

KEYLA CHRISTIANNE SANTOS E SILVA

**EFEITOS AMBIENTAIS E GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE
EM BOVINOS NELORE NO MEIO-NORTE DO BRASIL**

**Teresina, Piauí
2009**

KEYLA CHRISTIANNE SANTOS E SILVA

**EFEITOS AMBIENTAIS E GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE
EM BOVINOS NELORE NO MEIO-NORTE DO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmento

**Teresina, Piauí
2009**

**EFEITOS AMBIENTAIS E GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE
EM BOVINOS NELORE NO MEIO-NORTE DO BRASIL**

KEYLA CHRISTIANNE SANTOS E SILVA

Dissertação aprovada em Teresina (PI), em 06 de março de 2009.

Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento, DZO- Campus Cinobelina Elvas/UFPI

Orientador

Prof. Dr. José Elivalto Guimarães Campelo, DZO/CCA/UFPI

Co-orientador

Prof. Dr. Raimundo Martins Filho/ UFC/ BRASIL

Conselheiro

Aos meus pais, Maria das Graças e Pedro de Alcântara
pelo amor infinito, torcida e confiança

Aos meus irmãos, Dayanne, Aline e Aldo
pelo companheirismo e incentivo em todos os momentos

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, através da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade desta qualificação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento, por todos os ensinamentos, pela orientação, paciência, disponibilidade durante a execução de todas as etapas do trabalho, pelas críticas e sugestões, pela humildade como professor e, principalmente, pela confiança;

Ao Professor Dr. José Elivalto Guimarães Campelo, pelos ensinamentos, pela dedicação, pelas orientações, sugestões, pela confiança e pela disponibilidade em ajudar sempre... em todos os momentos;

À Profa. Dra. Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, pelo incentivo e por acreditar em mim;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPI, pelos ensinamentos;

Ao Professor Dr. Raimundo Martins Filho, pela disposição em contribuir com críticas e sugestões para esta dissertação;

À minha grande amiga, Emones Santos, “irmã” e companheira de todas as horas, pela benção da amizade verdadeira, pela felicidade da parceria, da presença, da companhia, da ajuda, do incentivo e da torcida de todos os dias;

Aos queridos amigos, Castelo, Lima e Gustavo, pela linda e sincera amizade, pelo companheirismo e pelo apoio firme e inestimável em todas as horas;

À querida amiga Morgana Castelo Branco, pessoa estimada, minha sincera gratidão, pela amizade verdadeira e pelo companheirismo nas horas boas e nas muitas noites em claro em que estivemos estudando juntas;

Ao amigo Airton Conde, pelo querer bem, pela grande torcida, pela preciosa amizade e pelo imenso carinho;

Ao amigo Mário Fernando, meu querido “co-orientador”, pela torcida, pelo apoio, pela amizade sincera e pela alegria da convivência em tantos momentos;

Ao amigo Maxwell Lima Reis, pelo tanto que lhe devo,

Aos amigos Balbino, Flávio, Mara, Hatawa, Isolda, Karina, Larissa, Firmino, Fernando, Hipólito, Daugerlândia, Glícia, Laí, Naylene, pelo apoio e amizade em todos os momentos, em nome dos quais agradeço a todos os amigos do Mestrado;

Ao meu Deus e à Nossa Senhora, pelo dom da vida e por sempre guiarem todos os meus passos.

À todos, minha sincera gratidão!

**“Só o impossível é digno de ser sonhado.
O possível deixa-se colher no solo fácil de cada dia”.**

(Abgard Renault)

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
LISTA DE SIGLAS.....	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 A Sub-Região Meio-Norte.....	19
2.2 Efeitos genéticos que influenciam o crescimento.....	21
2.2.1 Herdabilidade.....	21
2.2.2 Correlações genéticas.....	23
2.3 Efeitos Ambientais que Influenciam o Crescimento.....	23
2.3.1 Ano e/ou época de nascimento.....	24
2.3.2 Mês e/ou estação de nascimento.....	25
2.3.3 Sexo da cria.....	26
2.3.4 Propriedade e/ou fazenda.....	27
2.3.5 Idade da mãe ao parto.....	27
2.4 Interação genótipo-ambiente.....	28
3. CAPÍTULO I.....	31
Efeitos genéticos e ambientais sobre o peso a um ano e um ano e meio em bovinos Nelore na sub-região Meio-Norte do Brasil.....	31
Resumo.....	31

Abstract.....	32
1. Introdução.....	33
2. Material e métodos.....	34
3. Resultados e discussão.....	39
4. Conclusões.....	48
5. Literatura citada.....	49
4. CAPÍTULO II.....	54
Interação genótipo-ambiente sobre pesos de bovinos Nelore na sub-região Meio-Norte do Brasil.....	54
Resumo.....	54
Abstract.....	55
6. Introdução.....	56
7. Material e métodos.....	57
8. Resultados e discussão.....	61
9. Conclusões.....	68
10. Literatura citada.....	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1- Número de observações, médias observadas, desvio padrão e coeficientes de variação para os pesos aos 365 (P365) e aos 550 (P550) dias de idade, na sub-região Meio-Norte.....	39
TABELA 2- Resumo da análise de variância para os pesos aos 365 (P365) dias e 550 (P550) dias de idade.....	40
TABELA 3- Estimativas de (co)variâncias genética aditiva, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade.....	45
TABELA 4- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade.....	46
TABELA 1- Estimativas de (co)variâncias genética aditiva, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade considerados características distintas em rebanhos do Piauí (PI), Maranhão (MA) e no arquivo geral.....	62
TABELA 2- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) dias de idade, no Piauí (PI) e Maranhão (MA).....	63
TABELA 3- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 550 (P550) dias de idade, no Piauí (PI) e Maranhão (MA).....	64
TABELA 4- Correlações de Spearman para peso ao ano (P365) e ao sobreano (P550) entre a classificação dos reprodutores com base no valor genético predito, como características distintas em rebanhos do Piauí (PI) e Maranhão (MA) e análise no arquivo geral.....	65
TABELA 5- Classificação de 10% dos reprodutores com base no valor genético para o peso aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade no Piauí (PI) e Maranhão (MA).....	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Destaque da sub-região Meio-Norte.....	19

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo de estudar as fontes de variação ambiental e genética e verificar a existência de interação genótipo-ambiente sobre o peso ao ano e sobreano em bovinos da raça Nelore criados na sub-região Meio-Norte do Brasil. Os dados analisados neste estudo foram obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), referentes a animais da raça Nelore, nascidos de 1976 a 2006. Foram estudados os efeitos ambientais e estimados os parâmetros genéticos para 1.819 pesos padronizados aos 365 (P365) e 1.395 pesos padronizados aos 550 (P550) dias de idade, de animais filhos de 174 touros. Para ambos os pesos, foram significativos os efeitos de touro, Estado, Fazenda aninhada dentro de Estado, sexo, mês e ano de nascimento. As estimativas dos componentes de (co)variância genética e os parâmetros genéticos foram obtidas com auxílio do programa WOMBAT que utiliza o Método da Máxima Verossimilhança Restrita, por meio do algoritmo Maximização da Esperança (EM) para maximização da função de verossimilhança. As herdabilidades estimadas para P365 e P550 foram iguais a 0,27 e 0,30, respectivamente, e a correlação genética entre os dois pesos foi igual a 0,90. Tais resultados sugerem ser possível antecipar a seleção para os doze meses de idade, sem prejuízos para o peso ao sobreano. Foram analisados 1.819 pesos padronizados para P365 e 1.395 pesos padronizados para P550 dias de idade, utilizando-se três arquivos de dados: um arquivo de dados geral com as informações das características estudadas (P365 e P550) nos dois Estados e dois arquivos de modo que um agrupou as informações do P365 medidos nos dois Estados como características diferentes e, no outro, as informações de P550 medidos nos dois Estados como características distintas. O efeito da interação genótipo-ambiente foi avaliado considerando a mesma característica expressa nos dois Estados, Piauí e Maranhão, como características distintas e por meio da mudança na ordem de classificação dos reprodutores com base nos valores genéticos preditos e a partir dos pesos de suas progênes tomados nos dois Estados como características diferentes. As correlações genéticas encontradas para as características P365 e P550, ambas consideradas características distintas no Piauí e Maranhão, foram respectivamente, iguais a - 0,17 e -0,12. As correlações baixas e negativas indicaram que há efeito da interação genótipo-ambiente sobre o peso ao ano e sobreano de bovinos Nelore criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

Palavras-chave: correlações, herdabilidade, interação genótipo-ambiente, Meio-Norte do Brasil

ABSTRACT

This research aimed to study ambient and genetic variation sources and to identify the genotype-environment interaction on the weight to the year and one and half year in cattle of the Nellore breed created in Half-North of Brazil. The data analyzed in this study had been gotten next to the Brazilian Association of Creators of Zebu (ABCZ), referring the animals of the Nellore breed, born of 1976 in 2006. The ambient effect was studied and the genetic parameters were estimated for 1,819 weights standardized to the 365 (P365) and 1,395 standardized weights to the 550 (P550) days of age had been studied, of animal children of 174 bulls. For both weights, It had been significant the effect of bull, State, Farm inside of State, sex, month and year of birth. The genetic estimates of the components of genetic variance and parameters had been gotten with the help of WOMBAT program that uses the Maximum Restricted Probability Method, by means of the maximization algorithm of the hope (EM) to maximization of the probability function. The herdabilities esteemed for P365 and P550 had been similar 0,27 and 0,30, respectively, and the genetic correlation between two weights was similar 0,90. The results suggest that It is possible to anticipate the selection for the twelve months of age, without damages for the weight to next year. It was analyzed 1,819 weights standardized for P365 and 1,395 weights standardized for P550 of age, using themselves three archives of data: a general archive of data with the information of the characteristics studied (P365 and P550) in the two States and two archives in way that one grouped the measured information of the P365 in two different States as characteristic e, in the other, the measured information of P550 in the two distinct States as characteristic. The effect of the interaction genotype-environment was evaluated considering the same express characteristic in the two States, Piauí and Maranhão, as characteristic distinct and through of the change in the order of classification of the reproducers on the basis of the predicted genetic values and from the weights of its lineages taken in the two different States as characteristic. The genetic correlations found for the characteristics P365 and P550, both considered characteristic distinct in the Piauí and Maranhão, had been respectively, 0,17 and -0,12. The low and negative correlations had indicated it has effect of the interaction genotype-environment on the weight to the year and one and half year of Nellore cattle created in the Half-North of Brazil

Key words: correlation; herdability; genotype-environment interaction; Half North of Brazil

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCZ	Associação Brasileira de Criadores de Zebu
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CDP	Controle de Desenvolvimento Ponderal
CV	Coefficiente de variação
DZO	Departamento de Zootecnia
EM	Maximização da Esperança
GLM	General Linear Models
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MA	Maranhão
PI	Piauí
P365	Peso aos 365 dias de idade
P550	Peso aos 550 dias de idade
SAS	Statistical Analysis System
UFPI	Universidade Federal do Piauí

1. Introdução Geral

A bovinocultura de corte brasileira, constituída em sua maioria por raças zebuínas e seus mestiços, caracteriza-se por uma eficiente interação com o ambiente tropical e exploração realizada basicamente em sistema de produção a pasto. O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com mais de 166 milhões de animais e é o segundo maior em efetivos com 199.752.014 de animais, perdendo apenas para a Índia (IBGE, 2008). Em termos de produção mundial de carne, o Brasil ocupa o primeiro lugar, superando a Austrália e os Estados Unidos, com produção anual de 7,5 milhões de toneladas de carne. O Brasil já exporta carne bovina para 140 países, sendo que os países árabes já respondem por 16% das receitas obtidas pelo setor no exterior, o equivalente a 324,6 milhões de dólares.

Apesar da grande magnitude do rebanho bovino, o Brasil apresenta índices de produtividade considerados baixos, quando comparado a outros países. Esse fato está relacionado a fatores genéticos, à baixa eficiência reprodutiva e a aspectos sanitários e nutricionais. Por ser um país de grande extensão territorial, formado por regiões tropicais e subtropicais, nas quais são distintos e de grande importância os efeitos do clima, fazem-se necessários estudos em cada região, para maior acurácia dos efeitos genéticos e de ambiente, que influenciam características produtivas e reprodutivas nesse contingente bovino.

A sub-região Meio-Norte do Brasil, constituída pelos Estados do Piauí e Maranhão, é caracterizada como uma zona de transição, apresentando variações no clima, fauna e flora que diferem tanto da região Nordeste como da região Norte e tem como ponto forte da economia, a pecuária extensiva, com um efetivo bovino estimado em 8.336.958 de animais (IBGE, 2008). Assim, necessita que sejam avaliados efeitos importantes na determinação de características produtivas de seu rebanho, que poderão servir como subsídio para estudos de avaliações genéticas em bovinos da raça Nelore.

Para que planos de melhoramento possam ser avaliados e definidos, é indispensável que se conheçam as influências de fatores genéticos e de ambiente sobre as características de importância econômica dos animais, como as de crescimento.

O conhecimento das fontes de variação não genéticas é imprescindível para que se possam eliminar as diferenças causadas pelo meio, avaliando aquelas decorrentes de fatores hereditários, o que permite a identificação dos animais geneticamente superiores. Além da necessidade de se conhecer a interferência ambiental no fenótipo dos animais, é necessário também um estudo da interferência genética, a fim de verificar se a ação genética tem efeito aditivo e, ainda, se existem correlações entre as características estudadas.

Por fim, deve-se considerar também o efeito da interação genótipo-ambiente sobre as características de importância econômica e as conseqüências deste processo sobre os programas de melhoramento de bovinos de corte. Os programas devem considerar a possibilidade de genótipos diferentes serem mais indicados para diferentes regiões, pois, no Brasil, a grande extensão territorial pode promover sensíveis diferenças em fatores importantes para a pecuária: clima, solo, alimentação, manejo, entre outros (Sousa, 2007).

Análises de dados de campo nas regiões brasileiras têm demonstrado a presença de interação genótipo-ambiente e seu impacto na expressão das características de produção e desempenho dos animais nos diferentes ambientes. Toral et al. (2004) relataram que, se o efeito da interação em bovinos Nelore em microrregiões do Mato Grosso do Sul for desprezado, animais selecionados como de mérito superior para uma região não o serão para outras. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (2008) na região Sul. Fridrich et al. (2008) afirmaram que a inclusão da interação genótipo-ambiente nas avaliações genéticas de bovinos Nelore, em combinações envolvendo as regiões brasileiras, poderá ser de grande valia para maior progresso genético dos animais em cada região.

A interação genótipo-ambiente pode se fazer presente também na sub-região Meio-Norte e provocar alterações na manifestação do potencial genético do seu efetivo bovino, em virtude das condições diferenciadas de clima e manejo existentes.

Os objetivos deste trabalho foram estudar as fontes de variação ambiental e genética e verificar a existência de interação genótipo-ambiente sobre o peso a um ano e um ano e meio de idade em bovinos da raça Nelore, criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

2. Revisão de Literatura

A raça Nelore, também conhecida como Ongole, é proveniente de um distrito do mesmo nome da antiga província de Madras, Estado de Andra, situado na costa oriental da Índia. A extrema adaptabilidade da raça Nelore deve-se à variedade de ambientes e clima que este gado enfrentou na região em que foi desenvolvido (Azevêdo, 2007).

Do efetivo bovino brasileiro constituído de 199.752.014 de animais (IBGE, 2008), estimam-se 100 milhões da raça Nelore, que representam 80% da sua força industrial de carne (Vita, 2006), o que a torna o alicerce da cadeia produtiva pecuária.

A eficiência reprodutiva dos rebanhos é um dos fatores determinantes na produção e deve, portanto, ser considerada como critério de seleção em programas de melhoramento animal. Entretanto, para que o melhoramento das características de importância econômica seja efetivo, é fundamental conhecer os fatores ambientais ou as fontes de variação não-genéticas que atuam sobre estas características, interferindo no crescimento e desenvolvimento dos rebanhos de corte no Brasil.

O aumento de produtividade pode ser obtido com o auxílio da identificação e multiplicação dos melhores genótipos, o que possibilita a correta segregação dos fatores genéticos e ambientais que interferem no crescimento dos animais, visando obter programas adequados de melhoramento genético (Sarmiento et al., 2003).

Com a raça Nelore, existem vários estudos que identificaram fontes de variação não-genéticas (ano de nascimento, mês de nascimento, idade da vaca ou ano do parto) sobre as características produtivas e reprodutivas (Eler et al., 1989; Martins Filho et al., 1996; Alencar et al., 1998; Biffani et al., 1999; Santoro et al., 2000; Souza et al., 2002; Sousa et al., 2003; Silveira et al., 2004; Santos et al., 2005; Conceição et al., 2005). Porém, é necessário que essas fontes sejam identificadas e estudadas no próprio ambiente. O potencial genético dos

animais é expresso na medida em que as condições ambientais o permitem. O ambiente não modifica a constituição genética do indivíduo, ainda que os fatores ambientais determinem a extensão com que o genótipo se expressa, portanto, há possibilidade de que o melhor genótipo em um ambiente não o seja no outro (Cruz e Regazzi, 1994).

2.1 A Sub-Região Meio-Norte

A Sub-Região Meio-Norte do Brasil, constituída pelos Estados do Piauí e Maranhão, é uma subdivisão da região Nordeste que se caracteriza como uma zona de transição, por apresentar variações no clima, fauna e flora que diferem tanto da região Nordeste como da região Norte. Assim, há a necessidade de estudos que avaliem o seu rebanho Nelore, em função das características predominantes desta sub-região. Como ponto forte da economia, pode-se citar a pecuária extensiva, com um rebanho bovino formado por 8.336.958 de animais (IBGE, 2008).

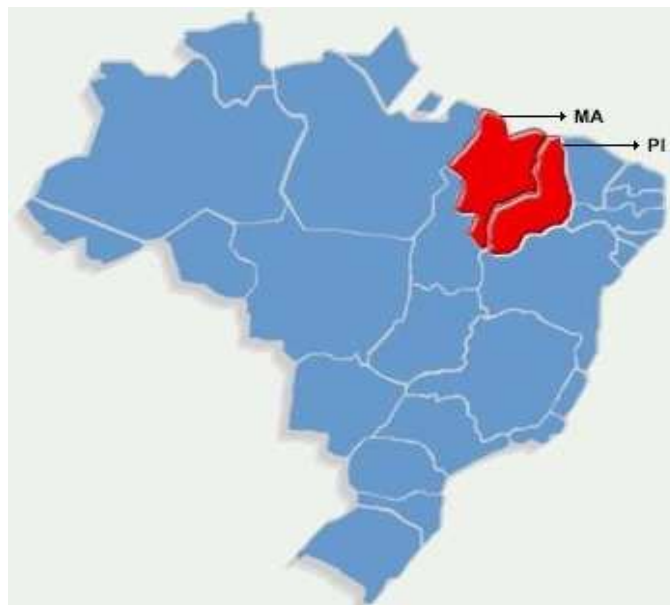


Figura 1- Destaque da Sub-Região Meio-Norte do Brasil

O Piauí, localizado no Nordeste brasileiro, ocupa o trecho ocidental do mesmo, com uma área de 252.378,2 km², correspondente a 2,95% do território nacional, 16,2% da área

nordestina e 43,09% da área da sub-região Meio-Norte. É o terceiro maior Estado do Nordeste, perdendo em área apenas para a Bahia e o Maranhão. Segundo Sousa (2007), a dinâmica climática do Estado caracteriza-se pela sua grande complexidade. Um exemplo desta complexidade é a destacada variabilidade pluviométrica registrada no tempo (chuvas concentradas em poucos meses) e no espaço (distribuição espacial das chuvas).

Em decorrência de sua posição, o Estado do Piauí caracteriza-se como uma típica zona de transição e apresenta, conjuntamente, aspectos do semi-árido nordestino, da pré-Amazônia e do Planalto Central do Brasil. A cobertura vegetal do Estado é bastante diversificada. Dentre as formações vegetais existentes, podemos destacar as seguintes: caatinga arbórea e arbustiva, cerrado e cerradão ou agreste, floresta decidual e mangue. As formações vegetais são separadas por zonas de contato, nas quais ocorrem dois ou mais tipos de associações de plantas, que constituem agrupamentos de transição (Moreira, 1990).

A pecuária foi a primeira atividade econômica desenvolvida no Estado, fazendo parte de sua tradição histórica. Entre os rebanhos, destacam-se os caprinos, bovinos, suínos, ovinos e asininos. O efetivo de rebanho bovino no Estado está estimado em 1.736.520 animais (IBGE, 2008).

O Maranhão é constituído por uma área de transição entre a Amazônia úmida e enflorestada e o Sertão, de clima semi-árido e vegetação xerófila. Possui uma dimensão territorial de 333.365,6 km², que lhe assegura a condição de segundo maior Estado do Nordeste e que corresponde a 56,91% da área da sub-região Meio-Norte.

Localizado entre as macrorregiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, o Estado apresenta uma grande diversidade nos seus 28 ecossistemas, o que lhe garante uma especificidade regional única, favorecida por sua climatologia que não acolhe a difícil aridez do Nordeste, nem recebe a excessiva umidade da Amazônia. Trata-se do Estado brasileiro de maior diversidade de biomas, representados pela Pré-Amazônia, Baixada Maranhense, Cocais,

Lençóis Maranhenses, Cerrados, Semi-Árido e Manguezais, que lhe conferem excelente oportunidade de desenvolvimento territorial, dispondo de rica biodiversidade e diversidade de clima e solo (Moreira, 1990).

É o único Estado da região com parte de sua área coberta pela floresta Amazônica, apresentando importantes áreas de proteção ambiental. O clima predominante é tropical e seu relevo apresenta duas regiões distintas, que incluem a planície litorânea e o planalto tabular. A pecuária desenvolvida no Estado do Maranhão inclui gado bovino, suínos, caprinos, eqüinos e aves. Assim, possui um grande potencial produtivo para pecuária extensiva e seu rebanho bovino é formado por 6.609.438 animais distribuídos em todo o Estado (IBGE, 2008).

2.2 Efeitos Genéticos que Influenciam o Crescimento

2.2.1 Herdabilidade

A origem da palavra herdabilidade permanece desconhecida, tendo sido usada em 1832, ou antes, para denotar a transmissão hereditária de características. Coube, entretanto, a Lush, (1965) a primazia de sua definição em termos de ação aditiva dos genes.

A herdabilidade de determinada característica, considerada como a base fundamental dos programas de melhoramento genético animal, é definida como a proporção da variância fenotípica ou total devido à variância genética aditiva.

Em termos estatísticos, a herdabilidade representa a porção da variância fenotípica causada pela variância genética aditiva. Pode ser calculada, dividindo-se a variação genética aditiva pela variação fenotípica, e pode variar de 0,0 a 1,00 ou de 0 a 100%. Quando a estimativa da herdabilidade situar-se entre 0,0 a 0,20 é considerada baixa, significando que grande parte da variação da característica é devido às diferenças ambientais entre os

indivíduos. Valores da herdabilidade entre 0,20 a 0,40 são considerados médios e valores acima de 0,40 são considerados altos, indicando que as diferenças genéticas entre os indivíduos são responsáveis pela variação da característica avaliada.

A grande variação nos valores de herdabilidade para as características estudadas, publicadas na literatura científica para a raça Nelore, é esperada, uma vez que a herdabilidade depende da variação genética e de ambiente na característica. Portanto, diferenças na homogeneidade do ambiente ao qual os animais foram submetidos nas várias amostras de dados analisados, diferenças genéticas entre os rebanhos e diferenças nas amostras e nos modelos matemáticos utilizados pelos vários autores, causam diferenças nas estimativas de herdabilidade (Mascioli et al., 1996).

Biffani et al. (1999) ao analisarem bovinos Nelore criados no Nordeste do Brasil, estimaram a herdabilidade para os pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade em 0,56 e 0,64, respectivamente, valores superiores a outros encontrados na literatura e justificados pelas condições de criação típicas do Nordeste, onde os criadores selecionam os animais mais em função das características anatômicas e raciais do que em função do desempenho reprodutivo, o que não deve interferir, portanto, na variabilidade genética, que permanece elevada.

Intervalos de herdabilidades entre 0,15 a 0,66 para P365 e 0,45 a 0,75 para P550 foram estimados em vários estudos nos Estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Ceará, Maranhão e Bahia (Mercadante et al., 2000; Ribeiro et al., 2001; Pereira et al., 2001; Siqueira et al., 2003; Bertazzo et al., 2004).

Fridrich et al. (2007) estimaram a herdabilidade para P365 dias em 0,15 para bovinos Nelore, em diversas combinações das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

2.2.2 Correlações Genéticas

A correlação genética entre as características é outro parâmetro genético fundamental na avaliação de animais. Ela mede a associação genética entre as características e sua grandeza é de grande importância no melhoramento animal, uma vez que determina se a melhora de uma característica pode causar alterações nas demais, independente da vontade do melhorista (Falconer, 1987).

Machado et al. (1999) ao estudarem características ponderais de bovinos Nelore nas regiões Sul e Sudeste, obtiveram estimativas da correlação genética entre P365 e P550 igual a 0,79, o que sugere resposta correlacionada favorável e no mesmo sentido para P550 pela seleção indireta. Siqueira et al. (2003) encontrou correlação genética entre P365 e P550 igual a 0,96, para a raça Nelore em diversos Estados das regiões Sudeste e Nordeste do Brasil. Santos et al. (2005) ao estudarem bovinos Nelore, criados na Bahia, obtiveram correlação genética de 0,97 entre P365 e P550 dias de idade.

Ao estimar correlações genéticas entre pesos de várias idades em bovinos Nelore na região Sul do Brasil, Souza (2005) encontrou correlação moderada (0,64) entre P365 e P550 dias de idade, o que significou haver probabilidade de resposta correlacionada favorável no peso aos 550 dias, se a seleção for realizada para o peso aos 365 dias.

2.3 Efeitos Ambientais que Influenciam o Crescimento

O efeito de ambiente pode ser confundido com os genéticos, quando animais que foram submetidos a diferentes condições de clima e manejo, em diferentes regiões ou sub-regiões do Brasil, são comparados. Isso se deve ao fato de que animais geneticamente superiores podem não manifestar o seu potencial genético, mostrando-se inferiores, principalmente quando os

fatores do ambiente não são devidamente isolados. Os principais efeitos de ambiente que podem influenciar o crescimento de bovinos serão discutidos a seguir.

2.3.1 Ano e/ou Época de Nascimento

O efeito de ano de nascimento do animal sobre os pesos em diferentes idades têm sido atribuídos à ação dos fatores climáticos sobre os animais e sobre as pastagens, bem como às diferenças genéticas de constituição do rebanho e às diferenças de instalações e de manejo em geral. Todo esse conjunto de fatores contribui para tornar difícil a exata compreensão da variável ano de nascimento. Além desses aspectos, as possíveis interações de ano de nascimento com mês de nascimento, ordem de parição ou sexo da cria tornam as interpretações ainda mais complexas (Pereira, 2008).

A ocorrência de seca ou mesmo o excesso de chuvas durante o ano prejudica o desenvolvimento fetal e interfere no peso do bezerro ao nascer e, conseqüentemente, no seu crescimento. Por outro lado, se as vacas, nos últimos três meses de gestação obtiverem uma boa oferta de alimentos, irão parir bezerros mais pesados (Azevêdo et al., 1999). Essa situação é própria de ambientes como o do Nordeste do Brasil, onde há ocorrência de ciclos de seca e, portanto, a produção de alimento não é constante, seja no que se refere à quantidade ou a qualidade (Biffani et al., 1999).

Efeitos significativos do ano de nascimento foram relatados por Souza et al. (2002); Wolf. et al. (2001); Sousa et al. (2003); Silveira et al. (2004) e Santos et al. (2005) sobre o peso ao ano e sobreano de bovinos Nelore criados na região Sul e nos Estados de São Paulo, Ceará, Mato Grosso do Sul.

2.3.2 Mês e/ ou Estação de Nascimento

Para animais criados em regime exclusivamente a pasto, como é o usual no Brasil, o efeito do mês e/ou estação de nascimento está fortemente relacionado com as condições climáticas, que podem afetar as funções do organismo animal e gerar flutuações na quantidade e qualidade de alimentos, contribuindo para a baixa produtividade de nossa população Zebu (Pereira, 2008).

Segundo Biffani et al. (1999), a estação ou o mês de nascimento são efeitos importantes que influenciam o crescimento de um animal, principalmente, se ele e a mãe forem criados em regime de campo, uma vez que os alimentos disponíveis irão depender das condições climáticas vigentes na estação de nascimento. Estes autores constataram efeito significativo da estação de nascimento para P365 e P550, em bovinos Nelore, criados na região Nordeste. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2002), Sousa et al. (2003) e Santos et al. (2005), respectivamente, no Mato Grosso do Sul, Ceará e na região Sul do Brasil. .

Na verdade, esses fatores têm, sobre o animal avaliado, efeito indireto durante a primeira fase de vida, que vai do nascer até o desmame, e efeito direto durante a segunda fase. Na primeira fase, a mãe do bezerro sofre mais as influências das condições climáticas e, portanto, indiretamente, também o bezerro é influenciado. Logo após o desmame, o bezerro passa a sofrer maior influência do clima, o que é próprio dos ambientes tropicais, em que são freqüentes ciclos de seca. O efeito da alimentação está, portanto, intimamente ligado com a estação de nascimento, sobretudo em um tipo de criação que não prevê nenhuma suplementação alimentar.

Para fins de comparação, a nível de fazenda, devem-se agrupar os animais de acordo com os meses de nascimento e compará-los dentro de meses ou estações, onde as condições

ambientes são similares, evitando-se, desta forma, a introdução de erros nas avaliações dos animais (Pereira, 2008).

2.3.3 Sexo da Cria

Diversos estudos (Santoro et al., 2000, Souza et al., 2000b, Wolf et al., 2001, Ferraz Filho., 2001) indicam que, numa mesma raça, os machos são consistentemente mais pesados que as fêmeas, quando mantidos em condições semelhantes de manejo e alimentação. Este dimorfismo sexual tende a aumentar quando as comparações são feitas em idades mais avançadas (Pereira, 2008).

Nos ruminantes, em geral, os machos são mais pesados que as fêmeas em todas as fases do crescimento, sendo esta diferença denominada dimorfismo sexual. Ao nascer, o dimorfismo sexual é atribuído à diferença na duração no período de gestação, que é ligeiramente mais longo quando se trata do nascimento de crias do sexo masculino.

Segundo Hafez (1995), esteróides secretados pelo feto masculino durante o desenvolvimento pré-natal são anabolizantes capazes de estimular maior absorção de nutrientes da mãe, sendo esta uma das principais razões do maior peso ao nascer dos animais do sexo masculino.

O efeito de sexo mostrou-se significativo sobre o peso ao ano e sobreano em bovinos Nelore criados no Nordeste (Biffani et al., 1999), no Mato Grosso do Sul (Silveira et al., 2004; Conceição et al., 2005) e na região sul do país (Santos et al., 2005).

2.3.4 Propriedade e/ ou fazenda

O efeito do rebanho e/ou da fazenda onde os animais são criados traduz diferenças relacionadas com o clima e manejo em geral. Tratando-se de rebanhos na mesma fazenda, este efeito pode refletir, em particular, em influências dos diferentes manejos alimentares e de programas de seleção postos em prática em cada rebanho.

O efeito significativo de propriedade ou fazenda sobre P365 foi observado por vários autores, dentre os quais destacamos os trabalhos realizados nos Estados do Maranhão, Piauí e Ceará, na raça Nelore, por Martins Filho et al. (1996).

Biffani et al. (1999) encontraram efeito significativo da fazenda sobre pesos pós-desmama em bovinos Nelore criados no Nordeste, como consequência de diferenças climáticas, que se refletem na quantidade e qualidade dos alimentos disponíveis, além do manejo e da composição genética de cada rebanho.

Ao estudarem a influência dos fatores de ambiente no desempenho ponderal de bovinos Nelore no Ceará, Sousa et al. (2003) observaram influência significativa do efeito de fazenda sobre o peso ao ano e sobreano, confirmando resultados já encontrados por Alencar et al. (1998) e Santoro et al. (1998) com animais Nelore e de outras raças.

2.3.5 Idade da Mãe ao Parto

A vaca influencia o crescimento de sua progênie não apenas pelos genes transmitidos, mas também pelo ambiente proporcionado a esta, desde o momento da concepção até o desmame, principalmente no tocante da produção de leite para suprir o bezerro de nutrientes necessários a fim de que o mesmo demonstre todo o seu potencial genético.

Na fase pós-desmama, os efeitos da idade e/ou ordem de parição são bastante contraditórios, com tendência a diminuir sua influência sobre os pesos e ganhos em peso. É preciso considerar a seleção praticada pelo criador, com base no desempenho reprodutivo de suas vacas. Em geral, vacas que parem bezerros mais pesados tendem a permanecer no rebanho, enquanto as outras são eliminadas. Esta tendência concorre para inflacionar o efeito de idade da mãe, o que superestima a sua contribuição como causa de variação nos pesos e nos ganhos em peso.

Conhecer o desempenho das matrizes é uma condição indispensável dentro de um programa de seleção (Malhado et al., 2003). As vacas em uma faixa de idade ao redor da maturidade, com idade por volta de 7,5 a 10 anos, geralmente desmamam bezerros com maior peso e apresentam melhor desempenho do que matrizes com idade fora deste intervalo (Souza et al., 2000; Ferraz Filho et al., 2001).

Martins Filho et al. (1996) ao estudarem a raça Nelore criada nos Estados do Maranhão, Piauí e Ceará não constataram influência deste efeito sobre o P365, bem como Sousa et al. (2003), ao analisarem a influência dos fatores de meio no desempenho ponderal de bovinos Nelore no Ceará. Resultados contrários foram observados por Conceição et al. (2005) sobre o peso ao ano em bovinos Nelore criados no Mato Grosso do Sul, assemelhando-se aos obtidos por Biffani et al. (1999).

2.4 Interação Genótipo-Ambiente

O Brasil é um país de proporções continentais, com sistemas heterogêneos de exploração de bovinos determinados, em grande parte, pelas diferenças climáticas e econômicas e pela disponibilidade de recursos naturais relacionados à produção animal. Esta diversidade de ambientes proporciona oportunidades diferentes de expressão para o mesmo

genótipo, o que dificulta a identificação de indivíduos geneticamente superiores para a reprodução.

Em meados do século XX, iniciaram-se os estudos que visavam estabelecer qual o melhor ambiente de seleção para que os animais pudessem expressar o máximo de seu potencial genético, isto é, se a seleção devia ser praticada no ambiente em que o animal seria criado ou em ambiente melhorado.

Hammond (1947) já afirmava que os animais deveriam ser selecionados nos melhores ambientes em razão da maior expressão dos genes de interesse. Falconer (1952) sugeriu que a base genética pode não ser a mesma nos vários ambientes, ou seja, que o conjunto de genes responsáveis pela expressão de determinada característica pode variar, dependendo do ambiente. O autor descreve a interação genótipo-ambiente como um fenômeno em que ambientes diferentes afetam vários genótipos de forma desigual. Independentemente do ambiente em causa (regiões ou países), a importância da interação genótipo-ambiente reside no efeito que esta tem sobre a predição do mérito genético dos animais e na sua respectiva acurácia, uma vez que limita a possibilidade de comparar corretamente as diferenças entre animais com registros produtivos obtidos em ambientes distintos.

Alguns grupos de melhoramento animal que já trabalham com avaliações genéticas na raça Nelore, na prática, estimam os componentes de (co)variância ignorando a interação genótipo-ambiente. Dependendo dos parâmetros da população e da intensidade de seleção, esse procedimento pode resultar em substancial redução na resposta à seleção (Pereira, 2008).

Considerando que o ambiente de criação nos países fornecedores de material genético de bovinos é bastante diferente das condições de pastejo extensivo predominantes no Brasil e que há evidências de interação genótipo-ambiente entre diferentes países e, inclusive, entre regiões do mesmo país, é de essencial importância investigar a presença de interação genótipo-ambiente no desempenho de bovinos criados no Brasil.

Da mesma forma, a sub-região Meio-Norte do Brasil, por apresentar um efetivo bovino considerável, de 8.336.958 de animais (IBGE, 2008), por caracterizar-se como uma zona de transição, com variações no clima e na flora distintas das regiões Norte e Nordeste e por possíveis diferenças em fatores tais como manejo alimentar, reprodutivo e sanitário, merece também a investigação da ocorrência de interação genótipo-ambiente no seu contingente bovino. Dessa maneira, deve-se avaliar se os animais identificados como melhores em um dos Estados, serão necessariamente os de melhor desempenho no outro Estado que compõem esta sub-região.

Toral et al. (2004) estudaram o efeito da interação genótipo-ambiente em bovinos Nelore criados em três microrregiões do Mato Grosso do Sul e constataram evidências deste efeito para os pesos indicadores de desenvolvimento ponderal. Também Simonelli et al. (2004) verificaram a ocorrência da interação por meio das correlações genéticas em cinco regiões do Estado do Mato Grosso do Sul e encontraram correlações genéticas entre as cinco regiões muito baixas, com variações de 0,02 a 0,12 para P365 e e 0,05 a 0,12 para P550.

Uma outra forma de se avaliar a existência de interação genótipo-ambiente é por meio da correlação de ordem entre os valores genéticos preditos para a mesma característica medida nos ambientes de interesse ou pelo ordenamento entre os reprodutores com base nos valores genéticos preditos para a mesma característica nos diferentes ambientes estudados.

Ferreira et al. (2001) constataram evidências da interação genótipo-ambiente sobre o peso pós-desmama de bovinos Nelore em Minas Gerais, com mudança significativa entre as ordens de classificação dos animais. Resultados semelhantes foram encontrados por Toral et al. (2004), no Mato Grosso do Sul e Fridrich et al. (2008) nas combinações envolvendo as regiões Sul/ Centro-Oeste e Sul/ Norte do país.

3. CAPÍTULO I

EFEITOS GENÉTICOS E AMBIENTAIS SOBRE O PESO A UM ANO E UM ANO E MEIO EM BOVINOS NELORE NA SUB-REGIÃO MEIO-NORTE DO BRASIL

RESUMO

Registros de 3.214 pesos de bovinos da raça Nelore nascidos de 1976 a 2006 em fazendas dos Estados do Piauí e Maranhão foram utilizados para estudar efeitos ambientais e estimar parâmetros genéticos das características peso aos 365 (P365) e aos 550 (P550) dias de idade. Os efeitos ambientais foram estudados usando-se o programa SAS. O modelo incluiu o efeito aleatório de touro e os efeitos fixos de Estado, fazenda aninhada dentro de Estado, sexo, mês e ano de nascimento, e idade da vaca como covariável linear e quadrática. Os componentes de (co)variância usados para estimar os coeficientes de herdabilidade foram obtidos com auxílio do programa WOMBAT que utiliza o Método da Máxima Verossimilhança Restrita, por meio do algoritmo Maximização da Esperança (EM) para maximização da função de verossimilhança. Todos os efeitos incluídos no modelo foram significativos, exceto a idade da vaca como covariável (efeitos linear e quadrático). As médias estimadas foram de $230,58 \pm 32,40$ e $309,87 \pm 48,95$ para P365 e P550, respectivamente. As herdabilidades estimadas para efeito direto foram de 0,27 para P365 e 0,13 para P550 e a correlação genética entre os dois pesos foi igual a 0,90. Tais resultados sugerem ser possível antecipar a seleção para os doze meses de idade, sem prejuízos para o peso ao sobreano.

Palavras-chave: bovinos, correlação, herdabilidade, Nelore, pesos

GENETIC AND ENVIRONMENTAL EFFECTS ON WEIGHT AT ONE AND AT ONE YEAR AND WEIGHT AT ONE YEAR IN NELLORE BOVINES AND MID-NORTH SUB-REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

Body weight data (n=3214) of Nellore cattle born between 1976 and 2006, in Piauí and Maranhão states (Brazil) farms, were used to evaluate genetic parameters and the environment effect on weight at 365 (W365) and 550 (W550) days of age. Environment effect were studied using a model which included bull (random effect), and state, farm sex, month and year of birth, and age (fixed effects) as linear and quadratic co-variables. The components of (co)variance, used to estimate heritability coefficients, were obtained by WOMBAT software, using the Restricted Maximum Likelihood method. This was performed through the Hope Maximization (HM) algorithm, used to maximize the likelihood. All effects of the model were significant, except the co-variable age of cow (linear and quadratic effects). Average weights were 230.58 ± 32.40 kg and 309.87 ± 48.95 kg for W365 and W550, respectively. Heritability coefficients for direct effect were 0.27 and 0.13 for W365 and W550, respectively, and the genetic correlation between the weights was 0.90. In conclusion, it is possible to anticipate the selection to twelve months of age without losses in weight at eighteen months.

Key words: Cattle; correlation; herdability; Nellore; weight;

Introdução

O efetivo bovino brasileiro é de 199.752.014 de animais (IBGE, 2008), dos quais se estimam 100 milhões da raça Nelore. O país ocupa o primeiro lugar em termos de produção mundial de carne e obteve rendimentos de 3,5 bilhões de dólares com as exportações em 2007. Na sub-região Meio-Norte, o efetivo bovino é estimado em 8.336.958 de animais (IBGE, 2008), sendo a mesma, carente de estudos em que sejam avaliados fatores ambientais e genéticos importantes na determinação de características produtivas de seu rebanho, que auxiliarão, posteriormente, em tomadas de decisão e criação de possíveis programas de avaliação genética para a raça Nelore no Meio-Norte.

Entre os vários fatores que influenciam as características de produção como um todo, estão a idade da mãe ao parto, o sexo, fazenda, região de criação, ano e mês de nascimento. O conhecimento da influência desses fatores é importante para proporcionar uma maior segurança na seleção dos animais participantes de um programa de melhoramento genético.

Milagres et al. (1993) ao analisarem pesos aos 365 dias de idade de bovinos Nelore, criados no Nordeste do Brasil, verificaram efeito significativo do ano de nascimento e do sexo. Biffani et al. (1999) verificaram efeito significativo do ano e mês de nascimento, sexo e fazenda ao analisarem o peso aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade de bovinos Nelore, criados no Piauí e Ceará. Resultado semelhante a este foi encontrado por Sousa (2007) na região Norte e sub-região Meio-Norte.

O melhoramento genético depende do conhecimento das herdabilidades das características de interesse e das correlações genéticas entre elas, pois esses parâmetros genéticos permitem a predição das respostas diretas e correlacionadas à seleção e a definição do método de seleção mais apropriado. Assim, o conhecimento destes parâmetros é o primeiro passo para a definição de possíveis programas de melhoramento na sub-região. Os trabalhos encontrados na literatura consultada foram realizados com informações da sub-região Meio-

Norte associadas a outros Estados e regiões do País (Nobre et al., 1985; Martins Filho et al., 1996; Biffani et al., 1999; Sousa et al., 2003; Siqueira et al., 2003; Fridrich et al., 2005; Fridrich et al., 2007; Sousa, 2007).

Ao estudarem os fatores genéticos sobre o peso ao ano e sobreano de bovinos Nelore no Nordeste, Biffani et al. (1999) estimaram herdabilidade de 0,56 e 0,64 para P365 e P550, respectivamente; Van Melis et al. (2003) e Silveira et al. (2004) estimaram a herdabilidade de 0,36 e 0,30, respectivamente, para P550 nos Estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul. Machado et al. (1999) constataram correlação genética entre P365 e P550 de 0,79 em bovinos Nelore, inferior à média citada por Biffani et al. (1999): 0,87; Siqueira et al. (2003): 0,96 e Santos et al. (2005): 0,97 em estudos com animais da mesma raça.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos ambientais e estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos para os pesos ao ano e sobreano em bovinos da raça Nelore, criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

Material e Métodos

Os pesos analisados foram obtidos juntos à Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), referentes a animais da raça Nelore, nascidos de 1976 a 2006, incluídos no sistema de Controle de Desenvolvimento Ponderal (CDP) realizado pela ABCZ, criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

O manejo dos animais no Estado do Maranhão segue, quase em sua totalidade, em regime extensivo. O Estado possui índices pluviométricos satisfatórios em todo ano e solo adequado para plantação de gramíneas adequadas a alimentação de bovinos. Nesses rebanhos são apenas realizados os processos de vermifugação e mineralização do rebanho, não sendo

realizado nenhum tipo de suplementação. Assim, no Maranhão são realizados todos os processos de criação- cria, recria e terminação (Sousa, 2007).

No Estado do Piauí, por estar com 80% de sua área localizada no semi-árido nordestino, os índices pluviométricos são aquém da necessidade das gramíneas utilizadas na produção de bovinos. Assim, os produtores necessitam suplementar seus rebanhos para não obterem prejuízos em sua criação. Apenas a região Sul do Estado possui os requisitos necessários para a produção de bovinos. Porém, com o advento da agricultura (soja, arroz, entre outros) essas áreas foram destinadas para a produção agrícola em detrimento da criação de bovinos. No Estado do Piauí são realizadas apenas até duas etapas do processo de criação (cria e recria), sendo a terminação feita em outros Estados, como Maranhão, Tocantins, Pará e Bahia (Sousa, 2007).

O conjunto inicial dos dados possuía 7.832 registros de pesagens de bovinos da raça Nelore. Os dados iniciais foram submetidos à análise prévia de consistência de forma a manter pesos dentro da média de animais de mesmo grupo contemporâneo \pm três desvios-padrão, reprodutores com pelo menos três filhos em cada Estado, grupos de contemporâneos com, no mínimo, três animais; vacas com idades inferiores a 24 anos, distribuídos em 34 rebanhos e criados exclusivamente a pasto. Após as restrições, restaram para análises 1.819 e 1.395 pesos padronizados, referentes respectivamente, aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade, de animais filhos de 174 touros. O número de animais total na matriz de parentesco foi 4.291.

As análises dos efeitos ambientais e genéticos foram realizadas no Campus Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí (UFPI). O estudo dos efeitos ambientais foi realizado com auxílio do procedimento *General Linear Models* (GLM) do programa *Statistical Analysis System - SAS* (2000), utilizando o modelo estatístico abaixo:

$$y_{ijklmno} = \mu + R_i + E_J + FE_{j_k} + AN_l + MN_m + S_n + \sum_{r=1}^2 b_r (I_{ijklmno} - \bar{I})^r + e_{ijklmno}$$

Onde:

Y_{ijklmn} = Pesos aos 365 e 550 dias de idade medidos no animal o, filho do reprodutor i, nascido no Estado j, pertencente a fazenda k dentro do Estado j, nascido no ano l, no mês m e pertencente ao sexo n;

μ = constante inerente a todas as observações;

R_i = Efeito aleatório do reprodutor i;

E_j = Efeito fixo do Estado j;

FE_{jk} = efeito da fazenda k aninhada no estado j;

AN_l = Efeito fixo do ano de nascimento l;

MN_m = Efeito fixo do mês de nascimento m;

S_n = Efeito fixo do sexo n;

b_r = Coeficiente de regressão r (linear e quadrático) para a idade da vaca ao parto;

$I_{ijklmno}$ = Efeito da idade da vaca ao parto como covariável;

\bar{I} = Média da covariável idade da vaca ao parto;

$e_{ijklmno}$ = Erro aleatório independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

As análises genéticas, para estimar os componentes de variância genética aditiva e os parâmetros genéticos para os pesos aos 365 e 550 dias de idade foram executadas por meio de um modelo animal, em análise bicaracterística, que pode ser representado, em notação matricial, como segue:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix},$$

$$d = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix}, \quad e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

y_1 = peso aos 365 dias;

y_2 = peso aos 550 dias;

Matricialmente, o modelo estatístico é o seguinte:

$$y_i = X\beta_i + Zd_i + e_i, \quad \text{em que}$$

y_1 = vetor de observações do peso aos 365 e 550 dias de idade;

X = matriz de incidência de efeitos fixos;

β_i = vetor de efeitos fixos;

Z_i = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos diretos;

d_i = vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;

e = vetor de efeitos residuais.

Admitindo-se que y , d e e tenham distribuição normal multivariada, tem-se que:

$$E \begin{bmatrix} y \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{VAR} = \begin{bmatrix} y \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & \phi \\ R & \phi & R \end{bmatrix}, \quad \text{em que:}$$

$$V = ZGZ' + R, \quad G = A \otimes G_0 \text{ e } R = I_n \otimes R_0,$$

sendo:

A = matriz de parentesco, $n \times n$, do numerador do coeficiente de parentesco entre os n animais;

G_0 e R_0 = matrizes, $q \times q$, de (co)variâncias genéticas diretas e variâncias residuais, respectivamente, para os pesos aos 365 e 550 dias de idade;

I= matriz identidade;

\otimes = operador produto-direto (Searle, 1971)

Assim,

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a11}^2 & \sigma_{a12}^2 \\ \sigma_{a21}^2 & \sigma_{a22}^2 \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

σ_{a11}^2 = variância genética aditiva da característica i;

σ_{a12}^2 = covariância genética aditiva entre as características i e j;

σ_{e11}^2 = variância residual da característica i.

Os efeitos fixos considerados no modelo acima foram grupo contemporâneo e a idade da mãe ao parto, como covariável linear e quadrática. Os grupos de contemporâneos foram definidos como animais pertencentes ao mesmo Estado, fazenda, nascidos no mesmo mês e ano e do mesmo sexo.

As estimativas dos componentes de variância e covariância genética e os parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações) foram obtidas com auxílio do programa WOMBAT (Meyer, 2006) que utiliza o Método da Máxima Verossimilhança Restrita, por meio do algoritmo Maximização da Esperança (EM) de DEMPSTER et al. (1977) para maximização da função de verossimilhança. Este procedimento é muito estável numericamente e apresenta convergência mesmo que os valores iniciais não estejam próximos dos valores paramétricos. O critério de convergência utilizado foi 10^{-8} .

Resultados e Discussão

As médias observadas dos pesos aos 365 e 550 dias de idade, seus respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1– Número de observações, médias observadas, desvio padrão e coeficientes de variação para os pesos aos 365 (P365) e aos 550 (P550) dias de idade, na sub-região Meio-Norte

Peso	Número de observações	Média ± Desvio-padrão (kg)	Coeficientes de variação (%)
P365	1.819	230,58 ± 32,40	14,05
P550	1.395	309,87 ± 48,95	15,79

Observou-se um aumento de variação com o aumento da idade dos animais, numa tendência de correlação ente média e variância, isto é, à medida que os animais aumentaram em peso, houve também um aumento no desvio-padrão. Nesse caso, o aumento do desvio-padrão pode estar associado a diversos fatores: efeito de escala, erros, interação genótipo-ambiente.

Nas diversas regiões brasileiras, as médias e os desvios-padrão dos pesos aos 365 dias de idade, para a mesma raça, estudadas por Fridrich et al. (2005), foram iguais a 211,77 ± 33,3 (Região Sul); 219,85 ± 36,7 (Região Sudeste); 217,18 ± 36,6 (Região Centro-Oeste); 215,25 ± 34,7 (Região Norte) e 227,88 ± 39,9 (Região Nordeste), respectivamente. Pode-se perceber que a média obtida para P365 na sub-região Meio-Norte superou aquelas das regiões no estudo supramencionado. Constatou-se também que as médias obtidas foram ligeiramente superiores às da região Nordeste, obtidas no estudo citado anteriormente. Esse fato pode ser visto como uma indicação de que os animais produzidos nessa parte da região Nordeste estejam sendo submetidos a um manejo e/ou condições de criação que se mostra mais favorável ao desenvolvimento animal do que nas demais regiões.

Nesse caso, não é consistente argumentar que a superioridade desse desempenho seja em razão de condições climáticas mais favoráveis, uma vez que as demais regiões do país são superiores à região Nordeste nesse aspecto. Portanto, o melhor desempenho no Nordeste pode ter no manejo em confinamento uma causa relevante, provavelmente, sendo maior a contribuição de animais que receberam tratamentos preferenciais, já que o conjunto de dados analisados geralmente é menor que o das demais regiões.

Santos et al. (2005) ao estudarem características de crescimento de bovinos Nelore no Estado da Bahia, observaram médias de 237,49 e 321,97 kg para os pesos aos 365 e aos 550 dias de idade, respectivamente. Estas médias foram superiores às observadas neste estudo, o que pode ser atribuído às vantagens que o Estado da Bahia possui em relação à sub-região Meio-Norte para a criação de gado, como o clima e boa pastagem, com terras predominantemente de solos de média para alta qualidade, onde é empregado o pastejo racional das reservas forrageiras.

No estudo dos efeitos ambientais, verificou-se que todos os efeitos incluídos no modelo para análise dos pesos aos 365 e aos 550 dias de idade (Tabela 2) foram fontes significativas de variação ($P < 0,05$), com exceção da covariável idade da mãe ao parto (efeitos linear e quadrático).

Tabela 2- Resumo da análise de variância para os pesos aos 365 (P365) dias e 550 (P550) dias de idade

FV	GL (365)	GL (550)	QM (365)	QM (550)	F (365)	F (550)
Reprodutor	85	77	18379,19	25903,88	17,50*	10,81*
Estados	1	1	202138,78	37403,18	56,35*	15,61*
Fazenda (Estado)	32	23	14792,65	26820,75	14,09*	11,19*
Sexo	1	1	98776,55	301754,27	94,08*	125,94*
Mês	11	11	3189,79	54060,56	3,04*	2,28*
Ano	22	23	9245,26	21069,94	8,81*	8,79*
Idade da mãe ao parto						
linear	1	1	586,01	4661,64	0,56 NS	1,95 NS
quadrático	1	1	293,70	4395,31	0,28 NS	1,83 NS

Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

NS= Não Significativo ($P > 0,05$)

FV= Fontes de Variação

GL= Grau de Liberdade

QM= Quadrado Médio

A significância do efeito aleatório de touro (reprodutor) pode estar associada a diferenças ambientais e genéticas, uma vez que neste tipo de análise não é possível separar a variância total devida a estes efeitos. Todavia, a inclusão do mesmo teve como objetivo melhorar o ajuste do modelo aos dados.

A fonte de variação Estados, representada na análise pelo Piauí e Maranhão, mostrou-se estatisticamente significativa ($P < 0,05$) para as duas características estudadas. No Estado do Piauí (PI), a média para P365 foi de 210,342 e no Maranhão (MA) foi 243,45, com uma diferença de 7,3% para o Maranhão. A média para P550 no PI foi 296,44 e para o MA foi 319,71, com diferença de 3,78% para o segundo. Esta variação pode ser atribuída às diferenças nas condições edafoclimáticas existentes entre os dois Estados.

Os diferentes sistemas de criação decorrentes das distintas condições climáticas, econômicas e genéticas do rebanho, isoladamente ou em conjunto, são fatores que contribuem para as diferenças observadas nos Estados, o que implica na necessidade de se obter genótipos adequados aos diferentes ambientes.

Outra fonte de variação significativa ($P < 0,05$) foi o efeito de fazenda aninhado dentro de Estado. O efeito da fazenda surge como resultado das condições do ambiente, relacionadas com o tipo de solo, diferenças de precipitação, variação de temperatura, o que reflete diretamente na qualidade e quantidade de forragem disponível, bem como o tipo de manejo e o local a que os animais estão submetidos. Podem ter também componentes genéticos, que, além das diferenças normais na composição genética existente entre rebanhos diferentes, poderia ser o resultado de um processo seletivo exercido entre os criadores.

O efeito significativo de propriedade foi observado por Milagres et al. (1985) no Estado de Minas Gerais, Nobre et al. (1985) na Bahia, e por Martins Filho et al. (1996) nos Estados do Maranhão, Piauí e Ceará, em estudos com animais da raça Nelore.

Quanto ao efeito de sexo, os machos foram mais pesados que as fêmeas nos dois pesos estudados, o que evidencia um melhor desenvolvimento ponderal dos mesmos. Para P365, os machos pesaram 243,37 kg e as fêmeas 215,50 kg, uma diferença de 11,5% para os machos. Já para P550, os machos pesaram 335,86 kg e as fêmeas 285,44 kg, com uma diferença de 15,01% para os primeiros.

Os resultados obtidos com o efeito de sexo sobre as características estudadas, assemelham-se aos reportados por Silva (1990) no Brasil Central, Souza e Ramos (1995) na região Sudeste e Conceição et al. (2005) no sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, onde todos estudaram a raça Nelore.

O mês de nascimento foi fonte de variação significativa ($P < 0,05$) para P365, corroborando os resultados de Miranda (2001). Foi significativo também para P550. Isso mostra que o efeito do mês de nascimento sobre os pesos reflete a variação das condições temporárias do meio, de um mês para outro. A influência do mês de nascimento sobre o peso dos bovinos foi observada por alguns autores, entre eles Eler et al. (1989); Milagres et al. (1993), Souza et al. (1994), Souza et al. (2000) e Malhado et al. (2001) em estudos com animais Nelore e de outras raças.

De acordo com Biffani et al. (1999), o peso aos doze meses está ligado diretamente à disponibilidade de alimento, pois supõe-se que o bezerro não esteja mais mamando e, conseqüentemente, esteja sujeito às variações ocorridas na qualidade e na quantidade das forragens. Isso significa que, se o animal nasceu durante a estação chuvosa, ele será desmamado durante a estação seca, quando os pastos são escassos e, portanto, o seu crescimento até os doze meses ficará prejudicado. Ao contrário, nascendo no final da seca, o animal teria condição, uma vez desmamado, de conseguir alimentos suficientes para crescer rapidamente, pelo menos até um ano de idade.

O ano de nascimento foi fonte significativa ($P < 0,05$) de variação para os dois pesos estudados, o que é decorrente das peculiaridades climáticas de cada ano. Os efeitos de ano de nascimento são atribuídos à ação dos elementos climáticos (pluviosidade, temperatura e umidade do ar, etc.) sobre os animais e as pastagens, bem como às diferenças genéticas de constituição do rebanho e às de manejo em geral.

Variações climáticas, como a distribuição de chuvas e a amplitude térmica ocorrem anualmente e podem influenciar a disponibilidade e a qualidade das pastagens, com reflexo na oferta nutricional para os animais, o que acarreta oscilações no ganho em peso dos mesmos.

Biffani et al. (1999), Souza et al. (2002), Sousa et al. (2003) e Conceição et al. (2005) constataram efeito significativo do ano de nascimento tanto sobre o peso aos 365 dias como sobre o peso aos 550 dias de idade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira et al. (2004) para P365. As variações no manejo, na alimentação e nas condições climáticas foram as causas prováveis das diferenças entre os vários anos estudados.

O ano de nascimento foi fonte significativa ($P < 0,05$) de variação para os dois pesos estudados, o que é decorrente das peculiaridades climáticas de cada ano. Os efeitos de ano de nascimento são atribuídos à ação dos elementos climáticos (pluviosidade, temperatura e umidade do ar, etc.) sobre os animais e as pastagens, bem como às diferenças genéticas de constituição do rebanho e às de manejo em geral.

Variações climáticas, como a distribuição de chuvas e a amplitude térmica ocorrem anualmente e podem influenciar a disponibilidade e a qualidade das pastagens, com reflexo na oferta nutricional para os animais, o que acarreta oscilações no ganho em peso dos mesmos.

Biffani et al. (1999), Souza et al. (2002), Sousa et al. (2003) e Conceição et al. (2005) constataram efeito significativo do ano de nascimento tanto sobre o peso aos 365 dias como sobre o peso aos 550 dias de idade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira et

al. (2004) para P365. As variações no manejo, na alimentação e nas condições climáticas foram as causas prováveis das diferenças entre os vários anos estudados.

A idade da vaca ao parto, tomada como covariável linear e quadrática, não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) sobre o peso aos 365 e 550 dias de idade, o que implica dizer que, nessa fase, os animais não estavam mais sob influência dos cuidados maternos. Resultado semelhante foi constatado por Sousa et al. (2003) para o peso aos 365 dias. Porém, Biffani et al. (1999) e Conceição et al. (2005) encontraram efeito significativo da idade da mãe ao parto para o peso aos 365 dias, quando inserida no modelo como covariável. Segundo estes autores, aos 365 dias de idade, espera-se que o bezerro seja independente na sua alimentação, contudo, em algumas situações, isso pode não acontecer, sobretudo nas condições de criação do Nordeste, onde os animais vivem a campo o ano todo.

A não significância da idade da mãe ao parto sobre o peso aos 550 (P550) dias de idade indica que, a esta idade, o animal está completamente independente dos cuidados maternos. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Conceição et al. (2005), ao avaliar bovinos da raça Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. Resultados contrários a esses foram obtidos por Sarmiento (2001), ao constatar significância do referido efeito sobre este peso. Segundo o autor, dependendo da idade da vaca ao parto, ocorre um maior ou menor incremento de peso em função da maior ou menor habilidade materna da mãe e, essa influência, pode ser refletida até os 550 dias de idade. Aos 550 dias de idade, teoricamente, o desenvolvimento do animal depende do próprio potencial genético para ingerir, digerir e transformar os alimentos em tecido muscular. Nem sempre o resultado do peso aos 550 dias de idade pode refletir apenas o potencial genético para ganho de peso.

As estimativas das (co)variâncias genéticas aditivas direta, fenotípica e residual do P365 e P550, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Estimativas de (co)variâncias genética aditiva, ambiental e fenotípica para os pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade

Componente de (co)variância	P365	P550
Variância genética aditiva	213,83	205,72
Variância ambiental	569,07	1.407,60
Variância fenotípica	782,91	1.613,30
Covariância genética		190,00
Covariância ambiental		800,74
Covariância fenotípica		990,74

Observou-se que a variância genética aditiva diminuiu no P550 em relação ao P365, resultado que teoricamente não é esperado, pois novos genes passam a se expressar à medida que o animal avança em idade. Entretanto, isso pode ter ocorrido devido ao fato dos melhores animais permanecerem nos rebanhos até idades mais elevadas, ou seja, efeito de seleção, o que acarreta diminuição da variabilidade genética.

Ao se analisar a variação ambiental nessas características, constatou-se que ao sobreano ela foi bem mais pronunciada, atingindo quase três vezes o valor constatado nos animais com um ano de idade, o que resultou numa grande variação fenotípica e numa aparente indicação que o manejo se sobressaiu muito mais que a genética dos animais para essa raça na sub-região avaliada. Entretanto, nesse caso pode estar incluído o efeito da escala em que ambas as características foram medidas, ou seja, estes componentes tendem a aumentar com o aumento nos pesos, de forma que, para um peso médio de 230 kg para P365 e de 309 kg para P550, constatou-se um incremento na variância de 569 para 1.407, logo, com variâncias ambientais heterogêneas entre essas características.

A covariância genética entre os pesos também se mostrou elevada em relação às variâncias do P365 e P550 para a raça Nelore nas condições avaliadas. No entanto, o ambiente também entra como um componente importante na relação entre essas características, se sobressaindo em relação à parte genética, sendo que a elevada covariância ambiental pode ser vista como uma tendência da manutenção de condições similares de manejo nas duas idades avaliadas.

Os valores da variância genética aditiva para P365 foram relativamente próximos aos observados por Gunski et al. (2001) e Ribeiro et al. (2001), os quais foram próximos de 250,00 para essa característica, em animais da raça Nelore na região Sudeste e no Estado da Paraíba. Já o valor do P550 foi bem próximo ao encontrado por Pedrosa (2006), em estudos com bovinos Nelore em São Paulo e no Mato Grosso do Sul, cuja média foi 206,62.

As estimativas de herdabilidade para o peso aos 365 e 550 dias de idade foram, respectivamente, 0,27 e 0,13 (Tabela 4), consideradas de média a baixa magnitude.

Tabela 4- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade

Parâmetro	P365	P550
Herdabilidade direta	0,27	0,13
Correlação genética		0,90
Correlação ambiental		0,89
Correlação fenotípica		0,71

A maior estimativa da herdabilidade obtida para P365 implica dizer que a variância genética aditiva, ou seja, os genes que controlam este peso, contribuiriam mais para a variância fenotípica do que no peso aos 550 dias de idade. Assim, constatou-se que a variância genética aditiva exerceu maior contribuição para o peso ao ano do que para o peso ao sobreano, porém, o importante é considerar que esses valores são decorrentes da existência de variância genética e não apenas de pouca influência do ambiente nessas características.

Entretanto, as estimativas de herdabilidade para P365 e P550 foram mais baixas que a maioria dos valores encontrados nos trabalhos consultados, cujo intervalo situou-se entre 0,30 a 0,56 para P365 (Biffani et al., 1999; Cyrillo et al., 2001; Ribeiro et al., 2001; Bittencourt et al., 2002; Silveira et al., 2004; Bertazzo et al., 2004; Fridrich et al., 2005) e entre 0,18 a 0,76 para P550 (Biffani et al., 1999; Marcondes et al., 2000; Pereira et al., 2001; Marcondes et al., 2002; Nobre et al., 2003; Siqueira et al., 2003; Ribeiro et al., 2007).

Assim, pode-se considerar que os menores valores de herdabilidade constatados com Nelore no Meio-Norte demonstram a presença de fatores que provocam desvios nessas estimativas, como por exemplo, possível interação genótipo-ambiente, ou mesmo, consequência do tamanho reduzido do banco de dados analisado, quando comparado ao dos demais Estados e regiões.

O valor da correlação genética (Tabela 4) entre P365 e P550 foi positivo e de alta magnitude (0,90). O mesmo ocorreu com a correlação ambiental, demonstrando que efeitos do meio não tenderam a mascarar a relação genética entre essas características. Isso implica dizer que os genes que atuaram na expressão da característica ao ano, foram, na grande maioria, os mesmos genes que expressaram, no mesmo sentido, a característica a um ano e meio de idade. Diante disso, os animais mais pesados aos 365 dias tenderam a ser também mais pesados aos 550 dias, ou seja, a seleção para peso ao ano resultaria em resposta positiva no peso ao sobreano. Vale ressaltar que o elevado valor da correlação genética, embora não assegure que o ganho através da seleção indireta seja alto, uma vez que a resposta correlacionada depende também das herdabilidades das características envolvidas no processo de seleção, constitui-se num bom indicador que o P365 pode ser um marcador para peso, em termos de seleção.

Sendo assim, apesar da correlação genética estimada entre as características ter sido alta, a herdabilidade estimada foi baixa, conseqüentemente, a resposta correlacionada pela seleção indireta, mesmo sendo eficiente, resultará em ganhos genéticos baixos.

A estimativa da correlação genética entre P365 e P550 obtida foi semelhante à relatada por Biffani et al. (1998) em estudos na região Nordeste. Resultados semelhantes foram obtidos por Sakaguti et al. (2003) e Santos et al. (2005) com animais da mesma raça, cujos valores foram 0,92 e 0,97, respectivamente.

A correlação ambiental entre P365 e P550 também foi positiva (0,89) e de alta magnitude, o que significa dizer que as condições ambientes foram semelhantes na sua influência sob ambas as características. Entretanto, a simples constatação da presença de correlações genéticas e ambientais não tem uso prático para efeito de seleção indireta, mas sim, a constatação da correlação fenotípica, de forma que o importante nesse caso é identificar se a correlação fenotípica tem maior ou menor participação genética ou ambiental.

A esse respeito, destaca-se que a correlação fenotípica obtida foi positiva (0,71), superior ao valor (0,65) encontrado por Biffani et al. (1998) e Malhado et al. (2002), indicando que as características estudadas podem ser selecionadas conjuntamente. Como a correlação fenotípica entre duas características compõe-se de dois componentes: um ambiental e outro genético, a característica de mais alta herdabilidade, na presença de alta correlação genética, credencia-se a ser o caráter marcador no ato da seleção. Se a correlação fenotípica for determinada, principalmente, pela contribuição do ambiente, mas apresentar o mesmo sinal da correlação genética, não trará prejuízos à seleção fenotípica. A correlação fenotípica é expressa pela equação $r_p = h_x h_y r_a + e_x e_y e_r$, e, ao ser decomposta com os dados obtidos nessa pesquisa, mostra que a contribuição da parte genética para essa correlação foi pequena, quando comparada à parte ambiental.

Conclusões

Os efeitos de ambiente (Estado, fazenda dentro de Estado, sexo da cria, mês e ano de nascimento) sobre os pesos aos 365 e 550 dias para animais da raça Nelore, mostraram-se importantes fontes de variação. Portanto, é necessário um ajuste prévio quanto aos efeitos

ambientais para se realizar comparações entre diversos animais, a fim de amenizar a influência do meio.

O valor mediano da herdabilidade obtido para o peso aos 365 dias de idade e a alta correlação genética entre os pesos sugere ser possível antecipar a seleção para os doze meses de idade, sem prejuízos para o peso ao sobreano.

Literatura citada

BERTAZZO, R. P.; FREITAS, R. T. F.; GONÇALVES, T. M. et al. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, 5, p. 111 8-11 27, 2004.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características de crescimento em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.428-430.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; GIORGETTI, A. et al. Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.468- 473, 1999.

BITTENCOURT, T. C. C.; ROCHA, J. C. M. C.; LÔBO. et al. Estimação de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos da raça Nelore, usando diferentes modelos estatísticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 3, 2002.

CYRILLO, J. N. S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. et al. 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, n. 1, p. 56-65, 2001.

CONCEIÇÃO, F.M.; FERRAZ FILHO, P. B.; SILVA, L.O.C. et al. Fatores ambientais que influenciam o peso à desmama, ano e sobreano em bovinos da raça Nelore Mocha, no Sudoeste do Mato Grosso do Sul – Brasil. **Archives of Veterinary Science.**, v.10, n. 2, p. 157-165, 2005.

ELER, J.P.; LÔBO, R.B.; ROSA, A.N. Influência de fatores genéticos e de meio em pesos de bovinos da raça Nelore criados no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n. 2, p. 103-111, 1989.

FRIDRICH, A. B., SILVA, L.O.C., FIGUEIREDO, G. R. et al. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 663- 672, 2005.

FRIDRICH, A. B. **Interação Genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore**. Belo Horizonte, UFMG, 2007, 53p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

GUNSKI, R. J.; GARNERO, A.V.; BORJAS, A.R. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Revista Ciência Rural**, v.31, n.4, p. 603-607, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>. Acesso em dezembro de 2008.

MACHADO, P.F.A.; AQUINO, L.H.; GONÇALVES, T.T. Estimativas de parâmetros genéticos e critérios de seleção em características ponderais de bovinos Nelore. **Ciência e Agrotecnia**, v. 23, n.1, p. 197-204, 1999.

MALHADO, C.H.M., SOUZA, J.C., SILVA, L.O.C. et al. Influência da época de nascimento sobre as percentagens de crescimento do nascimento aos 550 dias de idade em bovinos da raça Guzerá criados em duas regiões brasileiras. In: REUNION LATINO AMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 17., 2001, Ciudad de la Habana, CUBA, **Anais...** CUBA; ALPA, 2001. CD-ROM

MALHADO, C. H. M., MARTINS FILHO, R., AZEVEDO, D.M.M. et al. Efeitos ambientais que influenciam a velocidade de crescimento em bovinos Nelore na região Nordeste. In: Reunião Anual Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife, **Anais...**Recife: SBZ, 2002. CD-ROM

MARCONDES, C. R.; BERGEMANN, J. A. G.; ELER, J. P. et al. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n.1, 2000.

MARCONDES, C. R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T. C. C. et al. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 1, 2002.

MARTINS FILHO, R., LÔBO, R.N.B., LIMA, F.A.M. Características de crescimento em bovinos Zebus criados nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1996. Ribeirão Preto, **Anais...Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Medicina Animal-Viçosa**, 1996. p. 303.

MILAGRES, J. C., CAMPOS DA SILVA, L.O., NOBRE, P. R. C. et al. Influência de fatores de meio e herança sobre pesos de animais da raça Nelore no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 14, n.4, p.468-485,1985.

MILAGRES, J.C.; ARAUJO, C.R.; TEIXEIRA, N.M.; TORRES, R.A. Influências de meio e de herança sobre os pesos ao nascer, aos 205 e aos 365 dias de idade de animais Nelore criados no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 455-465, 1993.

MIRANDA, E. Q. **Parâmetros genéticos de crescimento em bovinos da raça Guzerá nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte**, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará., 2001, 59 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará.

NOBRE, P. R. C.; ROSA, A N.; SILVA, L. O. C. Influência de fatores genéticos e de meio sobre pesos de gado Nelore no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 14, n. 3, p. 339-462, 1985.

NOBRE, P. R. C.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S. et al. Analyses of growth curves of Nelore cattle by multipletrait and Random Regression models. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 918-926, 2003.

PEDROSA, V. B. **Estimação dos Parâmetros Genéticos do Peso Adulto em Matrizes da Raça Nelore**, Pirassununga, Universidade de São Paulo, 2006, 77p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Agrárias)- Universidade de São Paulo.

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, n.6, p.720-727, 2001

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A. et al. Herdabilidade para efeitos diretos e maternos de características de crescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.4, p.1224-1227, 2001.

SAKAGUTI, E. S.; SILVA, M. A.; QUAAS, R. L. et al. Avaliação do crescimento de bovinos jovens da raça Tabapuã, por meio da análise de funções de covariâncias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 864-874, 2003.

SANTOS, P. F., GOMES, C.M., SILVA, L.O.C. et al. Correlação Genética, Fenotípica e Ambiental em características de crescimento de bovinos da raça Nelore, variedade Mocha. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p. 55-60, 2005.

SARMENTO, J. L. R. **Efeitos ambientais e genéticos no crescimento de bovinos Nelore na Paraíba**, Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2001, 46 p. Monografia de Graduação (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba.

SAS. **Statistical Analysis System** - User Guide: Stat, Version 6.11. Cary, (NC: Sas Institute Inc.) 2000.

SOUZA, J. C., MALHADO, C.H.M., SILVA, L.O.C., et al. Efeito do ambiente sobre o peso de bovinos da raça guzerá no Estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science**, v.7, n.1, p. 57-63, 2002.

SILVA, L. O. C. **Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore, criados a pastos no Brasil Central**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1990, 113 p. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Viçosa.

SILVEIRA, J. C.; McMANUS, C.; MASCIOLI, A. S. et al. Fatores Ambientais e Parâmetros Genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIQUEIRA, R. L. P. G.; OLIVEIRA, I. A.; LÔBO, R. B. et al. Análise da Variabilidade Genética Aditiva de Características de Crescimento na Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n.1, p.99-105, 2003.

SOUZA, J. E. R.; MARTINS FILHO, R.; OLIVEIRA, S. M. P. et al. Influência dos fatores de ambiente no desempenho de bovinos da raça Nelore no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 133-138, 2003.

SOUZA, M. F. A. **Estudo genético-quantitativo de características de crescimento de bovinos zebus da raça Nelore, nas regiões Meio-Norte e Norte do Brasil**, Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2007, 78 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Piauí.

SOUZA, J.C.; FERRAZ FILHO, P.B.; VALENCIA, E.F.T. et al. Estudo comparativo de peso ao desmame de bezerros filhos de touros Zebu e Europeu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31.,1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.181.

SOUZA, J.C.; RAMOS, A.A. Efeitos de fatores genéticos e do meio sobre os pesos de bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 167-172, 1995.

SOUZA, J.C.; RAMOS, A.A.R.; SILVA, L.O.C. et al. Fatores do ambiente sobre o peso ao desmame de bezerros da raça Nelore em regiões tropicais brasileiras. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 881-885, 2000.

SOUZA, J. C., MALHADO, C.H.M., SILVA, L.O.C., et al. Efeito do ambiente sobre o peso de bovinos da raça guzerá no Estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science**, v.7, n.1, p. 57-63, 2002.

VAN MELIS, M. H.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. V.; FERRAZ, J. B. S. Estimação de parâmetros genéticos em bovinos de corte utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1624-1632, 2003 (Supl.1).

4. CAPÍTULO II

INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE SOBRE PESOS DE BOVINOS NELORE NA SUB-REGIÃO MEIO-NORTE DO BRASIL

RESUMO

O efeito da interação genótipo-ambiente sobre a classificação de touros, com base nos seus valores genéticos preditos foi estudado para os pesos aos 365 (P365) e 500 (P550) dias de idade de bovinos da raça Nelore criados na sub-região Meio-Norte do Brasil. Foram utilizados três arquivos de dados: um arquivo de dados geral com as informações das características estudadas (P365 e P550) nos dois Estados e dois arquivos de modo que um agrupou as informações do P365 medidos nos dois Estados como características diferentes e, no outro, as informações de P550 medidos nos dois Estados como características distintas. As estimativas foram executadas com auxílio do programa WOMBAT (Meyer, 2006), que utiliza o Método da Máxima Verossimilhança Restrita, empregando o algoritmo EM (Expectation – Maximization, para maximização da função de verossimilhança. O critério de convergência utilizado foi de 10^{-8} . O efeito da interação genótipo-ambiente foi avaliado considerando a mesma característica expressa nos dois Estados, Piauí e Maranhão, como características distintas e por meio da mudança na ordem de classificação dos reprodutores com base nos valores genéticos preditos e a partir dos pesos de suas progênes tomados nos dois Estados como características diferentes. As correlações genéticas encontradas para as características P365 e P550, ambas consideradas características distintas no Piauí e Maranhão, foram respectivamente, iguais a - 0,17 e - 0,12. As correlações de Spearman entre a classificação dos reprodutores com base nos valores genéticos preditos foram -0,49 para P365 e -0,42 para P550. Estes resultados indicam que existem evidências de interação genótipo-ambiente sobre o peso ao ano e sobreano de bovinos Nelore criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

Palavras-chave: bovinos, correlação, interação genótipo-ambiente, Nelore, pesos

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION ON WEIGHT IN NELORE BOVINES AND MID-NORTH SUB-REGION OF BRAZIL

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of the interaction between genotype and environment on the classification of Nelore bulls raised in Piauí and Maranhão (Brazilian mid-north sub-region). This classification was based on animals predicted genetic values was for weights at 365 (W365) and 500 (W500) days of age. Three data sources were used: a general data archive containing information about W365 and W550; an archive containing only W365 information as a different characteristic; and another archive containing only W550 information as a distinct characteristic. Estimates were performed with WOMBAT software (Meyer, 2006), which uses the method of the maximum restricted likelihood, using the algorithm IN (Expectation – Maximization), for maximization of the function. Convergence criterion was 10^{-8} . The genotype-environment interaction was evaluated considering the same expressed characteristic in the both states as a distinct characteristic, and by sires classification changes based on predicted genetic values, and form lineages weights measured as different characteristics. Genetic correlations between W365 and W550, both considered distinct characteristic in Piauí and Maranhão, were -0.17 and -0.12, respectively. Spearman's correlations among sires classification, based on predicted genetic values, were -0.49 for P365 and -0.42 for P550. One can conclude that there are evidences of genotype-environment interaction on weight at twelve and eighteen months of Nelore cattle raised in Brazilian mid-north sub-region.

Key Words: cattle; correlation; genotype-environment interaction; Nelore; weights

Introdução

O rebanho efetivo de bovinos no Brasil possui quase 200 milhões de animais, segundo o IBGE (2008), qualificando-o como o maior rebanho comercial do mundo. Entretanto, o país ainda apresenta índices de produtividade considerados baixos, se comparado a outros países. O volume comercializado em 2007 foi de apenas 20,5 milhões de animais, o que corresponde a aproximadamente 10% do rebanho efetivo. Este panorama tem provocado mudanças de rumos nos conceitos e critérios de seleção de animais geneticamente superiores, as quais podem ser demonstradas pela preocupação dos criadores em adotar e/ ou participar de algum dos programas de melhoramento e avaliações genéticas de bovinos de corte no Brasil.

Em alguns estudos de características de crescimento, tem crescido a preocupação sobre respostas dos indivíduos em função dos diferentes ambientes em que são avaliados. Ao ser devidamente detectada, a interação genótipo-ambiente implica em predição viesada dos valores genéticos, com conseqüente redução do progresso genético. Assim, estudos que visam identificar e quantificar o impacto deste tipo de interação na avaliação genética de bovinos de corte se justificam pela importância na recomendação de animais geneticamente superiores, geralmente criados em distintos ambientes e sistemas de produção (Pereira, 2008).

No melhoramento animal, as decisões de seleção têm sido frequentemente tomadas entre grupos de animais criados em ambientes diversos, os quais podem diferir tanto na média de desempenhos, quanto na variabilidade, e podem levar a diferenças nas estimativas de componentes de (co)variâncias e de parâmetros genéticos.

No Meio-Norte, zona de transição com características distintas das regiões Norte e Nordeste, animais considerados superiores em determinados ambientes, podem não manifestar o seu potencial genético, mostrando-se inferiores, se colocados em outro ambiente, em virtude das condições diferenciadas de clima e manejo existentes. Não há registros na

literatura consultada acerca da constatação de interação genótipo-ambiente e seu impacto, especificamente, no Meio-Norte do Brasil, portanto, uma abordagem nesse sentido é fundamental para a pecuária de corte explorada nesta sub-região.

Os trabalhos consultados na literatura encontraram diferenças nas herdabilidades e na predição dos valores genéticos como consequência da interação genótipo-ambiente em bovinos Nelore nas diferentes regiões do Brasil (Ferreira et al., 1999; Eler et al., 2000; Ferreira et al., 2001; Toral et al., 2004; Ribeiro, 2006; Teixeira et al., 2006; Fridrich et al., 2007; Alencar et al., 2008; Lopes et al., 2008). Estas evidências permitem supor a provável existência de interação genótipo-ambiente em bovinos Nelore criados no Meio-Norte do Brasil, considerando-se as diferenças ambientais existentes entre os dois Estados que compõem esta sub-região.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a existência de interação genótipo-ambiente sobre os pesos ao ano e sobreano de bovinos da raça Nelore, criados no Meio-Norte do Brasil.

Material e Métodos

Os pesos analisados foram obtidos juntos à Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), referentes a animais da raça Nelore, nascidos de 1976 a 2006, incluídos no sistema de Controle de Desenvolvimento Ponderal (CDP) realizado pela ABCZ, criados na sub-região Meio-Norte do Brasil.

O conjunto inicial dos dados possuía 7.832 registros de pesagens de bovinos da raça Nelore. Os dados iniciais foram submetidos à análise prévia de consistência de forma a manter pesos dentro da média de todos os animais de mesmo grupo contemporâneo \pm três desvios-padrão, reprodutores com pelo menos três filhos nos dois Estados, grupos de

contemporâneos com, no mínimo, três animais e vacas com idades inferiores a 24 anos, distribuídos em 34 rebanhos, criados exclusivamente a pasto. Após as restrições, restaram para análises 1.819 e 1.395 pesos, respectivamente, aos 365 e 550 dias de idade, de animais filhos de 174 touros. O número de animais total na matriz de parentesco foi 4.291.

Os grupos de contemporâneos foram definidos como animais pertencentes ao mesmo Estado, fazenda, mês e ano de nascimento e do mesmo sexo. A seguir é apresentada uma breve descrição da sub-região estudada.

A dinâmica climática do Estado do Piauí caracteriza-se pela sua grande complexidade exemplificada pela destacada variabilidade pluviométrica registrada no tempo (chuvas concentradas em poucos meses) e no espaço (distribuição espacial das chuvas). O Estado caracteriza-se, como uma típica zona de transição e apresenta, conjuntamente, aspectos do semi-árido nordestino, da pré-Amazônia e do Planalto Central do Brasil. Suas formações vegetais são separadas por zonas de contato, nas quais ocorrem dois ou mais tipos de associações de plantas, que constituem agrupamentos de transição. O Maranhão é constituído por uma área de transição entre a Amazônia úmida e enflorestada e o Sertão, de clima semi-árido e vegetação xerófila. O Estado apresenta uma especificidade regional única, favorecida por sua climatologia que não acolhe a difícil aridez do Nordeste, nem recebe a excessiva umidade da Amazônia e apresenta a maior diversidade de biomas (Pré-Amazônia, Cocais, Lençóis Maranhenses, Cerrados, Semi-Árido, Manguezais) entre os Estados brasileiros, o que lhe confere uma rica biodiversidade e diversidade de clima e solo (Moreira, 1990).

As características estudadas foram os pesos padronizados aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade. Para este estudo, foram utilizados três arquivos de dados, um arquivo de dados geral com as informações das características conjuntamente nos dois Estados. Posteriormente, o arquivo foi dividido em dois, de modo que um agrupou as informações do P365 medidos

nos dois Estados como características diferentes e, no outro, as informações de P550, também medidos nos dois Estados como características distintas.

O efeito da interação genótipo-ambiente foi avaliado considerando a mesma característica expressa nos dois Estados, Piauí e Maranhão, como características distintas e determinadas por grupos diferentes de genes, conforme proposto por Falconer (1952). Para isso, inicialmente, foi assumido que a diferença entre as magnitudes nos componentes de variância e nas herdabilidades estimadas para o mesmo peso nos dois Estados e que as correlações genéticas de baixa magnitude entre o mesmo peso medido nos dois Estados, assumido como características distintas, constituíam indícios de interação genótipo-ambiente.

As análises foram realizadas no Campus Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no município de Bom Jesus. Os componentes de variância e os parâmetros genéticos foram estimados por meio de análise bivariada, utilizando um modelo animal, que considerou o mesmo peso nos dois Estados como características diferentes e pode ser escrito, em notação matricial, como segue:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix},$$

$$d = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix}, \quad e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

y_1 = peso aos 365 dias analisado como característica distinta nos dois Estados;

y_2 = peso aos 550 dias analisado como característica distinta nos dois Estados;

Matricialmente, o modelo estatístico é o seguinte:

$$y_i = X\beta_i + Zd_i + e_i, \text{ em que}$$

y_i = vetor de observações do mesmo peso medido nos Estados diferentes;

X = matriz de incidência de efeitos fixos;

β_i = vetor de efeitos fixos;

Z_i = matriz de incidência de efeitos genéticos aditivos diretos;

d_i = vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos;

e = vetor de efeitos residuais.

Admitindo-se que y , d e e tenham distribuição normal multivariada, tem-se que:

$$E \begin{bmatrix} y \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{VAR} = \begin{bmatrix} y \\ d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & \phi \\ R & \phi & R \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$V = ZGZ' + R$, $G = A \otimes G_0$ e $R = I_n \otimes R_0$, onde:

A = matriz de parentesco, $n \times n$, do numerador do coeficiente de parentesco entre os n animais;

G_0 e R_0 = matrizes, $q \times q=2$, de (co)variâncias genéticas diretas e variâncias residuais,

respectivamente, para os pesos, nas duas idades, medidos em cada Estado como características distintas;

I = matriz identidade i ;

\otimes = operador produto-direto (Searle, 1971);

Assim,

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a11}^2 & \sigma_{a12}^2 \\ \sigma_{a21}^2 & \sigma_{a22}^2 \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

σ_{aii}^2 = variância genética aditiva da característica i;

σ_{aij}^2 = covariância genética aditiva entre as características i e j;

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e11}^2 & \sigma_{e12}^2 \\ \sigma_{e21}^2 & \sigma_{e22}^2 \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

σ_{eii}^2 = variância residual da característica i.

As estimativas foram obtidas com auxílio do programa WOMBAT (Meyer, 2006), que utiliza o Método da Máxima Verossimilhança Restrita, empregando o algoritmo EM (Expectation –Maximization, DEMPSTER et al., 1977) para maximização da função de verossimilhança. Este procedimento é muito estável numericamente e apresenta convergência mesmo que os valores iniciais não estejam próximos dos valores paramétricos. O critério de convergência utilizado foi 10^{-8} .

Para predição dos valores genéticos, utilizou-se o Melhor Preditor Linear Não Viesado (BLUP) por meio da Metodologia de Modelos Mistos de Henderson (1975). Considerando o modelo animal apresentado anteriormente, as equações podem ser representadas como segue:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}Y \\ Z'R^{-1}Y \end{bmatrix}, \text{ onde: } G^{-1} = A^{-1} \otimes G_0^{-1}$$

O efeito da interação genótipo-ambiente foi avaliado também por meio da mudança na ordem de classificação dos reprodutores com base nos valores genéticos preditos a partir dos pesos de suas progênies tomados nos dois Estados como características diferentes. A similaridade entre a classificação dos reprodutores nos dois Estados foi avaliada por meio da correlação de Spearman (SAS, 2000).

Resultados e Discussão

As variâncias genéticas aditivas para P365 e P550 no Piauí e Maranhão (Tabela 1) foram maiores que a variância genética aditiva para P365 e P550 na análise do arquivo geral. Este comportamento pode ser visto como indício de que a magnitude dessas variâncias se deu em função de especificidade de um ou outro ambiente, ou seja, indicativo da presença de interação genótipo-ambiente.

Convém considerar nessa abordagem a constatação de que a variância genética aditiva no P550 não superou a observada no P365, discordando da literatura e do fato de novos genes passarem a se expressar com o aumento de idade do animal, logo, podendo incrementar a variância aditiva. Entretanto, o tamanho do banco de dados pode levar à não constatação de variância aditiva, em função da formação de grupos contemporâneos pequenos, porém, o efeito de seleção pode ocorrer contribuindo para essa redução.

Tabela 1- Estimativas de (co)variâncias genética aditiva, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade considerados características distintas em rebanhos do Piauí (PI), Maranhão (MA) e no arquivo geral

Componente de (co)variância	P365		
	PI	MA	Geral
Variância genética aditiva	224,32	229,11	213,83
Variância ambiental	516,14	540,28	569,07
Variância fenotípica	740,45	769,39	782,91
Covariância genética		-39,84	
Covariância fenotípica		-39,84	
Componente de (co)variância	P550		
	PI	MA	Geral
Variância genética aditiva	362,15	511,52	205,72
Variância ambiental	1.478,2	1.158,7	1.407,60
Variância fenotípica	1.840,4	1.670,2	1.613,30
Covariância genética		-54,43	
Covariância fenotípica		-54,43	

Para P365, a variância genética aditiva em cada Estado aumentou quando comparada com o arquivo geral, ao passo que as variâncias fenotípica e ambiental diminuíram. Isso

ocorreu porque as diferenças nas variâncias ambientais e fenotípicas tenderam a aumentar ao se fazer a análise em conjunto, uma vez que indivíduos submetidos a condições ambientais diferentes são comparados.

Esse resultado demonstra uma aparente presença de variâncias ambientais heterogêneas nos dados destes Estados, que podem contribuir para a presença de interação genótipo-ambiente, com potencial para interferir na predição dos valores genéticos dos animais e na sua acurácia. Observou-se comportamento similar para a variância genética aditiva no peso ao sobreano. Porém, os menores valores para os componentes de variância ambiental estimados nessa idade com os dados do Maranhão, sugerem que as condições de criação neste Estado são mais homogêneas que as do Piauí. Uma explicação para esse comportamento é considerar que provavelmente nessa idade, os animais nos dois Estados foram mais expostos à criação a pasto, e, como as condições presentes no Estado do Maranhão são mais favoráveis à expressão do potencial genético dos animais, a variância genética se sobressaiu e, conseqüentemente, houve uma redução da influência ambiental nessa característica.

Observa-se uma covariância genética negativa entre os dois pesos vistos como características distintas nos dois Estados, o que significa dizer que os genes que controlam uma característica num ambiente são diferentes daqueles responsáveis pela expressão da característica no outro ambiente. Entretanto, a proporcionalidade de variâncias genética e ambiental nos dois Estados, ou seja, menor variância genética e menor variância de ambiente em determinado local, enquanto ocorre maior variância genética e maior variância de ambiente em outro, pode resultar em valores de herdabilidade equivalente nos dois locais, logo, não permite visualizar interação genótipo-ambiente neste caso, mesmo considerando que a herdabilidade é específica de cada situação ou rebanho.

A constatação de covariâncias genética e fenotípica negativas quando os dois pesos foram considerados como características distintas nos dois Estados, pode ser vista como uma indicação de associação negativa entre genótipo e fenótipo.

A estimativa da herdabilidade (Tabela 2) para o peso aos 365 dias de idade, considerado como características distintas nos dois Estados, foram de magnitude média no Piauí e Maranhão (0,30) e manteve similar constância (0,27) na análise do arquivo geral de dados. Sendo assim, a visualização dos valores de herdabilidade não foram suficientes para caracterizar a presença de interação genótipo-ambiente, fato contrário ao se considerar a estimativa da correlação genética obtida para a mesma característica nos dois Estados.

Tabela 2- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 365 (P365) dias de idade, no Piauí (PI), Maranhão (MA)

Parâmetro	PI	MA	Geral
Herdabilidade direta	0,30	0,30	0,27
Correlação genética		-0,17	
Correlação fenotípica		-0,05	

A magnitude média da herdabilidade para este peso no Piauí, Maranhão e no arquivo geral, sugerem efeito relativamente alto do ambiente sobre esta característica nas condições de criação adotadas. Porém, de maneira geral, estimativas de herdabilidade mediana para o peso aos 365 dias semelhantes nos dois Estados indicam que a raça Nelore apresenta variabilidade genética aditiva suficiente para que ocorra resposta à seleção baseada neste peso.

O valor da correlação genética encontrado para o peso ao ano (Tabela 2), considerado característica distinta nos dois Estados, representa forte indício da existência de interação genótipo-ambiente. Essa estimativa de correlação genética baixa e negativa (-0,17) sugere que o conjunto de genes com ação aditiva que influenciou a característica nas condições de criação do Piauí não foi o mesmo que influenciou a característica em animais criados no Maranhão, considerando-se que, de acordo com Robertson (1959), quando o valor da

correlação genética for menor que 0,8, a interação genótipo-ambiente passa a assumir papel importante na expressão da característica.

Para P550 (Tabela 3), visto como característica diferente nos dois Estados, a herdabilidade estimada no Piauí e Maranhão foi 0,20 e 0,31, respectivamente, considerada de média magnitude e diferente da herdabilidade estimada com os dados do arquivo geral, que foi igual a 0,13, logo, de baixa magnitude, o que caracteriza indícios de interação genótipo-ambiente nessa característica.

Tabela 3- Estimativas de herdabilidade direta e das correlações genética, ambiental e fenotípica dos pesos aos 550 (P550) dias de idade, no Piauí (PI) e Maranhão (MA)

Parâmetro	PI	MA	Geral
Herdabilidade direta	0,20	0,31	0,13
Correlação genética		-0,13	
Correlação fenotípica		-0,03	

A correlação genética negativa entre o peso aos 550 dias, considerado como característica distinta nos dois ambientes, também evidencia a presença de efeito da interação genótipo-ambiente, considerando-se também que a correlação genética baixa e negativa significa que os genes atuantes na característica em um Estado para P550, não serão os mesmos genes responsáveis pela expressão da característica no outro Estado.

A correlação de ordem de Spearman também foi usada para caracterizar a existência de interação genótipo-ambiente na raça Nelore, com base nos dados da sub-região Meio Norte do Brasil. As correlações foram negativas para esses pesos quando tratados como características distintas nos dois Estados, cujos valores foram - 0,49 e -0,42, respectivamente, para o peso ao ano e sobreano.

O valor negativo da correlação indica que houve inversão na ordem de classificação dos reprodutores em cada Estado, demonstrando que os reprodutores deveriam ser testados em

cada Estado, principalmente ao se considerar que eles apresentam condições ambientais bem distintas.

Assim, para os pesos ao ano e sobreano, os valores da correlação de Spearman evidenciaram mudança na classificação dos reprodutores, quando ordenados com base no valor genético predito em cada ambiente, caracterizando manifestação da interação genótipo-ambiente, o que dá mais suporte à hipótese que os reprodutores não apresentarão o mesmo desempenho, se recomendados para os dois Estados, comportamento que também foi constatado por Teixeira et al. (2006).

Resultados com sinal negativo para esta correlação, semelhantes aos obtidos neste estudo, não são comuns na literatura consultada, sendo mais raros ainda em estudos com bovinos da raça Nelore, na região Nordeste, porém, Fridrich et al. (2005) encontraram correlação de postos de Spearman em bovinos Tabapuã para P365 dias de idade igual a -0,51 para as regiões Sul e Nordeste do Brasil, evidenciando diferenças na expressão do desempenho dos animais em função do ambiente em que foram criados.

Como já foi mencionado anteriormente, no Brasil, país de grande extensão territorial, as acentuadas diferenças climáticas, nutricionais e de manejo em que os animais são submetidos em cada região, podem ser responsáveis pelos seus diferentes desempenhos nos ambientes. Os resultados obtidos indicam que os reprodutores com melhores resultados em um Estado não repetiram igual desempenho no outro Estado, ou seja, sugerem respostas diferentes dos reprodutores quando utilizados nos dois Estados, havendo a necessidade de uma eventual avaliação criteriosa dos animais, para evitar investimentos em reprodutores, que podem não corresponder ao esperado em determinados ambientes.

Constata-se que a interação genótipo-ambiente se mostrou importante para as análises de dados que envolvam estes dois Estados, portanto, considera-se que, por localizarem-se na zona de transição entre as regiões Norte e Nordeste, apresentam particularidades climáticas e

de manejo animal que implicam na necessidade de levar em consideração a importância da interação genótipo-ambiente quando das análises genéticas com objetivos de estimativas de valores genéticos dos reprodutores da raça Nelore para essa sub-região do país.

Uma demonstração mais direta da presença de interação genótipo-ambiente pode ser visto na Tabela 5, na qual se apresenta a modificação no ordenamento de 10% dos melhores animais, quando classificados com base nos valores genéticos preditos com a mesma característica nos dois Estados.

Tabela 4- Classificação de 10% dos reprodutores com base no valor genético para o peso aos 365 (P365) e 550 (P550) dias de idade no Piauí (PI) e Maranhão (MA)

Reprodutor	P365		Reprodutor	P550	
	PI	MA		PI	MA
562	1	151	562	1	144
297	2	171	454	2	6
480	3	49	297	3	133
554	4	131	480	4	149
576	5	129	404	5	32
62	6	13	576	6	103
551	7	127	62	7	33
454	8	12	268	8	137
268	9	146	26	9	100
374	10	168	408	10	106
326	11	123	124	11	47
410	12	170	554	12	99
124	13	33	141	13	38
404	14	10	68	14	112
350	15	116	354	15	95
681	16	115	426	16	94
389	17	154	561	17	93

Houve mudança (troca de posição) na classificação dos reprodutores (Tabela 5) para P365 e P550, quando eles foram ordenados por seus valores genéticos obtidos no Piauí em relação aos preditos no Maranhão, o que indica forte manifestação de interação genótipo-ambiente. Observa-se que para P365 e P550, os reprodutores que ocuparam as primeiras posições no Piauí, sofreram inversão de posição e passaram para as últimas colocações

quando avaliados no Maranhão. O reprodutor 562 obteve 1º lugar na classificação com base no valor genético predito para P365 no Piauí, ao passo que no Maranhão, o referido reprodutor obteve a posição 151º para o mesmo peso, o que ilustra o caso mais severo do efeito da interação genótipo-ambiente. Para P550, o reprodutor 562 que obteve o 1º lugar na classificação com base no valor genético predito no Piauí, ocupou a 133ª colocação no Maranhão.

As correlações entre os valores genéticos e entre a classificação dos reprodutores assumem maior importância ao se considerar que, em programas de seleção, apenas os indivíduos com os melhores valores genéticos são escolhidos para reprodução e, sendo os valores de correlação baixos, um touro escolhido com base nas informações dos filhos criados em determinada região, poderia não ser escolhido se avaliado pelas informações de seus filhos criados em outras regiões.

A alteração observada na classificação dos animais, ocorreu em função da presença da interação genótipo-ambiente, o que implica na necessidade de atenção na escolha do reprodutor a ser utilizado, pois a escolha equivocada de um touro pode prejudicar o progresso genético dos rebanhos, logo a existência da interação genótipo-ambiente encontrada na sub-região Meio-Norte indica que a sua inclusão nas avaliações genéticas seria de grande valia para maior progresso genético nos animais em cada Estado.

Conclusões

Existem evidências de interação genótipo-ambiente para os pesos ao ano e sobreano de bovinos da raça Nelore criados no Meio-Norte do Brasil, de modo que os animais selecionados como de mérito genético superior para um Estado não o serão para o outro.

Houve mudança significativa entre as ordens de classificação dos animais nos dois Estados e baixa correlação genética entre eles, sugerindo que a diferença de ambiente entre os Estados propicia expressões de diferentes conjuntos gênicos em cada ambiente.

A avaliação para bovinos Nelore no Meio-Norte deve considerar o efeito da interação genótipo-ambiente ou deve ser feita a nível de Estado.

Literatura citada

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; GOLDEN, B.L et al. Influência da interação touro x rebanho na estimação da correlação entre efeitos genético direto e materno em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 29, n. 6, p. 1642-1648, 2000.

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

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4nd ed. New York: Longman Group, ESSEX, New York, 1996. 464 p.

FERREIRA, V.C.P. **Interação genótipo-ambiente em algumas características produtivas de gado de corte no Brasil**. 1999. 45f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária -Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

FRIDRICH, A.B.; SILVA, M.A.; FRIDRICH, D. et al. Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Tabapuã. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 57, n.5, p.663- 672, 2005.

FRIDRICH, A. B. **Interação Genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore**. Belo Horizonte, UFMG, 2007, 53p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>. Acesso em dezembro de 2008.

LOPES, J. S.; RORATO, P. R. N., W. T. et al. 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, n.1, p.54-60, 2008.

MOREIRA, I. A. G. **O espaço geográfico**. 28ª ed. São Paulo:Ática, 1990, 78p.

PEREIRA, J.C.C. 2004. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. Ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 618 p.

RIBEIRO, S. **Estudo da interação genótipos x ambiente em algumas características produtivas na raça Nelore**. 2006. 72 p. - Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga.

RIBEIRO, S. et al. Influência da interação genótipo-ambiente sobre características pós-desmama em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 14, n.1, p.72-80, 2007

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

SAS. Statistical Analysis System - User Guide: Stat, Version 6.11. Cary, (NC: Sas Institute Inc.) 2000.

TEIXEIRA et al. Interação genótipo-ambiente em cruzamentos de bovinos de corte. **Revista Brasileira de zootecnia**. v. 35, n.4, p.1677-1683, 2006.

TORAL, F. L. B. ; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N.; et al. Interação genótipo x 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.

5. Considerações Finais

O conhecimento das fontes de variação significativas sobre características de crescimento de bovinos Nelore no Meio-Norte, direciona quais ajustes devem ser feitos de modo a amenizar a interferência dos mesmos na resposta dos animais.

Estudos para avaliação da tendência genética devem ser realizados a fim de verificar se está havendo progresso genético nos rebanhos, dada a comprovação do efeito da interação genótipo-ambiente na sub-região Meio-Norte do Brasil.

Com base no fato de que a interação genótipo-ambiente pode prejudicar o progresso genético das populações de bovinos de corte pelo uso inadequado de reprodutores, é de fundamental importância a consideração de seu efeito nas avaliações genéticas dos animais.

6. Referências Bibliográficas

ALENCAR, M. M.; TREMATO, R. L.; OLIVEIRA, J. A .L. et al. Características de crescimento até a desmama de bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n 1, p 40 . 46, 1998.

AZEVEDO, C. F. de. **Avaliação do desenvolvimento ponderal de rebanhos Nelore e Guzerá no Estado do Rio Grande do Norte**. Fortaleza Universidade Federal do Ceará, 1999. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

AZEVEDO, D. M. M. A pecuária de corte no Brasil: características morfológicas e produtivas da raça Nelore. Piauí: **EMBRAPA MEIO-NORTE**, 2007.

BERTAZZO, R. P.; FREITAS, R. T. F.; GONÇALVES, T. M. et al. Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, 5, p. 111 8-11 27, 2004.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; BOZZI, R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características de crescimento em animais da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.428-430.

BIFFANI, S.; MARTINS FILHO, R.; GIORGETTI, A. et al. Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.468- 473, 1999.

BITTENCOURT, T. C. C.; ROCHA, J. C. M. C.; LÔBO. et al. Estimação de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos da raça Nelore, usando diferentes modelos estatísticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 3, 2002.

CONCEIÇÃO, F.M.; FERRAZ FILHO, P. B.; SILVA, L.O.C. et al. Fatores ambientais que influenciam o peso à desmama, ano e sobreano em bovinos da raça Nelore Mocha, no Sudoeste do Mato Grosso do Sul – Brasil. **Archives of Veterinary Science.**, v.10, n. 2, p. 157-165, 2005.

CYRILLO, J. N. S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. et al. 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, n. 1, p. 56-65, 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa : UFV, 1994. 390p.

ELER, J.P.; LÔBO, R.B.; ROSA, A.N. Influência de fatores genéticos e de meio em pesos de bovinos da raça Nelore criados no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n. 2, p. 103-111, 1989.

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; GOLDEN, B.L et al. Influência da interação touro x rebanho na estimação da correlação entre efeitos genético direto e materno em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 29, n. 6, p. 1642-1648, 2000.

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

FALCONER, D.S. **Introdução à Genética Quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4nd ed. New York: Longman Group, ESSEX, New York, 1996. 464 p.

FERRAZ FILHO, P.B., RAMOS, A.A., SILVA, L.O.C., et al. Herdabilidade e correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para pesos em diferentes idades de bovinos da raça Tabapuã. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 65-69, 2002.

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

FRIDRICH, A. B., SILVA, L.O.C., FIGUEIREDO, G. R. et al. Interação genótipo x ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 663- 672, 2005.

FRIDRICH, A. B. **Interação Genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos de características ponderais de bovinos Nelore**. Belo Horizonte, UFMG, 2007, 53p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

FRIDRICH, A. B.; SILVA, M. A., VALENTE, B. D. et al. Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos dos pesos aos 205 e 365 dias de idade de bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v.60, n. 4, p. 917-925, 2008.

GUNSKI, R. J.; GARNERO, A.V.; BORJAS, A.R. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Revista Ciência Rural**, v.31, n.4, p. 603-607, 2001.

HAFEZ, E.S.E. **Reprodução animal**. 6 ed. Tradução por Renato Campanarut Barnabe. São Paulo: Nanole, 1995. 582p., Cap. 3, p.59-94.

HAMMOND, J. Animal breeding in relation to nutrition and environment conditions. **Journal Animal Science**. v. 22, n. 2, p. 195-213, 1947.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>. Acesso em dezembro de 2008.

LOPES, J. S.; RORATO, P. R. N., W. T. et al. 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, n.1, p.54-60, 2008.

LUSH, J. L. **Bases para La Selección Animal**. 10 ed. Buenos Aires: Agropecuárias Peri, 1965, 673 p.

MACHADO, P.F.A.; AQUINO, L.H.; GONÇALVES, T.T. Estimativas de parâmetros genéticos e critérios de seleção em características ponderais de bovinos Nelore. **Ciência e Agrotecnia**, v. 23, n.1, p. 197-204, 1999.

MALHADO, C.H.M., SOUZA, J.C., SILVA, L.O.C. et al. Influência da época de nascimento sobre as percentagens de crescimento do nascimento aos 550 dias de idade em bovinos da raça Guzerá criados em duas regiões brasileiras. In: REUNION LATINO AMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 17., 2001, Ciudad de la Habana, CUBA, **Anais...** CUBA; ALPA, 2001. CD-ROM

MALHADO, C. H. M., MARTINS FILHO, R., AZEVEDO, D.M.M. et al. Efeitos ambientais que influenciam a velocidade de crescimento em bovinos Nelore na região Nordeste. In: Reunião Anual Brasileira de Zootecnia, 39., 2002, Recife, **Anais...**Recife: SBZ, 2002. CD-ROM

MALHADO, C. H. M. Avaliação de Características Relacionadas a Velocidade de Crescimento em Bovinos da raça Nelore no Nordeste do Brasil. Fortaleza: UFC, 2003, 45p. **Dissertação** (Mestrado em Produção Animal).

MARCONDES, C. R.; BERGEMANN, J. A. G.; ELER, J. P. et al. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n.1, 2000.

MARCONDES, C. R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T. C. C. et al. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 1, 2002.

MARTINS FILHO, R., LÔBO, R.N.B., LIMA, F.A.M. Características de crescimento em bovinos Zebus criados nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1996. Ribeirão Preto, **Anais...**Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Medicina Animal-Viçosa, 1996. p. 303.

MASCIOLI, A.S.; ALENCAR, M.M.; BARBOSA, P.F.; NOVAES, A.P. de; OLIVEIRA, M.C.S. Estimativas de parâmetros genéticos e proposição de critérios de seleção para pesos na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n.1, p. 72- 82, jan./fev.1996.

MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (co)variância entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.997-1004, 2000.

MILAGRES, J. C., CAMPOS DA SILVA, L.O., NOBRE, P. R. C. et al. Influência de fatores de meio e herança sobre pesos de animais da raça Nelore no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 14, n.4, p.468-485,1985.

MILAGRES, J.C.; ARAUJO, C.R.; TEIXEIRA, N.M. et al. Influências de meio e de herança sobre os pesos ao nascer, aos 205 e aos 365 dias de idade de animais Nelore criados no nordeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 455-465, 1993.

MIRANDA, E. Q. **Parâmetros genéticos de crescimento em bovinos da raça Guzerá nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte**, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará., 2001, 59 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará.

MOREIRA, I. A. G. **O espaço geográfico**. 28ª ed. São Paulo:Ática, 1990, 78p.

NOBRE, P. R. C.; ROSA, A N.; SILVA, L. O. C. Influência de fatores genéticos e de meio sobre pesos de gado Nelore no Estado da Bahia. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 14, n. 3, p. 339-462, 1985.

NOBRE, P. R. C.; MISZTAL , I.; TSURUTA , S. et al. Analyses of growth curves of Nelore cattle by multipletrait and Random Regression models. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 918-926, 2003.

PEDROSA, V. B. **Estimação dos Parâmetros Genéticos do Peso Adulto em Matrizes da Raça Nelore**, Pirassununga, Universidade de São Paulo, 2006, 77p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Agrárias)- Universidade de São Paulo.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. Ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 618 p.

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, n.6, p.720-727, 2001.

PIMENTA FILHO, SOUZA, J.C., RAMOS, A.A. et al. Estimativas de herdabilidade de efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Guzerá, no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1220-1223, 2001.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; MARTINS, G.A. et al. Herdabilidade para efeitos diretos e maternos de características de crescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.4, p.1224-1227, 2001.

RIBEIRO, S. **Estudo da interação genótipos x ambiente em algumas características produtivas na raça Nelore**. 2006. 72 p. - Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga.

RIBEIRO, S. et al. Influência da interação genótipo-ambiente sobre características pós-desmama em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 14, n.1, p.72-80, 2007

SAKAGUTI, E. S.; SILVA, M. A.; QUAAS, R. L. et al. Avaliação do crescimento de bovinos jovens da raça Tabapuã, por meio da análise de funções de covariâncias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 864-874, 2003.

SANTORO, K. R.; SARMENTO, J. L. R.; RIBEIRO, N. M.; PIMENTA FILHO, E. C. Influência de efeitos ambientais sobre o ganho de peso de bovinos das raças Guzerá, Nelore e Indubrasil no estado da Paraíba. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. 1998, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: SNPA, 1998, V. 2, p.127.

SANTORO, K. R.; BARBOSA, S. B. P.; OLIVEIRA, J. C. V. Influência de efeitos fixos, sobre características de crescimento em bovinos Indubrasil, no estado de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

SANTOS, P. F., GOMES, C.M., SILVA, L.O.C. et al. Correlação Genética, Fenotípica e Ambiental em características de crescimento de bovinos da raça Nelore, variedade Mocha. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p. 55-60, 2005.

SARMENTO, J. L. R. **Efeitos ambientais e genéticos no crescimento de bovinos Nelore na Paraíba**, Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2001, 46 p. Monografia de Graduação (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba.

SARMENTO, J. L. R., PIMENTA FILHO., RIBEIRO, M. N. Efeitos ambientais e genéticos sobre o ganho em peso diário de bovinos Nelore no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 2, p.325-330, 2003.

SAS. **Statistical Analysis System** - User Guide: Stat, Version 6.11. Cary, (NC: Sas Institute Inc.) 2000.

SILVA, L. O. C. **Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore, criados a pastos no Brasil Central**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1990, 113 p. Tese de Doutorado –Universidade Federal de Viçosa.

SILVEIRA, J. C.; McMANUS, C.; MASCIOLI, A. S. et al. Fatores Ambientais e Parâmetros Genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 33, n.6, p.1432-1444, 2004.

SIMONELLI, S.M.; MARTINS, E. N.; SAKAGUTI, E.S. et al. Interação genótipo x ambiente para pesos à desmama, ano e sobreano na raça Nelore. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5, Pirassununga, 2004. **Anais...**Pirassununga: SBMA, 2004.

SIQUEIRA, R. L. P. G.; OLIVEIRA, I. A.; LÔBO, R. B. et al. Análise da Variabilidade Genética Aditiva de Características de Crescimento na Raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n.1, p.99-105, 2003.

SOUSA, J. E. R.; MARTINS FILHO, R.; OLIVEIRA, S. M. P. et al. Influência dos fatores de ambiente no desempenho de bovinos da raça Nelore no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 133-138, 2003.

SOUSA, M. F. A. **Estudo genético-quantitativo de características de crescimento de bovinos zebus da raça Nelore, nas regiões Meio-Norte e Norte do Brasil**, Teresina, Universidade Federal do Piauí, 2007, 78 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Piauí.

SOUSA, P. R. S. **Efeitos ambientais e genéticos sobre o desempenho pré e pós-desmama em bovinos Nelore na região Sul do Brasil**. Santa Maria, UFSM, 2005, 66p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

SOUZA, J.C.; FERRAZ FILHO, P.B.; VALENCIA, E.F.T. et al. Estudo comparativo de peso ao desmame de bezerros filhos de touros Zebu e Europeu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31.,1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.181.

SOUZA, J.C.; RAMOS, A.A. Efeitos de fatores genéticos e do meio sobre os pesos de bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 167-172, 1995.

SOUZA, J. C. **Interação genótipo x ambiente sobre o peso ao desmame de zebuínos da raça Nelore no Brasil**. Botucatu, UNESP, 1997, 122 p. Tese (Doutorado em Genética). Universidade Estadual Paulista, 1997.

SOUZA, J.C.; RAMOS, A.A.R.; SILVA, L.O.C. et al. Fatores do ambiente sobre o peso ao desmame de bezerros da raça Nelore em regiões tropicais brasileiras. **Ciência Rural**, v. 30, n. 5, p. 881-885, 2000.

SOUZA, J. C., MALHADO, C.H.M., SILVA, L.O.C., et al. Efeito do ambiente sobre o peso de bovinos da raça guzerá no Estado de São Paulo. **Archives of Veterinary Science**, v.7, n.1, p. 57-63, 2002.

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; ALENCAR, L. L. et al. Interação genótipo-ambiente em cruzamentos de bovinos de corte. **Revista Brasileira de zootecnia**. v. 35, n.4, p.1677-1683, 2006.

TORAL, F. L. B. ; SILVA, L.O.C.; MARTINS, E.N. et al. Interação genótipo x 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.

VAN MELIS, M. H.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. V. et al. Estimação de parâmetros genéticos em bovinos de corte utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1624-1632, 2003 (Supl.1).

VITA, G. Nelore: **Somatória de atributos espalha o boi de capim por todo o Brasil**. *DBO*. ano 25, n.310, p. 110-111, 2006.

WOLF, J., SOUZA, J.C., SILVA, L.O.C., et al., Estudo do efeito de meio sobre o peso aos 205 e 365 dias em animais da raça guzerá em três regiões do Brasil. In: Reunião Latino Americana de Produção Animal, 17, 2001, Cidade de La Habana, **Anais... CUBA – CD-ROM**./.