

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**IDENTIFICAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM MAIOR
POTENCIAL PARA MACIEZ DE CARNE EM BOVINOS DA RAÇA NELORE
MOCHO**

Letícia Mendes de Castro
Orientador: Cláudio Uihôa Magnabosco

GOIÂNIA
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**IDENTIFICAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM MAIOR
POTENCIAL PARA MACIEZ DE CARNE EM BOVINOS DA RAÇA NELORE
MOCHO**

Dissertação apresentada para
obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal junto à Escola de Veterinária e
Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de Pesquisa:

Fatores Genéticos e Ambientais que
Influenciam o Desempenho dos
Animais

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco – EMBRAPA Cerrados

Comitê de Orientação:

Prof^a.Dr^a. Carina Ubirajara de Faria - UFU
Prof.Dr. Roberto Daniel Sainz – EMBRAPA

GOIÂNIA
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

C355i Castro, Letícia Mendes de.
Identificação e multiplicação de material genético com maior potencial para maciez de carne em bovinos da raça nelore mocho [manuscrito] / Letícia Medes de Castro. - 2012.
xv, 78 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco;
Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Carina Ubirajara de Faria, Prof. Dr. Roberto Daniel Sainz.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas e tabelas.

1. Carne bovina – Qualidade – Maciez. 2. Avaliação genética. 3. Força de cisalhamento. I. Título.

CDU: 637.5.039:636.2

Dedico este trabalho a minha irmã Lívia por
sempre acreditar em mim e me incentivar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pela vida e por ter colocado em meu caminho pessoas que me deram força para enfrentar e superar momentos difíceis e compartilhar momentos de alegria.

Aos meus pais, **Nelson** e **Cristina**, pelo amor durante todos esses anos e pelos valores e princípios que tenho hoje.

À minha amiga e irmã **Luiza**, pelas horas alegres em que passamos juntas e pelo companheirismo.

À minha amiga e irmã **Lívia**, que, além de ser uma grande companheira, sempre acreditou no meu futuro e está sempre disposta a me ajudar. Dedico grande parte dessa vitória a ela.

Ao meu orientador, o **Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco**, pela dedicação, amizade, ensinamentos, orientações e conselhos, e por todo o incentivo para ingressar no maravilhoso mundo das pesquisas. Toda a minha gratidão!

Ao colega **Dr. Fernando Brito Lopes**, pela dedicação, orientação, e compartilhamento dos conhecimentos. Muito obrigado!

Ao **Prof. Dr. José Benedito de Freitas Trovo** que, por mais breve que tenha sido os momentos de convivência, sempre me incentivou e orientou.

Às professoras **Dr^a. Eliane Sayuri Miyagi** e **Dr^a. Darci Silva de Oliveira Dias** pela atenção, ensinamentos e apoio.

Aos professores, **Dr. Roberto Daniel Sainz** e **Dr^a. Carina Ubirajara de Faria** pelo apoio e co-orientação.

À todos os professores (as) e funcionários da pós-graduação.

Aos meus amados amigos, **Karine Lemos**, **Paulo França**, **Jamile Queiroz** e **Rafael Amanso**, por todo carinho, compreensão e incentivo.

À todos os amigos da Embrapa Arroz e Feijão, em especial o pessoal do Projeto de Integração Lavoura e Pecuária - PILP, **Hélvio Abbadia**, **Eli Abreu (Meleta)**, **Francisco (Chiquinho)**, **Mariana Mamede**, **Evando Filgueiras**, **Lara Ferreira**, **Karine Mendanha**, **Aline Cristino** e **Lígia Moreira**, pela convivência alegre, amizade, carinho e apoio em todos os momentos desses últimos dois anos.

À **Guaporé Agropecuária S/A**, pelo fornecimento dos dados e por sempre apoiar o ensino e a pesquisa.

Às instituições **Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Cerrados e Universidade Federal de Goiás**, pelo apoio técnico e científico e aprendizado de excelência.

À **Escola de Veterinária e Zootecnia** da Universidade Federal de Goiás, pela minha formação, desenvolvimento e crescimento pessoal.

À **Capes**, pela concessão da bolsa de estudos.

E à todos que contribuíram, diretamente e indiretamente, para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. A maciez da carne em bovinos.....	4
2.1.1. Características da carne zebuína.....	4
2.1.2. Variabilidade genética para a maciez da carne em bovinos Nelore.....	5
2.1.3. O rebanho Guaporé Agropecuária.....	7
2.2. Acasalamentos genéticos otimizados.....	8
2.2.1. Programas de simulação de acasalamentos otimizados.....	10
2.3. Avaliação da qualidade de carcaça e maciez da carne.....	11
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo geral.....	14
3.2. Objetivos específicos.....	14
4. REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICO QUANTITATIVA PARA O FENÓTIPO FORÇA DE CISALHAMENTO NA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4. CONCLUSÕES.....	39
5. REFERÊNCIAS.....	40
CAPÍTULO III – ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE MACIEZ E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CARCAÇA EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	44
1. INTRODUÇÃO.....	46
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4. CONCLUSÕES.....	71
5. REFERÊNCIAS.....	72
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICO QUANTITATIVA PARA O FENÓTIPO FORÇA DE CISALHAMENTO NA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	20
FIGURA 1 – Densidades marginais posteriores (DMP) dos componentes de variância genética aditiva ($\sigma_{g_a}^2$), variância residual (σ_e^2) e da herdabilidade (h^2) com dados de WBSF em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bayesianas unicaracter sob modelo animal.....	35
FIGURA 2 – Dendograma das distâncias entre genearcas em função dos valores de força de cisalhamento das suas respectivas progênes.....	37
FIGURA 3 – Esquema de segregação dos touros selecionados como reprodutores da população experimental baseando-se no fenótipo de WBSF de suas progênes.....	38
CAPÍTULO III – ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE MACIEZ E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	44
FIGURA 1 - Relação gráfica dos três primeiros autovetores.....	61
FIGURA 2 - Representação gráfica da correlação canônica entre as características de crescimento (PI, PF e GPD), carcaça (AOL, EG e P8) e maciez (WBSF).....	62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICO QUANTITATIVA PARA O FENÓTIPO FORÇA DE CISALHAMENTO NA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	20
TABELA 1 - Composição percentual e estimativa de nutrientes da dieta.....	25
TABELA 2 – Estatística descritiva da característica de força de cisalhamento (WBSF – <i>Warner-Bratzler shear force</i>) do <i>Longissimus dorsi</i> em bovinos da raça Nelore Mocho.....	30
TABELA 3 – Análise dos componentes de variância e parâmetros genéticos para a característica de WBSF (<i>Warner-Bratzler shear force</i>) do <i>Longissimus dorsi</i> em bovinos da raça Nelore Mocho.....	33
CAPÍTULO III - ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS DE MACIEZ E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	44
TABELA 1 - Composição percentual e estimativa de nutrientes da dieta.....	49
TABELA 2 - Estatística descritiva das características de crescimento (PI, PF e GPD), carcaça (AOL, EG e P8) e maciez (WBSF) de bovinos da raça Nelore Mocho.....	54
TABELA 3 - Teste de médias de características de crescimento, carcaça e maciez entre machos e fêmeas, e entre animais com alto e baixo WBSF.....	58
TABELA 4 - Estimativas de correlações fenotípicas entre características de crescimento (PI, PF, GPD), carcaça (AOL, EG, P8) e maciez (WBSF) em bovinos da raça Nelore Mocho.....	59
TABELA 5 - Análise de fatores comuns, percentuais da variância explicada por cada fator e variância acumulativa.....	60
TABELA 6 - Análise dos componentes de variância e parâmetros genéticos para a característica de WBSF (<i>Warner-Bratzler shear force</i>) do <i>Longissimus dorsi</i> , em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análise unicaracterística sob modelo animal.....	63
TABELA 7 - Estatística descritiva dos componentes de (co)variância e estimativas de herdabilidade e correlação genética entre WBSF e as características de PI, PF,	

GPD, EG, P8 e AOL, em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bicaracterísticas sob modelo animal.....	65
TABELA 8 - Estatística descritiva dos componentes de (co)variância e estimativas de herdabilidade e correlação genética entre as características de PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL e a característica de WBSF, em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bicaracterísticas sob modelo animal.....	69

LISTAS DE ABREVIATURAS

ABCZ	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
ANUALPEC	Anuário da Pecuária Brasileira
AOL	área de olho de lombo
ASBIA	Associação Brasileira de Inseminação Artificial
ATP	adenosina tri-fostato
CTAG	Centro Técnico de Avaliação Genética
DEP	diferença esperada na progênie
DMP	densidade marginal posterior
EG	espessura de gordura subcutânea entre as 12 ^a e 13 ^a costelas
GPD	ganho em peso diário no período de confinamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MGT	mérito genético total
MTGSAM	<i>Multiple Trait using Gibbs Sampler under Animal Model</i>
P8	espessura de gordura subcutânea na garupa entre o íleo e o ísqueo
PADg	Programa de Acasalamento Dirigido
PAG	Programa de Acasalamento Genético
PF	peso vivo no final do confinamento
PI	peso vivo no início do confinamento
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
WBSF	<i>Warner-Bratzler shear force</i>

RESUMO

O Brasil se apresenta como o maior exportador em volume de carne e não em valores financeiros, onde se destacam outros países, como EUA, Austrália e Argentina. Uma das características que depreciam a qualidade da carne bovina brasileira é a falta de maciez, isso porque a grande maioria dessa carne vem de animais com maior proporção genética zebuína, sabidamente menos macia do que as raças de corte taurinas. Objetivou-se com este estudo, identificar indivíduos que apresentem alta probabilidade de serem portadores de genes favoráveis à maciez, bem como acasalar os progenitores e produzir animais experimentais para fenotipagem de maciez da carne. Foi proposto também, analisar os inter-relacionamentos entre as variáveis, além de estimar as correlações genéticas entre as características de maciez (WBSF), crescimento (PI, PF e GPD) e carcaça (EG, P8 e AOL) dos animais avaliados. Foram utilizados dados do Programa OB Choice da Guaporé Agropecuária. Para análises de relacionamentos fenotípicos foram utilizadas análises de fatores e correlações canônicas. Os componentes de variância necessários à obtenção dos parâmetros genéticos foram estimados pelo método da Amostragem de Gibbs. A estimativa de herdabilidade para a característica de força de cisalhamento foi de baixa magnitude (0,11). Para identificar aqueles com alta probabilidade de carregar genes favoráveis à maciez, e, por meio de técnicas de acasalamento otimizado, formar as duas populações segregantes, baseou-se no princípio da probabilidade de genes idênticos por descendência. Observou-se ausência de correlações fenotípicas entre WBSF e as outras características produtivas avaliadas. As correlações genéticas entre WBSF e as outras características foram de baixa magnitude, com valores de -0,15; -0,18; -0,13; 0,10; -0,12 e 0,18, entre WBSF e PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL, respectivamente. Os resultados desse estudo sugerem que, a seleção para a maciez não influenciará na seleção de outras características de interesse econômico e vice-versa. São necessários mais estudos para um melhor conhecimento sobre as relações genéticas de WBSF e outras características produtivas em bovinos da raça Nelore Mocho.

Palavras-chave: avaliações genéticas, carcaça, força de cisalhamento, pedigree

ABSTRACT

One of the features that detract Brazilian's beef quality is the lack of tenderness, and that happens because most of their meat comes from *Bos indicus* animals, known to be less tender than *Bos taurus*' beef. This study was carried out to identify individuals which have higher probabilities to carry meat tenderness genes, as well as mating the progenitors to produce an experimental population to phenotype meat tenderness. The purpose of this study was to analyze the interrelationships among the variables and also to estimate the genetic correlations between meat tenderness feature (WBSF), and growth (PI, PF and GPD) and carcass (EG, P8 and AOL) features. The data were from Guaporé Agropecuária's OB Choice Program. Factor analysis and canonical correlations were used to analyze the phenotypic relationships. The covariance components and genetic parameters were estimated using Gibbs Sampling method. The heritability estimated for shear force trait was of a low magnitude (0.11). Thus, based on the principle of identical genes probability by ancestry to identify individuals which have higher probabilities to carry meat tenderness genes, two segregating populations were formed. A lack of phenotypical correlations between the WBSF trait and the other measured productive traits was also observed. The genetic correlations between WBSF and the other evaluated traits were of a low magnitude, with values of -0.15; -0.18; -0.13; 0.10; -0.12 and 0.18, between WBSF and PI, PF, GPD, EG, P8 and AOL, respectively. The results of this study support the conclusion that tenderness selection will not affect the selection of other economic traits and vice-versa. For a better knowledge of the genetic relationships between WBSF and other traits for Polled Nellore breed more studies are required.

Keywords: carcass, genetic evaluations, pedigree, shear force

IDENTIFICAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM MAIOR POTENCIAL PARA MACIEZ DE CARNE EM BOVINOS DA RAÇA NELORE MOCHO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A criação de bovinos é uma vocação natural do Brasil. As condições edafoclimáticas do país permitem que a bovinocultura seja uma atividade desenvolvida em todo o seu vasto território, perfazendo o segundo maior rebanho comercial do mundo com 209,5 milhões de cabeças (IBGE, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Zebu - ABCZ (2011), as raças zebuínas e seus mestiços constituem cerca de 80% do efetivo bovino nacional, sendo o Nelore a raça com maior número de criadores no Brasil, estimando-se que represente 85% da força produtiva da indústria da carne no país e representando o maior patrimônio genético do mundo ocidental para estudos.

Em 2010, o Brasil produziu aproximadamente 6,7 milhões de toneladas de carne sendo que, destas, aproximadamente 1 milhão de toneladas foram destinadas as exportações (IBGE, 2011). Entretanto, a pecuária de corte brasileira ainda apresenta como característica, baixa produtividade de kg/ha/carne/ano, baixos índices reprodutivos (como idade ao primeiro parto e intervalo entre partos), idade de abate alta e baixo desempenho do rebanho, devido principalmente aos mitos e tradicionalismos que persistem nesta atividade, dificultando o melhoramento do material genético do rebanho brasileiro.

Sabe-se que os mercados internos e externos buscam animais precoces que atendam as exigências de qualidade no produto. Segundo MAGANBOSCO et al. (2009), para produzir animais com essa qualidade é necessário o aperfeiçoamento das técnicas de criação pelo produtor aliando-as um correto manejo nutricional e métodos de melhoramento genético adequados aos perfis produtivos.

Com o surgimento de programas de melhoramento genético, feito por instituições de pesquisa integradas com associações de criadores e pesquisadores, a raça nelore começou a ter maior produção de carne por área e o país, segundo dados da ANUALPEC (2010), passou a ser o maior exportador de carnes do mundo.

Entretanto, o Brasil se apresenta como o maior exportador em volume e não em valores financeiros, posto que perde para os EUA e Austrália (ANUALPEC, 2010). Isso acontece porque a maior parte da carne exportada pelo Brasil é considerada de média e baixa qualidade pelos compradores internacionais.

Entre as características que depreciam a qualidade da carne bovina brasileira exportada está a falta de maciez, isso é devido ao fato que a grande maioria dessa carne vem de animais com composição genética zebuína, sabidamente menos macia do que as raças de corte taurinas. Porém, alguns trabalhos desenvolvidos com bovinos da raça Nelore (GUEDES et al. 2005; SAINZ et al., 2005; SAINZ et al., 2008) têm demonstrado a existência de variabilidade genética para maciez da carne, indicando que esta característica poderá ser eficientemente explorada em programas de melhoramento genético.

Apesar do melhoramento genético para maciez da carne em populações de bovinos de raças zebuínas serem de reconhecida importância, o número de rebanhos estruturados e que incluem a característica como objeto de seleção é muito pequeno. Um desses rebanhos é o da raça Nelore Mocho, marca OB, de propriedade da Guaporé Agropecuária, que, junto com a Embrapa, vem fazendo avaliações contemplando a maciez da carne (MAGNABOSCO et al., 2009).

Trabalhos relacionados a identificação de genes ligados à maciez de carne, especificamente para a raça Nelore Mocho, é estratégico para a pecuária nacional, que produz basicamente carne zebuína.

Neste sentido, propõe-se a adoção de estratégias que permitam a identificação do material genético desejado, utilizando análises de pedigree dos animais promissores para posterior multiplicação dos mesmos, com o objetivo de gerar uma população superior para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho.

Além disso, propõe-se também estudar as correlações genéticas e fenotípicas entre a característica de maciez da carne e outras características de interesse econômico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A maciez da carne em bovinos

A carne bovina é uma fonte de nutrientes como proteína, vitaminas do complexo B, lipídios, ferro e zinco (PIRES, 2009). Entretanto, os consumidores não adquirem a carne simplesmente pelo seu valor nutritivo, esta deve apresentar características que influenciem na sua aceitação tais como cor, odor, suculência, sabor e maciez (JELENÍKOVÁ et al., 2008)

Dentre as características relacionadas à qualidade da carne, vários autores afirmam que a maciez é o atributo de destaque para os consumidores, os quais definem a aquisição do produto final (FERNANDES et al., 2006, BIANCHINI et al., 2007, JELENÍKOVÁ et al., 2008, PIRES, 2009).

Essa maciez da carne bovina tão valorizada pelos consumidores é afetada por fatores *ante mortem* (genética, raça, sexo, alimentação, idade do animal, condição sexual e manejo) e fatores que se sucedem após a morte do animal (queda do pH, temperatura e velocidade de resfriamento, processo de *rigor mortis*, processo de maturação, armazenamento e preparo da carne) (PARDI et al., 2005; PRADO, 2005; ANDRIGHETTO et al., 2006; IGARASI et al., 2008)

Portanto, a maciez da carne bovina não deve ser avaliada em função de um fator isoladamente e sim por um conjunto de fatores presentes na avaliação da qualidade da carne (PARDI et al., 2005).

2.1.1 Características da carne zebuína

Normalmente, raças zebuínas apresentam carne menos macia e com menor marmorização quando comparadas com raças taurinas (FERNANDES et al., 2006; BIANCHINI et al., 2007; IGARASI et al., 2008).

Segundo ALVES & MANCIO (2007), a carne dura dos zebuínos era justificada pela correlação positiva entre a idade de abate dos animais e o número de ligações cruzadas do colágeno dos músculos, e ainda pela menor deposição de gordura na carcaça e ao fato de não apresentar gordura intramuscular

(marmoreio), o que favorecia o resfriamento mais rápido das massas musculares, provocava o encurtamento dos sarcômeros (unidades contráteis dos músculos) e, conseqüentemente, o endurecimento da carne. Ou seja, a carne menos macia dos zebuínos era atribuída ao fato de serem animais criados a pasto, terem menor deposição de gordura e serem abatidos mais velhos, quando comparados com as raças precoces de bovinos europeus.

No entanto, mesmo com a preconização dos abates, mesmo quando abatidos mais cedo e com boa cobertura de gordura, os animais zebuínos não produziam carne com maciez aceitável (OLIVEIRA, 2000), que, apesar de ter divergência na literatura sobre qual o valor mínimo da força de cisalhamento do bife para a carne ser considerada macia, esses valores nunca ultrapassam 5 kg (BOLEMAN et al., 1997; FELICIO, 1997; MACKETH et al., 1985; SHACKELFORD et al., 1991).

Além disso, vários estudos (WHEELER *et al.*, 1996; ANDRIGHETTO et al., 2006; ALVES & MANCIO, 2007) observaram que animais zebuínos apresentam concentrações de calpastatina no músculo superiores aos taurinos. A calpastatina é o inibidor da ação da calpaína durante o processo de proteólise *postmortem* e há uma estreita relação entre este inibidor e a menor maciez da carne (ALVES & MANCIO, 2007).

Isso leva a crer que essa falta de maciez da carne zebuína em relação à carne taurina corresponde não somente aos efeitos ambientais, mas também a fatores de aspecto fisiológicos da própria raça, ou seja, a falta de maciez dos zebuínos se deve também a fatores genéticos (ANDRIGHETTO et al., 2006). IGARASI et al. (2008) chegam a afirmar que 54% da maciez da carne bovina se deve ao efeito ambiental e 46% são correspondentes a fatores genéticos.

2.1.2 Variabilidade genética para a maciez da carne em bovinos Nelore

O Nelore é a raça com maior número de criadores no Brasil, correspondendo por quase 80% do rebanho zebuíno no Brasil (ABCZ, 2011). Esses números chamam atenção uma vez que a variabilidade genética é fundamental para o melhoramento genético de qualquer raça, pois sem ela, a

resposta à seleção fica comprometida. Entretanto, diversos trabalhos (MAGNABOSCO et al., 1997; VOZZI et al., 2006; LOBO et al., 2011) vêm apresentando que a população genética da raça Nelore atual se restringe ao uso de poucos genearcas e matrizes, ou seja, verifica-se um estreitamento da base genética das populações da raça.

Este fato pode acarretar numa diminuição do potencial produtivo dos animais desta raça. Diante desse contexto, fazem-se necessários estudos que permitam melhor conhecimento da base genética desta raça, responsável por grande parte da produção de carne no Brasil, tanto como raça pura ou como raça base para a obtenção de cruzamentos industriais (MAGNABOSCO et al., 1997).

A maciez é considerada como a característica organoléptica principal na aceitação da carne pelos consumidores. Entretanto, o critério mais utilizado na seleção de grupamento genético do rebanho zebuino brasileiro tem sido o rápido crescimento dos tecidos ósseo, muscular e adiposo, pois os criadores de bovinos de corte visam uma produção econômica que está estritamente relacionada com o rápido crescimento animal e nem sempre esse crescimento está relacionado com a maciez da carne (ALVES & MANCIO, 2007).

Portanto, é de fundamental importância para o setor pecuário brasileiro desenvolver genótipos adaptados para maciez de carne de alto valor agregado no mercado global (SAINZ et al., 2005).

Alguns pesquisadores sugerem que as diferenças na maciez entre os reprodutores da mesma raça são maiores do que as diferenças médias de maciez entre várias raças (O'CONNOR et al., 1997; BIANCHINI et al., 2007; SAINZ et al., 2008; MAGNABOSCO et al., 2009). Ou seja, a genética possui contribuição significativa para a variação total da maciez, sendo diferente entre e dentro de raças, e que como a maciez é um traço hereditário, esta característica poderá ser eficientemente explorada em programas de melhoramento genético e a seleção do reprodutor certo poderá fazer toda a diferença.

Apesar do melhoramento genético para maciez da carne em populações de bovinos de raças zebuínas serem de reconhecida importância, o número de rebanhos estruturados e que incluem a característica como objeto de seleção é muito pequeno. Um desses rebanhos é o da raça Nelore Mocho, marca OB, de propriedade da Guaporé Agropecuária que, junto com a Embrapa, vem

fazendo avaliações contemplando a maciez da carne (MAGNABOSCO et al., 2009).

2.1.3 O rebanho Guaporé Agropecuária

A Guaporé Pecuária S/A, detentora da marca OB, foi fundada pelo pioneiro Ovídio Miranda Brito e vem desenvolvendo há 60 anos trabalhos na seleção da raça Nelore Mocho. Atualmente é um dos poucos rebanhos que incluem como critério de seleção e objetivo de melhoramento, o aprimoramento da qualidade da carcaça com especial ênfase a maciez de carne.

Este grupo relata uma pesquisa (GUEDES, 2005; SAINZ et al., 2005; SAINZ et al., 2008) conduzida com o objetivo de caracterizar a progênie de touros representantes das principais linhagens da raça Nelore em relação a si mesmas e em comparação com cruzamentos com raças zebuínas e taurinas.

As características avaliadas incluíram o crescimento pré e pós desmame, a precocidade de acabamento, a qualidade da carcaça e a qualidade da carne (SAINZ et al., 2005).

A equipe técnica da Guaporé Pecuária utilizou o Banco de Linhagens da Marca OB, de onde foram selecionados 22 touros representativos das principais linhagens da raça Nelore. Estes touros, mais dois da raça Aberdeen Angus e um da raça Brahman foram acasalados com 552 vacas comerciais da raça Nelore por inseminação artificial. Os touros Angus e Brahman foram incluídos para fins de comparação com raças conhecidas pela qualidade de suas carcaças e da carne (SAINZ et al., 2005).

Eles concluíram que o zebuíno tem desvantagens em relação ao taurino, tanto no aspecto de marmorização quanto na maciez da carne. Porém, este trabalho demonstra conclusivamente que existe uma grande variação genética dentro da raça Nelore para estas características. Este é o do primeiro trabalho no Brasil a identificar estas diferenças, de uma maneira rigorosa e com base genética conhecida (SAINZ et al., 2005).

Neste trabalho, foram identificados três touros cujos filhos produzem carne com os melhores padrões de qualidade para o mercado mundial. Nesse

sentido, vários pesquisadores apontam que estudos que contemplem a exploração da variabilidade genética para a maciez da carne (MAGNABOSCO et al., 2009.; GUEDES et al., 2005; SAINZ et al., 2008) sejam prioritários para a raça Nelore.

O rebanho Nelore mocho marca BRGN da Embrapa Cerrados, iniciado em 2000, utiliza desde então, material genético oriundo do rebanho da marca OB (MAGNABOSCO et al., 2009) e vem também promovendo sua seleção para características que indiretamente podem estar relacionadas à maciez da carne.

Em 2009, a Embrapa aprovou o projeto “Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho”, em parceria com a Guaporé Agropecuária S/A, objetivando identificar, caracterizar, multiplicar e selecionar geneticamente animais com maior potencial para maciez de carne.

2.2 Acasalamentos genéticos otimizados

Para utilizar todas as informações de maneira mais útil ao sistema de produção, uma série de decisões precisam ser tomadas, quanto aos trabalhos de melhoramento, referentes não só à seleção, mas na determinação dos acasalamentos (FARIA et al., 2008).

Os acasalamentos aleatórios têm sido amplamente utilizados, devido a grande facilidade de condução, mas esse tipo de acasalamento acaba por não aproveitar todo o material genético disponível (FARIA et al., 2008).

Neste contexto, alguns autores (CARDOSO, 2004; CARVALHEIRO et al., 2007; FARIA et al., 2008), recomendam a utilização de acasalamentos genéticos otimizados, aplicando critérios na escolha dos indivíduos que serão acasalados. Esses acasalamentos visam o máximo ganho genético por geração, o que permitirá alcançar os objetivos pré-estabelecidos em programas de melhoramento, como é o caso da seleção para a maciez da carne, onde a escolha do reprodutor e da linhagem certa pode fazer toda a diferença e obter, assim, maior lucratividade dos rebanhos bovinos de corte.

Segundo EUCLIDES FILHO (1999), dispõe-se de duas ferramentas fundamentais do melhoramento genético que são de fácil aplicação para se obter

progresso genético em rebanhos bovinos de corte: a seleção e os acasalamentos genéticos.

O mesmo autor ainda descreve que a seleção é um processo que vai indicar quais animais serão pais da próxima geração, e quantos filhos eles poderão deixar. Já o acasalamento é um elemento complementar fundamental no processo de seleção, resultando em concepção, gestação e nascimento de filhos, um importante fato quando se trata de animais domésticos criados para fins comerciais.

KINGHORN et al. (2000) descrevem que os acasalamentos, além de evitar endogamia na progênie, tem efeito sobre a variação na progênie e acaba por favorecer as mudanças genéticas ao longo do tempo.

O acasalamento genético otimizado concilia o máximo de informação genética, levando-se em conta as características com Diferença Esperada na Progênie - DEPs disponíveis, e também características morfológicas de interesse econômico de cada animal, e assim, definir os acasalamentos mais adequados a fim de otimizar o potencial genético e funcional dos produtos que serão gerados para atingir os objetivos do programa de melhoramento e, conseqüentemente, do mercado (FARIA et al., 2008).

Segundo FARIA et al. (2008) , para a implantação de acasalamentos otimizados é necessário conhecer os índices de produtividade do rebanho (como desmama, peso final, adaptação, carcaça e facilidade de parto, entre outros), verificar os que podem melhorar e intensificar a seleção para as características de valor econômico. Após esse feito, devem-se definir os reprodutores que serão utilizados, em função dos critérios e objetivos de seleção da propriedade.

De acordo com a Associação Brasileira de Inseminação Artificial – ASBIA (2010), pelo uso do acasalamento otimizado procura-se, ao invés de produzir apenas alguns indivíduos excepcionais, gerar populações mais homogêneas e uniformes em produtividade. Com isto, melhora-se a população como um todo, incrementando produtividade e o progresso genético no rebanho.

Conforme é relatado em alguns trabalhos (CARDOSO et al., 2003; MAGNABOSCO et al., 2003; FARIA et al., 2008;) o uso de acasalamentos otimizados pode ser de grande importância quando se quer maximizar o valor genético da produção futura.

Em estudo com um rebanho Nelore, FARIA et al. (2008) avaliaram a evolução genética para as características de interesse econômico (habilidade materna, fertilidade e ganho em peso) ao se aplicar técnicas de acasalamentos otimizados, e observaram progresso genético para todas as características.

A DEP maternal para peso aos 210 dias passou de 0,23 kg na safra sem o uso de acasalamentos otimizados para 1,14 kg e 1,46 kg nas duas safras com o uso de acasalamentos otimizados. A DEP para idade ao primeiro parto também passou de -0,29 dias para -0,43 dias ao se utilizar acasalamentos otimizados, levando-se em conta que para essa característica os touros de DEPs negativas são os mais indicados, pois ela expressa os meses a menos para o primeiro parto. A DEP para produtividade acumulada também melhorou significativamente passando de 0,90 para 1,89 e 2,45 nas safras que utilizaram as técnicas de acasalamento. O mérito genético total (MGT) dos animais também melhorou, indo de 4,34 para 6,82 (FARIA et al., 2008).

Em um estudo de CARVALHEIRO et al. (2007), conduzido com o objetivo de avaliar o impacto sobre o ganho genético do uso combinado de acasalamento otimizado e restrição sobre a endogamia, também observaram maior progresso genético, a longo prazo, do uso dessa combinação se comparado com acasalamentos ao acaso. A variância do valor genético foi de 285 para acasalamentos ao acaso, enquanto que para acasalamentos otimizados essa variância foi de 319, indicando evolução genética quando se faz o uso do dessa estratégia de acasalamento.

2.2.1 Programas de simulação de acasalamentos otimizados

Atualmente, a sofisticação e precisão na obtenção das estimativas dos valores genéticos dos animais permitem alcançar, rapidamente, o tipo de animal que se deseja produzir conforme as exigências de mercado (FARIA et al. 2008).

Nos últimos anos, com os avanços da informática, foram desenvolvidos vários programas computacionais que, fazendo o uso de informações geradas em avaliações genéticas, facilitam as decisões sobre a seleção de animais e na determinação dos acasalamentos (FARIA et al. 2008).

Esses programas simulam os acasalamentos de cada matriz com todos os reprodutores disponíveis e indicam os acasalamentos que podem resultar nos melhores produtos, dentro dos objetivos desejados.

Programas como o Programa de Acasalamento Dirigido – PADg da empresa GenSys (ROSO & FRIES, 1998), o Progressor da empresa CRVLagoa (EQUIPE TÉCNICA PAINT, 2009) e o Programa de Acasalamento Genético - PAG Qualidade Genética (LÔBO et al., 2008) da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores – ANCP, em parceria com o Centro Técnico de Avaliação Genética – CTAG, são alguns exemplos de programas que auxiliam na determinação dos acasalamentos otimizados.

2.3 Avaliação da qualidade de carcaça e maciez da carne

A idade do animal tem uma importante influência na maciez. A medida que os animais envelhecem, as fibras do tecido conjuntivo apresentam-se mais espessas e quanto mais os animais se locomovem, mais ramificadas elas se tornam (OLIVEIRA, 2000). A quantidade e a estrutura química e física do colágeno intersticial se modificam com a maturidade do animal, resultando em uma redução da maciez (SWATLAND, 2007).

Após o abate e sangria do animal, o aporte do oxigênio para os músculos é interrompido, de forma que o nível de adenosina tri-fostato (ATP) se reduz. Com o início da respiração anaeróbica, o glicogênio da musculatura é convertido em ácido láctico provocando a queda do pH e também a diminuição de ATP, favorecendo que a miosina e actina se liguem formando as pontes actomiosinas de forma que o músculo não pode mais se contrair sofrendo o *rigor mortis* ou rigidez cadavérica (PARDI et al., 2005).

Quando há queda brusca de temperatura do músculo, antes do esgotamento do ATP, as fibras também se contraem rapidamente e permanecem neste estado (PARDI et al., 2005). Nesta situação, chamada “cold-shortening”, o sarcômero apresenta um menor comprimento, mantendo uma estrutura muito compacta e dura.

A quantidade de gordura subcutânea presente na carcaça também contribui para a ocorrência do encurtamento pelo frio. A gordura reduz as perdas por desidratação durante o resfriamento e ajuda a evitar o escurecimento da carne, devido à queima pelo frio (PRADO, 2005).

Segundo SAVELL et al. (2005), o encolhimento do sarcômero pode ser evitado por vários meios: 1) otimização do manejo do matadouro, evitando-se assim a super-refrigeração das carcaças; 2) não-processamento de carcaças demasiadamente magras; e 3) utilização de estímulo elétrico.

É necessário que o músculo tenha um período de maturação após o abate, para que sua maciez ideal seja atingida. A fragmentação miofibrilar representa um índice fiel da maturação e amaciamento da carne (ANDRIGHETTO et al., 2006).

As enzimas de maior importância na maturação da carne são as calpaínas, encontradas nos músculos e em outros tecidos, e necessitam do cálcio para sua atividade (KOOHMARAIE, 1994). Elas estão sempre associadas a um inibidor chamado calpastatina, cuja função está relacionada ao controle da hidrólise do conteúdo celular (GEESINK et al., 2006).

As calpaínas são responsáveis por degradar as proteínas miofibrilares, elas são os catalisadores da degradação de proteínas específicas que se encontram na linha Z da miofibrila. Quando as calpaínas são inibidas (ex., quando a atividade da calpastatina é demasiadamente alta, condição comum em gado Zebu), a fragmentação normal das fibras musculares durante o período *post mortem* não acontece (KOOHMARAIE, 1994).

Assim, a carne não desenvolve a maciez necessária, tornando-se excessivamente dura. É o que acontece com várias raças de gado *Bos indicus* e seus cruzamentos (WHEELER et al., 1990; O'CONNOR et al., 1997; BIDNER, 2002; STOLOWSKI et al., 2006; SAINZ et al., 2008; ROSSATO et al., 2010)

Existem poucos trabalhos publicados que se focaram especificamente em zebuínos, muito menos na raça Nelore. Dentre estes, GUEDES et al. (2005) e SAINZ et al. (2008) se destacam por demonstraram três fatores fundamentais para esta proposta: a) Existe grande variabilidade genética para as características produtivas, qualidade de carcaça, e maciez de carne na raça Nelore; b) Estes parâmetros possuem herdabilidades significativas, uma vez que é possível

detectar diferenças entre progênies de touros e genearcas; c) Existem linhagens dentro da raça Nelore que têm o potencial genético para produzir carne tão macia quanto à do gado taurino, atendendo assim os mais exigentes padrões internacionais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Identificar, em uma população de bovinos que possui parte de seus animais avaliados para características relacionadas à qualidade de carne, indivíduos que apresentem maior probabilidade de serem portadores de genes favoráveis à maciez, tendo em vista a formação de grupos de animais que servirão como material experimental para trabalhos de prospecção e identificação de genes.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar animais com maior e menor potencial genético para maciez de carne;
- Avaliar e selecionar visando o acasalamento dos progenitores extremos para produção de animais experimentais para fenotipagem de maciez de carne;
- Analisar as correlações genéticas e fenotípicas entre a característica de força de cisalhamento e as características de desempenho e carcaça.

4 REFERÊNCIAS

1. ABCZ – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE ZEBU. **O Nelore e o Nelore Mocho**. 2011. Disponível em: www.abcz.org.br/site/tecnica/raças/nel.php. Acesso em: 23/10/2011.
2. ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina – uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 193-216, 2007.
3. ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; ROÇA, R. O.; SARTORI, D. R.; RODRIGUES, E.; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária** [online], v. 7, n. 6, p. 1-6, 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 12/06/2011.
4. ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2010.
5. ASBIA - **Associação Brasileira de Inseminação Artificial**, 2010. Disponível em: www.asbia.com.br. Acesso em: 25/09/2011.
6. BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A.C.; JORGE, A. M. ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; HADLICH, J. C.; ANDRIGHETTO, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.
7. BIDNER, T.D. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition, and palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, p.2126- 2133, 2002.
8. BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1521-1524, 1997.
9. CARDOSO, V.; ROSO, V. M.; SEVERO, J. L. P. Formando lotes uniformes de reprodutores múltiplos e usando-os em acasalamentos dirigidos, em populações Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p.834-842, 2003.
10. CARDOSO, V. **Direcionando acasalamentos para maximizar a média do valor genotípico de uma futura safra**. 2004. 101f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
11. CARVALHEIRO, R.; NEVES, H.H.R.; QUEIROZ, S.A. Combinando acasalamento associativo positivo e restrição sobre a endogamia visando maior progresso genético. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais eletrônicos...** [CD-ROM], Jaboticabal: SBZ, 2007.

12. EQUIPE TÉCNICA PAINT. **Sumário PAINT Consolidado**. Sertãozinho: Lagoa da Serra, 2009. 60 p.

13. EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999. 63 p.

14. FARIA, C. U. ; MAGNABOSCO, C. U. ; VOZZI, P. A. ; LÔBO, R. B . Impacto dos Acasalamentos Genéticos Otimizados na Produtividade dos rebanhos de Corte. In: LÔBO, R. B.; FARIA, C. U. **Princípios e Resultados de Pesquisas Científicas do Programa Nelore Brasil**. 1.ed. Ribeirão Preto: ANCP, 2008, v.1, p.15-26.

15. FELICIO, P.E. **Carne de touro jovem**. Revista Nacional da Carne, n. 243, p. 91-92, 1997.

16. FERNANDES, J. M. P. F. G.; PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; ALMEIDA, A. P. S.; ABREU, U. G. P.; LARA, J. A. F. Encurtamento pelo frio de fibras musculares oxidativas de bovinos pela técnica de NADH-TR. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1878-1882, 2006.

17. GEESINK, G. H.; KUCHAY, S.; CHISHTI, A. H.; KOOHMARAIE, M. μ - Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2834-2840, 2006.

18. GUEDES, C, F. **Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

19. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Produção da pecuária municipal – PPM 2010**, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20/01/2012.

20. IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. B.; HADLICH, J. C.; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L.; OLIVEIRA, H. N. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 520-528, 2008.

21. JELENÍKOVÁ, J.; PIPEK, P.; STARUCH, L. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. **Meat Science**, Champaign, v. 80, p. 870-874, 2008.

22. KINGHORN, B.; VAN DER WERF, J.; RYAN, M. **Animal breeding: use of new technologies**. Sydney: Post Graduate Foundation in Veterinarian Science of the University of Sydney, 2000, 308p.

23. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Champaign, v. 36, p. 93-104, 1994.
24. LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; VOZZI, P. A.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G.; SAINZ, R. D.; BERGMANN, J. A. G.; FARIA, C. de U.; OLIVEIRA, H. N. **Avaliação Genética de Touros das Raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã: Sumário 2011**. Ribeirão Preto: ANCP, 2011. 172 p.
25. LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G.; BERGMANN, J. A. G.; SAINZ, R. D.; OLIVEIRA, H. N. **Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore**. Ribeirão Preto: ANCP, 2008. 124p.
26. MACKETH, F.K.; DEVOL, D.L.; MILES, R.S. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, p. 869-872, 1985.
27. MAGNABOSCO, C.U.; CORDEIRO, C.M.T.; TROVO, J.B. **Catálogo de linhagens do germoplasma zebuino: raça Nelore**. Brasília: Embrapa - Cenargen, 52p., 1997. (Embrapa Cenargen. Documento, 23).
28. MAGNABOSCO, C. U.; FARIA, C. U.; LACERDA, L. S. M. Melhoramento genético da fazenda Serra da Aldeia: um caso de sucesso. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CRIADORES E PESQUISADORES, 12., Ribeirão Preto. **Anais eletrônicos...** [CD-ROM], Ribeirão Preto: ANCP, 2003.
29. MAGNABOSCO, C. U.; TROVO, J. B., TORRES JUNIOR, R. A. A.; FARIA, C. U.; MARTINS, C. F.; REGITANO, L.; FRAGOSO, R. R.; TELLES, M. P. C.; SILVA, C. C.; ARAUJO, F. R. C.; PRADO, C. S.; SAINZ, R. D. **Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho**. Projeto Macroprograma 2, Documento de Circulação Restrita, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2009.
30. MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2010. **Dados da produção agropecuária brasileira**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 29/11/2011.
31. O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M. Genetics effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, v.75, n.7, p. 1822-1830, 1997.
32. OLIVEIRA, A L. Maciez da carne bovina. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, n. 33. p. 7-18, 2000.
33. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. Ed. Goiânia: UFG, 2005. 623p.

34. PIRES, D. Maciez ao Alcance de Todos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 33 n. 386 p. 62-66, 2009.
35. PRADO, C. S. **Influência do método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé (m. longissimus dorsi)**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimento) – Faculdade de Engenharia de Alimento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
36. ROSO, V. M.; FRIES, L. A. PAD - Um programa para planejar acasalamentos em bovinos de corte. In.: II SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: SBMA, 1998. p. 359-360.
37. ROSSATO, L. V.; BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, E. C.; GAMA, L. T.; BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P. A. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.5, p.1127-1134, 2010.
38. SAINZ, R. D.; MAGNABOSCO, C. U.; MANICARDI, F.; ARAUJO, F.; LEME, P. R.; LUCHIARI, A.; MARGARIDO, R.; PEREIRA, A. S. C.; GUEDES, C. F. Projeto OB-Choice: genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 3., 2005, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CTC, p. 265, 2005.
39. SAINZ, R. D., MAGNABOSCO, C.U., MANICARDI, F. R., ARAÚJO, F. R. C., PEREIRA, A. S. C, GUEDES, C. F., MARGARIDO, R. C. C., LEME, P. R., LUCHIARI FILHO, A. Growth performance, carcass and meat quality in progeny of Nelore, Angus and Brahman bulls and Nelore cows. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1- 31, 2008.
40. SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Champaign, v. 70, p. 449-459, 2005.
41. SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; WHIPPLE, G. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Herdford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.171-177, 1991.
42. STOLOWSKI, G. D.; BAIRD, B. E.; MILLER, R. K.; SAVELL, J. W.; SAMS, A. R.; TAYLOR, J. F.; SANDERS, J. O.; SMITH, S. B. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. **Meat Science**, Champaign, v. 73, p. 475-483, 2006.
43. SWATLAND, H.J. Stratification of toughness in beef roasts. **Meat Science**, Champaign, v. 77, p. 2-6, 2007.

44. VOZZI, P.A., MARCONDES, C.R., MAGNABOSCO, C.U., BEZERRA, L.A.F., LOBO, R.B. Structure and genetic in Nelore (*Bos indicus*) cattle by pedigree analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, p. 482-485, 2006.
45. WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 3677-3686, 1990.
46. WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. *et al.* Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.5, p.1023-1035, 1996.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICO QUANTITATIVA PARA O FENÓTIPO FORÇA DE CISALHAMENTO NA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO

RESUMO

Objetivou-se com este estudo, identificar indivíduos que apresentem alta probabilidade de serem portadores de genes favoráveis à maciez, bem como acasalar os progenitores e produzir animais experimentais para fenotipagem de maciez da carne. Foram utilizados dados do Programa OB Choice da Guaporé Agropecuária, marca OB. Os componentes de variância necessários à obtenção dos parâmetros genéticos foram estimados pelo método da Amostragem de Gibbs, com aplicação do programa MTGSAM (*Multiple Trait using Gibbs Sampler under Animal Model*). A estimativa de herdabilidade para a característica de força de WBSF foi de baixa magnitude (0,11). Baseando-se no princípio da probabilidade de genes idênticos por descendência, foram identificados aqueles com alta probabilidade de carregar genes favoráveis à maciez, e, por meio de técnicas de acasalamento otimizado, foi possível formar as duas populações segregantes. São necessários mais estudos para um melhor conhecimento sobre as suposições genéticas do WBSF em bovinos da raça Nelore Mocho.

Palavras-chave: herdabilidade, maciez, pedigree, WBSF

ABSTRACT

This study was carried out to identify individuals which have higher probabilities to carry meat tenderness genes, as well as mating the progenitors to produce an experimental population to phenotype meat tenderness. The data were from Guaporé Agropecuária's OB Choice Program. The covariance components and genetic parameters were estimated using Gibbs Sampling method, with application of the program MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler Animal under Model). The heritability estimated for the WBSF trait was of a low magnitude (0.11). Thus, based on the principle of identical genes probability by ancestry to identify individuals with higher probabilities to carry meat tenderness genes, two segregating populations were formed. For a better knowledge of the genetic assumptions about WBSF for Polled Nellore breed more studies are required.

Keywords: heritability, pedigree, tenderness, WBSF

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a maior parte da carne brasileira é produzida no Cerrado, onde a bovinocultura de corte é constituída por raças zebuínas bem adaptadas às condições de criação nos trópicos. Dessas raças zebuínas brasileiras, a raça Nelore constitui cerca de 85% da força produtiva da indústria da carne no país (ABCZ, 2011).

Nas últimas décadas, os programas de melhoramento genético ajudaram a raça Nelore a ter a maior produção de carne por área e com isso o país passou a ser o maior exportador de carnes do mundo (ANUALPEC, 2010). Entretanto, o Brasil se apresenta como o maior exportador em volume e não em valores financeiros.

Segundo MAGNABOSCO et al. (2009), um dos maiores problemas da indústria da carne bovina no Brasil, que acaba levando à uma depreciação do produto pelos compradores internacionais, reside na falta de maciez, já que a grande maioria dessa carne vem de animais com composição genética zebuína, sabidamente menos macia do que as raças de corte taurinas.

Porém, pesquisas conduzidas com zebuínos, sugerem que as diferenças na maciez entre os reprodutores da mesma raça são bastante altas e, como a maciez é um traço moderadamente hereditário, esta característica poderá ser eficientemente explorada em programas de melhoramento genético (O'CONNOR *et al.*, 1997; GUEDES et al. 2005; SAINZ et al., 2005; SAINZ et al., 2008).

No Brasil, os trabalhos de prospecção de genes de características de produção e de qualidade da carne têm sido conduzidos em raças taurinas, dessa forma trabalhos relacionados à identificação de genes associados à maciez de carne especificamente para raça Nelore Mocho, visando à maciez da carne é estratégico para a pecuária nacional, que produz basicamente carne zebuína.

Atualmente o rebanho Nelore Mocho da marca OB da Guaporé Agropecuária, e mais recentemente o rebanho Nelore mocho marca BRGN da Embrapa Cerrados, são um dos poucos rebanhos que incluem como critério de seleção e objetivo de melhoramento, o aprimoramento da qualidade da carcaça com especial ênfase a maciez de carne.

Nesse contexto, propõe-se a estimação dos componentes de variância para a característica WBSF - *Warner-Bratzler shear force*, que mede a maciez da carne, bem como a adoção de estratégias que permitam a identificação do material genético desejado, utilizando análises de pedigree dos animais promissores para posterior multiplicação dos mesmos, com o objetivo de gerar uma população superior para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Arquivo de dados

O presente estudo utilizou dados do Programa OB Choice, desenvolvido pela empresa Guaporé Agropecuária S/A, detentora do rebanho Nelore Mocho da marca OB e que consiste na avaliação de touros para características relacionadas à qualidade da carne.

Os animais da raça Nelore Mocho, da Guaporé Agropecuária S/A, são criados e recriados em pastagens de *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) e *Panicum maximum* (cv. Tanzânia) na Fazenda Guaporé, localizada a 450 km de Cuiabá, no município de Pontes e Lacerda, Sudoeste do Estado de Mato Grosso, no vale do Rio Guaporé.

Neste trabalho, desenvolvido com o rebanho da marca OB, foram selecionados 22 touros representativos das principais linhagens da raça Nelore: Akasamu, Bima, Godhavari, Golias, Kavardi, Nagpur e Taj Mahal (MAGNABOSCO et al., 1997). Estes touros foram acasalados com 552 vacas da raça Nelore através de inseminação artificial.

As progênie foram criados a pasto e confinados durante três meses para a terminação. A dieta foi oferecida à vontade, tendo em sua composição 14,2% PB e 71,2% NDT, com uma relação volumoso:concentrado de 23:77 (GUEDES, 2005). A composição e a estimativa de nutrientes da ração estão apresentadas na Tabela 1. As rações foram formuladas com o programa Ração de Lucro Máximo (RLM) da ESALQ-USP.

TABELA 1 - Composição percentual e estimativa de nutrientes da dieta

INGREDIENTES	% MS
Bagaço de cana hidrolisado	13,4
Bagaço de cana <i>in natura</i>	10,0
Milho grão seco	35,2
Casca de soja	20,0
Farelo de soja 45%PB	6,0
Levedura úmida	10,0
Uréia	0,6
Melaço	2,5
Sal mineral	2,3
Rumensin ®	0,027
Nutrientes estimados	
PB	14,2
PDR	8,3
NDT	71,2
Ca	0,49

PB: proteína bruta; PDR: proteína degradável no rúmen, NDT: nutrientes digestíveis totais, Ca: cálcio

Após a terminação, os produtos foram divididos em dois abates. Foram considerados no primeiro abate 234 animais, filhos de 14 touros PO da raça Nelore e 302 vacas comerciais da raça Nelore Mocho, nascidos entre outubro de 2002 e janeiro de 2003 e abatidos em novembro de 2004, com idade média de 24 meses. No segundo abate, foram considerados 181 animais, filhos de 12 touros PO da raça Nelore e 250 vacas PO da raça Nelore Mocho, nascidos entre fevereiro de 2006 e abril de 2006 e abatidos em agosto de 2008 e novembro de 2008, com idade média de 29 meses.

Após o abate, foi extraído de todos os animais amostras do músculo *Longissimus dorsi* (o contrafilé), que foi submetido à maturação de sete dias e em seguida congelado para mensuração da maciez da carne com a medição do WBSF (*Warner-Bratzler shear force*) do bife.

Em função disso, estão disponíveis informações de pedigree e de avaliações fenotípicas para características de carcaça e dados de maciez de 415 progênes de 22 touros, constituindo uma matriz de parentesco com 956 animais.

Identificação de animais com maior e menor potencial genético para maciez de carne

Para realização das análises genético-quantitativas foi utilizado o modelo estatístico descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_1 (l_{ij} - l) + \alpha_2 (l_{ij} - l)^2 + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = Característica do *n-ésimo* animal *j* dentro do grupo *i*; μ = média geral para as características estudadas; τ_i = efeito fixo do grupo de contemporâneos (formados por ano de abate e data do abate); β_j = efeito fixo do sexo do animal; α_1 = coeficiente de regressão linear para idade; α_2 = coeficiente de regressão quadrática para idade; e, e_{ijk} = erro aleatório, normal, independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

Em função do pequeno volume de informação, os dados foram analisados pela metodologia dos modelos mistos utilizando a Amostragem de Gibbs conforme descrito por VAN TASSEL & VAN VLECK (1996), assim, os valores genéticos dos animais foram estimados pela média a posteriori simultaneamente com a estimação da herdabilidade desta característica.

A análise uni-característica do WBSF foi realizada utilizando o modelo animal, conforme o modelo matricial descrito pela equação a seguir:

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

em que, y como sendo o vetor da variável dependente (registros de WBSF), β o vetor dos efeitos fixos (sexo e grupo de contemporâneos), X a matriz de incidência que associa β com y , Z a matriz de incidência que associa o vetor a a

\mathbf{y} , \mathbf{a} representa o vetor dos efeitos genéticos aditivos do animal e, \mathbf{e} o vetor de resíduos. Assume-se que:

$$\text{var}(\mathbf{a}) = \mathbf{A}\sigma_a^2 \quad \text{e} \quad \text{var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}\sigma_e^2$$

em que, σ_a^2 e σ_e^2 são as variâncias para os efeitos genéticos aditivos diretos e residuais, respectivamente; \mathbf{A} é a matriz de parentesco entre os animais e \mathbf{I} a matriz identidade apropriada.

Para os valores a priori das (co)variâncias aditivas e residuais foi utilizada a distribuição não informativa ou "flat" (não refletindo conhecimento prévio do parâmetro). Na implementação da Amostragem de Gibbs foi utilizado uma cadeia de 2.000.000 de ciclos, sendo que os primeiros 200.000 ciclos foram descartados e as amostras retiradas a cada 1000 ciclos, totalizando 1.800 amostras de Gibbs.

As análises dos dados foram baseadas na estrutura de parentesco entre animais ligados a indivíduos detentores de informações genéticas e fenotípicas favoráveis para a característica maciez de carne, os procedimentos analíticos foram realizados utilizando o princípio da probabilidade de genes idênticos por descendência a ancestrais "fundadores", que apresentaram maior chance de serem portadores de genes favoráveis à expressão da característica de interesse, assim como proposto por LACY (1989).

Segundo LACY (1989), o "equivalente fundador" é similar ao "equivalente fundador genômico" (simbolizado por \mathbf{f}_g), mas com uma desvalorização da contribuição de cada fundador pela porção de seus genes que se perderam ao acaso ao longo do curso. O modelo pode ser descrito da seguinte forma:

$$\mathbf{f}_g = \mathbf{1} / \sum (\mathbf{p}_i^2 / r_i)$$

em que, r_i é a porção esperada de alelos do fundador i que foi retida dentro da população descendente, e \mathbf{p}_i é a porção de genes do fundador i na população descendente.

Acasalamento otimizado de animais com extremo para maciez

Uma vez identificados os “fundadores” e os laços de parentesco entre tais animais e os animais do rebanho, e a partir das informações de WBSF dos abates anteriores, foi confeccionada uma lista de 15 touros e 500 matrizes PO da raça Nelore Mocho, selecionados para extremos de fenótipo de carne com alto ou baixo WBSF, para serem acasalados entre si, mediante técnicas de acasalamento otimizado, como descrito a seguir.

Foi classificada a textura da carne em macia, quando os resultados encontrados na análise de força de cisalhamento das amostras pelo método *Warner-Bratzler*, apresentavam valores até 3,5 kg, assim como proposto por BOLEMAN et al. (1997). Estes autores estudaram a avaliação da qualidade do bife pelo consumidor em várias categorias de maciez medidas em WBSF e concluíram que a satisfação dos consumidores foi maior para os bifos com até 3,5 kg de WBSF e, esses consumidores, também se mostraram dispostos a pagarem mais por uma carne de maior maciez.

Os animais foram classificados em: extremo para baixo WBSF (alta maciez), quando os resultados encontrados nas análises de WBSF das amostras apresentaram valores abaixo de um desvio padrão; e extremo para alto WBSF (baixa maciez), quando os resultados encontrados nas análises de WBSF das amostras apresentaram valores acima de um desvio padrão.

Da lista dos touros, foram escolhidos seis touros cujas progênes foram avaliadas nos dois abates e apresentaram baixos valores de WBSF, sendo considerados extremos para alta maciez. Assumiu-se que esses touros possuem maior probabilidade de serem portadores do gene da maciez e de transmitir esse gene para sua progênie.

A partir da lista de matrizes, foram selecionadas 250 fêmeas com pais e/ou avôs que também tiveram filhos nos dois abates com baixos valores de WBSF. Essas, foram posteriormente acasaladas com os seis touros mencionados, mediante técnicas de acasalamento otimizado.

Procedimento similar foi utilizado para identificar outros seis touros e 250 matrizes com maior probabilidade de apresentarem altos valores de WBSF, acasalando-os entre si, mediante técnicas de acasalamento otimizado, com o

intuito de produzir um grupo de animais com potencial para o fenótipo "carne dura", ou seja, carne com altos valores de WBSF.

Esta estratégia de acasalamento foi utilizada para obter-se duas populações segregantes, sendo uma população com predominância do fenótipo carne macia, resultante do acasalamento entre animais extremos para baixo WBSF, e uma população com o fenótipo carne dura, resultante do acasalamento entre animais extremos para alto WBSF.

Análise e interpretação dos dados

Para a consistência dos dados foi utilizado o aplicativo *Statistical Analysis System* (SAS, 2004) utilizando os procedimentos FREQ, UNIVARIATE, GLM e CLUSTER.

As informações de pedigree dos animais foram organizadas, para que grupos similares fossem formados, através do procedimento CLUSTER. O método adotado para a definição dos clusters foi o método da mínima variância (*Ward*), no qual um grupo é reunido a outro grupo se essa união proporcionar o menor aumento da variância intragrupo. Com a adoção desse método, a variância intragrupo é calculada para todas as possibilidades de aglomeração, optando-se pelo arranjo que proporcione a menor variância (SAS, 2004).

Os componentes de variância necessários à obtenção dos parâmetros genéticos foram estimados pelo método da Amostragem de Gibbs, com aplicação do programa MTGSAM (*Multiple Trait using Gibbs Sampler under Animal Model*), desenvolvido por VAN TASSEL & VAN VLECK (1996), adaptado e adotado para calcular as distribuições médias posteriores por meio de amostras e estimativas posteriores dos componentes de variância gerados pela cadeia de Gibbs.

Para a otimização dos acasalamentos foi utilizado o sistema *on-line* de gerenciamento genético de rebanhos PAG Qualidade Genética, desenvolvido pela Associação Nacional dos Criadores e Pesquisadores – ANCP em parceria com o Centro Técnico de Avaliação Genética – CTAG (LÔBO et al., 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas, contendo número de observações, média, coeficiente de variação, desvio padrão, valor mínimo e máximo para a característica de WBSF da carne, preconizada neste estudo, estão descritas na Tabela 2. Os dados avaliados foram de mensuração da força de cisalhamento utilizando o método *Warner-Bratzler* (WBSF - *Warner-Bratzler shear force*), no músculo *Longissimus dorsi*, de animais terminados em regime de confinamento e com idade variando de 24 a 29 meses no momento do abate, sendo submetidos à maturação de sete dias e em seguida congelados para mensuração do WBSF.

TABELA 2 - Estatística descritiva da característica de força de cisalhamento (WBSF – *Warner-Bratzler shear force*) do *Longissimus dorsi* em bovinos da raça Nelore Mocho

Característica	N	Média	DP	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
WBSF (kg)	364	3,970	1,172	29,51	1,531	8,840

N: nº de animais, CV: coeficiente de variação, DP: desvio padrão, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

Após a consistência dos dados foi possível avaliar dados de WBSF de 364 animais dos 415 animais disponíveis e a população deste estudo obteve média de WBSF de 3,9 kg. Observa-se que os dados apresentaram desvio padrão de 1,172 e alto coeficiente de variação (29,51%), indicando heterogeneidade do conjunto de dados, com valores de WBSF variando de 1,53 kg a 8,84 kg.

Essa alta variação dos valores de WBSF dentro de uma população, ou grupos de contemporâneos, é comumente encontrada em vários outros trabalhos que estudaram essa característica (SHACKELFORD et al., 1991; O'CONNOR et al., 1997; CREWS e FRANKE, 1998; ELZO et al., 1998; LAGE et al., 2012). Isso porque a maciez da carne, apesar de existirem trabalhos indicando influência genética sobre essa característica (WHEELER et al., 1996; GUEDES et al. 2005; SAINZ et al., 2005), é uma característica altamente influenciada por fatores ambientais, seja eles *ante mortem* ou *post mortem* (PARDI et al., 2005; PRADO,

2005; ANDRIGHETTO et al., 2006; IGARASI et al., 2008) o que acaba levando a uma alta heterogeneidade dos valores de WBSF mesmo dentro de uma só população.

Na literatura consultada verificou-se poucas referências que permitiram uma comparação e inferência mais direta com os resultados encontrados neste estudo para a característica de WBSF.

É mais comum encontrar-se trabalhos de prospecção de genes de características de produção e de qualidade da carne em bovinos *Bos taurus* (SHACKELFORD et al., 1991; O'CONNOR et al., 1997; JOHNSTON et al., 2003), pois animais de raças taurinas são selecionados, já há algum tempo, em programas de melhoramento genético que tem por objetivo a seleção para a maciez. Pode-se encontrar também estudos (CREWS e FRANKE, 1998; ELZO et al., 1998; LAGE et al., 2012) que abordam a maciez da carne em animais oriundos de cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus*.

O valor médio da força de cisalhamento encontrado neste estudo está dentro do limite entre fenótipo carne dura e macia proposto por alguns autores: SHACKELFORD et al. (1991) citaram 4,6 kg, MACKETH et al. (1985), 4,5 kg e FELICIO (1997), 5 kg. No entanto, alguns autores defendem que valores de WBSF mais baixos sejam considerados para que a carne possa ser classificada como macia, como BOLEMAN et al. (1997), que consideraram valores de WBSF como sendo aceitáveis para a maciez de 3,5 kg.

Valores médios de WBSF superiores ao encontrado neste estudo foram relatados por RAZOOK et al. (2001), que, analisando diferentes rebanhos de animais zebuínos e animais da raça Caracu, obtiveram valores de WBSF do *Longissimus dorsi* de 5,4 kg; 4,4 kg; 4,6 kg e 4,4 kg para as raças Gir, Guzerá, Nelore e Caracu, respectivamente. SMITH et al. (2007), também encontraram valores mais altos de WBSF em um estudo com animais da raça Brahman, obtendo uma média de 4,5 kg.

O valor médio de WBSF deste estudo foi próximo ao verificado por LAGE et al. (2012), que obtiveram 3,39 kg para animais da raça Nelore. Porém, esses autores verificaram que esse valor diminui nos animais cruzados com raças não zebuínas, como é o caso dos animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore (2,94 kg) e $\frac{1}{2}$ Simental x $\frac{1}{2}$ Nelore (2,79 kg). Isso acontece devido à diminuição da fração de

genes zebuínos nesses animais. Vários autores relatam que quanto mais se aumenta a porcentagem de genes de animais *Bos tauros* nos cruzamentos, mais os valores de WBSF tendem a diminuir.

HADLICH (2007), em um estudo sobre características qualitativas da carcaça e da carne de bovinos Nelore e Brangus superprecoces, encontraram valores de WBSF do contra-filé, com sete dias de maturação, de 2,3 kg, tanto para animais da raça Brangus quanto para animais da raça Nelore. Os relatos de RUBIANO et al. (2009), também estudando características de carcaça e qualidade da carne em bovinos superprecoces, registraram média de WBSF de *Longissimus dorsi*, com sete dias de maturação, para animais da raça Nelore, de 2,05 kg. BIANCHINI et al. (2007) também encontraram valores médios menores de WBSF com sete dias de maturação (3,07 kg) em animais Nelore superprecoces.

Esses valores são inferiores aos encontrados neste trabalho por se tratarem de animais superprecoces, ou seja, são animais abatidos mais jovens, e a idade tem grande influência na força de cisalhamento do bife, conforme apresentado por ANDRIGHETTO et al. (2006).

Já quando BIANCHINI et al. (2007) analisaram os valores de WBSF de animais Nelore com 14 dias de maturação, a média chegou a cair de 3,07 kg com sete dias de maturação para 2,83 kg. HADLICH, (2007) relata que, independentemente de fatores como grupo racial, sistema de produção e idade de abate, há a diminuição dos valores de força de cisalhamento ao longo do período de maturação.

Esse fato também foi demonstrado por O'CONNOR et al. (1997) que, estudando os efeitos de maciez em *Bos taurus* e animais de composição *Bos indicus*, obtiveram médias de WBSF do contra-filé, com sete dias de maturação, de 3,8 kg; 3,41 kg e 3,47 kg nas raças Braford, Red Brangus e Simbrasil, respectivamente. Já com 14 dias de maturação, os mesmos autores obtiveram médias de WBSF de 2,98 kg; 2,95 kg e 2,84 kg, respectivamente, para mesmas raças.

Essa diminuição da força de cisalhamento, à medida que aumenta os dias de maturação da carne, também foi verificada por ANDRADE et al. (2010), porém, os autores deixaram bastante claro que quanto maior o número de dias de

maturação, maior é o número de modificações nas características organolépticas, como a cor da carne, são observadas, e as alterações mais importantes acontecem entre sete e 14 dias de maturação. Esses resultados levaram os autores a sugerirem que, o tempo de maturação mais seguro, quando se pretende alcançar valores de WBSF menores e ainda assim conservar as características visuais da carne, seria uma maturação de sete dias.

Os resultados das análises para estimação dos componentes de variância para o WBSF da carne, dos animais em estudo, que podem ser observados na Tabela 3, evidenciaram que possivelmente parte dos genes para esta característica não apresentam valores significativos de variância genética aditiva. Isto pode ser observado pelos valores dos componentes de variância genética aditiva, residual e fenotípica, que apresentaram estimativas iguais a 0,148; 1,222 e 1,370, respectivamente.

TABELA 3 – Análise dos componentes de variância e parâmetros genéticos para a característica de WBSF (*Warner-Bratzler shear force*) do *Longissimus dorsi* em bovinos da raça Nelore Mocho

Característica	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2
WBSF	0,148	1,222	1,370	0,11

WBSF: *Warner-Bratzler shear force*; σ_a^2 : variância genética aditiva; σ_e^2 : variância residual; σ_p^2 : variância fenotípica; h^2 : herdabilidade.

Estas estimativas sugerem que somente 11% dos genes para a força de cisalhamento da carne possivelmente apresentam efeito genético aditivo direto, enquanto que 89% dos efeitos que controlam esta característica estão presentes no resíduo, sendo este composto por efeitos epistáticos, de dominância, interações genótipo-ambiente e ambiental.

Estes valores de variância genética aditiva direta e fenotípica geraram uma estimativa de herdabilidade no sentido restrito igual a 0,11. No sentido amplo do termo, herdabilidade é a fração da variância fenotípica que é causada por diferenças entre os genótipos dos indivíduos.

Quanto maior for a influência genética sobre o fenótipo de um dado caráter, nesse caso, a força de cisalhamento, maior será a herdabilidade do mesmo. De um modo geral, quanto mais alta for a herdabilidade para a força de cisalhamento, maior será o progresso genético obtido por meio da seleção direta dos melhores animais para esta característica.

Essa baixa herdabilidade para a força de cisalhamento também foi relatada por CREWS e FRANKE (1998). Esses autores observaram herdabilidade de 0,02 em animais oriundos de cruzamentos entre bovinos da raça Brahman e raças taurinas. Valores de herdabilidade de baixa magnitude para WBSF também foram relatados por JOHNSTON et al. (2003), porém esses autores encontraram herdabilidade de 0,09 em bovinos de raças de climas temperados, como Angus, Hereford e Shorthorn, e em animais de climas tropicais, como o Brahman, obtiveram estimativas de herdabilidade em torno de 0,30.

Esse valor moderado de herdabilidade para a força de cisalhamento em bovinos da raça Brahman está em concordância com os valores encontrados por SMITH et al. (2007), que relatam herdabilidade de 0,29 nesse animais. Já BOUKHA et al. (2011), em um estudo genético para características de carcaça com a raça Piemontês, obtiveram uma herdabilidade de baixa magnitude, em torno de 0,14.

MINICK et al. (2004), em um estudo sobre WBSF e outras características de carcaça em bovinos, obtiveram valores de herdabilidade para força de cisalhamento, com maturação da carne de sete dias, de 0,33; 0,46; 0,11 e 0,16 para bovinos das raças Angus, Charolês, Hereford e Simental, respectivamente.

Essa alta variação dos valores de herdabilidade para a força de cisalhamento da carne em bovinos também foi encontrada por ELZO et al. (1998), que em um estudo com bovinos da raça Brahman e cruzamentos, observou valores de herdabilidade variando de 0,17 a 0,58.

Observa-se que a herdabilidade da maciez da carne, de uma maneira geral, apresenta grande variação. São vários os relatos na literatura que demonstram herdabilidades que variam de baixa a alta magnitude, seja ela entre ou dentre raças (CREWS e FRANKE, 1998; ELZO et al., 1998; JOHNSTON et al., 2003; MINICK et al., 2004; SMITH et al., 2007).

Esses resultados indicam que há uma necessidade de que novos estudos sejam realizados para se obter maior volume de informações sobre a característica de WBSF. Quando se considera somente as raças zebuínas, em especial o Nelore, os resultados são ainda mais escassos. No entanto, é sabido que os experimentos que permitem a avaliação dessa característica são de altos custos e de longa duração, o que dificulta mais ainda a sua realização.

Na Figura 1, estão representadas as densidades marginais posteriores – DMP de cada parâmetro, preditos pelo método bayesiano sob modelo animal.

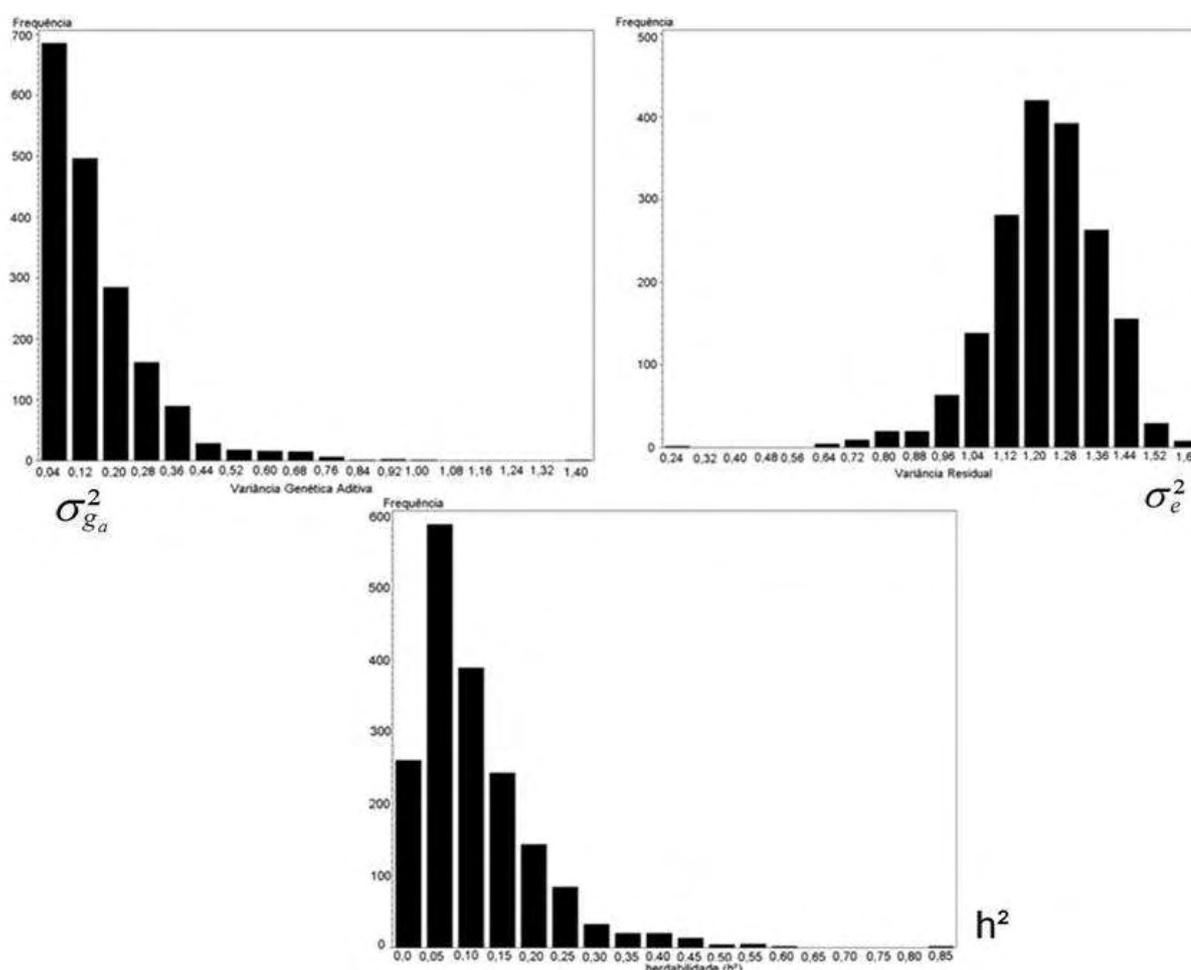


FIGURA 1 – Densidades marginais posteriores (DMP) dos componentes de variância genética aditiva ($\sigma_{g_a}^2$), variância residual (σ_e^2) e da herdabilidade (h^2) com dados de WBSF em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bayesianas unicaracter sob modelo animal

Segundo CARDOSO et al. (2009), a estratégia para implementar a amostragem de Gibbs é baseada na geração de uma cadeia de amostras sucessivas, descartando-se um conjunto inicial de amostras para permitir a convergência da cadeia para a sua distribuição estacionária e para eliminar o efeito dos valores iniciais. Essas amostras, após o período de descarte, são representativas das densidades marginais posteriores (DMP) dos parâmetros do modelo, das quais é derivada a inferência sobre esses parâmetros ou quaisquer funções de interesse envolvendo tais parâmetros. Dessa forma, as médias, modas, e os desvios-padrão dos parâmetros foram obtidos de suas respectivas densidades marginais posteriores.

Ao analisar as DMPs dos parâmetros genéticos estudados (Figura 1), pode-se observar que essas distribuições tendem mais a esquerda, representando a tendência dos baixos valores da variância genética aditiva (σ_{ga}^2) e da herdabilidade (h^2) da característica de WBSF obtidos neste estudo.

Esses baixos valores de variância genética aditiva e de herdabilidade do WBSF encontrados, somados à grande variação dos valores dos componentes de variância do WBSF relatados na literatura, permitem inferir que a forma mais segura de selecionar os pais das duas populações segregantes, de fenótipos de carne macia (baixos valores de WBSF) e pouco macia (altos valores de WBSF), de acordo com os objetivos deste estudo, seria baseando-se no princípio de probabilidade de genes idênticos por descendência a ancestrais “fundadores”, conforme demonstrado por LACY (1989).

Vários trabalhos que utilizaram análise de pedigree e a avaliação da variabilidade genética por parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene demonstraram eficientes em seus propósitos, como foram os estudos de VOZZI et al. (2006); MARCONDES et al. (2007); CUNHA et al. (2008); e FARIA et al. (2010).

Após a análise de pedigree dos animais estudados, foi possível detectar quais eram os genearcas fundadores da raça Nelore (MAGNABOSCO et al., 1997) que possuíam uma maior quantidade de descendentes, nesta população, apresentando alta ou baixa força de cisalhamento.

Observa-se na Figura 2, que os genearcas da população estudada que segregam para baixa força de cisalhamento encontram-se mais próximos e

são representados pelas letras D, E e F, enquanto que os genearcas que segregam para força de cisalhamento alta são representados pelas letras A, B e C.

Dessa forma, os reprodutores machos e fêmeas, que descendem dos genearcas D, E e F, foram acasalados entre si para a formação de uma população com valores de WBSF baixos, e os reprodutores, machos e fêmeas, descendentes dos genearcas A, B e C, também foram acasalados entre si, com o intuito de formar uma população com altos valores de WBSF.

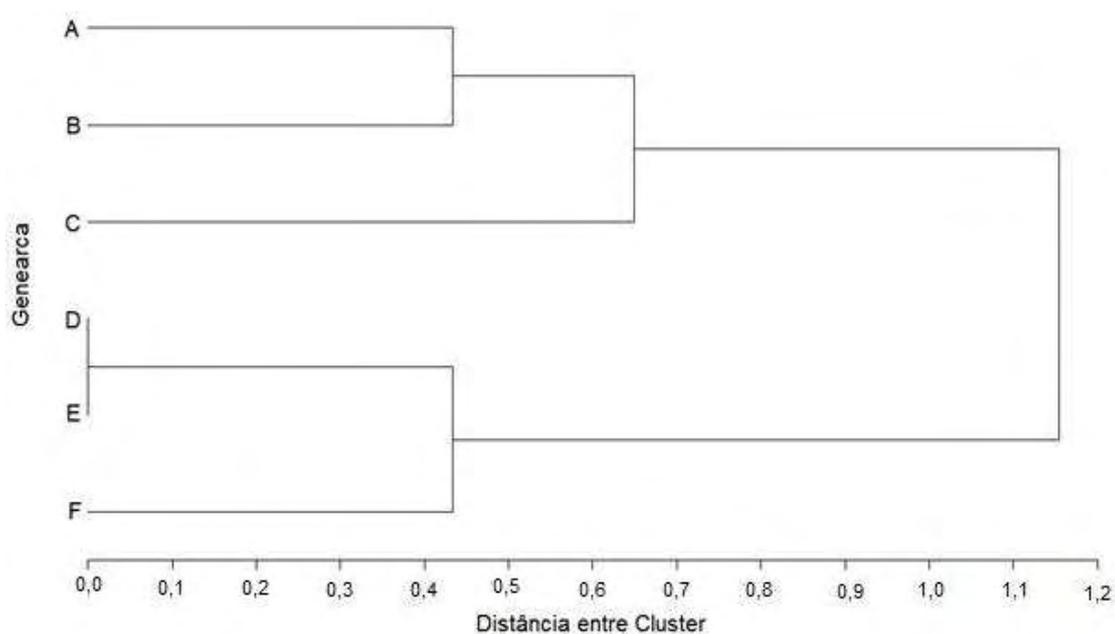


FIGURA 2 - Dendrograma das distâncias entre genearcas em função da força de cisalhamento das suas respectivas progênes

Embora os genearcas da população estudada tenham sido separados em dois grupos de fenótipos para força de cisalhamento, observou-se que alguns reprodutores, descendentes do mesmo fundador, tiveram filhos que segregaram para os dois fenótipos de maciez (Figura 3), ou seja, esses touros tiveram filhos que apresentaram força de cisalhamento baixa e também tiveram outros filhos que apresentaram força de cisalhamento alta.



FIGURA 3 – Esquema de segregação dos touros selecionados como reprodutores da população experimental baseando-se no fenótipo de WBSF de suas progênes

Esse comportamento fenotípico, ou seja, essa variação da maciez entre filhos de um mesmo pai pode ser justificado visto a baixa herdabilidade para a característica de maciez da carne obtida neste estudo e em vários outros relatados da literatura (CREWS & FRANKE, 1998; JOHNSTON et al., 2003; MINICK et al., 2004; BOUKHA et al., 2011).

4 CONCLUSÕES

As estimativas de (co)variância e parâmetros genéticos para a maciez da carne indicaram que grande parte dos genes para a característica de WBSF não possuem ação genética aditiva direta.

A estratégia do uso das informações de pedigree, baseando-se no princípio da probabilidade de genes idênticos por descendência, possibilitou a identificação dos indivíduos que apresentaram maior probabilidade de serem portadores de genes favoráveis à maciez, haja vista, que as análises utilizando modelos gaussianos sob modelo animal e enfoque bayesiano não permitiram a predição dos valores genéticos para WBSF.

Dessa forma, foi possível acasalar indivíduos extremos para carne macia e dura e criar uma população segregante que servirá como material experimental para trabalhos de prospecção e identificação de genes futuros.

5 REFERÊNCIAS

1. ABCZ – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE ZEBU. **O Nelore e o Nelore Mocho**. 2011. Disponível em: www.abcz.org.br/site/tecnica/raças/nel.php. Acesso em: 23/10/2011.
2. ANDRADE, P. L.; BRESSAN, M. C.; GAMA, L. T.; GONÇALVES, T. M.; LADEIRA, M. M.; RAMOS, E. M. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.
3. ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; ROÇA, R. O.; SARTORI, D. R.; RODRIGUES, E.; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária** [online], v. 7, n. 6, p. 1-6, 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 12/06/2011.
4. ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2010.
5. BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A.C.; JORGE, A.M.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; HADLICH, J. C.; ANDRIGHETTO, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.
6. BOLEMAN, S.J.; BOLEMAN, S.L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1521-1524, 1997.
7. BOUKHA, A.; BONFATTI, V.; CECCHINATO, A.; ALBERA, A.; GALLO, L.; CARNIER, P.; BITTANTE, G. Genetic parameters of carcass and meat quality traits of double muscled Piemontese cattle. **Meat Science**, Champaign, v. 89, p. 84-90, 2011.
8. CARDOSO, F. F.; ROSA, G. J. M.; TEMPELMAN, R. J.; TORRES JUNIOR, R. A. A. Modelos hierárquicos bayesianos para estimação robusta e análise de dados censurados em melhoramento animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.72-80, 2009.
9. CREWS, D. H.; FRANKE, D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1803 - 1809, 1998.
10. CUNHA, E. E.; FRANÇA, C. M. B.; MADEIRA, M. C. B.; DANTAS, A.G.M. Variabilidade genética por meio da probabilidade de origem do gene em caprinos nativos Canindé. In: V Congresso Nordeste de Produção Animal, 5., 2008, Aracaju. **Anais Eletrônicos...** [ON-LINE], Aracaju: SNPA, 2008.

11. ELZO, M. A.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D.; WAKEMAN, D. L. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1810-1823, 1998.
12. FARIA, L. C.; QUEIROZ, S. A.; VOZZI, P. A.; LÔBO, R. B.; MAGNABOSCO, C. U.; OLIVEIRA, J. A. Variabilidade genética da raça Brahman no Brasil detectada por meio de análise de pedigree. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1133-1140, 2010.
13. FELICIO, P.E. Carne de touro jovem. **Revista Nacional da Carne**, n. 243, p. 91-92, 1997.
14. GUEDES, C, F. **Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.
15. HADLICH, J. C. **Características do crescimento animal, do tecido muscular esquelético e da maciez da carne de bovinos nelore e mestiços no modelo biológico superprecoce**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
16. IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. B.; HADLICH, J. C.; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L.; OLIVEIRA, H. N. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 520-528, 2008.
17. JOHNSTON, D. J.; REVERTER, A.; FERGUSON, D. M.; THOMPSON, J. M.; BURROW, H. M. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3. Meat quality traits. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 54, p. 135-147, 2003.
18. LACY, R.C. Analysis of founder representation in pedigrees: Founder equivalents and founder genome equivalents. **Zoo Biology**, Brookfield, v. 8, p. 111-123, 1989.
19. LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, E. J. O.; DUARTE, M. S.; BENEDETI, P. D. B.; SOUZA, N. K. P.; COX, R. B. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. **Meat Science**, Champaign, v. 90, p. 770–774, 2012.
20. LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; VOZZI, P. A.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G.; SAINZ, R. D.; BERGMANN, J. A. G.; FARIA, C. de U.; OLIVEIRA, H. N. **Avaliação Genética de Touros das Raças Nelore, Guzerá, Brahman e Tabapuã: Sumário 2011**. Ribeirão Preto: ANCP, 2011. 172 p.

21. MACKEITH, F.K.; DEVOL, D.L.; MILES, R.S. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, p. 869-872, 1985.
22. MAGNABOSCO, C.U.; CORDEIRO, C.M.T.; TROVO, J.B. **Catálogo de linhagens do germoplasma zebuino: raça Nelore**. Brasília: Embrapa - Cenargen, 52p., 1997. (Embrapa Cenargen. Documento, 23).
23. MAGNABOSCO, C. U.; TROVO, J. B., TORRES JUNIOR, R. A. A.; FARIA, C. U.; MARTINS, C. F.; REGITANO, L.; FRAGOSO, R. R.; TELLES, M. P. C.; SILVA, C. C.; ARAUJO, F. R. C.; PRADO, C. S.; SAINZ, R. D. **Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho**. Projeto Macroprograma 2, Documento de Circulação Restrita, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2009.
24. MARCONDES, C. R.; VOZZI, P. A.; ARAÚJO, R. O.; GLÓRIA, W. P.; LÔBO, R. B. Contribuição dos efeitos de genearcas e de famílias sobre a probabilidade de permanência em rebanhos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 977-982, 2007.
25. MINICK, J. A.; DIKEMAN, M. E.; POLLAK, E. J.; WILSON, D. E. Heritability and correlation estimates of Warner-Bratzler shear force and carcass traits from Angus, Charolais, Hereford, and Simmental-sired cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, p. 599-609, 2004.
26. O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M. Genetics effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n.7, p. 1822-1830, 1997.
27. OLIVEIRA, A L. Maciez da carne bovina. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, n. 33. p. 7-18, 2000.
28. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. Ed. Goiânia: UFG, 2005. 623p.
29. PRADO, C. S. **Influência do método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé (m. longissimus dorsi)**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimento) – Faculdade de Engenharia de Alimento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
30. RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; NARDON, R. F.; CYRILLO, J. N. S. G.; RUGGIERI, A. C. Efeitos de raça e da seleção para peso pós-desmame sobre características de confinamento e de carcaça da 15ª progênie dos rebanhos zebu e caracu de sertãozinho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 115-124, 2001.

31. RUBIANO, G. A. G.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; GONÇALVES, H. C.; ANGERAMI, C. N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2490-2498, 2009.
32. SAINZ, R. D.; MAGNABOSCO, C. U.; MANICARDI, F.; ARAUJO, F.; LEME, P. R.; LUCHIARI, A.; MARGARIDO, R.; PEREIRA, A. S. C.; GUEDES, C. F. Projeto OB-Choice: genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 3., 2005, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CTC, p. 265, 2005.
33. SAINZ, R. D., MAGNABOSCO, C.U., MANICARDI, F. R., ARAÚJO, F. R. C., PEREIRA, A. S. C, GUEDES, C. F., MARGARIDO, R. C. C., LEME, P. R., LUCHIARI FILHO, A. Growth performance, carcass and meat quality in progeny of Nellore, Angus and Brahman bulls and Nellore cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1- 31, 2008.
34. SAS INSTITUTE INC. **SAS onlineDOC® 9.1.3**, Cary, NC. 2004.
35. SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; WHIPPLE, G. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Herdford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.171-177, 1991.
36. SMITH, T.; DOMINGUE, J. D.; PASCHAL, J. C.; FRANKE, D. E.; BIDNER, T. D.; WHIPPLE, G. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1377-1384, 2007.
37. VAN TASSELL, C.P.; VAN VLECK, L.D. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models: flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co)variance component inference. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2586-2597, 1996.
38. VOZZI, P. A., MARCONDES, C. R., MAGNABOSCO, C. U., BEZERRA, L. A. F., LOBO, R. B. Structure and genetic in Nellore (*Bos indicus*) cattle by pedigree analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, p. 482-485, 2006.
39. WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. *et al.* Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.5, p.1023-1035, 1996.

CAPITULO III – ESTIMATIVAS DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE CARACTERÍSTICA DE MACIEZ E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E CARÇA EM BOVINOS NELORE MOCHO

RESUMO

Objetivou-se com este estudo, analisar os interrelacionamentos fenotípicos entre as variáveis, além de estimar as correlações genéticas entre as características de maciez (WBSF), desempenho (PI, PF e GPD) e carcaça (EG, P8 e AOL) dos animais avaliados. Foram utilizados dados do Programa OB Choice da Guaporé Agropecuária. Para análises de relacionamentos fenotípicos foram utilizadas análises de fatores e correlações canônicas. Os componentes de variância necessários à obtenção dos parâmetros genéticos foram estimados pelo método da Amostragem de Gibbs, com aplicação do programa MTGSAM (*Multiple Trait using Gibbs Sampler under Animal Model*). Observou-se ausência de correlações fenotípicas entre o WBSF e as outras características produtivas avaliadas. As correlações genéticas entre WBSF e as outras características foram de baixa magnitude, com valores de -0,15; -0,18; -0,13; 0,10; -0,12 e 0,18, entre WBSF e PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL, respectivamente. Os resultados desse estudo sugerem que, a seleção para a maciez não influenciará na seleção de outras características de interesse econômico e vice-versa. São necessários mais estudos para um melhor conhecimento sobre as relações genéticas de WBSF e outras características produtivas em bovinos da raça Nelore Mocho.

Palavras-chave: análise multivariada, força de cisalhamento, parâmetros genéticos

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the interrelationships among the variables and also estimate the genetic correlations between meat tenderness feature (WBSF), and growth (PI, PF and GPD) and carcass (EG, P8 and AOL) features. The data were from Guaporé Agropecuária's OB Choice Program. Factor analysis and canonical correlations were used to analyze the phenotypic relationships. The covariance components and genetic parameters were estimated using the Gibbs Sampling method, with the application of the program MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler Animal under Model). A lack of phenotypical correlations between shear force trait and the other measured productive traits was observed. The genetic correlations between WBSF and the other evaluated traits were of a low magnitude, with values of -0.15; -0.18; -0.13; 0.10; -0.12 and 0.18, between WBSF and PI, PF, GPD, EG, P8 and AOL, respectively. The results of this study support the conclusion that tenderness selection will not affect the selection of other economic traits and vice-versa. For a better knowledge of the genetic relationships between WBSF and other traits for Polled Nellore breed more studies are required.

Keywords: genetic parameters, multivariate analysis, shear force

1 INTRODUÇÃO

A seleção em bovinos de corte foi baseada por muitos anos levando-se em conta apenas o peso do animal. Entretanto, considerar somente uma característica não é suficiente para representar o mérito genético e econômico de uma população.

Além disso, as pressões exercidas atualmente pelo mercado e a necessidade de se produzir carne bovina de boa qualidade, de forma eficiente e competitiva, têm estimulado produtores e pesquisadores a buscarem novas alternativas de seleção para as características economicamente importantes como, por exemplo, precocidade sexual, ganho em peso, acabamento de carcaça e qualidade da carne.

Assim, os programas de melhoramento genético contribuem para aumento da qualidade do produto brasileiro, pois esses programas já contemplam características relacionadas ao desempenho quantitativo e qualitativo desses animais de corte, tais como, velocidade de ganho em peso e qualidade de carcaça (BARBOSA, 2005).

Segundo CARDOSO et al. (2004), um programa de melhoramento genético baseado somente em características de desenvolvimento ponderal, como o ganho em peso não seria adequado, pois a composição corporal não pode ser ignorada caso queira satisfazer as demandas do mercado. Além disso, a seleção baseada em apenas um atributo pode incorrer em resultados insatisfatórios, seja por não considerar outras características ou por respostas correlacionadas negativas.

No Brasil, alguns programas de melhoramento selecionaram por vários anos quase que exclusivamente para peso, valorizando animais com alto peso adulto (MERCADANTE et al., 2004). Conseqüentemente, favoreceu a produção de animais grandes e tardios, o que não é economicamente viável.

Estratégias seletivas que visem equilibrar o crescimento, o biótipo e a reprodução são desejáveis tanto no aspecto genético como no econômico (FARIA et al., 2009). Conhecer as correlações genéticas e fenotípicas entre as características econômicas utilizadas nos programas de melhoramento genético é um aspecto crucial para se definir novos critérios de seleção.

Nesse sentido, objetivou-se estimar as correlações genéticas e analisar as relações fenotípicas entre a característica de maciez da carne (WBSF - *Warner-Bratzler shear force*) e as características de crescimento (peso inicial, peso final e ganho em pesos) e acabamento de carcaça (espessura de gordura na costela, espessura de gordura na garupa e área de olho de lombo) dos animais avaliados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Arquivo de dados

O presente estudo utilizou dados do Programa OB Choice, de desenvolvimento da empresa Guaporé Agropecuária S/A, detentora do rebanho Nelore Mocho da marca OB, que consiste na avaliação de touros para qualidade de carne.

Os animais da raça Nelore Mocho, da Guaporé Agropecuária S/A, são criados e recriados em pastagens de *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) e *Panicum maximum* (cv. Tanzânia) na Fazenda Guaporé, localizada a 450 km de Cuiabá, no município de Pontes e Lacerda, Sudoeste do Estado de Mato Grosso, no vale do Rio Guaporé.

Nesse trabalho, desenvolvido com o rebanho da marca OB, foram selecionados 22 touros representativos das principais linhagens da raça Nelore: Akasamu, Bima, Godhavari, Golias, Kavardi, Nagpur e Taj Mahal (MAGNABOSCO et al., 1997). Estes touros foram acasalados com 552 vacas comerciais da raça Nelore por inseminação artificial.

Os animais foram criados a pasto e confinados durante três meses para a terminação. A dieta foi oferecida à vontade, tendo em sua composição 14,2% PB e 71,2% NDT, com uma relação volumoso:concentrado de 23:77 (GUEDES, 2005). A composição e a estimativa de nutrientes da ração estão apresentadas na Tabela 1. As rações foram formuladas com o programa Ração de Lucro Máximo (RLM) da ESALQ-USP.

TABELA 1 - Composição percentual e estimativa de nutrientes da dieta

INGREDIENTES	% MS
Bagaço de cana hidrolisado	13,4
Bagaço de cana <i>in natura</i>	10,0
Milho grão seco	35,2
Casca de soja	20,0
Farelo de soja 45%PB	6,0
Levedura úmida	10,0
Uréia	0,6
Melaço	2,5
Sal mineral	2,3
Rumensin ®	0,027
Nutrientes estimados	
PB	14,2
PDR	8,3
NDT	71,2
Ca	0,49

PB: proteína bruta; PDR: proteína degradável no rúmen, NDT: nutrientes digestíveis totais, Ca: cálcio

Após a terminação, os produtos foram divididos em dois abates. Foram considerados no primeiro abate 234 animais, filhos de 14 touros PO da raça Nelore e 302 vacas comerciais da raça Nelore Mocho, nascidos entre outubro de 2002 e janeiro de 2003 e abatidos em novembro de 2004, com idade média de 24 meses. No segundo abate, foram considerados 181 animais, filhos de 12 touros PO da raça Nelore e 250 vacas PO da raça Nelore Mocho, nascidos entre fevereiro de 2006 e abril de 2006 e abatidos em agosto de 2008 e novembro de 2008, com idade média de 29 meses.

Após o abate, foi extraído de todos os animais amostras do músculo *Longissimus dorsi* (o contrafilé), que foi submetido à maturação de sete dias e em seguida congelado para mensuração da maciez da carne com a medição do WBSF (*Warner-Bratzler shear force*) do bife.

Durante o período de confinamento foram feitas mensurações das características de carcaça por meio de ultrasonografia e pesagens periódicas dos

animais. Para obtenção das imagens de ultrassom, foi utilizado um equipamento de ultrassonografia Aloka SSD 500V, com transdutor linear de 18cm, acoplado a uma guia acústica. As medidas tomadas foram: área de olho de lombo (AOL, no músculo *Longissimus dorsi*) e espessura de gordura subcutânea entre as 12ª e 13ª costelas (EG) e na garupa entre o íleo e o ísqueo sobre o músculo *Biceps femoris* (P8).

Em função disso, estão disponíveis informações de pedigree e de avaliações fenotípicas para características de carcaça e dados de maciez de 415 progênes de 22 touros, constituindo uma matriz de parentesco com 956 animais.

Análise e interpretação dos dados

As características analisadas foram: Peso vivo no início do confinamento (PI); Peso vivo no final do confinamento (PF); Ganho em peso diário (GDP); Área de olho de lombo (AOL); Espessura de gordura na garupa (P8); Espessura de gordura na 12ª-13ª costela (EG); e, Maciez (WBSF).

As características de peso final (PF), espessura de gordura na 12ª e 13ª costela (EG), espessura de gordura na garupa (P8) e área de olho de lombo (AOL), são referentes às últimas mensurações feitas antes dos abates dos animais, ao fim do confinamento.

Já a característica de peso inicial (PI), se refere à mensuração feita no início do confinamento, a característica de ganho em peso por dia (GPD), se refere ao ganho diário em peso dos animais durante o período de confinamento, e a característica de WBSF - *Warner-Bratzler shear force*, é referente à mensuração pós abate da força de cisalhamento do *Longissimus dorsi*, após sete dias de maturação.

O modelo geral da análise de variância foi realizado segundo modelo descrito:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + S_j + e_{ijk}$$

em que, μ é média geral para a característica estudada (WBSF); I_i é efeito fixo do índice de classificação de maciez (alta ou baixa força de cisalhamento do bife); S_j como efeito fixo do sexo; e, e_{ijk} o resíduo.

As análises foram divididas em duas etapas: análises univariadas e análises multivariadas.

Análises univariadas

Dentre as análises univariadas foram realizadas estatísticas descritivas e análise de correlação de *Pearson*.

Para a consistência dos dados foi utilizado o aplicativo *Statistical Analysis System* (SAS, 2004) utilizando os procedimentos *FREQ*, *UNIVARIATE*, *MEANS*, *GLM* e *CORR*.

As estimativas de correlações foram obtidas utilizando o procedimento *CORR* (*Pearson*), sendo a diferença estatística entre medidas testadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Análises multivariadas

Para um melhor entendimento das interrelações existentes entre as variáveis estudadas, ou seja, para melhor compreender a estrutura de correlação fenotípica, foi realizada análise fatorial e correlação canônica.

Todas as análises multivariadas foram realizadas por meio do aplicativo *Statistical Analysis System* (SAS, 2004) utilizando os procedimentos *FACTOR* e *CANCOR*.

A análise de fatores, procedimento *FACTOR*, irá analisar as relações de interdependência entre as variáveis quantitativas. É uma técnica estatística utilizada para representar as relações entre um conjunto de variáveis, através de um menor número de características, que vão expressar o que existe de comum nas variáveis originais.

A correlação canônica, procedimento *CANCOR*, vai gerar novos valores (autovalores canônicos) que melhor explicam as correlações entre todas as variáveis.

Análise genético-quantitativa

Os componentes de variância necessários à obtenção dos parâmetros genéticos e das correlações genéticas foram estimados pelo método da Amostragem de Gibbs, com aplicação do programa MTGSAM (*Multiple Trait using Gibbs Sampler under Animal Model*), desenvolvido por VAN TASSEL e VAN VLECK (1996), adaptado e adotado para calcular as distribuições médias posteriores por meio de amostras e estimativas posteriores dos componentes de variância gerados pela cadeia de Gibbs.

As análises foram realizadas utilizando o modelo animal, conforme descrito pela equação a seguir:

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

em que, y é o vetor da variável dependente (registros de WBSF), β o vetor dos efeitos fixos, X a matriz de incidência que associa β com y , Z a matriz de incidência que associa o vetor u a y , a representa o vetor dos efeitos genéticos aditivos do animal e, e o vetor de resíduos.

O modelo proposto incluiu o efeito aleatório genético aditivo direto e residual, os efeitos fixos do sexo do animal e grupo de contemporâneos (formados por ano de abate e data do abate) e o efeito sistemático da idade do animal como covariável.

Para as análises de estimação dos componentes de (co)variância do efeito genético direto e das correlações genéticas usando modelos bicaráter entre características foi utilizado o seguinte modelo matricial:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1\beta_1 + Z_1u_1 \\ X_2\beta_2 + Z_2u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que, y_i = vetor de observações da característica; β_i = vetor de efeitos fixos; u_i = vetor dos efeitos genéticos diretos associados às matrizes; X_i e Z_i = matrizes de

incidência dos efeitos β_i e u_i , respectivamente; e e_i = vetor dos efeitos residuais. As esperanças de y_i são $X_i \beta_i$.

Assume-se:

$$E \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\beta_1 \\ X\beta_2 \end{bmatrix}$$

E a estrutura (co) variâncias:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{u_1}^2 & & & \\ A\sigma_{u_1u_2} & A\sigma_{u_2}^2 & & \\ 0 & 0 & I\sigma_{e_1}^2 & \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

em que, $\sigma_{u_1}^2$ = variância genética aditiva direta para a característica 1; $\sigma_{u_2}^2$ = variância genética aditiva direta para a característica 2 ; $\sigma_{e_1}^2$ = variância dos efeitos residuais relativa à característica 1; $\sigma_{e_2}^2$ = variância residual relativa à característica 2 ; A = numerador da matriz de parentesco; I = matriz identidade apropriada; $\sigma_{u_1u_2}$ = covariância genética entre os efeitos genéticos diretos para as características 1 e 2.

Para os valores a priori das (co)variâncias aditivas e residuais foi utilizada a distribuição não informativa ou "flat" (não refletindo conhecimento prévio do parâmetro). Na implementação da Amostragem de Gibbs foi utilizado uma cadeia de 1.500.000 de ciclos, sendo que os primeiros 500.000 ciclos foram descartados e as amostras retiradas a cada 1.000 ciclos, totalizando 1.000 amostras de Gibbs.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas para as características de crescimento, carcaça e maciez da carne, preconizadas neste estudo, estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2 - Estatística descritiva das características de crescimento (PI, PF e GPD), carcaça (AOL, EG e P8) e maciez (WBSF) de bovinos da raça Nelore Mocho

	Característica	N	Média	DP	CV (%)	Mínimo	Máximo
Crescimento	PI (kg)	284	372,08	49,48	13,30	250	510
	PF (kg)	364	427,66	59,22	13,85	290,23	604
	GPD (kg/dia)	288	1,11	0,22	19,71	0,289	1,918
Carcaça	AOL (cm ²)	310	67,49	8,26	12,24	46,04	95,93
	EG (mm)	344	5,91	2,74	46,38	0,18	18,10
	P8 (mm)	228	8,34	2,74	32,88	3,14	18,37
Maciez	WBSF (kg)	364	3,97	1,17	29,52	1,53	8,84

N: n^o de animais, CV: coeficiente de variação, DP: desvio padrão, PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho em peso diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura medida entre a 12^a e 13^a costela, P8: espessura de gordura medida na garupa, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

Após a consistência dos dados foi possível avaliar dados de PI, PF, GPD, AOL, EG, P8 e WBSF de 284, 364, 288, 310, 344, 228, e 364 animais, respectivamente, dos 415 animais disponíveis. Pode-se observar alto desvio padrão no peso inicial (PI) e peso final (PF) dos animais avaliados, isso pode ter ocorrido pelo fato dos animais terem sido selecionados pela sua linhagem genética e não pelo peso, levando a essa heterogeneidade. O mesmo pode ser observado quando se avalia os dados de carcaça, que obteve altos coeficientes de variação (46,38% para EG e 32,88% para P8), e também pode ser explicado pela heterogeneidade do grupo de animais estudados, ou seja, por esses animais

não terem sido pré-selecionados com base no seu fenótipo e sim na sua genealogia.

A característica de WBSF também apresentou alto coeficiente de variação (29,51%), indicando heterogeneidade do conjunto de dados, com valores de WBSF variando de 1,53 kg a 8,84 kg. Essa alta variação dos valores de WBSF dentro de uma população, ou grupos de contemporâneos, é comumente encontrada em vários outros trabalhos que estudaram essa característica (SHACKELFORD et al., 1991; O'CONNOR et al., 1997; CREWS e FRANKE, 1998; ELZO et al., 1998; LAGE et al., 2012). Isso porque a maciez da carne, apesar de existirem trabalhos indicando influencia genética sobre essa característica (WHEELER *et al.*, 1996; GUEDES et al. 2005; SAINZ et al., 2005), é uma característica altamente influenciada por fatores ambientais, seja eles *ante mortem* ou *pos mortem* (PARDI et al., 2005; PRADO, 2005; ANDRIGHETTO et al., 2006; IGARASI et al., 2008) o que acaba levando a uma alta heterogeneidade dos valores de WBSF mesmo dentro de uma só população.

As médias obtidas nesta população para as características de crescimento (PI, PF E GPD) foram de 372,08 kg, 427,66 kg e 1,11 kg/dia, respectivamente. Como essas características se referem a um período determinado, tanto pela idade quanto pelo tempo que ficaram confinados e o tipo de alimentação fornecida nesse período, fica difícil encontrar referências que permitem comparação mais direta com este estudo.

MARQUES (2011), estudando animais da raça Nelore em regime de confinamento, obteve valores de PF de 375,27 kg e GPD de 0,89 kg/dia, esses valores são inferiores aos encontrados neste trabalho, talvez por se tratar de animais participantes de provas de ganho em peso, que receberam dieta diferente dos animais destinados à terminação e ao abate. Como exemplo, tem-se o estudo de COSTA et al. (2005), onde os animais obtiveram ganhos em confinamentos comerciais com médias mais próximas das obtidas neste estudo para PF e GPD (451,79 kg e 1,08 kg, respectivamente), considerando animais destinados ao abate.

Destaca-se que, ao analisar os dados de PI e PF, observou-se uma grande variação entre os valores mínimos e máximos para essas características. Isso ocorreu por serem animais selecionados com o objetivo de formar uma

população experimental, sendo assim, eles foram selecionados principalmente pela sua linhagem e não por uma margem de peso pré-determinada. Essa heterogeneidade de pesos como resultado de uma seleção baseando-se na linhagem dos animais também foi relatada por GUEDES (2005), SAINZ et al. (2005) e SAINZ et al. (2008).

As características relacionadas à qualidade da carcaça medidas *in vivo* por ultrassonografia, como AOL, EG e P8, dos animais deste estudo, apresentaram valores (67,49 cm², 5,91 mm e 8,34 mm, respectivamente) próximos aos descritos por outros autores que também trabalharam com animais da raça Nelore. SILVA et al. (2004), apesar de também terem estudado animais da raça Nelore sob regime de confinamento, obtiveram valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa para AOL, EG e P8 (65 cm², 3,4 mm e 3,7 mm, respectivamente). Isso ocorreu devido ao fato desses animais serem mais novos no momento da coleta, com idade variando entre 18 e 21 meses, do que os animais deste estudo, que tinham idade variando entre 24 e 29 meses, portanto apresentaram maior deposição de gordura.

Já POLIZEL NETO et al. (2009), relataram valores para AOL e EG próximos aos encontrados neste trabalho (64,42 cm² e 5,13 mm, respectivamente) mesmo se tratando de novilhos Nelores criados a pasto. O que contribuiu para a deposição de gordura nesses animais foi o fato deles serem castrados e não inteiros como no caso dos animais do presente estudo. Haja vista, que valores menores foram descritos por YOKOO et al. (2009) para AOL, EG e P8 (48,38 cm², 1,93 mm e 3,05 mm, respectivamente) trabalhando com animais Nelores inteiros criados a pasto com idade variando entre 18 e 21 meses.

Ao consultar a literatura (SILVA et al., 2004; COSTA et al., 2005; POLIZEL NETO et al., 2009; YOKOO et al., 2009; MARQUES, 2011) percebe-se que, mesmo ao considerar trabalhos realizados com animais de uma mesma raça, os valores tanto das características de crescimento quanto das características de carcaça, variam bastante de um estudo para outro. Acredita-se que o principal motivo seja os mais diversos tipos de manejo e alimentação a que os animais são submetidos, além da idade da obtenção das medidas.

O valor de WBSF encontrado neste estudo (3,97 kg) foi semelhante ao encontrado por LAGE et al. (2012), que obtiveram 3,39 kg para animais da raça

Nelore. Valores superiores foram relatados por RAZOOK et al. (2001), que, analisando diferentes rebanhos de animais zebuínos e animais da raça Caracu, obtiveram valores de WBSF do *Longissimus dorsi* de 5,4 kg; 4,4 kg; 4,6 kg e 4,4 kg para as raças Gir, Guzerá, Nelore e Caracu, respectivamente. Estes valores tendem a diminuir à medida que se adiciona animais taurinos em cruzamentos industriais (O'CONNOR et al., 1997 e LAGE et al., 2012) aumenta o tempo de maturação do bife (O'CONNOR et al., 1997 e BIANCHINI et al., 2007) e os animais são abatidos mais jovens (BIANCHINI et al., 2007 e RUBIANO et al., 2009).

Com o aumento da proporção de genes de origem zebuína ocorre uma queda da calpaína que, segundo KOOHMARAIE (1994), é a enzima de maior importância na maturação da carne, por degradar as proteínas miofibrilares e, assim, atingir a maciez ideal. Estas enzimas estão sempre associadas a um inibidor chamado calpastatina, cuja função está relacionada ao controle da hidrólise do conteúdo celular (GEESINK et al., 2006). Quando as calpaínas são inibidas, a fragmentação normal das fibras musculares durante o período *post mortem* não acontece (KOOHMARAIE, 1994).

Vários estudos (WHEELER et al., 1996; ANDRIGHETTO et al., 2006; ALVES & MANCIO, 2007) observaram que animais zebuínos apresentam concentrações de calpastatina no músculo superiores aos taurinos, o que acaba por inibir a ação da calpaína durante o processo de proteólise *post mortem* e leva a uma menor maciez da carne.

Os resultados do teste de médias das características de crescimento, carcaça e maciez entre machos e fêmeas, e entre animais com alto e baixo WBSF, são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Teste de médias de características de crescimento, carcaça e maciez entre machos e fêmeas, e entre animais com alto e baixo WBSF

	PI	PF	GPD	AOL	EG	P8	WBSF
Alto WBSF	303,81 ^B	426,23 ^B	1,11 ^B	66,81 ^A	5,92 ^A	8,35 ^A	4,63 ^A
Baixo WBSF	320,21 ^A	441,96 ^A	1,17 ^A	68,02 ^A	5,99 ^A	8,36 ^A	2,93 ^B
Fêmea	251,63 ^B	395,91 ^B	1,06 ^B	65,71 ^B	7,03 ^A	9,58 ^A	4,09 ^A
Macho	344,01 ^A	469,70 ^A	1,17 ^A	69,67 ^A	4,72 ^B	7,19 ^B	3,85 ^B

^{AB} Médias seguidas por sobrescritos maiúsculos distintos, na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey

PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho em peso diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura medida entre a 12^a e 13^a costela, P8: espessura de gordura medida na garupa, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

Foi classificado como baixo WBSF, quando os resultados encontrados na análise de força de cisalhamento das amostras pelo método *Warner-Bratzler*, apresentavam valores até 3,5 kg, e alto WBSF, quando os resultados encontrados na análise de força de cisalhamento das amostras pelo método *Warner-Bratzler*, apresentavam valores maiores que 3,5 kg, assim como proposto por BOLEMAN et al. (1997). Estes autores estudaram a avaliação da qualidade do bife pelo consumidor em várias categorias de maciez medidas em WBSF e concluíram que a satisfação dos consumidores foi maior para os bifos com até 3,5 kg de WBSF e, esses consumidores, também se mostraram dispostos a pagarem mais por uma carne de maior maciez.

Foi observada diferença significativa no peso inicial (PI), assim como no peso final (PF) e no ganho em peso diário (GPD), entre os animais com alto e baixo WBSF. Os animais com WBSF mais baixos se mostraram mais pesados e com ganho em peso diário maior que os animais com WBSF mais altos. No que diz respeito às características de carcaça (AOL, EG e P8), não houve diferença significativa entre os dois grupos de fenótipos para maciez. Observou-se também diferenças significativas entre machos e fêmeas para as características de peso (PI, PF e GPD), carcaça (AOL, EG e P8) e maciez (WBSF). Os machos avaliados nos dois abates apresentaram maior peso (PI e PF), ganho em peso diário (GPD), área de olho de lombo (AOL) e maciez (WBSF) do que as fêmeas avaliadas, já as fêmeas apresentaram espessura de gordura (EG) maiores que os machos, provavelmente por terem uma terminação mais tardia que os machos e assim depositarem mais gordura.

As estimativas de correlações fenotípicas, entre características de crescimento, carcaça e maciez da carne, são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 - Estimativas de correlações fenotípicas entre características de crescimento (PI, PF, GPD), carcaça (AOL, EG, P8) e maciez (WBSF) em bovinos da raça Nelore Mocho

	PF	GPD	AOL	EG	P8	WBSF
PI	0,91 ***	0,50 ***	0,34 ***	-0,11 ns	0,08 ns	-0,02 ns
PF		0,69 ***	0,49 ***	-0,03 ns	0,14 **	-0,08 ns
GPD			0,36 ***	0,08 0,2064	0,22 **	-0,06 ns
AOL				0,13 0,022	0,38 ***	-0,10 ns
EG					0,59 ***	-0,03 ns
P8						-0,03 ns

Níveis de significância: *($p < 0,05$); **($p < 0,01$); ***($p < 0,001$); ns: não significativo

PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho em peso diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura medida entre a 12^a e 13^a costela, P8: espessura de gordura medida na garupa, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

Não foram observadas estimativas de correlações fenotípicas significativas ($P > 0,05$) entre as características de crescimento (PI, PF e GPD) e de WBSF. O mesmo ocorreu ao se analisar as estimativas de correlações fenotípicas entre as características de carcaça (AOL, EG e P8) e de WBSF, ou seja, também não foram observadas estimativas de correlações fenotípicas significativas ($P > 0,05$) entre elas.

Estes resultados demonstram, de uma forma geral, que a característica de WBSF não é influenciada diretamente por nenhuma das características analisadas neste estudo, mas, é importante destacar que, somente uma análise de correlação fenotípica, como a correlação de Pearson, não é suficiente para concluir que a seleção para maciez poderá ser utilizada em programas de seleção independentemente das outras características selecionadas, justamente por se tratar de uma análise de correlação que leva em consideração somente as mensurações fenotípicas da característica e não considera os componentes genéticos.

A análise univariada poderá não ser suficientemente adequada para representar um fenômeno como ele realmente se comporta no dia a dia, pois perdem-se informações valiosas ao desconsiderar as correlações existentes entre as variáveis envolvidas (MARDIA et al., 1979). Assim, optou-se por fazer também o uso da análise multivariada, que vai ponderar as informações de forma ótima e melhor estimar a combinação de variáveis, resultando em um melhor aproveitamento da informação conjunta das variáveis envolvidas (DEMÉTRIO, 1985).

Para melhor entender a estrutura de correlação fenotípica entre as características, foi realizada uma análise de fatores, utilizando técnicas multivariadas. A análise fatorial irá descrever a estrutura da dependência de um conjunto de variáveis através da criação de fatores que medem aspectos comuns (GROBE, 2006), ou seja, a análise fatorial vai comparar os grupos quanto as similaridade e dissimilaridade e correlação.

Segundo JOHNSON & WHICHERN (1998), em uma análise de fatores, as variáveis aleatórias são agrupadas conforme suas correlações. Dentro do seu grupo as variáveis possuem alta correlação e entre os grupos correlações fracas.

Os resultados da análise de fatores das características são demonstrados na Tabela 5 indicando que um mínimo de três fatores foram necessários para explicar mais de 80% da variância total.

TABELA 5 – Análise de fatores comuns, percentuais da variância explicada por cada fator e variância acumulativa

Autovetor	Autovalor	Variância explicada (%)	Variância acumulativa (%)
Fator 1	3,445	0,43	0,43
Fator 2	1,973	0,25	0,68
Fator 3	1,003	0,13	0,80

Observa-se que o fator 1 foi responsável por 43% das variâncias apresentadas por todas as características, o fator 2 explicou 25% das variâncias apresentadas pelas características, já o fator 3 foi responsável por apenas 13% das variâncias.

Para melhor visualizar os inter-relacionamentos explicados pelas fontes de variação apresentadas pelos vetores fatoriais, optou-se por representar graficamente os três autovetores (Figura 1).

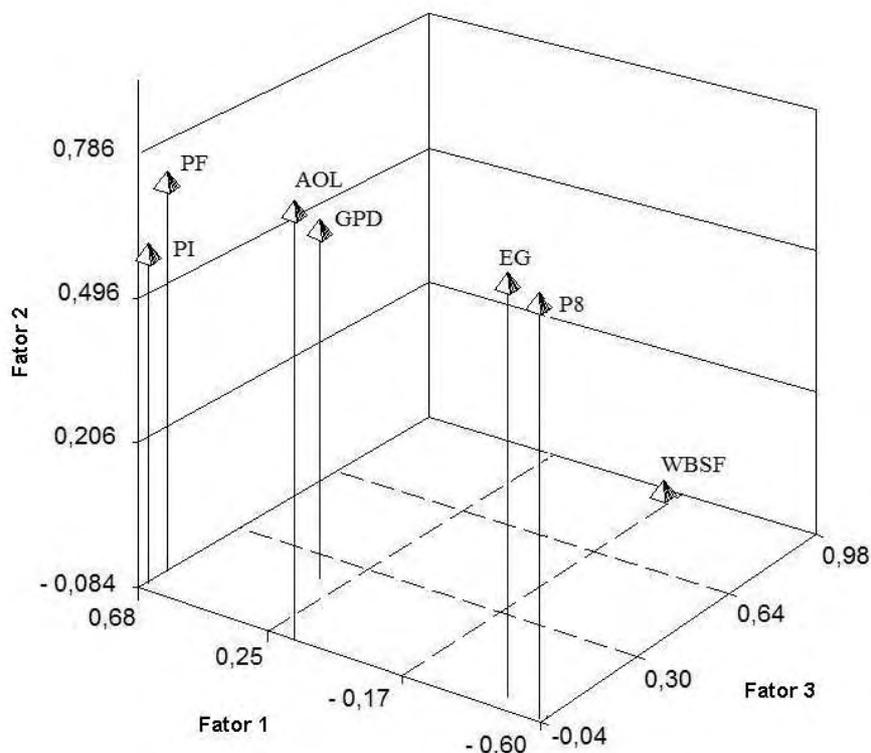


FIGURA 1 - Relação gráfica dos três primeiros autovetores

PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho em peso diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura medida entre a 12^a e 13^a costela, P8: espessura de gordura medida na garupa, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

O fator 1 foi responsável por explicar, principalmente, a variabilidade das características PI e PF. O fator 2 explicou as variabilidades de PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL e o fator 3 representou a característica WBSF.

O gráfico com os autovetores (Figura 1) demonstra a causa de variações mais semelhantes, agrupando entre si as características que mais bem explicam a variabilidade das mesmas. São observados grupos distintos de características que se assemelham pela variabilidade, conforme explicado pelas características de peso inicial e final (PI e PF), ganho em peso diário e área de olho de lombo (GPD e AOL) e as características de espessura de gordura (EG e P8). A característica de WBSF não apresentou-se correlacionada com as demais características, como pode ser verificado na Figura 1.

Outra técnica de análise multivariada é o uso das correlações canônicas. Ela vai gerar novos valores (autovalores canônicos) que melhor explicam as correlações entre todas as características e, assim, auxiliar na análise das correlações fenotípicas entre as variáveis estudadas. A correlação canônica entre as características representada graficamente pode ser observada na Figura 2.

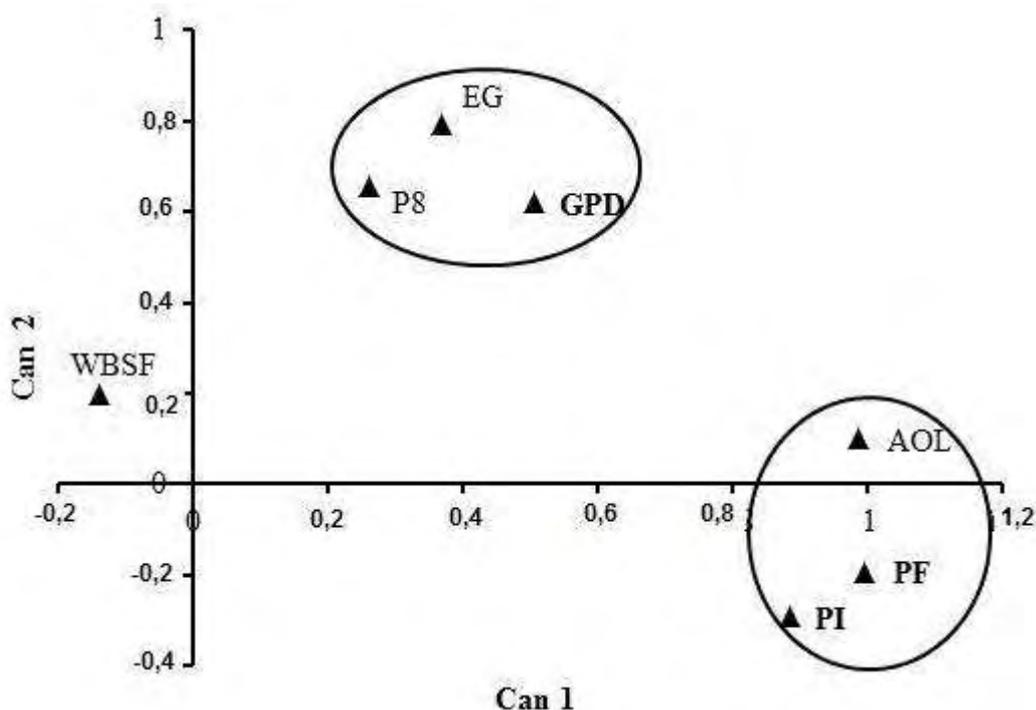


FIGURA 2 - Representação gráfica da correlação canônica entre as características de crescimento (PI, PF e GPD), carcaça (AOL, EG e P8) e maciez (WBSF)

PI: peso inicial, PF: peso final, GPD: ganho em peso diário, AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura medida entre a 12^a e 13^a costela, P8: espessura de gordura medida na garupa, WBSF: *Warner-Bratzler shear force*.

Observa-se que as características se agrupam em dois grupos distintos. O primeiro agrupamento engloba as características de ganho em peso diário (GPD) e as características de espessura de gordura (EG e P8).

Já o segundo grupo engloba as características de crescimento (PI e PF) e área de olho de lombo (AOL). No entanto, a característica de WBSF não se agrupou com nenhuma das outras características estudadas, reforçando os resultados obtidos nas outras análises desse estudo.

Conforme observado, por meio das análises multivariadas, foi possível testar a hipótese de igualdade de vetores de médias, mas esta informação pode não ser elucidativa quando o interesse centra-se na verificação da existência de diferença entre genótipos. As estimativas dos componentes de variâncias e parâmetros genéticos da característica de WBSF estão descritos na Tabela 6.

TABELA 6 – Análise dos componentes de variância e parâmetros genéticos para a característica de WBSF (*Warner-Bratzler shear force*) do *Longissimus dorsi*, em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análise unicaracterística sob modelo animal

Característica	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2
WBSF	0,148	1,222	1,370	0,11

WBSF: *Warner-Bratzler shear force*; σ_a^2 : variância genética aditiva; σ_e^2 : variância residual; σ_p^2 : variância fenotípica; h^2 : herdabilidade.

Os resultados das análises para estimação dos componentes de variância para o WBSF dos animais em estudo evidenciaram que parte dos genes para esta característica não apresentam valores significativos de variância genética aditiva. Isto pode ser observado pela baixa estimativa de variância genética aditiva (0,148) e pela alta variância residual (1,222) e fenotípica (1,370) apresentadas.

Estes valores de variância genética aditiva direta e fenotípica geraram uma estimativa de herdabilidade igual a 0,11, sugerindo que somente 11% dos genes para WBSF apresentam efeito genético aditivo direto, enquanto que 89% dos efeitos que controlam esta característica estão presentes no resíduo, sendo este composto por efeitos epistáticos, de dominância, interações genótipo-ambiente e ambiental.

. No sentido amplo do termo, herdabilidade é a fração da variância fenotípica que é causada por diferenças entre os genótipos dos indivíduos. Quanto maior for a influência genética sobre o fenótipo de um dado caráter, nesse caso, a força de cisalhamento, maior será a herdabilidade do mesmo. De um modo geral, quanto mais alta for a herdabilidade para a força de cisalhamento,

maior será o progresso genético obtido por meio da seleção direta dos melhores animais para esta característica.

O valor da herdabilidade do WBSF encontrado neste estudo foi semelhante ao encontrado por ELZO et al. (1998), que obtiveram herdabilidade de 0,17 para WBSF em um estudo com animais da raça Brahman e cruzamentos. Já SMITH et al. (2007), relataram valores de herdabilidade para WBSF superiores em bovinos da raça Brahman, chegando a obter estimativas em torno de 0,29. No entanto, CREWS e FRANKE (1998), também estudando animais da raça Brahman, obtiveram herdabilidade menor do que os relatados, com estimativas em torno de 0,02.

Observa-se que a herdabilidade da maciez da carne apresenta grande variação. Existem outros relatos na literatura que também demonstram herdabilidades que variam de baixa a alta magnitude, seja ela entre ou dentro raças (JOHNSTON et al., 2003; MINICK et al., 2004; BOUKHA et al., 2011)

No entanto, são poucas as referências que permitiram uma comparação mais direta com os resultados encontrados neste estudo, pois a maioria dos trabalhos de prospecção de genes de características de qualidade da carne referem-se a bovinos taurinos e a cruzamentos entre taurinos e zebuínos (SHACKELFORD et al., 1991; ELZO et al., 1998; JOHNSTON et al., 2003).

As estimativas dos componentes de (co)variância, herdabilidade e correlação genética entre WBSF e as outras características estudadas neste trabalho estão descritos na Tabela 7.

TABELA 7 - Estatística descritiva dos componentes de (co)variância e estimativas de herdabilidade e correlação genética entre WBSF e as características de PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL, em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bicaracterísticas sob modelo animal

Característica	Componentes de (co)variância			Parâmetros Genéticos		
	$\sigma_{a_1}^2$	$\sigma_{a_{12}}$	$\sigma_{e_1}^2$	h_1^2	$r_{g_{12}}$	
WBSF ₁ x PI ₂	Média	0,128	-1,315	1,238	0,09	-0,15
	DP	0,122	4,396	0,136	0,09	0,55
	RC(95%)	0,007 a 0,434	-10,308 a 6,920	0,931 a 1,493	0,01 a 0,32	-0,98 a 0,99
WBSF ₁ x PF ₂	Média	0,161	-2,612	1,218	0,11	-0,18
	DP	0,176	8,209	0,162	0,11	0,56
	RC(95%)	0,009 a 0,681	-21,113 a 12,330	0,823 a 1,476	0,01 a 0,45	-0,99 a 0,88
WBSF ₁ x GPD ₂	Média	0,189	-0,008	1,196	0,13	-0,13
	DP	0,176	8,209	0,168	0,12	0,62
	RC(95%)	0,010 a 0,640	-0,110 a 0,09	0,830 a 1,480	0,01 a 0,42	-0,99 a 0,97
WBSF ₁ x EG ₂	Média	0,190	0,073	1,211	0,12	0,10
	DP	0,176	0,046	0,170	0,12	0,60
	RC(95%)	0,009 a 0,621	-0,794 a 0,974	0,843 a 1,499	0,01 a 0,43	-0,96 a 0,99
WBSF ₁ x P8 ₂	Média	0,148	-0,114	1,229	0,11	-0,12
	DP	0,143	0,474	0,145	0,10	0,60
	RC(95%)	0,004 a 0,531	-1,079 a 0,807	0,894 a 1,482	0,01 a 0,37	-0,99 a 0,97
WBSF ₁ x AOL ₂	Média	0,199	0,285	1,184	0,14	0,18
	DP	0,217	1,345	0,187	0,14	0,63
	RC(95%)	0,008 a 0,895	-3,055 a 3,327	0,637 a 1,479	0,01 a 0,54	-0,97 a 0,99

¹: Warner-Bratzler shear force (WBSF); ²: peso inicial (PI), peso final (PF), ganho em peso diário (GPD), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura medida entre a 12ª e 13ª costela (EG), espessura de gordura medida na garupa (P8); $\sigma_{a_1}^2$: variância genética aditiva de 1; $\sigma_{a_{12}}$: covariância genética aditiva entre 1 e 2; $\sigma_{e_1}^2$: variância residual de 1; h_1^2 : herdabilidade de 1; $r_{g_{12}}$: correlação genética entre 1 e 2; DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade a 95%.

É mais comum encontrar-se trabalhos de prospecção de genes de características de produção e de qualidade da carne em bovinos *Bos taurus* (KOCH et al., 1982; JOHNSTON et al., 2003), pois animais de raças taurinas são selecionados, já há algum tempo, em programas de melhoramento genético que contemplam como critério de seleção a maciez da carne.

Considerando que a estimativa de correlação genética moderada varia entre 0,20 a 0,39, quando positiva, e -0,39 a -0,20, quando negativa (BOURDON, 2000), a correlação genética entre as características de crescimento (PI, PF e GPD) e de WBSF, obtidas neste trabalho, foram negativas e de baixa magnitude (-0,15, -0,18 e -0,13, respectivamente), indicando, em primeira estância, que a seleção para WBSF não influenciará de maneira direta na seleção para peso e vice - versa.

KOCH et al. (1982), estudando estimativas de correlações genéticas de características de carcaça em bovinos de diversas raças, obtiveram correlação entre WBSF e peso ao abate de -0,07. Esse valor negativo para a correlação genética, apesar de ser mais alto do que o encontrado neste estudo, também é de baixa magnitude e não apresenta influência sobre a seleção das características.

Os mesmos autores encontraram estimativas de correlação entre WBSF e ganho em peso diário em regime de confinamento de 0,02. Observa-se que, antagonicamente ao valor obtido neste estudo para a correlação entre as mesmas características, os autores obtiveram valores positivos de correlação genética, porém como também foram valores de baixa magnitude, a seleção conjunta das características não deve influenciar a expressão das mesmas. Estes resultados são antagônicos aos encontrados por outros pesquisadores (ABERLE et al., 1981, BLANCHARD, 1994, LISTER, 1994) que observaram que o rápido crescimento, resultou em animais com carnes mais macias, sugerindo que existe uma correlação positiva entre a taxa de crescimento e a maciez.

Segundo THERKILDSEN et al. (2002), estudos envolvendo o estado nutricional, a taxa de crescimento antes do abate e o processo de amaciamento da carne tem gerado muitos resultados diferentes, sendo um assunto com muitos questionamentos. Os mesmos autores relatam a possibilidade da maciez da carne ser afetada pela taxa de crescimento, sendo essa relação estabelecida pelo aumento da fragmentação miofibrilar no *post mortem*, apresentadas por animais

com maiores taxas de crescimento. Neste mesmo sentido, RENAND et al. (2001) relatam que animais com maior taxa de crescimento apresentaram uma tendência a produzir carne mais macia sem que sejam alterados o sabor e suculência da carne.

Correlação negativa e de baixa magnitude (-0,12) também ocorreu entre o WBSF (*Warner-Bratzler shear force*) e a espessura de gordura medida na garupa (P8), indicando que a seleção conjunta das características não influenciará a expressão fenotípica das mesmas.

As outras características de carcaça, EG e AOL, apesar de também serem de baixa magnitude, apresentaram estimativas de correlações genéticas positivas com WBSF (0,10 e 0,18, respectivamente). Segundo WILSON (1992) e HERRING et al. (1998), essa correlação positiva entre a espessura de gordura (EG) e o WBSF pode ser justificada pelo fato de o depósito de gordura subcutânea proteger a carcaça do resfriamento, determinando assim a qualidade da carne. Já a estimativa de correlação genética positiva entre WBSF e AOL pode ser justificado pela relação entre o tamanho e diâmetro das fibras musculares e a maciez da carne (HADLICH, 2007), uma vez que a área de olho de lombo é mensurada fazendo-se uma secção transversal no músculo *Longissimus dorsi* (WILSON, 1992; HERRING et al., 1998).

São muitas as pesquisas envolvendo a maciez da carne e fibras musculares, e elas têm demonstrado a existência de correlações entre essas duas características (OCKERMAN et al, 1984; KARLSSON et al., 1993; MALTIN et al., 2001; CHANG et al., 2003; RYU & KIM, 2005; HADLICH, 2007).

KOCH et al. (1982), também obtiveram correlação entre WBSF e as característica de carcaça (EG e AOL), apresentando valores de -0,01 na correlação entre WBSF e EG, e valores de -0,02 entre WBSF e AOL. Apesar desses resultados de correlação genética serem positivos, antagônicos aos obtidos neste estudo, eles foram de baixa magnitude, indicando que a seleção para WBSF não influenciará na seleção das características de carcaça mencionadas.

Ao verificar as estimativas de herdabilidade para WBSF tanto em modelo unicaráter (Tabela 6), como bicaráter (Tabela 7), observa-se que eles pouco se alteram. Na análise unicaráter as estimativas de herdabilidade para

WBSF foi de 0,11 e na análise bicaráter a herdabilidade assumiu valores de 0,09 a 0,14, sendo que a maioria fica entre 0,11 e 0,13.

FARIA et al. (2008), em um estudo comparando as estimativas de parâmetros genéticos obtidas em análises bayesianas unicaracterística e bicaracterística, em modelo animal linear e de limiar, considerando-se as características categóricas morfológicas de bovinos da raça Nelore, também observaram estimativas de herdabilidade semelhantes nas duas análises. Segundo os autores, não houve diferença entre o modelo linear e o de limiar, na obtenção de estimativas de herdabilidades devido a utilização de dados categóricos, analogamente a esse estudo. Isso significa que as características das análises bicaráter não contribuíram para o aumento ou a diminuição da variância genética aditiva de WBSF, ou seja, não existe relação epistásica entre elas.

Observa-se também que há uma grande amplitude dos valores da região de credibilidade a 95% (RC 95%) nas análises bicaracterísticas apresentadas (Tabela 7), como a correlação entre WBSF e o peso inicial (PI), que apresentou região de credibilidade a 95% (RC 95%) variando entre -0,98 a 0,99, o que indica que o parâmetro analisado pode assumir qualquer valor dentro desse intervalo. Essa alta amplitude da região de credibilidade a 95% ocorre com todos os parâmetros analisados e pode ser um indicativo de que o número de dados coletados não foi suficiente para gerar uma análise mais consistente e novos estudos devem ser realizados.

Esses resultados indicam que há uma necessidade de que novos estudos sejam realizados para se obter um maior volume de informações sobre a característica de WBSF. Quando se considera somente as raças zebuínas, em especial o Nelore, os resultados são ainda mais escassos. No entanto, é sabido que os experimentos que permitem a avaliação dessa característica são de altos custos e de longa duração, o que dificulta mais ainda a sua realização.

As estimativas dos componentes de (co)variância, herdabilidade e correlação genética entre as características de carcaça e crescimento estudadas neste trabalho e a característica de WBSF estão descritos na Tabela 8.

TABELA 8 - Estatística descritiva dos componentes de (co)variância e estimativas de herdabilidade e correlação genética entre as características de PI, PF, GPD, EG, P8 e AOL e a característica de WBSF, em bovinos da raça Nelore Mocho, obtidas a partir de análises bicaracterísticas sob modelo animal

Característica	Componentes de (co)variância			Parâmetros Genéticos		
	$\sigma_{a_2}^2$	$\sigma_{a_{12}}$	$\sigma_{e_2}^2$	h_2^2	$r_{g_{12}}$	
WBSF ₁ x PI ₂	Média	639,992	-1,315	83,971	0,88	-0,15
	DP	138,375	4,396	100,803	0,15	0,55
	RC(95%)	289,090 a 845,975	-10,308 a 6,920	0,85 a 374,995	0,44 a 1,00	-0,98 a 0,99
WBSF ₁ x PF ₂	Média	1430,174	-2,612	363,553	0,79	-0,18
	DP	420,642	8,209	317,914	0,19	0,56
	RC(95%)	544,525 a 2065,225	-21,113 a 12,330	0,730 a 1047,675	0,34 a 1,00	-0,99 a 0,88
WBSF ₁ x GPD ₂	Média	0,027	-0,008	0,016	0,61	-0,13
	DP	0,015	8,209	0,012	0,30	0,62
	RC(95%)	0,000 a 0,050	-0,110 a 0,09	0,000 a 0,040	0,06 a 1,00	-0,99 a 0,97
WBSF ₁ x EG ₂	Média	2,492	0,073	3,899	0,37	0,10
	DP	1,909	0,046	1,524	0,26	0,60
	RC(95%)	0,240 a 7,240	-0,794 a 0,974	0,235 a 6,115	0,04 a 0,97	-0,96 a 0,99
WBSF ₁ x P8 ₂	Média	4,539	-0,114	1,479	0,74	-0,12
	DP	1,565	0,474	1,178	0,21	0,60
	RC(95%)	1,425 a 7,105	-1,079 a 0,807	0,030 a 4,040	0,26 a 1,00	-0,99 a 0,97
WBSF ₁ x AOL ₂	Média	17,234	0,285	38,805	0,29	0,18
	DP	16,234	1,345	13,171	0,25	0,63
	RC(95%)	0,525 a 59,345	-3,055 a 3,327	6,12 a 56,43	0,01 a 0,90	-0,97 a 0,99

¹: Warner-Bratzler shear force (WBSF); ²: peso inicial (PI), peso final (PF), ganho em peso diário (GPD), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura medida entre a 12ª e 13ª costela (EG), espessura de gordura medida na garupa (P8); $\sigma_{a_2}^2$: variância genética aditiva de 2; $\sigma_{a_{12}}$: covariância genética aditiva entre 1 e 2; $\sigma_{e_2}^2$: variância residual de 2; h_2^2 : herdabilidade de 2; $r_{g_{12}}$: correlação genética entre 1 e 2; DP: desvio padrão; RC: região de credibilidade a 95%.

As estimativas de herdabilidade obtidas para as características relacionadas à qualidade da carcaça por meio de análise bayesiana bicaracterística, medidas *in vivo* por ultrassonografia, foram 0,29; 0,37 e 0,74 para AOL, EG e P8, respectivamente. Esses valores podem ser considerados de moderada (AOL e EG) a alta (P8) magnitude, já as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo para as características de crescimento como PI, PF e GPD foram de alta magnitude, com valores de 0,88, 0,79 e 0,61, respectivamente.

As magnitudes das herdabilidades apresentadas pelas características estudadas demonstram que essas características são altamente herdáveis, ou seja, indicam que pode haver progresso genético ao aplicar a seleção para as mesmas. Portanto, em um programa de melhoramento genético será possível selecionar e melhorar tanto características de carcaça e/ou crescimento quanto a característica de maciez, não pela correlação entre elas, que é de baixa magnitude, mas sim pela alta herdabilidade das características.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a seleção para a maciez da carne em bovinos Nelore Mocho não afetará a deposição de gordura subcutânea na carcaça e na garupa e nem a musculabilidade dos animais e vice-versa.

Além disso, os resultados deste estudo também demonstram não haver resposta correlacionada entre as características de maciez e de crescimento estudadas, como peso e ganho em peso, indicando que a seleção conjunta das características não influenciará a expressão fenotípica das mesmas.

5 REFERÊNCIAS

1. ABERLE, E. D.; REEVES, E. S.; JUDGE, M. D.; HUNSLEY, R. E.; PERRY, T. W. Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain: time on a high energy diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 52, p. 757-763, 1981.
2. ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina – uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 193-216, 2007.
3. ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; ROÇA, R. O.; SARTORI, D. R.; RODRIGUES, E.; BIANCHINI, W. Maturação da carne bovina. **Revista Eletrônica de Veterinária** [online], v. 7, n. 6, p. 1-6, 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 12/06/2011.
4. BARBOSA, V. **Inferência bayesiana no estudo genético quantitativo de características de carcaça, utilizando a técnica de ultra-sonografia e suas relações com crescimento, em novilhos da raça Nelore**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
5. BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A.C.; JORGE, A.M.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; HADLICH, J. C.; ANDRIGHETTO, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.
6. BLANCHARD, P. The influence of lean tissue growth rate on pork tenderness. **Meat Focus International**, p. 457-458, 1994.
7. BOUKHA, A.; BONFATTI, V.; CECCHINATO, A.; ALBERA, A.; GALLO, L.; CARNIER, P.; BITTANTE, G. Genetic parameters of carcass and meat quality traits of double muscled Piemontese cattle. **Meat Science**, v. 89, p. 84-90, 2011
8. BOURDON, G. E. P. **Understanding animal breeding**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 538p.
9. CHANG, K. C.; COSTA, N.; BLACKLEY, R.; SOUTHWOOD, O.; EVANS, G.; PLASTOW, G.; WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs, **Meat Science**, Barking, v. 64, p. 93-103, 2003.
10. COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; PAULINO, P. V. R.; MORAES, E. H. B. K.; MAGALHÃES, K. A. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 268-279, 2005.

11. CREWS, D. H.; FRANKE; D. E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1803 - 1809, 1998.
12. DEMETRIO, C.G.B. **Análise multimensional para dados de cana-de-açúcar**. 1985. 144f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
13. ELZO, M. A.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D.; WAKEMAN, D. L. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1810-1823, 1998.
14. FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G.; LOS REYES, A.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, R. B. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, n. 7, p. 835-841, 2008.
15. GEESINK, G. H.; KUCHAY, S.; CHISHTI, A. H.; KOOHMARAIE, M. μ - Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2834-2840, 2006.
16. GUEDES, C, F. **Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.
17. GROBE, J. R. Aplicações de estatística multivariada em resultados de análises de solos. **Revista Tecnologia e Humanismo**, Curitiba, v. 20, p. 136-142, 2006.
18. HADLICH, J. C. **Características do crescimento animal, do tecido muscular esquelético e da maciez da carne de bovinos nelore e mestiços no modelo biológico superprecoce**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
19. HERRING, W.O.; KRIESE, L.A.; BERTRAND, J.K.; CROUCH, J. Comparison of four realtime ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 364-370, 1998.
20. IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. B.; HADLICH, J. C.; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L.; OLIVEIRA, H. N. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 520-528, 2008.
21. JOHNSON, R. A; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

22. JOHNSTON, D. J.; REVERTER, A.; FERGUSON, D. M.; THOMPSON, J. M.; BURROW, H. M. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3. Meat quality traits. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p. 135-147, 2003.
23. KARLSSON, A.; ENFALT, A. C.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; LUNDSTROM, K.; RYDHMER, L.; STERN, S. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 930-938, 1993.
24. KOCH, R. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.55, n.6, p. 1319-1329, 1982.
25. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Champaign, v. 36, p. 93-104, 1994.
26. LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, E. J. O.; DUARTE, M. S.; BENEDETI, P. D. B.; SOUZA, N. K. P.; COX, R. B. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. **Meat Science**, v. 90, p. 770–774, 2012.
27. LISTER, D. Growth, fatness and breed effects on carcass and eating quality. **Meat Focus International**, p. 334-335, 1994.
28. MALTIN, C. A.; LOBLEY, G. E.; GRANT, C. M.; MILLER, L. A.; KYLE, D. J.; HORGAN, G. W.; MATTHEWS, K. R.; SINCLAIR, K. D. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. **Animal Science**, v. 72, p. 279-287, 2001.
29. MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. New York: Academic, 1979. 521p.
30. MARQUES, E, G. **Análise dos índices de classificação de bovinos avaliados em provas de ganho em peso, em regime de confinamento**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
31. MINICK, J. A.; DIKEMAN, M. E.; POLLAK, E. J.; WILSON, D. E. Heritability and correlation estimates of Warner-Bratzler shear force and carcass traits from Angus, Charolais, Hereford, and Simmental-sired cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, p. 599-609, 2004.
32. OCKERMAN, H.W.; JAWOREK, D.; VAN STARVERN, B.; PARRET, N.; PIERSON, C.J. Castration and sires effects on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.59, n.4, p.981-990, 1984.

33. O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M. Genetics effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n.7, p. 1822-1830, 1997.
34. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. Ed. Goiânia: UFG, 2005. 623p.
35. PRADO, C. S. **Influência do método de resfriamento de carcaças bovinas nas variações de peso e nas medidas físico-químicas, sensoriais e microbiológicas do contrafilé (m. longissimus dorsi)**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimento) – Faculdade de Engenharia de Alimento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
36. POLIZEL NETO, A.; JORGE, A.M.; MOREIRA, P.S.A.; GOMES, H.F.B.; PINHEIRO, R.S.B.; ANDRADE, E.N. Correlações entre medidas ultra-sônicas e na carcaça de bovinos terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.10, n.1, p.137-145, 2009.
37. RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; NARDON, R. F.; CYRILLO, J. N. S. G.; RUGGIERI, A. C. Efeitos de raça e da seleção para peso pós-desmame sobre características de confinamento e de carcaça da 15ª progênie dos rebanhos zebu e caracu de sertãozinho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 115-124, 2001.
38. RENAND, G.; PICARD, B.; TOURAILLE, C.; BERGE, P.; LEPETIT, J. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. **Meat Science**, Barking, v. 59, p. 49-60, 2001.
39. ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, p. 469-485, 1959.
40. RUBIANO, G. A. G.; ARRIGONI, M. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; GONÇALVES, H. C.; ANGERAMI, C. N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2490-2498, 2009.
41. RYU, Y. C.; KIM, B. C. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. **Meat Science**, Barking, v. 71, p. 351-357, 2005.
42. SAINZ, R. D.; MAGNABOSCO, C. U.; MANICARDI, F.; ARAUJO, F.; LEME, P. R.; LUCHIARI, A.; MARGARIDO, R.; PEREIRA, A. S. C.; GUEDES, C. F. Projeto OB-Choice: genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 3., 2005, São Pedro. **Anais...** São Pedro: CTC, p. 265, 2005.

43. SAINZ, R. D., MAGNABOSCO, C.U., MANICARDI, F. R., ARAÚJO, F. R. C., PEREIRA, A. S. C, GUEDES, C. F., MARGARIDO, R. C. C., LEME, P. R., LUCHIARI FILHO, A. Growth performance, carcass and meat quality in progeny of Nellore, Angus and Brahman bulls and Nellore cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1- 31, 2008.
44. SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; WHIPPLE, G. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Herdford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.171-177, 1991.
45. SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M.; MARTELLO, L.S.; LIMA, C.G. LANNA, D.P.D. Estimativa da gordura de cobertura ao abate, por ultra-som, em tourinhos Brangus e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.511-517, 2004.
46. SMITH, T.; DOMINGUE, J. D.; PASCHAL, J. C.; FRANKE, D. E.; BIDNER, T. D.; WHIPPLE, G. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1377-1384, 2007.
47. THERKILDSEN, M.; MELCHIOR LARSEN, L.; BANG, H. G.; VESTERGAARD, M. Effect of growth rate on tenderness development and final tenderness of meat from Friesian calves. **Animal Science**, v. 74, p. 253-264, 2002.
48. WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. *et al.* Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.5, p.1023-1035, 1996.
49. WILSON, D.E. Application of ultrasound for genetic improvement. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 973-983, 1992.
50. YOKOO, M.J.I.; WERNECK, J.N.; PEREIRA, M.C.; ALBUQUERQUE, L.G.; KOURY FILHO, W.; SAINZ, R.D.; LOBO, R.B.; ARAUJO, F.R.C. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.197-202, 2009.

IDENTIFICAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM MAIOR POTENCIAL PARA MACIEZ DE CARNE EM BOVINOS DA RAÇA NELORE MOCHO

CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ponto principal para aumento da competitividade da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil seria a melhoria da qualidade da carne e uniformidade das carcaças. Apesar disso, observa-se que os programas de melhoramento genético ainda não dão a devida importância às características de qualidade da carne, principalmente no que diz respeito à maciez da carne em zebuínos, que correspondem à maior parte do rebanho brasileiro.

Dessa forma, este estudo estimou os componentes de variância para a característica de maciez da carne. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, evidenciou-se que grande parte dos genes para a maciez da carne não apresentaram efeito genético aditivo direto, além disso, há uma grande variação dos valores da herdabilidade para a força de cisalhamento do bife na literatura.

Assim, com o uso das informações de pedigree e baseando-se no princípio da probabilidade de genes idênticos por descendência, criou-se uma população segregante com o intuito de serem utilizados em análises de expressão gênica, já que este estudo faz parte de um projeto da Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, e os animais oriundos dos acasalamentos gerados nesta pesquisa farão parte de uma segunda fase do projeto, onde se realizará trabalhos de prospecção de genes e caracterização molecular para a maciez da carne em zebuínos Nelore Mocho.

A identificação de genes ou marcadores genéticos ligados à maciez poderá facilitar o processo de melhoramento, pois a seleção assistida por marcadores aumenta a acurácia da seleção.

Atualmente, é uma tendência a busca de animais com melhor qualidade de carcaça e carne tendo em vista as exigências dos mercados consumidores. Estudos mais detalhados a respeito do comportamento biológico das características de qualidade da carne, relacionadas a características de carcaça e crescimento são fundamentais para atingir o aumento da produtividade.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo não há evidências de resposta correlacionada entre as características de maciez e de crescimento e entre maciez e as características de carcaça estudadas, indicando que seleção conjunta não influenciará a expressão fenotípica das mesmas. Ou seja, estes resultados indicam que a seleção para maciez poderá ser utilizada em programas de seleção independentemente das outras características selecionadas.