mesma fazenda e ano; e animais pertencentes ao mesmo grupo de manejo (ano e estação de nascimento)) ( $GA_2$ ).

A característica ganho de peso pós desmama foi utilizada como critério para avaliar as variações ambientais dentro dos grupos formados ( $GA_1$  e  $GA_2$ ). A média de ganho de peso pós-desmama para cada grupo ambiental foi estimada e padronizada para uma média zero, e então os valores padronizados foram multiplicados por dez e os grupos ambientais foram obtidos considerando apenas a parte inteira desses resultados. Desta forma vários grupos poderiam ser unidos em um único grupo. Para evitar o enviesamento das estimativas que resulta da utilização não aleatória de reprodutores ou baixo número de animais em alguns rebanhos, os GAs padronizados foram submetidos a um processo iterativo conforme descrito por Calus e al. (2004). Menor número de registros em ambos os extremos do grupo ambiental é esperados quando são utilizadas médias de GAs como um descritor ambiental, visto que a variável peso ao sobreano tem uma distribuição normal.

Limites em ambos os extremos foram utilizados para concentrar dados que para além deles, a média não foi necessária para descrever as variações ambientais. Grupos ambientais com média padronizada acima de +2,5 foram considerados como  $GA=+2,5$  (limite superior) e grupos ambientais abaixo de -2,5 foram considerados  $GA=-2,5$  (limite inferior).

Na primeira iteração, os dados foram analisados usando um modelo uni-característica (para ganho de peso pós-desmama), incluindo como efeito fixo o grupo ambiental e a idade do animal ao sobreano. Posteriormente, as soluções

obtidas para os GAs foram utilizadas para reposicionar os respectivos grupos ambientais nas análises subsequentes. O processo de iteração foi interrompido quando a correlação entre as posições dos GAs em duas análises consecutivas foi superior a 0,999.

Nas 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.

O modelo incluiu o efeito genético aditivo direto como efeito aleatório e o grupo de contemporâneos (GC) como fixo. Mensurações de perímetro escrotal que estavam fora do intervalo dado pela média dos grupos de contemporâneos ( $\pm 3,5$  desvios-padrão) foram excluídas. Também foram eliminados os GC com menos de cinco observações.

#### *Estimação de parâmetros*

Em notação matricial o modelo completo da regressão aleatória pode ser assim apresentado:

$$y = X\beta + Za + e$$

em que  $y$  é o vetor de observações (perímetro escrotal ao sobreano);  $\beta$ ,  $a$  e  $e$  são nesta ordem vetores dos efeitos fixos, dos coeficientes genéticos aditivos diretos e residual;  $X$  e  $Z$ , são respectivamente as matrizes de incidência referentes a  $\beta$  e  $a$

De acordo com o modelo foram adotadas as seguintes pressuposições:

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

em que  $K_a$  é a matriz de (co)variância entre os coeficientes de regressão aleatórios para os efeitos genético aditivo direto,  $A$  é a matriz de parentesco entre os indivíduos,  $\otimes$  é o produto de Kroeneker entre matrizes, e  $R$  representa uma matriz bloco diagonal, contendo as variâncias residuais. A matriz de parentesco foi composta por 92.137 animais no pedigree total, sendo

que 44.104 animais no arquivo de dados, com 812 touros e com 20.447 vacas com bezerro(a)s com registro.

A variância residual foi modelada em classes, homogênea (RLH) e heterogênea com seis (RLH6), cinco (RLH5), quatro (RLH4) e três classes (RLH3). As funções de (co)variância foram estimadas pelo método de máxima verossimilhança restrita, utilizando o programa computacional desenvolvido por Wombat (MEYER, 2006). A escolha do modelo mais adequado foi realizada com base nos critérios de informação de Log L e Bayesiano de Schwarz (BIC). Uma vez definida a estrutura de resíduo mais adequada para modelar  $GA_1$  e  $GA_2$ , foram utilizados polinômios de Legendre de terceira ordem para modelar o efeito genético aditivo (RQH3\_ $GA_1$  e RQHH\_ $GA_2$ ).

Adicionalmente, foi realizada uma análise uni-característica para perímetro escrotal (AMUC), considerando um ambiente comum a todos os animais, a qual foi utilizada posteriormente para fins comparativos no procedimento de cálculo dos valores genéticos (VG) dos touros em cada grupo ambiental. O modelo considerou como efeitos fixos o grupo de contemporâneos e idade da vaca e como covariável a idade do animal (efeito quadrático).

Para a predição dos valores genéticos, foram considerados apenas 110 touros com acurácia acima de 60% para os valores genéticos preditos pelo modelo AMUC. Os valores genéticos destes touros também foram preditos utilizando o modelo de normas de reação mais adequado para modelar a trajetória dos componentes de (co) variância para PE no  $GA_1$  e  $GA_2$ , em três grupos ambientais, sendo eles de baixa ( $GA_6$ ), média ( $GA_{21}$ ) e alta ( $GA_{37}$ ) restrição ambiental. Os touros foram classificados pelo valor genético para PE predito no modelo AMUC, sendo utilizado uma pressão de seleção de 5 e 10% dos animais em cada grupo. Para a obtenção dos valores genéticos para cada GA pelos modelos de norma de reação, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$DEP_{i|GA} = \sum_{m=0}^{k_{\alpha}-1} \alpha_{im} \phi_m GA$$

em que  $\phi_m$  e  $\alpha_{im}$  são o m-ésimo polinômio de Legendre em função do grupo ambiental (GA) e o coeficiente de regressão aleatória para o efeito genético

direto, respectivamente. Foi calculada a correlação de Spearman para comparar a classificação dos touros selecionados, com base no valor genético obtido pelas análises uni-característica e normas de reação.

### 3. Resultados e discussão

A característica perímetro escrotal (PE) apresentou média geral de  $26,72 \pm 3,46$  cm, com mínimos e máximos de 18 e 44 cm, respectivamente. A média da característica dentro dos grupos ambientais (GA) apresentou resultados crescentes à medida que o ambiente se tornou mais favorável. O comportamento foi observado tanto para as definições de GA<sub>1</sub> quanto para GA<sub>2</sub> (Figura 1).

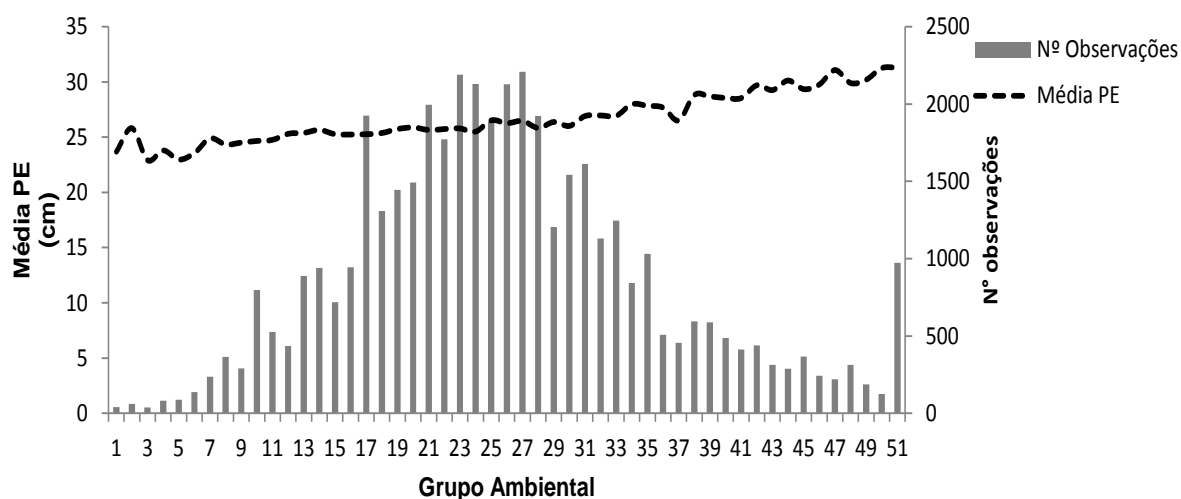


Figura 1 – Evolução do perímetro escrotal (PE) ao longo dos grupos ambientais (GAs) no GA<sub>2</sub> e número de observações presente em cada GA no GA<sub>2</sub>.

Os critérios de informação BIC indicaram que os modelos assumindo heterogeneidade de variâncias para o resíduo, com três classes (RLH\_GA<sub>1</sub>), foi o mais adequado para modelar os componentes de (co)variância para PE no GA<sub>1</sub> (Tabela 1) e, o modelo assumindo uma classe de variância residual homogênea (RLH\_GA<sub>2</sub>) foi o mais adequado para o GA<sub>2</sub> (Tabela 2). Uma vez definida a estrutura de resíduo mais adequada para modelar GA<sub>1</sub> e GA<sub>2</sub>, foram

utilizados polinômios de Legendre de terceira ordem para modelar o efeito genético aditivo (**RQH3\_GA<sub>1</sub>** e **RQHH\_GA<sub>2</sub>**), porém apresentaram um ajuste inferior àqueles obtidos quando utilizado polinômios lineares.

Tabela 1 - Modelos de regressão aleatória comparados de acordo com os critérios logaritmo da função de verossimilhança (Log L) e critério Bayesiano de Schwarz (BIC) para o grupo ambiental GA<sub>1</sub>.

Modelos <sup>1</sup>	p <sup>*</sup>	Log L	BIC <sup>**</sup>
RLH_GA <sub>1</sub>	4	-60538	33,420
RLH6_GA <sub>1</sub>	9	-60507	24,874
RLH5_GA <sub>1</sub>	8	-60507	14,224
RLH4_GA <sub>1</sub>	7	-60507	4,924
RLH3_GA <sub>1</sub>	6	-60510	0
RQH3_GA <sub>1</sub>	9	-60497	6,26

<sup>1</sup> RLH\_GA<sub>1</sub>: modelo de regressão aleatória com 1 classe de variância residual; RLH3\_GA<sub>1</sub>, RLH4\_GA<sub>1</sub>, RLH5\_GA<sub>1</sub>, RLH6\_GA<sub>1</sub> : modelo de regressão aleatória com variâncias residuais heterogêneas com 3,4,5 e 6 classes, respectivamente. p<sup>\*</sup>: número de parâmetros. <sup>\*\*</sup> Valores de BIC estão expressos como desvio do melhor modelo.

Tabela 2 - Modelos de regressão aleatória comparados de acordo com os critérios logaritmo da função de verossimilhança (Log L) e critério Bayesiano de Schwarz (BIC) para o grupo ambiental GA<sub>2</sub>.

Modelos <sup>1</sup>	p <sup>*</sup>	Log L	BIC <sup>**</sup>
RLH_GA <sub>2</sub>	4	-60526	0
RLH6_GA <sub>2</sub>	9	-60525	51,812
RLH5_GA <sub>2</sub>	8	-60525	42,248
RLH4_GA <sub>2</sub>	7	-60525	31,596
RLH3_GA <sub>2</sub>	6	-60526	21,268
RQHH_GA <sub>2</sub>	7	-601519	18,95

<sup>1</sup> RLH\_GA<sub>2</sub>: modelo de regressão aleatória com 1 classe de variância residual; RLH3\_GA<sub>2</sub>, RLH4\_GA<sub>2</sub>, RLH5\_GA<sub>2</sub>, RLH6\_GA<sub>2</sub> : modelo de regressão aleatória com variâncias residuais heterogêneas com 3,4,5 e 6 classes, respectivamente. p<sup>\*</sup>: número de parâmetros. <sup>\*\*</sup> Valores de BIC estão expressos como desvio do melhor modelo.

As estimativas de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ) para perímetro escrotal para as duas definições de descritores ambientais, GA<sub>1</sub> e GA<sub>2</sub>, aumentaram conforme o gradiente ambiental se tornou mais favorável (Figura 1 A). O aumento das variâncias de acordo com a melhoria dos grupos ambientais indica a presença de interação genótipo ambiente. As estimativas de variâncias aditivas dos modelos RLH3\_GA<sub>1</sub> e RLH\_GA<sub>2</sub> foram semelhantes para todos os GAs, ou seja as variâncias genético aditivas para PE foram semelhantes independente do critério utilizado para definir o grupo ambiental. As diferenças genético aditivas entre os animais são mais acentuadas na medida em que a condição ambiental é mais favorável, ou seja a expressão do potencial genético aditivo foi mais evidente em ambientes com menor restrição ambiental.

As estimativas de variância fenotípica seguiram o mesmo comportamento das estimativas de variâncias genético aditivas, uma vez que, as estimativas aumentaram proporcionalmente junto às melhorias ambientais, evidenciando a interação do ambiente sobre o fenótipo dos animais.

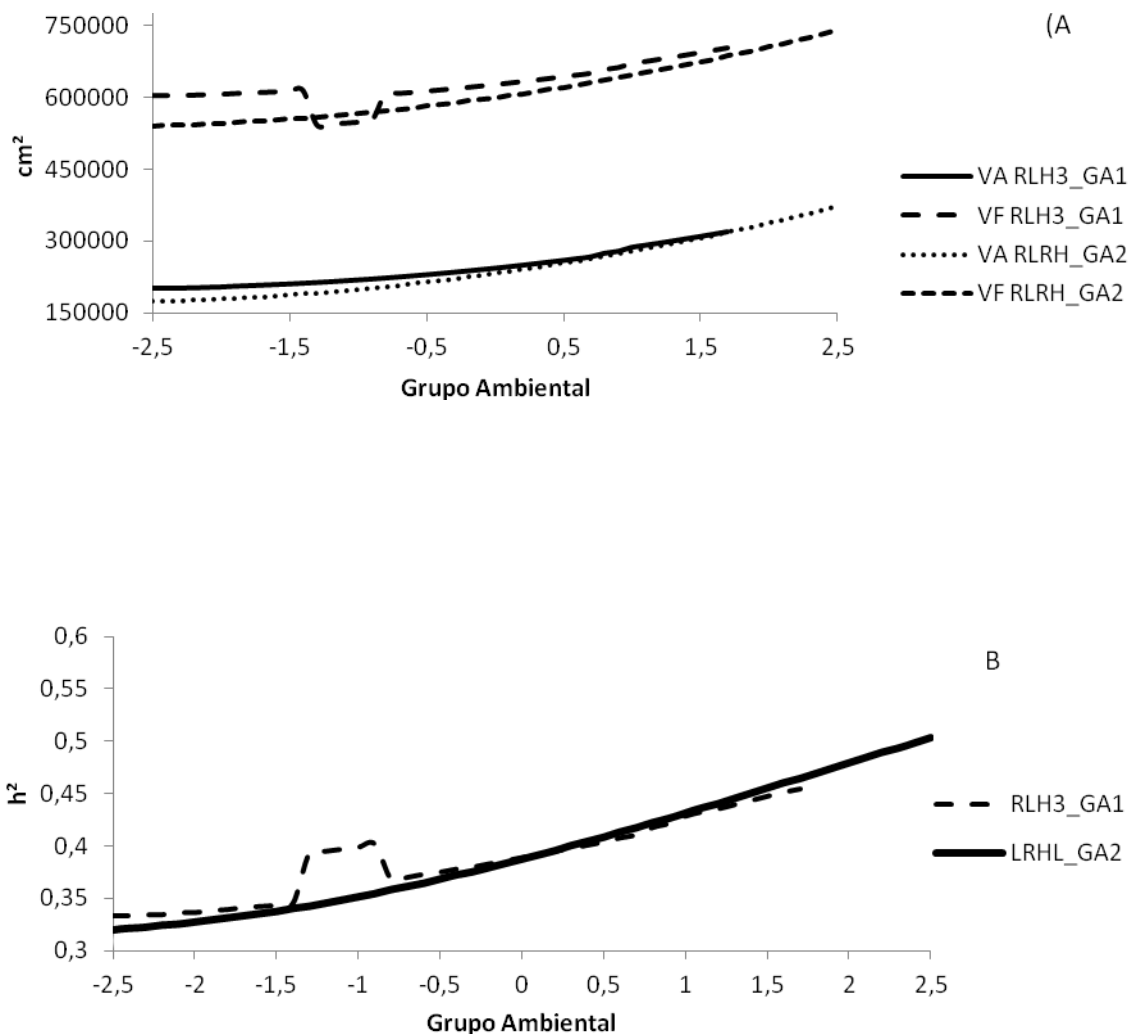


Figura 1 Estimativas de variâncias genética aditiva (VA) e Fenotípica (VF) (A); e herdabilidade para perímetro escrotal (B) em função do grupo ambiental.

Similar a este estudo, a mesma tendência para os componentes de variâncias foi encontrada em outros estudos para as características de crescimento e produção de bovinos de corte, como o ganho em peso pós desmama avaliado em diferentes idades (345 e 450 dias) (CARDOSO et al., 2005a; CARDOSO et al. 2007; PÉGOLO et al 2009; PÉGOLO et al. 2011; MATTAR et al., 2011) e para características de importância econômica em gado de leite, como dias em lactação, contagem de células somáticas, período parto-concepção e produção de leite (KOLMODIN et al., 2002; OSENI et al., 2004; CALUS et al., 2005a; CALUS et al., 2006; WINDIG et al., 2006; STRANDBERG et al., 2009). De acordo com Calus et al. (2002), na medida

que as condições ambientais são mais favoráveis há um aumento na expressão do valor genético dos animais.

As estimativas de herdabilidade para PE foram semelhantes para os dois critérios de ambiente avaliado, variando de 0,33 a 0,45 para o modelo RLH3\_GA<sub>1</sub>, e de 0,32 a 0,50 para o modelo RLH\_GA<sub>2</sub>, (Figura 1-B), não apresentando diferenças entre os dois modelos utilizados. Nos diferentes grupos ambientais, as estimativas de herdabilidade demonstraram uma atribuição de maior proporção da variação fenotípica aos fatores genéticos aditivos em relação aos fatores ambientais, à medida que melhoraram as condições ambientais, portanto maior resposta à seleção poderá ser obtida nos melhores grupos ambientais. A trajetória da estimativa de herdabilidade para o modelo RLH3\_GA<sub>1</sub>, apresenta variações no decorrer da trajetória, as quais são reflexos das mudanças das classes de variâncias residuais.

A variação dos resultados obtidos para as estimativas de herdabilidade desse estudo pode ser considerada coerente, por apresentar resultados dentro da faixa de variação encontrada na literatura para bovinos de corte, 0,36 a 0,71 (KNIGHTS et al. 1984; KEETON et al. 1996; EVANS et al. 1999; CYRILLO et al., 2001; GARNERO et al., 2001; DIAS et al., 2003; YOKOO et al., 2007). De acordo com Cardelino e Osorio (1999), esta característica é considerada de moderada a alta magnitude indicando que a seleção direta para PE acarretaria em grande progresso genético anual, pelo fato de ser uma característica pouco influenciada pelo ambiente.

Resultados similares a este estudo, para as estimativas de variâncias e herdabilidade foram encontrados por Toral et al. (2004) em estudos objetivando analisar o efeito de IGA sobre características de crescimento de bovinos da raça Nelore. Os autores analisaram em três diferentes microrregiões, sendo que as estimativas de herdabilidade para as características variaram de 0,16 a 0,66 (peso ao nascer); 0,36 a 0,59 (peso aos 205 dias); 0,35 a 0,49 (peso aos 365 dias) e 0,30 a 0,45 (peso aos 550 dias). No mesmo sentido, Mattar et al. (2011), na tentativa de investigar a presença de interação genótipo-ambiente (IGA), via normas de reação obtidas, para a característica peso ao sobreano (PS) em bovinos da raça Canchim, obtiveram estimativas de herdabilidade crescentes de acordo com a melhoria do ambiente, variando de 0,08 a 0,68.

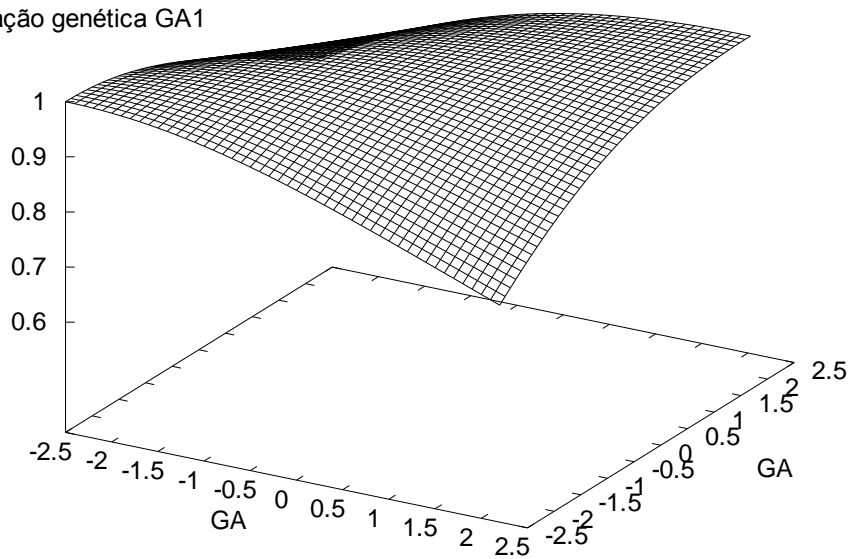
O mesmo comportamento para as estimativas de herdabilidade foram relatados em diversos estudos realizados com gado de corte, com o objetivo de quantificar a influencia da IGA sob características de crescimento e produção em diversas regiões do Brasil. As herdabilidades encontradas nestes estudos aumentaram de acordo com as melhorias do ambiente (PÉGOLO et al., 2009; STANDBERG et al., 2009; ARAUJO NETO et al., 2010). Para características de produção – leite, proteína e gordura no leite, as estimativas de herdabilidade aumentaram de acordo com a melhoria ambiental (CALUS e VEERKAMP 2003). Desta forma, o aumento da expressão potencial genético dos animais é influenciado pelas melhorias ambientais a que estão submetidos. Assim, quando o ambiente se torna mais favorável, a expressão potencial genético dos animais aumenta, aumentando conjuntamente as diferenças genético aditivas entre os animais

Existem várias as razões para as estimativas de herdabilidades variarem de um ambiente para outro. Segundo Falconer e Mackay (1996), a herdabilidade é uma propriedade da população, do ambiente a que o animal está submetido, enquanto a variância ambiental é dependente das condições de cultura e manejo, a maior variação ambiental reduz a herdabilidade e maior uniformidade, provoca um aumento na estimativa de herdabilidade.

As estimativas de correlação genética para PE entre os grupos ambientais apresentam uma superfície de resposta com formato de “sela”, variando entre 0,79 a 1,0 para o modelo RLH3\_GA<sub>1</sub> (Figura 2 A), e 0,75 a 1,0 para o modelo RLH\_GA<sub>2</sub> (Figura 2B). As estimativas de correlações genéticas foram maiores na medida que os grupos ambientais estiveram mais próximos ou foram mais semelhantes, e estimativas inferiores quando os grupos ambientais foram discrepantes.

A mesma tendência foi encontrada por Mattar et al. (2011), em estudos para investigar o efeito da IGA sobre o peso ao sobre ano de bovinos da raça Canchim, utilizando a mesma metodologia deste estudo, com estimativas variando de 0,25 a 1,00. Da mesma forma, Pégolo et al. (2009), evidenciaram a presença de interação genótipo ambiente sobre o peso aos 450 dias em bovinos da raça Nelore, com estimativas de correlações genéticas inferiores a 0,80.

Correlação genética GA1



Correlação genética GA2

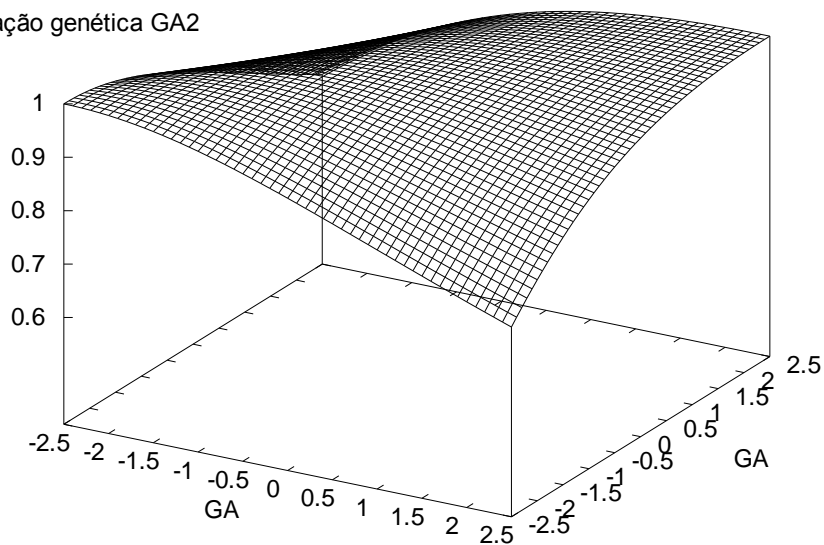


Figura 2 Estimativas de correlação genética para PE entre diferentes grupos ambientais (GA1 e GA2).

Em estudos com bovinos da raça Nelore, utilizando a mesma metodologia do presente trabalho, Araujo Neto et al. (2010), estudaram a influencia da IGA sobre as características P450 e idade ao primeiro parto. Estes autores observaram que ambas as características sofreram influência do

ambiente, sendo a idade ao primeiro parto a mais afetada, conseqüentemente apresentando menores estimativas de correlações genéticas entre ambientes extremos, variando de 0,50 a 0,99 para P450 e 0,3 a 0,99 para idade ao primeiro parto.

As estimativas de correlações genéticas obtidas por Carvalho (2007), em estudo com animais da raça Canchim, visando identificar o efeito da IGA sobre as características perímetro escrotal e peso ao sobreano nas regiões Sudeste e Centro-Oeste foram 0,97 e 0,78, respectivamente, o que está de acordo com os resultados deste estudo.

Com base nas estimativas de correlações genéticas entre o PE avaliado em diferentes ambientes, é possível afirmar que o efeito da IGA é de baixa magnitude, tendo assim pouca influencia sobre a expressão da característica estudada (valores abaixo de 0,80). Estimativas de correlações genéticas para a mesma característica entre diferentes ambientes menores a 0,8 é indicativo de que IGA apresenta grande influencia sobre a expressão dos genótipos (ROBERTSON, 1959).

Mesmo assim é possível dizer que, ao selecionar animais para maior PE pertencentes ao melhor grupo ambiental, estes poderão não apresentar o mesmo ganho genético quando submetido a um ambiente desfavorável, visto que o ganho genético direto no ambiente mais favorável é maior quando comparado ao ganho genético direto do mesmo animal em um ambiente desfavorável, fato que pode ser confirmado pelo aumento da herdabilidade da característica.

Uma vez analisada a influência do ambiente sobre as estimativas de parâmetros da característica estudada, foi avaliado o efeito da interação sobre a seleção dos animais para maior PE em diferentes ambientes (baixa, média e alta restrição ambiental). Na tabela 2 e 3 são apresentadas as correlações de rank entre os valores genéticos obtidos pelo modelo AMUC, RLH3\_GA<sub>1</sub> e RLH\_GA<sub>2</sub>.

Tabela 3 – Correlação de *Spearman* ( $r$ ), porcentagem e número de touros (entre parênteses) selecionados em comum para perímetro escrotal através de AMUC. Os valores foram calculados usando diferentes níveis de pressão de seleção com base no valor genético predito para perímetro escrotal em diferentes gradientes ambientais.

	Pressão de seleção		r
	5% (6)	10% (11)	
VG <sub>6</sub>	66% (4)	81,8% (9)	0,99
VG <sub>21</sub>	100% (6)	90,9% (10)	0,99
VG <sub>37</sub>	100%(6)	81,8%(9)	0,99

VG<sub>6</sub>, VG<sub>21</sub>, VG<sub>37</sub> – valores genéticos nos grupos ambientais 6, 21 e 37, respectivamente, obtidos através das normas de reação utilizando o modelo RLH3\_GA<sub>1</sub>.

As correlações entre os valores genéticos preditos pelo modelo AMUC, foram obtidas para todos os touros com acurácia acima de 60% para o valor genético de PE. Os resultados encontrados para as correlações de Spearman entre os modelos (AMUC e normas de reação) foram altos, apresentando valores próximos a 1,0, indicando que há pouca alteração na classificação ou posto dos animais selecionados nos três ambientes. Indépende do modelo utilizado, considerando ou não o feito de IGA, a maioria dos reprodutores foram os mesmos quando 5% e 10% dos touros para maior PE foram selecionados.

Para GA<sub>1</sub>, os seis melhores animais selecionados com base no valor genético pela análise AMUC, foram exatamente os mesmos seis melhores animais selecionados no GA<sub>37</sub> (baixa restrição ambiental) considerando o modelo de normas de reação RLH3\_GA<sub>1</sub>, aplicando uma intensidade de seleção de 5%. Quando os valores genéticos obtidos pelos modelos AMUC e GA<sub>6</sub> (alta restrição ambiental) foram comparados, o número de animais que coincidem nos dois grupos caiu de seis para quatro animais. À medida que se diminuiu a pressão de seleção, passando de 5 para 10%, a porcentagem de

animais que coincidiram sendo selecionados como os melhores através da análise AMUC e no VG<sub>37</sub>, reduziu 18,2%, resultando em nove animais.

Tabela 4 – Correlação de *Spearman* (r), porcentagem e número de touros (entre parênteses) selecionados em comum para perímetro escrotal através de AMUC. Os valores foram calculados usando diferentes níveis de pressão de seleção com base no valor genético para perímetro escrotal em diferentes gradientes ambientais.

	Pressão de seleção		
	5% (6)	10% (11)	r
VG <sub>6</sub>	66% (4)	72,7% (8)	0,98
VG <sub>20</sub>	100% (6)	90% (10)	0,99
VG <sub>46</sub>	100%(6)	72,7%(8)	0,99

VG<sub>6</sub>, VG<sub>20</sub>, VG<sub>46</sub> – valores genéticos nos grupos ambientais 6, 20 e 46, respectivamente, obtidos através das normas de reação utilizando o RLH\_GA<sub>2</sub>.

O mesmo comportamento foi observado para o GA<sub>2</sub>, em que os melhores animais selecionados com base no valor genético considerando a análise AMUC, foram os mesmos seis animais melhores animais selecionados no GA<sub>46</sub> (baixa restrição ambiental) através do modelo de normas de reação (RLH\_GA<sub>2</sub>), com intensidade de seleção de 5%. A porcentagem de animais selecionados em comum não se mantém quando analisado o grupo com alta restrição ambiental (GA<sub>6</sub>), havendo uma redução de animais em comum selecionados por ambos os modelos, passando de seis para quatro. A exemplo, a porcentagem que animais que foram os mesmos selecionados por AMUC e RLH\_GA<sub>2</sub> no GA<sub>46</sub>, reduziu 27,3%, perfazendo um total de oito animais.

Os resultados deste estudo corroboram com os resultados encontrados por Carvalho (2007), estudando o efeito da IGA em bovinos da raça Canchim sobre a mesma característica, em duas diferentes regiões brasileiras (Sudeste e Centro-Oeste). Os autores relataram que dos dez touros classificados pelos

valores genéticos como os melhores na região Sudeste, apenas um não estava entre os dez melhores touros classificados na região Centro-Oeste. Diaz (2009) verificou que ao selecionar para a característica peso ao sobreano em bovinos da raça Nelore sem considerar o efeito de IGA de um estado brasileiro para outro, a perda na média dos valores genéticos dos animais pode ser pouco mais de 10%.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, existe uma grande probabilidade que quando selecionarmos animais para maior PE considerando o efeito da IGA, serem os mesmos animais selecionados para maior PE quando não se leva em consideração o efeito de IGA. Provavelmente, por se tratar de uma característica de herdabilidade de moderada a alta o PE recebe pouca influência ambiental, tornando o efeito da IGA sobre a expressão da característica de baixa magnitude sobre a característica. Estudos anteriores que avaliaram a influência da IGA sobre características de crescimento e reprodutivas, características que apresentam herdabilidade moderada a baixa, mostraram maior influência da IGA sobre a expressão dos genótipos na medida que a herdabilidade da característica foi menor (CARVALHO, 2007; ARAUJO NETO et al. 2010)

#### **4. Conclusões**

Há baixa influência da interação genótipo ambiente sobre a expressão do perímetro escrotal. Desta forma quando se seleciona animais para maior perímetro escrotal em diferentes ambientes considerando ou não o efeito da interação genótipo-ambiente, provavelmente os mesmos animais são selecionados.

A resposta à seleção para maior PE pode ser diferente dependendo do ambiente em que os animais são selecionados, apresentando maior resposta à seleção em ambientes com menor restrição ambiental.

Em avaliações genéticas para perímetro escrotal, não se torna necessária a utilização de modelos que considerem a presença de interação genótipo-ambiente.

## 5. Referências bibliográficas

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., MASCIOLI, A.S., FREITAS, A.R. Evidências de interação genótipo - ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.2, p. 489-495, 2005.

ALENCAR, M.M., BARBOSA , P.F., BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para peso e circunferência escrotal em touros da raça Canchim. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22:572-583, 1993a

ARAUJO NETO, F.R.; DIAZ, I.D.P.S.; PESSOA, M.C.; PEGOLO, N.T.; LOBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Interação genótipo-ambiente em peso ao sobreano e idade ao primeiro parto em bovinos da raça Nelore. 47<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador, Bahia. **Anais da 47<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Bahia, Brasil, 2010.

BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L.C.; PROCÓPIO, C.S.O.; Andrade, V. J; Vale Filho, V. R. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, p.69-78, 1996.

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, n.3, p.565-571, 2007.

BRITO, F. V. Influência da idade e peso corporal sobre o perímetro escrotal em touros Hereford – Estimativas de fatores de correção. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, MG. 1997, **Anais...**, p.130-132, 1997

CALUS, M. P. L.; JANSS, L. L. G.; VEERKAMP, R. F. Genotype by Environment Interaction for Somatic Cell Score Across Bulk Milk Somatic Cell Count and Days in Milk. **Journal of Dairy Science** ,v.89 ,p.4846–4857,2006.

CALUS, M. P. L.; CARRICK, M. J.; VEERKAMP, R. F.; GODDARD, M. E. Estimation of Genetic Parameters for Milk Fat Depression in Dairy Cattle. **Journal Dairy Science**. V.88, p.1166 1177, 2005a.

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. **Genet. Sel. Evol.** 36:489-507, 2004.

CALUS, M. P. L.; VEERKAMP, R. F. Estimation of environmental sensitivity of genetic merit for milk production traits using a random regression model. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 86, p. 3756-3764, 2003.

CALUS, M. P. L.; GROEN, A. F.; JONG.; G. de. Genotype x Environment Interaction for Protein Yield in Dutch Dairy Cattle as Quantified by Different Models. **Journal Dairy Science**. V.85, p.3115–3123 , 2002.

CARDELINO, R.; OSÓRIO, J. C. S. Melhoria Animal para Agronomia, Veterinária e Zootecnia. Pelotas: **Editora UFPel**. 1999. 153p.

CARDOSO, F.F.; CAMPOS, L.T. Modelos hierárquicos bayesianos para estudo de interação genótipo-ambiente vias normas de reação aplicados ao ganho pós desmama de bovinos Angus. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal, **Anais...** Jaboticabal, SBZ, 2007. 1CD-ROM.

CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. 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: SBZ, 2005. CD-ROM.

CARVALHO, F.M. **Estudo de interação genótipo x ambiente para peso e perímetro escrotal à desmama na raça Canchim**. Tese de Mestrado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 57 p, 2007.

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, n.8, p.1468-1477, 2009.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO; MERCADANTE, M.E.Z.; TONHATI, H. (2001) 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**, 30:56-65.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimativa de correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto para animais da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2003.

EVANS, J. L.; GOLDEN, B. L.; BOURDON, R. M., et al. Additive genetic relationships between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2621-2628, 1999.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. Introduction to quantitative genetics. Harlow: Longman Group.. p. 464, 1996.

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

FRIDRICH, B.A. Interações genótipo x ambientes e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos da raça Tabapuã. 2003. 35p. Dissertação (mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GARNERO, A. del 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**, 30:714-718, 2001.

KEETON, L. L.; GREEN, R. D.; GOLDEN, B. L. et al. Estimation of variance components and prediction of breeding values for scrotal circumference and weaning weight in Limousin cattle. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 31-36, 1996.

KIRKPATRICK, M.; LOFSVOLD, D.; BULMER, M. Analysis of the inheritance, Selection and Evolution of Growth Trajectories. **Genetics**, v.124, n.4, p.979-993. 1990.

KNIGHTS, S. A.; BAKER, R. L.; GIANOLA, D. et al. Estimates of heritabilities and 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.; STRAMBERG, E.; MADSEN, P. et al. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. **Acta Agriculture Scandinavia, Sect. A**, Animal Science, Oslo, Norway, v.52, p.11-24, 2002.

MATTAR, M.; SILVA, L.O.C.; ALENCAR, M.M.; CARDOSO, F.F. Genotype x environment interaction for long-yearling weight in Canchim cattle quantified by reaction norm analysis. **Journal of Animal Science**. 89:2349-2355, 2011.

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**, Savoy, v. 78, n.8, p.2121-2126, 2000.

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

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.

PÉGOLO, N. T.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. Effects of sex and age on genotype by environment interactions for beef cattle weight studies using reaction norm models. **Journal of Animal Science**, 2010-3520, 2011.

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, n.2, p.281-287, 2009.

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

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, n.6, p.1676- 1683, 2000.

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, p.127-129, 1997.

ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, n.3, p.469-485, 1959

SILVA, J. A. II V.; DIAS, L.T. ; ALBUQUERQUE, L. G. Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:1568-1572. 2005.

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**, 29:2223-2230, 2000.

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.

Su, G., P. Madsen, M. S. Lund, D. Sorensen, I. R. Korsgaard, and J. Jensen. 2006. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **J. Anim. Sci.** 84:1651–1657.

TORAL, F.L.B., SILVA, L.O.C., MARTINS, E.L., GONDO, A., SIMONELLI, S. Interação genótipo - ambiente em características de crescimento de bovinos da raça Nelore no Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1445-1455, 2004.

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