

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

**ANÁLISE GENÉTICA PARA MACIEZ DE CARNE E SUAS
RELAÇÕES COM AS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS EM
BOVINOS NELORE MOCHO**

Mariana Márcia Santos Mamede
Orientador: Cláudio Ulhôa Magnabosco

GOIÂNIA
2015



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1 **1. Identificação do material bibliográfico:** Dissertação Tese

1 **2. Identificação da Tese ou Dissertação**

2

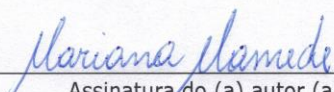
Nome completo do autor: **Mariana Márcia Santos Mamede**

Título do trabalho: **Análise Genética para Maciez de Carne e suas Relações com as Características Produtivas em Bovinos Nelore Mocho**

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



 Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 29 / 08 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

MARIANA MÁRCIA SANTOS MAMEDE

**ANÁLISE GENÉTICA PARA MACIEZ DE CARNE E SUAS
RELAÇÕES COM AS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS EM
BOVINOS NELORE MOCHO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor 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.Dr. Guilherme J. M. Rosa - University
of Wisconsin
Profª Drª Carina Ubirajara de Faria -
FAMEV/UFU

GOIÂNIA
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Mamede, Mariana Márcia Santos

Análise genética para maciez de carne e suas relações com as Características produtivas em bovinos Nelore Mocho [manuscrito] / Mariana Márcia Santos Mamede. - 2015.
xiv, 88 f.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco; co-orientador Dr. Guilherme Jordão de Magalhães Rosa; co-orientador Dr. Carina Ubirajara de Faria .

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 2015.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, tabelas, lista de tabelas.

1. perímetro escrotal. 2. idade ao primeiro parto. 3. produtividade acumulada. 4. força de cisalhamento. 5. análise de ultrassonografia. I. Magnabosco, Cláudio Ulhôa, orient. II. Título.

CDU 635

via - prppg

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



1 ATA NÚMERO 208 DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DO PROGRAMA DE PÓS-
2 GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL DA ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA
3 UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, REALIZADA POR **MARIANA MÁRCIA SANTOS**
4 **MAMEDE**. Às **14h00min** do dia **09/07/2015**, reuniu-se na Sala de Defesas do Programa de
5 Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade
6 Federal de Goiás, Campus II Samambaia, nesta Capital Goiânia - Goiás, a Comissão
7 Julgadora infra nomeada para proceder ao julgamento da Defesa de Tese de Doutorado
8 apresentado (a) pelo (a) Pós-Graduando (a) **MARIANA MÁRCIA SANTOS MAMEDE**,
9 intitulada "**Análise Genética para maciez de carne e suas relações com as**
10 **características produtivas em bovinos Nelore Mocho**", apresentada para obtenção do
11 **Título de Doutor em Ciência Animal**, junto à Área de Concentração: **Produção Animal**
12 desta Universidade. O Presidente da Comissão Julgadora **Prof. Dr. Cláudio Uilhôa**
13 **Magnabosco**, iniciando os trabalhos, concedeu, a palavra ao (a) candidato (a) **MARIANA**
14 **MÁRCIA SANTOS MAMEDE** para exposição em **cinquenta** minutos do seu trabalho. A
15 seguir, o senhor Presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos
16 Examinadores, os quais passaram a arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de
17 **vinte** minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para responder aos Senhores
18 Examinadores. Ultimada a arguição, que se desenvolveu nos termos regimentais, a
19 Comissão, em sessão secreta, expressou seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a)
20 **Aprovado (a) ou Reprovado (a):**

BANCA EXAMINADORA

APROVADO (A)
/REPROVADO(A)

Prof. Dr. Cláudio Uilhôa Magnabosco

APROVADA

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Viu -UFG-Jataí

APROVADA

Prof. Dr. Marcos Fernando de Oliveira e Costa - EMBRAPA

Aprovada

Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho

APROVADA

Prof. Dr. João Teodoro Pádua

APROVADA

18 Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou o(a) candidato(a) **MARIANA**
19 **MÁRCIA SANTOS MAMEDE**, **HABILITADA**. (**Habilitado (a) ou não**
20 **Habilitado (a)**). Nada mais havendo a tratar, eu **Prof. Dr. Cláudio Uilhôa Magnabosco**,
21 lavrei a presente ata que, após lida e achada conforme foi por todos assinada.

BANCA EXAMINADORA

ASSINATURA

Prof. Dr. Cláudio Uilhôa Magnabosco

Cláudio Uilhôa Magnabosco

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Viu -UFG-Jataí

Marco Antônio de Oliveira Viu

Prof. Dr. Marcos Fernando de Oliveira e Costa - EMBRAPA

Marcos Fernando de Oliveira e Costa

Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho

Alexandre Siqueira Guedes Coelho

Prof. Dr. João Teodoro Pádua

João Teodoro Pádua

A Banca Examinadora aprovou a seguinte alteração no título da tese:

“É fazendo que se aprende a fazer aquilo
que se deve aprender a fazer.”
(Aristóteles)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me manter no caminho e com foco no meu trabalho, por me abençoar em mais uma etapa e por me ensinar cada vez mais a ter paciência e sabedoria para alcançar as minhas metas!

Aos meus pais e meu irmão pelo apoio, orientação, incentivo, dedicação e exemplo de superação. Apesar da distância mantiveram sempre presentes em mais uma etapa da minha caminhada dando conselhos decisivos e por serem o exemplo que tenho a ser seguido. Muito obrigada. Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cláudio Ulhôa Magnabosco, o meu reconhecimento pela orientação, dedicação, apoio, conselhos, ensinamentos, compromisso, compreensão e amizade. Ao comitê de co-orientação composto pelo Prof. Dr. Guilherme Jordão de Magalhães Rosa e Prof^a. Dr^a. Carina Ubirajara de Faria, obrigada pela orientação, compromisso, disponibilidade e amizade. Muito obrigada!

Aos doutores Marcos Fernando Costa, Fernando Baldi, Arthur Mascioli, Alexandre Coelho e Fernando Brito Lopes, pela ajuda na confecção da tese, nas análises estatísticas, nas correções do texto, dedicação, ensinamentos, apoio e amizade.

À equipe de trabalho da Embrapa Arroz e Feijão e Embrapa Cerrados, pela convivência, apoio, amizade, colaboração e incentivo. Agradeço ao Cláudio Magnabosco, Hélivio Abbadia, Marcos Fernando, Eduardo Eifert, Fernando Brito, Letícia Castro, Flávia Martins, Lara Ferreira, Karine Mendanha, Marcos Vinícius, Gabriela Agapito, Carol Lins, Jorge Lavocat, Eli Abreu, Francisco Fernandes, Luiz Jung, Luiz Osvaldo e Claudio Karia. Obrigada por tudo!

À Universidade de Wisconsin em Madison (EUA) pela oportunidade e experiência em especial a todos do Departamento de Ciência Animal pela amizade, pelos *lunches* e *coffee breaks*, contribuição neste trabalho e pelo companheirismo: Guilherme Rosa, Daniel Gianola, David Thomas, Bruno Valente, Gerardo Junior, Leticia Castro, Gerson Mourão, Vivian Felipe, Adriana Somavilla, Yaodong Hu, Valentina Milani, Inoue Keiichi, Angelina Fraga, Renato Lima, Vera Ferreira, Francisco Peñagaricano, aos novos que já estão no meu coração: Tiago Bresolin, Christos Dadousis, Flaviana Miranda, Arthur Fernandes e Tiago Passafaro.

O meu sincero agradecimento aos meus *officemates*, Tom Murphy e Saleh Shahinfar, pelo suporte psicológico e profissional, pela amizade, pelas horas de

descontração e por proporcionar dias confortantes de trabalho em nossa sala não importando a temperatura, a +32°C ou -40°C, a harmonia imperava! Meninos vocês são únicos! *I miss you guys!*

A minha eterna *roomate* Lets (Letícia Castro) que tornou os primeiros 6 meses mais familiar, mais brasileiro, mais fácil (haja mapas, leis, regras, horários, roupas, comidas, tornados e etc e etc... kkkkkkk...). Não tenho como agradecer... nenhuma outra experiência similar será igual a nossa! De coração: Muito Obrigada!

Aos amigos de Madison que tornou a minha estadia nesse último ano mais leve, confortante e familiar: Diego De Gasperi & Milena Kirinus, Júlia Baldrighi, Isabela Fraga, Luciano Cabral & Luciana Cabral, Dieyckson & Tassyana Freire, Viviane de Lima e meninos, Luciana Mourão e meninos, Natália De Leon e meninos.

A minha família americana e minhas *sisters-roomates* que me proporcionou experiências únicas e a compreender melhor as diferenças e as pessoas: David, Debi, Tyler, Dean and Summer, e Yi-lun and Hyunjoo Jo. *You guys will be my family forever! My sincere thanks!*

As amigas Lisane Góis, Rosana Vianello e Daniela, Cirlene Lima e Ludmilla e Mara Suassuna por se fazerem presentes, pela amizade, pelo enorme incentivo, por torcerem por mim e principalmente pelas risadas dadas em momentos únicos de descontração.

Às instituições Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Cerrados, Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, cada uma com a sua parte de dedicação, agradeço pela concessão dos dados, pelo apoio técnico e científico, pelo aprendizado de qualidade e por disponibilizar todo o necessário para a conclusão deste trabalho.

À Embrapa Cerrados/CAPES, pela concessão das bolsas: de doutorado (3 anos) e de doutorado sanduiche (1 ano) e auxílio à pesquisa, permitindo a realização deste trabalho.

À Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, pela oportunidade concedida de participação do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a efetivação e êxito final deste trabalho.

O meu sincero agradecimento!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1. INTRODUÇÃO	15
2. MACIEZ DA CARNE.....	16
3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS	19
4. ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE (CO)VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS - ABORDAGEM BAYESIANA.....	20
4.1. MÉTODO DE AMOSTRAGEM DE GIBBS	24
4.2. INFERÊNCIA BAYESIANA SOB MODELO ANIMAL LINEAR-LIMIAR.....	25
5. ORIGEM DAS INFORMAÇÕES DE FORÇA DE CISALHAMENTO E PROJETO OB CHOICE NELORE MOCHO.....	26
6. REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO.....	34
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4. CONCLUSÃO.....	53
5. REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO III – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO, CARÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO	58
1. INTRODUÇÃO.....	60
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4. CONCLUSÃO.....	80
5. REFERÊNCIAS	81
CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇAÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO

- TABELA 1 - Número de registros e estatística descritiva das características de crescimento, de carcaça e de força de cisalhamento de bovinos Nelores mochos 42
- TABELA 2 - Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos para as características de pesos, de carcaça e de maciez da carne em bovinos Nelores mochos 44
- TABELA 3 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de crescimento em bovinos Nelores mochos 46
- TABELA 4 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de carcaça em bovino Nelores mochos 48
- TABELA 5 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais das características de crescimento com as de carcaça de bovinos Nelores mochos..... 49
- TABELA 6 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de crescimento, carcaça e maciez da carne em bovinos Nelores mochos 51

CAPÍTULO III - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO, CARÇAÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO

- TABELA 1 - Número de registros e estatística descritiva das características reprodutivas, de carcaça e maciez da carne de bovinos Nelore Mocho 68
- TABELA 2 - Estimativas dos parâmetros genéticos para as características reprodutivas, carcaça e maciez da carne de bovinos Nelore Mocho 71
- TABELA 3 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas em bovino Nelore Mocho 71
- TABELA 4 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de carcaça em bovino Nelore Mocho75
- TABELA 5 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore Mocho76

TABELA 6 - Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas e de carcaça e a característica de maciez da carne em bovinos Nelore Mocho	78
---	----

LISTAS DE ABREVIATURAS

ABCZ	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
ANCP	Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores
AOL	Área de Olho de Lombo
DEP	Diferença esperada na progênie
DNA	Ácido desoxirribonucléico
EG	Espessura de Gordura Subcutânea
EGP8	Espessura de Gordura Subcutânea da Garupa
GC	Grupo de Contemporâneos
IPP	Idade ao Primeiro Parto
MCMC	Método de Monte Carlo baseado em cadeias de Markov (do inglês Markov Chain Monte Carlo)
P120	Peso aos 120 Dias de Idade
P210	Peso aos 210 Dias de Idade
P365	Peso aos 365 Dias de Idade
P450	Peso aos 450 Dias de Idade
PAC	Produtividade Acumulada
PE365	Perímetro Escrotal aos 365 Dias de Idade
PE450	Perímetro Escrotal aos 450 Dias de Idade
REML	Maxima Verossimilhança Restrita
STAY	Tempo de permanência da fêmea no rebanho
WBSF	Força de cisalhamento (<i>Warner-Bratzler shear force</i>)

RESUMO

Foram estimados os parâmetros genéticos para as características de crescimento envolvendo os pesos aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, reprodutivas de perímetro escrotal calculados aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, idade ao primeiro parto (IPP), produtividade acumulada (PAC) em kg de bezerros desmamados, e habilidade de permanência da vaca no rebanho (STAY - Stayability), de carcaça, considerando área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e a de maciez da carne, medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF) em bovinos Nelore Mochos, criados no bioma Cerrado. Para todas as características foram realizadas análises bayesianas bi características adotando-se modelo linear animal, enquanto que para as análises envolvendo a STAY, o modelo adotado foi o linear-limiar. As médias das estimativas posteriores de herdabilidade para o P120 (0,20), P210 (0,21), P365 (0,44), P450 (0,40), PE365 (0,31), PE450 (0,37), IPP (0,16), PAC (0,25), STAY (0,16), AOL (0,30), EG (0,13), EGP8 (0,24) e WBSF (0,16) indicam resposta ao processo de seleção. As estimativas de herdabilidade maternal para P120 (0,10) e P210 (0,09) sugerem efeitos genéticos das reprodutoras na contribuição para o desempenho dos bezerros até a fase de desmame. As estimativas de correlação genética e ambiental obtidas para as características de crescimento foram de elevada magnitude. Ao analisar as características de crescimento com as de carcaça, destacam-se as correlações genéticas e residuais entre AOL com os pesos aos 210 (0,46 e 0,37, respectivamente), 365 (0,59 e 0,39, respectivamente) e 450 (0,56 e 0,50, respectivamente) dias de idade. As correlações genéticas e residuais entre PE365 e PE450 foram elevadas e favoráveis (0,91 e 0,74, respectivamente), assim como as correlações genéticas da PAC com PE365, PE450, IPP e STAY (0,61, 0,62, -0,69 e 0,83, respectivamente). Portanto, em função da o PE365, PE450 e a PAC são importantes critérios de seleção, os quais implicaram em progresso genético para IPP e STAY. As correlações genéticas de AOL com EG (0,25) e com EGP8 (0,06) foram de baixa magnitude, entretanto moderada entre EG e EGP8 (0,49). A correlação residual, entre as características de carcaça, indicou baixa associação genética não-aditiva e, ou, de ambiente. As médias das estimativas de correlações genéticas e residuais de WBSF com as características reprodutivas e de carcaça foram favoráveis, entretanto exibiram desvios padrão elevados. A correlação genética da WBSF com os pesos foi maior na fase pré-desmama, (-0,70±0,26 com P120 e -0,78±0,23 com P210) e menor na fase pós-desmama (-0,44±0,43 com P365 e -0,22±0,34 com P450). As estimativas de correlação genética da WBSF com EG, EGP8 e AOL foram negativas e próximas à zero. As correlações residuais de WBSF com todas as características de crescimento e de carcaça foram inexpressivas.

Palavras-chave: perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, produtividade acumulada, força de cisalhamento, análise de ultrassonografia

ABSTRACT

Genetic parameters were estimated for growth traits involving the weights at 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365), and 450 (P450) days of age, reproductive traits, such as scrotal circumference calculated at 365 (PE365) and 450 (PE450) days of age, age at first calving (IPP), accumulated productivity (PAC) in kg of weaned calves, and cow stayability (STAY - Stayability), carcass, considering ribeye area (REA), subcutaneous fat thickness (EG), and fat thickness on the back (EGP8), and the tenderness of the meat, as measured by Warner-Bratzler shear force (WBSF) in polled Nellore cattle reared in the Cerrado biome. For all features, Bayesian analysis bi characteristics were performed by adopting linear animal model, whereas for the analyzes involving STAY, the linear threshold model was used. Mean posterior heritability estimates for P120 (0.20), P210 (0.21), P365 (0.44), P450 (0.40), PE365 (0.31), PE450 (0.37), IPP (0.16), PAC (0.25), STAY (0.16), AOL (0.30), EG (0.13), EGP8 (0.24), and WBSF (0.16) indicate response to the selection process. Estimates of maternal heritability for P120 (0.10) and P210 (0.09) suggest genetic effects of breeding in contributing to the performance of calves at weaning. Estimates of genetic and environmental correlation obtained for the growth characteristics were of high magnitude. By analyzing the growth characteristics with carcass, the genetic and residual correlations between AOL weights at 210 (0.46 and 0.37, respectively), 365 (0.59 and 0.39, respectively), and 450 (0.56 and 0.50, respectively) days old stood out. Genetic and residual correlations between PE365 and PE450 were high and positive (0.91 and 0.74, respectively), as well as the genetic correlations of the CAP with PE365, PE450, IPP, and STAY (0.61, 0.62, -0.69 and 0.83, respectively). Therefore, PE365, PE450, and CAP are important selection criteria, which result in genetic progress for IPP and STAY. The AOL genetic correlations with EG (0.25) and EGP8 (0.06) were of low magnitude, however moderate between EG and EGP8 (0.49). The residual correlation between carcass traits showed low non-additive genetic association and/or of the environment. The WBSF mean estimates of genetic and residual correlations with reproductive and carcass traits were favorable, although they exhibited high standard deviations. The genetic correlation of WBSF with the weights were higher at the pre-weaning phase (-0.70 ± 0.26 with P120 and -0.78 ± 0.23 with P210) and lower at the post-weaning phase (-0.44 ± 0.43 with P365 and -0.22 ± 0.34 with P450). Estimates of genetic correlation of WBSF with EG, EGP8, and AOL were negative and close to zero. Residual correlations of WBSF with all the growth and carcass traits were negligible.

Keywords: scrotal circumference, age at first calving, accumulated productivity, shear force, ultrasound analysis

ANÁLISE GENÉTICA PARA MACIEZ DE CARNE E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS EM BOVINOS NELORE MOCHO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

As extensas áreas de pastagens, aliadas ao crescimento contínuo do rebanho, contribuíram para que o Brasil se sobressaísse no mercado internacional, sendo hoje o segundo maior produtor de carne do mundo. Apesar de ter perdido o primeiro lugar em exportações mundiais para a Índia em 2014, o Brasil tem possibilidade de ser o maior exportador de carne bovina do mundo em 2015¹.

O crescimento das exportações de carne bovina impõe a necessidade de algumas modificações tanto na pecuária nacional quanto na cadeia produtiva da carne como um todo. É clara a necessidade de ações de manejo, nutrição e melhoramento genético, que permitam promover o crescimento rápido, reduzir a idade ao abate e melhorar a qualidade da carne. O comércio da carne bovina é prejudicado, principalmente, pela falta de padronização do produto final e porque a maior parte da carne exportada pelo Brasil é considerada de média e baixa qualidade pelos compradores internacionais².

Das raças zebuínas brasileiras, a raça Nelore com seus cruzados, constitui 90% da força produtiva da indústria da carne no país, sendo predominante no cenário pecuário brasileiro³. Segundo Faria et al.⁴, a raça Nelore, variedade mocho, encontra-se na segunda posição em número de registros e representa 12,7% dos animais zebuínos com registro genealógico definitivo pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ).

Em termos de qualidade, a carne oriunda de raças zebuínas é considerada abaixo dos padrões dos mercados concorrentes e sem uniformidade, o que acarreta variados problemas na produção brasileira de carne⁵. As carcaças produzidas por animais da raça Nelore apresentam grandes variações quantitativas e qualitativas, o que determina uma ampla heterogeneidade entre as carcaças produzidas e variabilidade na maciez da carne⁶.

Uma das possíveis causas genéticas que afeta essa diferença na produção, poderia ser o fato das carcaças pertencerem a diferentes linhagens e também devido a

fatores ambientais^{7,8,9}. Van Vleck et al.¹⁰ usando taurinos, verificaram uma maior variabilidade genética entre touros da mesma raça do que entre touros de raças distintas para maciez da carne. Vários estudos mostram que a genética de animais zebuínos apresenta carne mais dura devido aos maiores valores encontrados para força de cisalhamento ao comparar com *Bos taurus*^{11,12,13,7,8}. Há relatos que a menor maciez encontrada para *Bos taurus indicus* é explicada em maior parte pela maior quantidade da calpastatina, que reduz a ação da calpaína na proteólise *pos mortem* e consequente amaciamento da carne^{13,14}. Estimativas de correlações genética entre a força de cisalhamento (WBSF - *Warner-Bratzler shear force*) e atividade de calpastatina encontrados foram de 0,5 e 0,76 nos estudos de Shackelford et al.¹⁴ e Smith et al.¹⁵, demonstrando a forte ligação da presença da calpastatina e a maciez da carne.

A literatura mostra que a seleção para força de cisalhamento pode ser uma maneira eficaz de melhorar a maciez da carne bovina, tendo em vista as estimativas de herdabilidade moderadas a altas encontradas para esta característica que variam de 0,14 a 0,93^{14,16,17,18} para animais taurinos e 0,11 a 0,29^{19,20,21,22} para zebuínos. Percebe-se que a herdabilidade pode apresentar grande variabilidade até mesmo em animais da mesma raça, variando de baixa a alta magnitude.

Dessa forma e em função dessa variabilidade genética aditiva para maciez da carne em bovinos da raça Nelore em especial na variedade mocho, existe a possibilidade de resposta à seleção genética para esta característica. Nesse contexto, propõe-se estimar parâmetros genéticos para as características de crescimento, carcaça, reprodução e maciez da carne em um rebanho Nelore mocho.

2. MACIEZ DA CARNE

Vários países, e mais recentemente o Brasil, contemplam em seus programas de melhoramento genético, características relacionadas à qualidade da carcaça. Para a obtenção das medidas fenotípicas destas características é utilizada a tecnologia de ultrassonografia, por ser uma forma rápida, barata e possível de ser realizada no animal vivo. Na maioria desses programas são consideradas as medidas de espessura de gordura, por ser de suma importância no processamento da carne, tanto na indústria como na residência do consumidor; a área do músculo *Longissimus dorsi*, por apresentar correlação com rendimento da carcaça e com a porção comestível da mesma²³ e marmoreio, que é o

depósito de gordura intramuscular na carne e é um dos fatores determinantes para classificação da qualidade da carcaça²⁴.

Apesar dos avanços na tecnologia de ultrassonografia, as características de carcaça ainda são pouco utilizadas pelos criadores como critérios de seleção em rebanhos bovinos de corte devido ao seu custo ser elevado e o manejo para obtenção das medidas ser trabalhoso. Para que os criadores tenham um incentivo para utilizá-la, os frigoríficos poderiam remunerar os criadores que produzissem uma carcaça de melhor qualidade, o que não ocorre em alta escala atualmente.

Existe uma grande diversificação entre os animais selecionados para abate e comercializados aos frigoríficos, conseqüentemente as carcaças não alcançam uma padronização que atenda as especificações da demanda de mercado. Cada mercado exige um tipo de produto e não informa aos criadores qual é esse padrão desejado, ou seja, qual o tipo de animal a ser produzido, qual a idade, com quantos quilos, tamanho dos cortes de carne, quanto de cobertura de gordura, etc. Como não existe essa identificação e não são estimulados a produzir adequadamente, os criadores não conseguem identificar qual a combinação de manejo a se adotar, qual a alimentação adequada, qual o biotipo que o mercado precisa, ou quais os critérios de seleção a adotar para atender a demanda de cada mercado.

Dentre as características que avaliam a qualidade da carne bovina tem-se: maciez, marmoreio, textura, coloração, sabor, suculência, sendo a maciez a mais importante para o consumidor²⁵. Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne, se destacam a genética, a idade ao abate, o sexo do animal, tipo de alimentação, temperamento dos animais e técnicas pré-abate e pós-abate²⁵. Assim, a carne só terá a qualidade esperada no momento do consumo se todos os componentes da cadeia produtiva apresentarem os padrões exigidos pelo consumidor.

Para avaliar a maciez da carne existem dois métodos, um subjetivo e outro objetivo. Na avaliação subjetiva, é realizado um painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à maciez após ter provado as amostras. O método objetivo utiliza um equipamento, como o texturômetro, que mede a força de cisalhamento da carne, ou seja, a força necessária para se cortar um pedaço de tamanho padronizado de musculo, sendo que, quanto maior a força necessária, menor é a maciez deste pedaço²⁵.

Moloney et al.²⁶, estudando sistemas de criação de bovinos, Charolais × Friesian, observaram que a carne de animais terminados a pasto aos 30 meses de idade, tiveram maior força de cisalhamento ao ser comparados a animais sob sistema intensivo de produção e abate aos 25 meses de idade (8.54 vs 4.32 kgf).

Entretanto, alguns estudos mostraram que a idade ao abate não é o principal fator que contribui para a menor maciez da carne em zebuínos no pré-abate e no pós-abate. O manejo da carcaça e o tempo de maturação no frigorífico seriam os pontos a serem melhorados. Mesmo reduzindo a idade de abate, observou-se que, conforme aumentava a composição genética zebuína dos animais, também aumentava a força de cisalhamento ($p < 0,01$) e diminuição nas notas obtidas em painéis de degustação^{11, 12, 13}. Isso foi constatado por Lage et al.⁸ que, trabalhando com diferentes grupos genéticos, notaram maior ($p < 0,05$) força de cisalhamento para o Nelore, 3,39 kgf, em comparação aos 2,94 e 2,79 kgf para $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Simental x $\frac{1}{2}$ Nelore, respectivamente.

Normalmente, raças zebuínas apresentam carne menos macia e com menor nível de marmorização quando comparadas com raças taurinas^{27,28}. Várias raças taurinas já contam com programas de melhoramento para maciez da carne, embasados nas avaliações fenotípicas, genéticas e genômicas^{29,30}. A maciez é uma característica moderadamente hereditária, desta maneira, a seleção de reprodutores positivos para essa característica pode gerar progresso genético³².

Diante das exigências mercadológicas, o que tem sido realizado são ações que objetivam ofertar aos frigoríficos, carcaças de bovinos selecionadas quanto ao peso, qualidade e preço, de forma competitiva. O mercado nacional necessita de touros geneticamente superiores para a característica maciez da carne, pois a facilidade de se conhecer touros superiores para essa característica é mais fácil do que conhecer fêmeas superiores, pela dificuldade de se obter um grande número de progênie para se avaliar. Com isso, os criadores terão a disposição material genético para utilizar nos acasalamentos subsequentes, utilizando como critério de seleção a maciez da carne e, conseqüentemente, obtendo uma melhoria na qualidade da carne a ser disponibilizada para o consumidor.

Pesquisas envolvendo características relacionadas à qualidade da carcaça de zebuínos ocorrem em pequeno número, sendo que para as características de carcaça existem mais informações do que para as características de qualidade da carne, como a maciez da carne^{21,22}. Uma das iniciativas pioneiras de rebanhos que levam em conta a qualidade da carcaça como critério de seleção é o da Guaporé Pecuária, que atualmente,

ainda é um dos poucos rebanhos de Nelore Mocho, no Brasil, que incluem como objetivo e critério de seleção, o aprimoramento da qualidade da carcaça com especial ênfase à maciez de carne⁶.

É necessária a condução de mais pesquisas nesta área buscando conhecer o comportamento desta característica de maciez nos zebuínos, particularmente na raça Nelore, visando assim, identificar e explorar o real potencial da raça para maciez da carne e promover com isso a abertura de novos mercados. Em que pese a importância da maciez da carne na abertura de novos mercados, os selecionadores não podem descuidar de características econômicas tradicionais já adotadas pelos programas de melhoramento genético.

Dessa forma, a maciez da carne pode agregar valor à carcaça produzida no Brasil e uma vez que os mercados mais exigentes já demandam carnes de qualidade superior, essa característica, se possível, deve ser incluída nas pesquisas realizadas com bovinos Nelore Mocho, vislumbrando uma inovação importante em programas de melhoramento genético da raça Nelore. Para isso, é importante saber se a seleção para maciez pode acarretar efeitos negativos ou positivos sobre as demais características de interesse econômico.

3. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS

Os aspectos reprodutivos são limitantes na melhoria da eficiência produtiva dos rebanhos de bovinos de corte. O cuidado com as características de reprodução é fundamental, pois determina o lucro ou prejuízo da atividade. Não obstante, as características de crescimento são fundamentais, pois atualmente os frigoríficos remuneram os criadores que atingem um maior ganho de peso, sendo assim não podem descuidar da velocidade de ganho em peso em uma raça como a Nelore. Ainda, as características da carcaça, onde observa-se o início da remuneração por parte de alguns frigoríficos por esses atributos de rendimento e acabamento da carcaça.

O melhoramento da eficiência reprodutiva das fêmeas tem sido em geral lento, devido à baixa herdabilidade das características, aliada à dificuldade de mensurações isoladas em cada sexo e expressão tardia destas na vida do animal³². Brumatti et al.³³ relataram que as características reprodutivas na raça Nelore foram 4,28 a 13,46 vezes mais importantes economicamente do que as características de crescimento. Isso significa que

essa eficiência pode ser alcançada com a obtenção de animais mais precoces e férteis, devendo as características reprodutivas serem consideradas como objetivo de seleção.

A relação entre vaca e bezerro atualmente é baixa no rebanho nacional e tem sido fator limitante em uma maior produção e o avanço do melhoramento genético animal³⁴. Não diferentemente da realidade média brasileira, Silva et al.³⁴ relataram a dificuldade de novilhas emprenharem precocemente ao observarem uma pequena proporção (10,4%) de animais que conseguiram parir com idade menor que 31 meses. Isso demonstra a necessidade das características relacionadas à precocidade sexual serem efetivadas e utilizadas como critérios de seleção. A grande vantagem em emprenhar novilhas mais jovens é o menor tempo para se obter retorno do investimento, além de aumentar o tempo de vida reprodutiva do animal e o número de bezerros produzidos³⁵.

Tão importante quanto as características de eficiência reprodutiva, as características de carcaça, produção de carne e gordura subcutânea, têm importância econômica e devem ser consideradas nos programas de melhoramento genético em um sistema de produção de bovinos de corte⁶. Existem grandes variações quantitativas e qualitativas nas carcaças produzidas por animais Nelores, mesmo dentro do rebanho⁷. Isso é um dos aspectos mais importantes a ser melhorado na pecuária brasileira.

As características mais estudadas atualmente são área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea, para avaliar melhor as carcaças dos animais, sempre em busca de uma carne com melhor qualidade para consumo. Referindo-se à área de olho de lombo, a característica engloba a quantidade de músculo, rendimento de carcaça e, especialmente, a proporção de cortes nobres em uma carcaça³⁶. Características de acabamento de carcaça, como espessura de gordura subcutânea (EG e EGP8) são fundamentais para obtenção de uma carne de qualidade, já que no processo de resfriamento da carcaça, a gordura possui papel importante como isolante térmico. A proporção adequada de gordura subcutânea proporciona um resfriamento de forma lenta e gradual, para não causar encurtamento das fibras e, conseqüentemente, endurecimento da carne^{5,37}.

4. ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE (CO)VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS - ABORDAGEM BAYESIANA

A escola bayesiana foi fundada por Laplace, por meio de vários trabalhos publicados de 1774 a 1812, e durante o século XIX ocupou um papel preponderante na inferência científica^{38,39}. Os fundamentos do método bayesiano consistem em descrever todos os erros que podem existir em torno de um parâmetro, usando como medida do erro a probabilidade de que o parâmetro tome determinados valores. No caso em que se necessita de uma estimativa pontual de dado parâmetro pode se usar a moda, média ou mediana. O método bayesiano foi introduzido por Daniel Gianola no melhoramento genético animal, o qual desenvolveu trabalhos praticamente em todas as áreas do melhoramento animal na década de 1980.

Alguns relatos^{40,41} asseguram que o método que utiliza as técnicas bayesianas, oferece respostas a problemas até então não resolvidos em melhoramento animal. Na utilização dos métodos frequentistas, como é o caso do REML, obtêm-se somente estimativas pontuais da variância genética e assim, diante de uma simples medida de erro, que só teria sentido em amostras muito grandes, e diante de dados distribuídos de forma normal e em análises em que não há o conhecimento das médias e variâncias, haveria de se utilizar as estimativas da máxima verossimilhança como se fossem os parâmetros verdadeiros, ignorando o seu erro. As análises bayesianas apresentam maior precisão dos parâmetros estimados, pois permitem calcular a densidade marginal posterior do parâmetro de interesse e com tal distribuição quantifica-se exatamente o erro de um parâmetro desconhecido⁴⁰. Os aspectos de aplicação da inferência bayesiana foram bem descritos por vários autores^{42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,41,38}.

Uma das características produtivas estudadas no presente trabalho, que é classificada como categórica, é a Stayability, ou seja, característica de permanência no rebanho. Para estimação de componente de (co)variância para a Stayability e suas relações com outras características econômicas contínuas, Faria et al.^{54,55}, recomendam o uso de modelos de limiar por apresentarem maior habilidade para detecção da variabilidade genética quando comparados aos modelos lineares, permitindo assim uma inferência bayesiana sob modelo animal linear-limiar na estimação de correlações genéticas entre a stayability e demais características econômicas utilizando a amostragem de Gibbs.

Em extensos trabalhos de revisão sobre a inferência bayesiana, alguns autores^{41,38} destacam as definições de Kendall & Buckland⁵⁶, citados por Gianola & Fernando⁴²:

Inferência Bayesiana: “Uma forma de inferência na qual parâmetros tratados como variáveis aleatórias, possuidores de distribuições a priori, refletem o estágio de conhecimento acumulado sobre tais parâmetros.”

Estimação Bayesiana: “Estimação de parâmetros populacionais pelo uso de métodos de probabilidade inversa.”

Os métodos de probabilidade inversa baseiam-se no Teorema de Bayes o qual estabelece que⁴²:

Dado um vetor não observável θ e um vetor de dados observáveis \mathbf{y} , com distribuições de densidade de probabilidade conjunta $p(\mathbf{Y}, \theta)$, da teoria básica de probabilidades tem-se que:

$$p(\mathbf{Y} | \theta) \cdot p(\theta) = p(\mathbf{Y}, \theta) = p(\theta | \mathbf{Y}) \cdot p(\mathbf{Y})$$

onde $p(\theta)$ e $p(\mathbf{Y})$ são as densidades de probabilidade marginais de θ e \mathbf{Y} , respectivamente.

Das igualdades acima pode ser obtido que:

$$p(\theta | \mathbf{Y}) = \frac{p(\mathbf{Y} | \theta) \cdot p(\theta)}{p(\mathbf{Y})}$$

Em função do argumento que $p(\mathbf{Y})$ não é uma função de θ , o teorema de Bayes é geralmente apresentado na forma:

$$p(\theta | \mathbf{Y}) \propto p(\theta) p(\mathbf{Y} | \theta) \quad [1]$$

em que $p(\theta)$ é a densidade de probabilidade *a priori* de θ , a qual reflete o grau de conhecimento acumulado sobre os possíveis valores de θ , antes da obtenção de informações contidas em \mathbf{Y} ; $p(\mathbf{Y} | \theta)$ é a função de verossimilhança de θ , que representa a contribuição de \mathbf{Y} ao conhecimento de θ ; $p(\theta | \mathbf{Y})$ é a densidade de probabilidade *posterior* de θ , a qual inclui o grau de conhecimento prévio sobre θ “atualizado por informações adicionais” contidas em \mathbf{Y} ; e \propto é o operador *proporcional a*.

A teoria bayesiana, portanto, baseia-se em probabilidades condicionais⁴³. Para um melhor entendimento, após considerar os dados \mathbf{Y} , a confiança inicial sobre um determinado parâmetro θ irá depender da confiança posta na distribuição $\mathbf{p}(\theta)$ adicionada da informação revelada pelos dados sobre cada valor possível de θ , ou seja, $\mathbf{p}(\mathbf{Y}|\theta)$. Desta forma a relação Posterior \propto Inicial \times Verossimilhança, sumariza a aplicação do Teorema de Bayes mostrando que é possível atualizar o conhecimento, levando-se em conta os dados disponíveis.

Inferências sobre θ são geralmente feitas a partir de densidade de probabilidade posterior, sendo que a expressão [1] proporciona a estrutura básica geral para a estimação dos parâmetros contidos em θ . Em muitas situações, a distribuição dos dados (\mathbf{Y}) depende não somente de um conjunto de parâmetros de interesse (por exemplo, θ_1), mas também de outros parâmetros incidentais ou *nuisance* (por exemplo, θ_2). Nestes casos:

$$\mathbf{p}(\theta_1, \theta_2 | \mathbf{Y}) \propto \mathbf{p}(\mathbf{Y}|\theta_1, \theta_2) \cdot \mathbf{p}(\theta_1, \theta_2),$$

onde $\mathbf{p}(\theta_1, \theta_2 | \mathbf{Y})$ é a densidade posterior conjunta de probabilidade de θ_1 e θ_2 .

As inferências e a obtenção de estimativas envolvendo θ_1 são geralmente realizadas com base na distribuição posterior marginal de θ_1 :

$$\mathbf{p}(\theta_1 | \mathbf{Y}) = \int \mathbf{p}(\theta_1 | \theta_2, \mathbf{Y}) \mathbf{p}(\theta_2 | \mathbf{Y}) \partial \theta_2, \quad [2]$$

Como observado, a distribuição marginal posterior é uma média ponderada da distribuição condicional de θ_1 dado θ_2 .

A “marginalização” expressa em [2], de acordo com Sorensen⁵⁰, tem sido uma das maiores dificuldades técnicas na implementação de métodos bayesianos. E segundo Gianola⁴⁹, a obtenção de distribuições marginais por processos analíticos, ou mesmo pelo emprego de métodos usuais de integração numérica, é impossível.

A introdução de métodos de Monte Carlo baseados em cadeias (sequências) de Markov, denominados MCMC (do inglês Markov Chain Monte Carlo), tem contribuído substancialmente no sentido de viabilizar a implementação do paradigma bayesiano⁵⁰. Os métodos MCMC constituem uma família de processos iterativos para aproximar a geração

de amostras de distribuições multivariadas (em processos Monte Carlo, em propriedades das cadeias de Markov). A amostragem de Gibbs é um desses métodos.

4.1. Método de Amostragem de Gibbs

Os métodos de amostragem de Gibbs utilizam da cadeia de Markov gerada por método Monte Carlo, e é um procedimento de integração numérica, usado na estimação das distribuições conjuntas e marginais de todos os parâmetros do modelo, por meio da reamostragem de todas as distribuições condicionais da cadeia de Markov⁵⁷. O amostrador de Gibbs é uma técnica para a obtenção indireta de variáveis aleatórias de uma distribuição (marginal), sem ter que calcular sua densidade de probabilidade⁵⁸.

O processo de amostragem de Gibbs é um caso especial do algoritmo de Metropolis-Hastings executado por meio da geração de amostras aleatórias a partir de distribuições multivariadas⁵⁹. Inicialmente descrito por Geman & Geman⁶⁰, o método cria vetores aleatórios pela amostragem das distribuições condicionais posteriores conjuntas de todos os parâmetros aleatórios do modelo. O vetor de observações que é obtido a cada iteração, depois de alcançada a convergência, constitui uma amostra aleatória da distribuição conjunta de interesse.

Um esquema ilustrativo⁴⁹ simples sobre o método de amostragem de Gibbs, utilizando três variáveis, é apresentado a seguir:

1- O objetivo é a obtenção de amostras a partir da distribuição $[\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z}]$

$$(\mathbf{X}^{(i)}, \mathbf{Y}^{(i)}, \mathbf{Z}^{(i)}) \sim [\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z}]$$

Amostras de tamanho m:

$$\mathbf{X}^{(i)} \sim [\mathbf{X}] \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\mathbf{Y}^{(i)} \sim [\mathbf{Y}]$$

$$\mathbf{Z}^{(i)} \sim [\mathbf{Z}]$$

2- Sejam as distribuições condicionais: $[\mathbf{X} | \mathbf{Y}, \mathbf{Z}]$, $[\mathbf{Y} | \mathbf{X}, \mathbf{Z}]$ e $[\mathbf{Z} | \mathbf{X}, \mathbf{Y}]$ o processo iterativo iniciando-se com $\mathbf{Y}_0 = \mathbf{y}_0$ e $\mathbf{Z}_0 = \mathbf{z}_0$, obtém-se para $i = 1, 2 \dots m$:

$$\begin{array}{lll}
\mathbf{X}_1 \sim [\mathbf{X} \mid \mathbf{Y} = \mathbf{y}_0, \mathbf{Z}_0 = \mathbf{z}_0] & \mathbf{X}_2 \sim [\mathbf{X} \mid \mathbf{Y} = \mathbf{y}_1, \mathbf{Z} = \mathbf{z}_1] & \mathbf{X}_m \sim [\mathbf{X} \mid \mathbf{Y} = \mathbf{y}_{m-1}, \mathbf{Z} = \mathbf{z}_{m-1}] \\
\mathbf{Y}_1 \sim [\mathbf{Y} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_1, \mathbf{Z}_0 = \mathbf{z}_0] & \mathbf{Y}_2 \sim [\mathbf{Y} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_1, \mathbf{Z} = \mathbf{z}_1] & \mathbf{Y}_m \sim [\mathbf{Y} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_{m-1}, \mathbf{Z} = \mathbf{z}_{m-1}] \\
\mathbf{Z}_1 \sim [\mathbf{Z} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_1, \mathbf{Y} = \mathbf{y}_1] & \mathbf{Z}_2 \sim [\mathbf{Z} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_1, \mathbf{Y} = \mathbf{y}_2] & \mathbf{Z}_m \sim [\mathbf{Z} \mid \mathbf{X} = \mathbf{x}_{m-1}, \mathbf{Y} = \mathbf{y}_{m-1}]
\end{array}$$

3- Quando $m \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned}
(\mathbf{X}^{(m)}, \mathbf{Y}^{(m)}, \mathbf{Z}^{(m)}) &\sim [\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z}] \\
\mathbf{X}^{(m)} &\sim [\mathbf{X}], \mathbf{Y}^{(m)} \sim [\mathbf{Y}], \mathbf{Z}^{(m)} \sim [\mathbf{Z}]
\end{aligned}$$

Em vez de se calcular ou aproximar as distribuições de probabilidade diretamente, o amostrador de Gibbs permite a obtenção de uma amostra $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_m \sim \mathbf{p}(\mathbf{x})$ sem requerer $p(\mathbf{x})$. O procedimento é o mesmo na obtenção de amostras para \mathbf{Y} e \mathbf{Z} . Portanto o método de amostragem de Gibbs é baseado na geração de densidades condicionais completas, em sequência, num processo de reamostragem de variáveis aleatórias.

4.2. Inferência bayesiana sob modelo animal linear-limiar

Alguns autores^{55,61,62,63}, mostraram que para as análises genéticas de características categóricas, o uso dos modelos lineares pode ser impróprio sendo recomendado a aplicação dos modelos de limiar. Desta forma, Gianola & Foulley⁶², Harville & Mee⁶⁴ e Gilmour et al.⁶⁵ desenvolveram os modelos de limiar para avaliação genética de dados categóricos. Posteriormente, Janss & Foulley⁶⁶ e Van Tassel et al.⁶⁷ tornaram possíveis as análises multi-características relacionando dados contínuos (modelo linear) e dados categóricos (modelo de limiar).

De acordo com Magnabosco et al⁵³, apesar de demandar um tempo maior de processamento, o método Gibbs Sampling, sob modelo animais bivariados convergiu para densidade posterior marginal, sem necessidade de alteração em quaisquer valores de (co)variância da matriz G, como comumente acontece com o método REML. Esses autores lembram que apesar de ser considerado um método que requer menos recursos computacionais que o REML, demandou, um tempo de processamento significativamente maior para a sua execução com êxito. É claro que este fato está ligado diretamente com a

capacidade computacional disponível e atualmente essa capacidade está infinitamente maior que a uma década atrás estimulando o uso da inferência bayesiana utilizando Gibbs Sampling – GS.

5. ORIGEM DAS INFORMAÇÕES DE FORÇA DE CISALHAMENTO E PROJETO OB CHOICE NELORE MOCHO

É de conhecimento comum a todos que trabalham com pesquisa de carne, da dificuldade de obtenção de fenótipos de força de cisalhamento, em especial considerando animais PO (Puros de Origem). Em projeto pioneiro como relata Magnabosco et al⁶⁸, a marca OB vem desenvolvendo há alguns anos projetos nas áreas de Recursos Genéticos Animais e Melhoramento Genético. Sabe-se que a população genética do Nelore atual se restringe ao uso de poucos genearcas e matrizes. Foi feito um trabalho de caracterização genética para uma identificação mais acurada possível do material genético estocado nesse Banco de Linhagens da Marca OB. Atualmente foram identificadas, conservadas e utilizadas nas fazendas da Marca OB, 19 linhagens com sêmen de 167 touros, sendo que 96% desses touros tem informação de genealogia completa e em sua grande maioria, contam até com a avaliação genética calculada na forma de DEPs, considerando várias características de interesse econômico, tais como, habilidade maternal, fertilidade e crescimento⁶⁹.

No entanto, é desconhecido o potencial dessas linhagens em relação à qualidade da carne produzida. Sabe-se que a carcaça da raça Nelore apresenta grande variação quantitativa e qualitativa, e se existe uma grande heterogeneidade entre as carcaças produzidas em um rebanho dentro da mesma raça Nelore, uma das causas genéticas poderia ser o fato de essas carcaças pertencerem a diferentes linhagens. O objetivo do OB Choice era a caracterização da progênie de touros representantes das principais linhagens da raça Nelore em relação a si mesma 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. Dessa forma essa pesquisa utiliza informações oriundas desse projeto OBChoice original conduzidos desde 2001 pela Guapore Pecuária e cedidos para essa pesquisa⁶⁹.

No presente estudo, para a característica força de cisalhamento, foram utilizados dados de animais abatidos nos anos de 2005, 2008 e 2012, provenientes de uma população previamente formada por animais contrastantes para maciez da carne, da raça Nelore Mocho, PO e com genealogia completa conhecida. Cerca de 460 animais, desses três abates, foram fenotipados para maciez da carne, e também para características, produtivas, reprodutivas e de carcaça.

A construção desse banco de dados fenotípico foi possível, devido à realização de três abates para determinação da maciez da carne por meio da força de cisalhamento. Historicamente, foi criada uma população de animais segregantes para maciez da carne. Inicialmente foram utilizados dados obtidos no abate de 600 animais pertencentes à Fazenda Guaporé Pecuária, situada no município de Pontes e Lacerda, no Mato Grosso. Este rebanho possui cerca de 5.500 matrizes puras (PO) da raça Nelore Mocho e iniciou um trabalho pioneiro de avaliação de touros para qualidade de carne denominado Programa OB Choice⁶. No primeiro abate, 282 animais foram avaliados e amostras de sangue e pelo foram armazenadas para extração de DNA. No segundo abate, 337 animais foram avaliados, sendo que 237 animais possuem amostras de pelo e sangue e 100 animais possuem amostras de pelo, sangue e músculo. Além destas informações, também foram coletadas, por ultrassonografia de carcaça, medidas de área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea entre a 12^a e 13^a costela, e na garupa⁶⁹.

O terceiro abate foi realizado com 82 animais, os quais são provenientes do projeto em andamento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa intitulado “Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho” (Macroprograma 2 - Edital 02/2008 - nº: 02.08.02.006), em parceria com a Guaporé Agropecuária S/A, o qual objetivou identificar, caracterizar, multiplicar e selecionar geneticamente animais com maior potencial para maciez de carne. A população deste terceiro abate foi criada utilizando o germoplasma dos animais provenientes do Programa OB Choice com o intuito de criar uma população com fenótipos extremos para maciez da carne baseados em seu mérito genético (DEPs) e também por parentesco.

Nesse terceiro abate, os animais eram nascidos na estação de nascimento de 2010, oriundos dos acasalamentos segregantes direcionados para a maciez na fazenda Guaporé (Pontes e Lacerda, MT), estes animais foram direcionados para sua recria e terminação, sendo este o último grupo de animais abatidos neste projeto. Dos 84 animais, um animal teve óbito durante a viagem e outro apresentou atrofia muscular no fêmur, sendo

retirado das avaliações, assim sendo, permaneceram 82 animais dos 2 grupos segregantes, com maior potencial para fenótipos extremos para força de cisalhamento (WBSF), contemplando 41 animais em cada grupo. Os animais chegaram às dependências da Embrapa Arroz e Feijão em 20/11/2011 e foram recriados em pastagem de *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha cv piatã* até final do mês de maio/2012, quando foram encaminhados ao confinamento⁶⁹.

A fase de terminação dos animais foi realizada na Fazenda Barreiro (Silvânia – GO), com estrutura para confinamento, provida de bebedouro para água e cocho coberto para colocação da dieta. A dieta de terminação, pesagens, ultrassom, dentre todas as coletas de dados necessárias dos animais eram de responsabilidade dos pesquisadores responsáveis pela condução do projeto Macroprograma 2. Os abates foram realizados no Frigorífico Minerva, localizado em Palmeira de Goiás - GO, com SIF 431, seguindo as normas de abate comercial e a legislação brasileira. No abate, a metodologia seguida para manipulação das carcaças para retirada das porções necessárias para a mensuração da maciez da carne foi a estudada por WHEELER et al.⁷⁰. As porções necessárias foram acondicionadas e encaminhadas para as dependências da Embrapa Arroz e Feijão para sua dissecação e pesagem dos tecidos para posterior avaliação da força de cisalhamento. Para mensuração da força de cisalhamento, os mesmos foram descongelados, assados e cisalhados conforme o método preconizado por WHEELER et al.⁷⁰.

6. REFERÊNCIAS

1. USDA. United States Department of Agriculture. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service/USDA, Office of Global Analysis, Abril, 2015.
2. Sabadin, C, Michels, IL. O Comércio Internacional da Carne Bovina Brasileira e a Indústria Frigorífica Exportadora. 43^a. Congresso Sober, Anais... Ribeirão Preto 2005.
3. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Rebanho bovino brasileiro. Disponível em: http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp. Acesso em: fev. 2015.
4. Faria, CU, Andrade, WBF, Pereira, CF, Silva, RP, Lôbo, RB. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado, Ciência Rural, feb. 2015; 45(2): 317-322.
5. Yokoo, MJI, Albuquerque, LG, Lôbo, RB, Bezerra, LAF, Araujo, FRC, Silva, JAV, Sainz, RD. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. Livestock Science, 2008; 117: 147-154.
6. Sainz, RD, Magnabosco, CU, Manicardi, F, Araujo, F, Leme, PR, Luchiari, A, Margarido, R, Pereira, ASC, Guedes, CF. Projeto OB-Choice: Genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: Seminário da Marca OB, 2005, (3):1-17.
7. Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Yokoo, MJ, Manicardi, F, Barbosa, V, Guedes, C, Leme, PR, Pereira, A, Araújo, FRC, Sanches, AC, Lobo, R. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. In: Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, 5. Anais... onde: SIMCORTE, 2006. Disponível em: http://www.simcorte.com/index/Palestras/5_simcorte/simcorte9.pdf.
8. Lage, JF; Paulino, PVR; Valadares Filho, SC; Souza, EJO; Duarte, MS; 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, 2012; 90(3): 770-774.
9. Lefaucheur, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. Meat Science. 2010; 84: 257–270.
10. Van Vleck, LD, Hakim, AF, Cundiff, LV, Koch, RM, Crouse, JD, Boldman, KG. Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. Journal Animal Science, 1992, (70): 363-371.
11. Crouse, JD, Cundiff, LV, Koch, RM. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. Journal of Animal Science, 1989; 67(10): 2661-2668.
12. Johnson, DD; Huffman, RD; Willians, SE; Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. Journal of Animal Science, 1990; 68(7): 1980-1986.
13. Restle, J, Vaz, FN, Quadros, ARB, Muller, L. Característica de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford x Nelore. Rev. Bras. Zootec. 1999; (28): 1245-1251.

14. Shackelford, SD; Koohmaraie, M; Cundiff, LV; Gregory, KE; Rohrer, GA; Savell, JW; Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigorcalpastatinactivity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, Champaign, 1994; 72(2): 857-863.
15. Smith, T, Domingue, JD, Paschal, JC, Franke, DE, Bidner, TD, Whipple, G. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. *Journal Animal Science*, 2007; (85): 1377–1384.
16. 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*, 2011; (89):84-90.
17. Allais, S, Levéziel, H, Hocquette, JF, Rousset, S, Denoyelle, C, Journaux, L, Renand, G. Fine mapping of quantitative trait loci underlying sensory meat quality traits in three French beef cattle breeds. *Journal Animal Science*, 2014; (92):4329-4341.
18. Mateescu, RG, Garrick, DJ, Garmyn, AJ, Vanoverbeke, DL, Mafi, GG, Reecy, JM. Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal Animal Science*, 2015; (93)21-27.
19. Riley, DG, Chase Jr., CC, Hammond, AC, West, RL, Johnson, DD.; Olson, TA. Coleman, S. W. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. *Journal Animal Science*, 2003; (81):54-60.
20. Smith, T, Thomas, MG, Bidner, TD, Paschal, JC, Franke, DE. Single nucleotide polymorphisms in Brahman steers and their association with carcass and tenderness traits *Genetics and Molecular Research*. 2009; 8(1):39-46.
21. Tizioto, PC, Decker JE, Taylor, JF, Schnabel, RD., Mudadu, MA, Silva, FL, Mourão, GB, Coutinho, LL, Tholon, P, Sonstegard, TS, Rosa, AN, Alencar, MM, Tullio, R R, Medeiros S. R., Nassu R. T., Feijó G. L. D., Silva L. O. C., Torres R. A., Siqueira F., Higa R. H., Regitano L. C. A. Genome scan for meat quality traits in Nelore beef cattle. *Physiological Genomics* Published. 2013; 45(21): 1012-1020.
22. Castro, LM, Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Lopes, FB. Quantitative genetic analysis for meat tenderness trait in Polled Nelore cattle. *Revista Ciência Agronômica*, abr-jun, 2014; 45(2): 393-402.
23. Luchiari Filho, A. *Pecuária da carne bovina*. 1 ed. São Paulo, 2000, p. 134.
24. Maldonado, F. Utilização da ultrasonografia para predição de características de carcaça bovinas. *Apta Regional – Pesquisa e Tecnologia*. 2007; 4(1): ISSN 2316-5146.
25. Alves, DD, Tonissi, RH, Goes, B, Mancio, AB. *Maciez da Carne Bovina*. *Ciência Animal Brasileira*, 2005 jul/set; 6(3): 135-149.
26. Moloney, AP, Mooney, MT, Troy, DJ, Keane, MG. Finishing cattle at pasture at 30 months of age or indoors at 25 months of age: Effects on selected carcass and meat quality characteristics. *Livestock Science*, 2011; (141):17–23.
27. Sherbeck, JA, Tatum, JD, Field, TG, Morgan, JB, Smith, GC. Feedlot performance, carcass traits, and palatability traits of Hereford and Hereford x Brahman steers. *Journal Animal Science*. 1995; 73(12): 3613-3620.

28. Wheeler, TL, Cundiff, LV, Koch, RM, Crouse, JD. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. *Journal of Animal Science*, 1996; 74(5):1023-1035.
29. McPeake, CA. Marker-assisted selection for beef palatability characteristics. *Proceedings, Beef Improvement Federation*, Lexington, KY, USA, 2003.
30. Moser, DW, Thallman, RM, Pollak, EJ, Dikeman, ME, Gill, CA, Koontz, SR, Holm, TR, Dressler, EW. Meeting consumer demands through genetic selection: The NCBA Carcass Merit Project. *Proceedings, Beef Improvement Federation*. 2004; p. 42-44.
31. Green, RD, Field, TG, Hammett, NS. Can cow adaptability and carcass acceptability both be achieved. *Proceedings*. Disponível em: <<http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0927.pdf>>, 2004.
32. Macneil, MD, Geary, TW, Perry, GA, Roberts, AJ, Alexander, LJ. Genetic partitioning of variation in ovulatory follicle size and probability of pregnancy in beef cattle, *Journal Animal Science*, 2006; 84:1646
33. Brumatti, RC, Ferraz, JBS, Eler, JP, Formigoni, IB. Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico, *Archivos da Zootecnia*, 2011; 60(230):205-213
34. Silva, JAV, Dias, LT, Albuquerque, LG. Estudo Genético da Precocidade Sexual de Novilhas em um Rebanho Nelore, *Revista Brasileira Zootecnia*, 2005, 34(5):1568-1572
35. Caetano, SL, Savegnago, RP, Boligon, AA, Ramos, SB, Chud, TCS, R, B, Lôbo, RB, Munari, DP. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle, *Livestock Science*, 2013; 155:1-7.
36. Simoes, JA, Mendes, MI, Lemos, JPC. Selection of muscle as indicators of tenderness after seven days of ageing, *Meat Science*, 2005; (69): 617-620
37. Sorensen, D; Gianola, D; Likelihood, Bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics, New York: Springer, *Statistics for Biology and Health*, 2002; 740 p
38. Faria, CU, Magnabosco, CU, Reyes, ADL, Lôbo, RB, Bezerra, LAF, Sainz, RD. Bayesian inference in a quantitative genetic study of growth traits in Nelore cattle (*Bos indicus*). *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, 2007; 30:545-551.
39. Stigler, SM. *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty before 1900*. Harvard University Press, Cambridge, MA. 1986.
40. Gianola, D, Rodriguez-Zas, S, Shook, GE. The Gibbs sampler in the animal model: a primer. In: *Séminaire Modèle Animal*. INRA Département de Génétique Animale e La Collesur Loup, France, 1994; p. 47-56.
41. Magnabosco, CU, Faria, CU, Borjas, ALR, Lôbo, RB, Sainz, RD. Implementação da amostragem de Gibbs na estimação de componentes de (co) variância e parâmetros genéticos em dados de campo de bovinos Nelore. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. v. 1. 48p., ISSN 1517-5111.

42. Gianola, D, Fernando, RL. Bayesian methods in animal breeding theory. *J. Anim. Sci.*, 1986; 63:217.
43. Lee, PM. Bayesian statistics: an introduction. England, Edward Arnold, 1989.
44. Wang, CS, Rutledge, JJ, Gianola, D. Marginal inferences about variance components in a mixed linear model using Gibbs sampling. *Genet. Sel. Evol.*, v.25, p.41, 1993.
45. Gelman, A, Carlin, JB, Stern, HS, Rubin, DB. Bayesian data analysis. EUA, Chapman & Hall, 1995.
46. Van Tassell, CP, Van Vleck, LD. A Manual for Use of MTGSAM. A set of FORTRAN programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation [DRAFT] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1995.
47. Van Tassell, CP, Casella, G. Pollak, EJ. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs sampling and restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.*, 1995; 78, p.678.
48. Berry, DA, Chaloner, KM, Geweke. JK. Bayesian analysis in statistics and econometrics. EUA, Wiley Inter-science, 1996.
49. Gianola, D. Bayesian analysis with applications to genetics and biology. Class notes of a course taught at the Department of Genetics, Medical School, University of São Paulo at Ribeirão Preto. 25 mar. - 5 apr, 1996.
50. Sorensen, D. Gibbs sampling in quantitative genetics. Intern Report, n.82, Danish Institute of Animal, Department of Breeding and Genetics, Denmark, 1996.
51. Spiegelhalter, D, Thomas, A, Best, N, Gilks, W. Bayesian inference using Gibbs sampling manual (version *ii*). MRC Biostatistics Unit, Institute of Public Health. 1996; 59p.
52. Van Tassell, CP, Van Vleck, LD. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models: flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co)variance component inference. *J. Anim. Sci.*, 1996; 74:2586-2597.
53. Magnabosco, CU, Lôbo, RB, Famula, TR. Bayesian Inference For Genetic Parameter Estimation On Growth Traits For Nelore Cattle In Brazil, Using The Gibbs Sampler. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, INNSBRUCK. 2000; 117:169-188.
54. Faria, CU, Magnabosco, CU, Albuquerque, LG, Bezerra, LAF, Lôbo, RB. Estimativas de correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassonografia em bovinos Nelore utilizando modelos bayesianos linear-limiar. *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, 2009; 38:2144-2151.
55. Faria, CU, Pires, BC, Vozzi, AP, Magnabosco, CU, Koury Filho, W, Viu, MAO, Oliveira, HN, Lôbo, RB. Genetic correlations between categorical morphological traits in Nelore cattle by applying Bayesian analysis under a threshold animal model. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2010; 127:377-384.
56. Kendall, MG, Buckland, WR. A Dictionary of Statistical Terms. Hafner, New York, 1971.

57. Gelfand, AE, Smith, AFM. Sampling-based approaches to calculating marginal densities. *Journal of the American Statistical Association*, 1990; 85(410):348-409.
58. Casella, G, George, EI. Explaining the Gibbs Sampler. Technical Report No. BU-1098-MA, Cornell University. 1992.
59. Chib, S, Greenberg, E. Understanding the Metropolis-Hastings algorithm. *The American Statistician*.1995; 49:327-335.
60. Geman, S, Geman. D. Stochastic relaxation, Gibbs distribution and Bayesian restoration of images. *IEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.1984; 6:721-741.
61. Koury Filho, W, Albuquerque, LG, Forni, S, Silva, JAV, Yokoo, MJ, Alencar, MM, Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte, R, Bras, *Zootec*. 2010; 39(5):1015-1022.
62. Gianola, D, Foulley, JL. Sire evaluation for orderer categorical data with a threshold model. *Genet. Sel. Evol.*, 1983; 15:201-224.
63. Luo, MF, Boettcher, PJ, Schaeffer, LR. Bayesian inference for categorical traits with an application to variance component estimation. *J. Dairy Sci.*, 2001; 84(3):694-704.
64. Harville, DA, Mee, RW. A mixed-model procedure for analyzing ordered categorical data. *Biometrics*.1984; 40:393-408.
65. Gilmour, AR, Anderson, RD, Rae, AC. The analysis of binomial data by a generalized linear mixed model. *Biometrika*.1985; 72:593-599.
66. Janss, JL, Foulley, JL. Bivariate analysis for one continuous and one threshold dichotomous trait with unequal design matrices and an application to birth weight and calving difficulty. *Livest. Prod. Sci.*, 1993; 33:183-198.
67. Van Tassell, CP, Van Vleck, LD, Gregory, KE. Bayesian Analysis of Twinning and Ovulation Rates Using a Multiple - Trait Threshold Model and Gibbs Sampling. *J. Anim. Sci*.1998; 76:2048-2061.
68. Magnabosco, CU, Barbosa, V, Sainz, RD, Manicardi, F, Cunha, FAC, Faria, CU, Trovo, JBF, Bezerra, ALF, Lôbo, RB. Introdução de novas DEPs de carcaça no aumento da eficiência de produção da raça Nelore. In: 3º Seminário da Marca OB, 3, 2005. Cuiabá-MT. (CD-ROM).
69. Magnabosco, CU, Trovo, JB, Torres Junior, RAA, Faria, CU, Martins, CF, Regitano, L, Fragoso, RR, Telles, MPC, Silva, CC, Araujo, FRC, Prado, CS, Sainz, RD. Caracterização e seleção genética para maciez da carne em bovinos Nelore Mocho. Projeto Macroprograma 2, Documento de Circulação Restrita, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2009.
70. Wheeler, T. L.; Cundiff, L. V.; Shackelford, S. D.; Koohmaraie, M. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science*, Champaign, 2005, v. 83, n. 1, p. 196-207.

CAPÍTULO II - PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, CARÇAÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO

RESUMO

Foram estimados os parâmetros genéticos para as características de pesos aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, de carcaça, considerando área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e a de maciez da carne, medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF) em bovinos Nelore Mochos. Foram realizadas análises bayesianas bi características adotando-se modelo linear animal, enquanto que para as análises envolvendo a STAY, o modelo adotado foi o linear-limiar. As estimativas de herdabilidade para o P120 (0,20), P210 (0,21), P365 (0,44), P450 (0,40), AOL (0,30), EG (0,13), EGP8 (0,24) e WBSF (0,16) indicam a possibilidade de seleção. As estimativas de correlação genética e residual obtidas para as características de crescimento foram de elevada magnitude. As correlações genéticas de AOL com EG (0,25) e com EGP8 (0,08) foram de baixa magnitude, entretanto moderada entre EG e EGP8 (0,49). As correlações genética e residual de P120, P210, P365 e P450 com as de carcaça destacam-se às relacionadas com a AOL, sendo iguais a 0,37 e 0,32; 0,46 e 0,37; 0,59 e 0,39; 0,56 e 0,50, respectivamente. Apesar dos elevados valores dos desvios padrão, as correlações genéticas da WBSF com os pesos foram favoráveis, maior na fase pré-desmama, (-0,70 com P120 e -0,78 com P210) e menor na fase pós-desmama (-0,44 com P365 e -0,22 com P450).

Palavras-chave: herdabilidade, correlações genéticas, pesos, força de cisalhamento, análise de ultrassonografia

CHAPTER II - GENETIC PARAMETERS FOR GROWTH TRAITS , CARCASS AND MEAT TENDERNESS IN POLLED NELLORE CATTLE

ABSTRACT

Genetic parameters were estimated for the characteristics of weight at 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365), and 450 (P450) days of age, of carcass, considering ribeye area (REA), subcutaneous fat thickness (EG), and fat thickness on the back (EGP8), and of tenderness of the meat, as measured by Warner-Bratzler shear force (WBSF) in polled Nellore cattle. Bayesian analysis bi characteristics were performed by adopting linear animal model, whereas for the analyzes involving STAY, the linear threshold model was used. The heritability estimates for P120 (0.20), P210 (0.21), P365 (0.44), P450 (0.40), AOL (0.30), EG (0.13), EGP8 (0.24), and WBSF (0.16) indicate the possibility of selection. The estimates of genetic and residual correlations obtained for the growth characteristics were of high magnitude. The AOL genetic correlations with EG (0.25) and EGP8 (0.08) were of low magnitude, however moderate between EG and EGP8 (0.49). For the genetic and residual correlations of P120, P210, P365, and P450 with carcass, those related to AOL stood out, being equal to 0.37 and 0.32; 0.46 and 0.37; 0.59 and 0.39; 0.56 and 0.50, respectively. Despite the high values of the standard deviations, the genetic correlations of WBSF with the weights were favorable, higher at he pre-weaning phase (-0.70 and -0.78 with P120 to P210) and lower at the post-weaning phase (-0.44 with P365 and P450 with -0.22).

Keywords: heritability, genetic correlations, weights, shear force, ultrasound analysis

1. INTRODUÇÃO

Especificamente, a raça Nelore, variedade Mocho, tem alcançado crescimento expressivo na pecuária de corte brasileira. Portanto, faz-se necessário novos estudos^{1,2,3}, avaliando principalmente o potencial genético das características de importância econômica, como as de crescimento, reprodutivas e de qualidade da carne. Embora a maciez seja um critério de suma importância do ponto de vista comercial e de aceitabilidade pelo consumidor, são necessários estudos para a melhoria da maciez visando conhecer suas relações genéticas com os demais critérios de produção, assim como sua inserção em programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil, uma vez que o critério de seleção para maciez apresenta limitações de mensuração.

As características produtivas de crescimento são estabelecidas como critérios de seleção nos programas de melhoramento genético de gado de corte no Brasil, pois são de fácil mensuração e apresentam herdabilidades de moderada magnitude^{4,5,6}. A seleção para velocidade de crescimento visa promover maior precocidade aos animais, por diminuir o ciclo de produção, melhorando a eficiência reprodutiva e oferecendo carcaças de qualidade ao mercado consumidor, além de reduzir o tempo de permanência dos animais no pasto e minimizar os custos de produção.

Já os critérios relacionados à eficiência reprodutiva dos rebanhos, apesar de serem preconizados e estabelecidos em programas de melhoramento genético, ainda estão em processo de caracterização e conhecimento, principalmente das suas relações com às características de crescimento dos animais, de rendimento de carcaça e qualidade de carne. De maneira geral, as características de eficiência reprodutiva são muito influenciadas pelo ambiente, comprovadas pelos valores de herdabilidades baixos, e exigem acompanhamento zootécnico mais efetivo e laborioso. Entretanto, nos atuais sistemas de produção, essas características são fundamentais para o sucesso da atividade, apresentando influência direta na rentabilidade de todo o processo produtivo^{7,8}. Entretanto, apesar do ganho genético das características de interesse econômico contempladas nos programas do melhoramento genético em bovinos de corte da raça Nelore, as relações genéticas envolvendo as características de crescimento, reprodutivas e de qualidade da carcaça e da carne bovina ainda necessitam serem melhor compreendidas. Isto porque existem resultados discrepantes e até mesmo contraditórios, oriundos tanto em função da qualidade dos dados analisados e modelos adotados, que impossibilitam a estimação acurada de parâmetros

genéticos, assim como da falta de critérios de seleção que possibilitem o conhecimento efetivo das relações genéticas envolvendo as características de crescimento, reprodutivas e de qualidade da carcaça e da carne bovina.

Também, as características de carcaça são de grande importância do ponto de vista comercial e econômico, devendo ser utilizadas como critérios de seleção com o objetivo de elevar o ganho produtivo e econômico. Dentre elas destacamos a área de olho de lombo (AOL, cm²), mensurada no músculo *Longissimus dorsi*, obtida através da seção transversal entre a 12^a e 13^a costela e as espessuras de gordura subcutânea (EG, mm) realizada neste local da costela e a realizada entre o íleo e o ísquio (EGP8, mm), na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*⁹. A AOL está relacionada à musculosidade do animal, sendo usada como indicador de melhor rendimento de cortes de valor comercial, pois à medida que se aumenta a AOL, também se aumenta a porção comestível da carcaça¹⁰. Enquanto que a EG e EGP8 estão relacionadas ao grau de acabamento da carcaça, bem como à qualidade da carne ao minimizar os efeitos provocados pela desidratação e o processo de resfriamento da carcaça. Assim, a proporção adequada de gordura subcutânea proporciona um resfriamento de forma lenta e gradual, evitando o encurtamento das fibras musculares e, conseqüentemente, endurecimento da carne^{11,9}. Até recentemente, essas medidas em bovinos apresentavam limitações econômicas de operacionalização e de tempo, impedindo a utilização dos animais com bons índices para as mesmas, pois eram realizadas após o abate dos animais avaliados. Portanto, após a difusão e viabilidade da ultrassonografia, essas medidas podem ser acompanhadas e realizadas em tempo real, nos animais vivos inseridos nos programas de melhoramento genético, contribuindo de maneira efetiva e promissora para a melhoria da qualidade da carcaça e da carne. Faz-se necessário buscar aprimoramentos quanto à utilização, viabilidade e facilidade de operacionalização da ultrassonografia, uma vez sua incorporação rotineira potencializará a possibilidade de identificação de animais precoces, quanto ao rendimento de carne aproveitável, deposição de gordura de acabamento e de marmoreio, e suas relações com as características de crescimento e reprodutivas, tanto em machos como fêmeas.

A maciez é o principal atributo em relação à qualidade da carne de maior influência na aceitação do produto por parte dos consumidores brasileiros¹². Também, os consumidores americanos estão dispostos em pagar a mais pelas carnes mais macias, percebendo e identificando três categorias distintas de maciez, a saber: macia (2,27 a 3,58

kgf), intermediária (4,08 a 5,40 kgf) e dura (5,90 a 7,21 kgf)¹³. Assim, a maciez possui grande importância econômica e está intrinsecamente relacionada à composição genética do animal, entretanto muito influenciada por outros fatores, como pelo manejo de produção adotado. Cerca de 80% do rebanho brasileiro de corte é constituído por raças zebuínas, como o Nelore e os seus mestiços¹⁴, e vários estudos relataram efeitos negativos para maciez, em função do aumento da proporção zebuína na composição genética dos animais^{15,16,17,18}.

Entretanto, apesar dos programas de melhoramento conhecerem as relações biológicas, funcionais e genéticas entre as principais características convencionais de produção, são escassas as informações das relações genéticas entre as características de crescimento e a qualidade da carne. Portanto, são necessários estudos que auxiliem melhorar as estratégias e os delineamentos para o melhoramento do desempenho, bem como dos atributos da carne, principalmente maciez, que especialmente, em animais zebuínos para as condições tropicais ainda é incipiente. Objetivou-se com este estudo, estimar os parâmetros genéticos para as características de crescimento, de carcaça e maciez da carne em bovinos Nelores mochos e conhecer as associações genéticas entre elas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do presente trabalho são provenientes de animais machos e fêmeas Nelores mochos, pertencentes à Embrapa Cerrados (marca BRGN), nascidos de 2001 a 2014, e à empresa Guaporé Agropecuária S/A (Marca OB), nascidos de 1998 a 2014. Analisaram-se as características de crescimento dos pesos ajustados aos 120 (P120), 210 (P210), 365 (P365) e 450 (P450) dias de idade, as de carcaça, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG) e a espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8), bem como a de maciez da carne, medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF).

As informações de genealogia e as medidas fenotípicas (exceto força de cisalhamento) foram fornecidas pelo Programa Nelore Brasil da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), do qual as fazendas são participantes. Os registros de força de cisalhamento de 490 animais Nelore mocho são oriundos do projeto, em andamento, Macroprograma 2 da Embrapa nº 02.08.02.006, em parceria com a Empresa Guaporé Agropecuária S/A.

As pesagens dos animais foram realizadas do nascimento até os 18 meses de idade nos machos e nas fêmeas, sendo informado o grupo de contemporâneo e o lote de manejo dos animais, seguindo a orientação do Programa Nelore Brasil. variáveis AOL e EG foram coletadas na área do músculo *Longissimus dorsi* entre a 12ª e 13ª costela, enquanto que a EGP8 foi medida na intersecção dos músculos *glúteos medius* e *biceps femoris*, localizados entre o íleo e o ísquio do animal.

Para obtenção da WBSF as carcaças ficaram em processo de resfriamento por 24 horas, à temperatura de 1 a 4°C, quando posteriormente, da carcaça direita, foi retirado uma porção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 9ª e 12ª costela para posterior análise da maciez (WBSF). Bifes com 2,5 centímetros de espessura foram embalados a vácuo e armazenados em câmara refrigerada a 5°C por sete dias. Para mensuração da WBSF, após maturação, as amostras foram assadas e cisalhadas conforme o método preconizado por Wheeler et al¹⁹.

A matriz de parentesco para estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características avaliadas neste estudo foi composta por 62.858 animais, constituindo 11 gerações. Os grupos de contemporâneos para as características de crescimento (P120, P210, P365 e P450) e de maciez (WBSF) consideraram os efeitos de

fazenda, ano de nascimento, época de nascimento, sexo e lote de Manejo, com o adicional do dia do abate para WSBF. Enquanto que para as características de AOL, EG e EGP8, o GC incluiu os efeitos de fazenda, ano de nascimento, mês de nascimento, sexo, manejo, lote de manejo, identificação do técnico e identificação do laboratório.

Foram eliminados grupos de contemporâneos com menos de quatro animais e touros com filhos em pelo menos três (3) grupos de contemporâneos, além dos animais cujas características apresentaram-se maior que 3,5 desvios-padrão acima ou abaixo da média do seu respectivo grupo de contemporâneo.

As análises genético-quantitativas bi características para obtenção da herdabilidade e das correlações genéticas foram realizadas por meio do programa computacional GIBBS2F90²⁰, que utiliza inferência bayesianas pelo algoritmo da amostragem de Gibbs, sendo que o modelo matricial animal adotado para as características em estudo foi:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p + e ,$$

em que, y é o vetor de observações relativas a cada uma das variáveis (P120, P210, P365, P450, AOL, EG, EGP8 e WSBF); X , Z_1 , Z_2 e Z_3 são matrizes de incidência que associam y aos efeitos fixos, efeitos genéticos aditivos diretos, efeitos genéticos maternos e efeitos de ambiente permanente, respectivamente; β é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos e idade da vaca ao parto, como covariável); a é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos aleatórios; m é o vetor de efeitos genéticos aditivos maternos aleatórios; p é o vetor de efeitos de ambiente permanente maternal aleatórios; e é o vetor dos efeitos aleatórios residuais. Para as características P450, AOL, EG, EGP8 e WSBF não foram considerados os efeitos genéticos maternos, de ambiente permanente e da idade da vaca ao parto. Para as características da carcaça foi considerado o efeito linear e quadrático da idade do animal.

Assumindo-se que os vetores de resíduos para cada animal são independentes e normalmente distribuídos, com vetor de médias zero e matriz de (co)variância R , tem-se que $e \sim MVN(0, I \otimes R)$, onde \otimes representa o produto direto (Kronecker). Assim, tem-se que o modelo amostral de y condicional à β , a , m , p e R é:

$$y | \beta, a, m, p, R \sim MVN(X\beta + Z_1 a + Z_2 m + Z_3 p, I \otimes R)$$

Foram considerados *priors* vagas uniforme e Gaussiana para os efeitos fixos e genéticos aditivos diretos, i.e. $p(b) \propto \text{constante}$ e $a | G_a \sim MVN(0, A \otimes G_a)$, $m | G_m \sim MVN(0, A \otimes G_m)$, $p | I \sim MVN(0, I \otimes G_p)$ em que A , G_a , G_m , G_p referem-se às matrizes de parentesco, de (co)variâncias genéticas aditivas direta, genético maternal e de ambiente permanente materno, respectivamente. Para as matrizes de variâncias e covariâncias genéticas e residuais foram assumidas distribuições *priors* Wishart invertidas.

A distribuição marginal posterior para cada componente de (co)variância foi obtida pela de integração da função de densidade multivariada, considerando um comprimento com cadeia de 1.000.000 iterações, cujas 500.000 primeiras iterações foram descartadas e as amostras finais foram obtidas utilizando um intervalo amostral a cada 50 iteração. A convergência foi checada por meio da inspeção visual dos trace plots de cada componente. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas como a média a posteriori dos respectivos componentes de variância, obtidas com a utilização do aplicativo POSTGIBBSF90²⁰. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas com a média a posteriori dos respectivos componentes de variância. Os intervalos de credibilidade das marginais posteriores foram obtidos com 95% de credibilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de animais Nelores mochos avaliados, os valores médios com os respectivos desvios padrão, a amplitude e os coeficientes de variação para as características estudadas estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Número de registros e estatística descritiva das características de crescimento, de carcaça e de força de cisalhamento de bovinos Nelores mochos.

Características	Nº de animais	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	Coefic. de Variação (%)
P120 (kg)	39961	119,29	16,82	59	193	14,1
P210 (kg)	36285	173,31	25,2	73,38	306	14,54
P365 (kg)	27593	220,89	31,61	110	473	14,31
P450 (kg)	26147	253,58	35,48	122	528	13,99
AOL (cm ²)	11302	47,2	8,77	20,45	98,24	18,57
EG (mm)	11269	2,05	0,88	0,09	12,54	42,99
EGP8 (mm)	11242	2,53	1,12	0,13	13,89	44,37
WBSF (kgf)	454	3,83	1,28	1,07	8,87	33,53

P120, P210, P365 e P450: Pesos calculados às idades padrão de 120, 210, 365 e 450 dias de idade, respectivamente; AOL: área de olho de lombo, EG: espessura de gordura subcutânea, EGP8: espessura de gordura subcutânea na garupa, e WBSF: força de cisalhamento.

Os pesos medidos nas fases pré e pós-desmama indicam variabilidade absoluta e relativa e, portanto justifica-se como critérios de seleção para precocidade de crescimento em bovinos criados a pasto, justificando sua permanência nos programas de melhoramento genético de bovinos Nelores mochos. Apesar de resultados superiores descritos na literatura^{21,22} para animais Nelore Padrão, a amplitude dos pesos ajustados para as idades estabelecidas está dentro do esperado para a raça Nelore, permanecendo próximos aos relatados por Grossi et al²³, Faria et al³, Boligon et al²⁴, Yokoo et al^{25,9}.

Uma vez que os animais do presente estudo foram criados em regime de pastagens no bioma cerrado, caracterizado pelo clima tropical seco, faz-se importante considerar que os animais maiores são mais exigentes e com menor tolerância ao calor²⁶ e, portanto, devemos buscar tipos animais de ciclo curto, ou seja, menores, compactos, com bom desempenho e precoces quanto à reprodução e acabamento da carcaça.

Para a característica AOL, o coeficiente de variação encontrado apresentou resultados similares quando comparados aos reportados por Yokoo et al.^{9,27} e foram superiores aos de Yokoo et al.²⁸ e Barbosa et al.²⁹, os quais apresentaram média para AOL

de $48,38 \pm 8,72 \text{ cm}^2$ e $42,57 \pm 6,50 \text{ cm}^2$, respectivamente. Esta característica representa o rendimento de carcaça do animal e está intimamente relacionada à musculatura do mesmo.

Os elevados coeficientes de variação para as características de carcaça de EG (42,99%), EGP8 (44,37%) e WBSF (33,53%) estão em concordância com os descritos para animais da raça Nelore, padrão e mocho, os quais apresentaram considerável variabilidade absoluta (amplitude) e relativa (coeficiente de variação). Esses valores elevados podem ser atribuídos tanto à variabilidade genética animal, bem como oriunda dos efeitos ambientais e, ou inerentes às possíveis diferenças e falhas de medição pelos métodos utilizados, exigindo a necessidade de aprimoramentos e, ou padronização nas técnicas metodológicas para suas obtenções.

As médias para EG ($2,05 \pm 0,88$) e EGP8 ($2,53 \pm 1,12$), medidas em milímetros, foram similares aos valores descritos por Zuin et al.³⁰ ($2,58 \pm 1,15$ e $3,29 \pm 1,67$, respectivamente), Caetano et al.³¹ ($2,48 \pm 1,11$ e $3,18 \pm 1,66$, respectivamente) e Faria et al.³ ($2,34 \pm 0,74$ e $2,86 \pm 1,04$, respectivamente), porém inferior ao descrito por Castro et al.² ($5,91 \pm 2,74$ e $8,34 \pm 2,74$, respectivamente), e superior ao relatado por Barbosa et al.²⁹ ($1,40 \text{ mm} \pm 0,42$ e $1,84 \text{ mm} \pm 0,72$, respectivamente), todos considerando animais Nelore avaliados no mesmo intervalo de 15 até 21 meses de idade.

O critério WBSF mede a força ou tensão para realizar o corte na amostra do pedaço de carne e, assim, quanto menor o valor da tensão, menor a resistência da carne e, portanto, mais macia. Os valores das médias para WBSF ($3,83 \pm 1,28$) podem ser comparados com aqueles encontrados para as raças bovinas europeias, cujas carnes apresentam boa aceitabilidade pelo consumidor quanto à maciez. Essas estimativas foram similares ao estudo de Castro et al.² ($3,97 \pm 1,17$) avaliando animais Nelores mochos pertencentes aos mesmos rebanhos. Entretanto, Tizioto et al.³², avaliando animais Nelores padrão, relataram média superior para WBSF ($8,70 \pm 2,20 \text{ kgf}$), que expressa menor maciez da carne. Possivelmente, essa divergência pode ser atribuída ao fato de que os animais Nelores mochos do presente estudo foram oriundos de rebanhos submetidos à seleção fenotípica para essa característica.

Na Tabela 2 estão descritos os componentes de variância e parâmetros genéticos para as características de peso, carcaça e maciez da carne de bovinos Nelores mochos.

TABELA 2 - Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos para as características de pesos, de carcaça e de maciez da carne em bovinos Nelores mochos.

Características	Parâmetros genéticos						
	σ_a^2	σ_m^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h ² d	h ² m	c ²
P120	42,76	21,85	38,27	118,97	0,20	0,10	0,18
P210	89,06	43,34	86,69	231,90	0,21	0,09	0,19
P365	261,28			278,60	0,44		
P450	269,98			266,30	0,40		
AOL	10,56			21,00	0,30		
EG	0,03			0,18	0,13		
EGP8	0,10			0,30	0,24		
WBSF	0,22			1,20	0,15		

σ_a^2 : variância genética aditiva direta; σ_m^2 : variância genética aditiva materna; σ_{pe}^2 : variância devida aos efeitos de ambiente permanente materno; σ_e^2 : variância residual; **h²_a**: coeficiente de herdabilidade para os efeitos genéticos aditivos direto; **h²_m**: herdabilidade do efeito materno; **c²**: efeito de ambiente permanente materno; P120: peso calculado aos 120 dias de idade; P210: peso calculado aos 210 dias de idade; P365: peso calculado aos 365 dias de idade; P450: peso calculado aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; e, WBSF: força de cisalhamento (*warner-bratzler-shear force*).

Dente as características de peso, os componentes de variância ambiental (temporário e permanente) para P120 e P210, demonstram magnitudes bem mais expressivas que os componentes genéticos aditivos e maternos, traduzindo em estimativas de herdabilidades menores em relação a P365 e P450. Estimativas similares foram observadas por Laureano et al.³³, Yokoo et al.²⁵, enquanto que Lopes et al.¹ relataram maiores herdabilidades tanto para P120 (0,43) e P210 (0,61), como também para P365 (0,72) e P450 (0,67).

As estimativas de herdabilidade materna para P120 (0,10) e P210 (0,09), indicam efeitos genéticos das reprodutoras na contribuição para o desempenho dos bezerros até a fase de desmame, ou seja, indicando certa dependência dos bezerros em relação às suas mães³⁴. Esses resultados são esperados uma vez que o efeito genético aditivo maternal dilui-se após a desmama, ou seja, a contribuição do genótipo da mãe, através da produção de leite e cuidados maternos para o desempenho do bezerro, diminui na medida em que o animal se desenvolve. O acompanhamento de P120 e P210 como critérios de seleção até ao desmame nos programas de melhoramento animal são imprescindíveis, pois possibilitam progresso genético dos desempenhos pré e pós desmama, uma vez que fazem parte dos pesos em idades futuras, além do que possibilita a

avaliação da mãe desses animais em função da habilidade materna e do efeito favorável ou não de ambiente permanente. Dessa forma, grande parte da variação fenotípica total para as características de crescimento pós desmame, depende mais do efeito genético aditivo direto, e cada vez menos da influência materna, conforme relatos de Albuquerque e Meyer³⁵; Nobre et al³⁶ e Dias et al³⁷. Também, outras pesquisas têm relatado que este efeito tende a desaparecer no período pós-desmama^{38,39,40}, contudo, Ribeiro et al²⁹ relatam a participação expressiva do efeito materno sobre o desempenho do animal em idade posterior, devido as magnitudes significativas da herdabilidades maternal para PD (0,36) e P365 (0,44).

Assim, os resultados reportados mostram que características de crescimento de animais Nelores mochos possuem variabilidade genética suficiente para serem utilizadas eficientemente como critério de seleção, podendo proporcionar maiores ganhos genéticos por geração, além de possibilitar o entendimento que se faz necessárias melhorias e padronização dos manejos pré e pós desmama.

As estimativas de herdabilidade para as características de EG (0,13), EGP8 (0,24) e AOL (0,30), no presente estudo, estão no limite mínimo das registradas pela literatura para a raça Nelore, que variam de 0,17 a 0, 52^{3,9}; 0,23 a 0, 65^{30,41} e de 0,29 a 0,65^{3,30,41}, respectivamente. Entretanto, apesar da magnitude inferior, indicam resposta à seleção direta, podendo ser adotados como critérios de seleção nos rebanhos de Nelores mochos para melhoria da qualidade de carcaças e de carne em bovinos Nelores mochos.

Apesar da magnitude da estimativa de herdabilidade obtida para WBSF (0,15) estar em acordo com Tizioto et al³² (0,16) e Castro et al² (0,11), a mesma indica que o critério WBSF expressa variabilidade genética, podendo ser utilizada no processo de seleção para maciez da carne em bovinos Nelores mochos. Entretanto, fazem-se necessários novos estudos que investiguem metodologias objetivas para obtenção de critérios de maciez, uma vez que a obtenção da WBSF exige procedimentos específicos, além do abate dos animais. Devido à dificuldade de se obter as medidas fenotípicas para WBSF, poucos são os registros na literatura visando estudar características associadas à maciez da carne em bovinos da raça Nelore, bem como sua relação com outras características de interesse econômico.

Essa expressiva variação nos valores de herdabilidade para cada característica, obtidas em diferentes estudos, é esperada, uma vez que a herdabilidade depende das variações genéticas e de ambiente. A variação genética depende da frequência gênica, a

qual se altera com a raça, com o rebanho dentro da raça e com o momento, uma vez que o processo de seleção tende a modificar a frequência gênica. Já, o ambiente pode variar de rebanho para rebanho, de tempo em tempo dentro do mesmo rebanho e entre grupos de animais no mesmo tempo e dentro do mesmo rebanho, além do que as fontes de variação ambientais não conhecidas tendem a encobrir a variação genética. Portanto, diferenças na homogeneidade do ambiente aos quais os animais foram submetidos, nas várias amostras de dados analisados pelos vários autores, dentro de uma mesma raça, causam diferenças nas estimativas de herdabilidade. Além do que, diferenças nas amostras e nos modelos matemáticos utilizados pelos vários autores são, também, causas de variação nas estimativas de herdabilidade. Sendo assim, a estimativa da herdabilidade é um valor particular, para uma característica particular, em uma determinada população, em determinado tempo, exigindo periodicamente sua obtenção dentro de uma mesma população.

As estimativas de correlações genéticas e residuais entre as características de crescimento, de carcaça, crescimento com carcaça e de crescimento e carcaça com maciez da carne são apresentadas nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

TABELA 3. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de crescimento em bovinos Nelores mochos.

Característica	Média	Moda	Mediana	SD	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
P120 x P210	0,97	0,97	0,97	0,01	0,95	0,99
P120 x P365	0,86	0,87	0,86	0,02	0,81	0,90
P120 x P450	0,75	0,75	0,75	0,03	0,69	0,82
P210 x P365	0,97	0,97	0,97	0,01	0,95	0,98
P210 x P450	0,91	0,91	0,91	0,02	0,87	0,94
P365 x P450	0,99	0,99	0,99	0,00	0,98	0,99
Residual						
P120 x P210	0,80	0,80	0,80	0,01	0,79	0,81
P120 x P365	0,67	0,67	0,67	0,01	0,65	0,69
P120 x P450	0,63	0,64	0,63	0,01	0,60	0,66
P210 x P365	0,77	0,77	0,77	0,01	0,75	0,78
P210 x P450	0,70	0,70	0,70	0,01	0,68	0,72
P365 x P450	0,83	0,83	0,83	0,01	0,82	0,84

P120: Peso calculado aos 120 dias de idade; P210: Peso calculado aos 210 dias de idade; P365: Peso calculado aos 365 dias de idade; P450: Peso calculado aos 450 dias de idade; DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de credibilidade.

A distribuição das estimativas posteriores das médias, moda e mediana para todas as correlações genéticas e residuais, entre as características de crescimento foram iguais, com desvio padrão próximos de zero. A exceção foi apenas para as características relacionadas com WBSF (Tabela 6), quando principalmente as correlações genéticas apresentaram desvio padrão maiores, expressando maior variabilidade relativa dessas estimativas e, conseqüentemente sugerindo maior cautela na sua interpretação.

A região de credibilidade (95%) da densidade posterior das estimativas de correlações genéticas e residuais, expressas nas tabelas 3, 4 e 5, apresentaram amplitudes adequadas, indicando coerências e confiabilidade das mesmas.

Conforme Tabela 3, as estimativas de correlação genética e residuais entre as características de crescimento foram todas de alta magnitude, indicando que tanto os genes, como os efeitos ambientais que afetam as características são comuns. Ou seja, esses altos valores de correlação genética estimada indicam que boa porção dos genes que influenciam, por exemplo, o P120 também influencia o P210, P365 e P450 na mesma direção. Observa-se que as correlações são maiores quando os pesos são adjacentes, havendo uma tendência de redução nos valores à medida que as idades vão se distanciando, o que parece lógico devido à relação parte e total. Portanto, a seleção direta para aumentar um desses pesos, implicará em ganhos nos demais. Já, a correlação residual sugere que existe uma associação genética não-aditiva e, ou, de meio entre as duas características, sugerindo que os efeitos de dominância, sobredominância e epistasia, assim como os manejos adotados, efeitos ambientais existidos e possível interação genótipo ambiente influenciaram o desempenho de ambas características na mesma direção e de maneira similar.

Sendo assim, a adoção de bons manejos de criação e a utilização dessas características de crescimento como critérios de seleção possibilitam reduzir o ciclo de produção de carne e conseqüentemente os custos. A ênfase dada à seleção pelos programas de melhoramento genético para as características de crescimento contribuiu intensamente para que o progresso genético apresente respostas mais rápidas.

TABELA 4. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de carcaça em bovino Nelores mochos.

Característica	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
AOL x EG	0,25	0,28	0,26	0,12	0,01	0,46
AOL x EGP8	0,06	0,08	0,06	0,09	-0,12	0,25
EG x EGP8	0,49	0,50	0,50	0,11	0,26	0,69
Residual						
AOL x EG	0,15	0,16	0,15	0,02	0,11	0,20
AOL x EGP8	0,16	0,16	0,16	0,03	0,10	0,21
EG x EGP8	0,34	0,34	0,34	0,02	0,30	0,38

AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; DP: Desvio padrão; IC, Intervalo de credibilidade.

Entre as características associadas à carcaça, observa-se que a correlação genética positiva e favorável entre EG e EGP8 (0,49) foi expressiva, indicando que parte considerável dos genes é comum na expressão de ambas. Já a correlação residual estimada (0,34), com magnitude inferior, indica associação genética não aditiva (dominância, sobredominância e epistasia) e, ou, de meio em menor intensidade. Entretanto, a correlação genética da AOL foi menor com EG (0,25) e próxima de zero com EGP8 (0,06), indica que parte pequena dos genes na expressão de AOL é comum com apenas a EG. Portanto, ao selecionar para maior AOL, apenas EG será ligeiramente beneficiada. As correlações relatadas na literatura^{42,9,31,30} para essas mesmas características são pequenas, indicando pouca associação genética, devido aos efeitos pleiotrópicos, sugerindo que a seleção para maior AOL não deve influenciar necessariamente as características de espessura de gordura.

As correlações residuais para essas características de carcaça indicaram baixa associação genética não-aditiva e, ou, de ambiente entre as características.

TABELA 5. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais das características de crescimento com as de carcaça de bovinos Nelores mochos.

Características	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
P120 x AOL	0,37	0,37	0,37	0,07	0,22	0,51
P120 x EG	0,16	0,16	0,16	0,13	-0,09	0,41
P120 x EGP8	-0,08	-0,08	-0,08	0,11	-0,29	0,13
P210 x AOL	0,46	0,47	0,47	0,07	0,31	0,60
P210 x EG	0,25	0,25	0,26	0,13	0,00	0,49
P210 x EGP8	-0,15	-0,15	-0,15	0,10	-0,35	0,06
P365 x AOL	0,59	0,60	0,59	0,04	0,50	0,68
P365 x EG	0,18	0,18	0,18	0,11	-0,04	0,40
P365 x EGP8	-0,12	-0,12	-0,13	0,08	-0,27	0,03
P450 x AOL	0,56	0,56	0,56	0,05	0,46	0,65
P450 x EG	0,39	0,37	0,39	0,10	0,19	0,59
P450 x EGP8	0,03	0,03	0,03	0,08	-0,13	0,19
Residual						
P120 x AOL	0,32	0,32	0,32	0,02	0,28	0,36
P120 x EG	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,11
P120 x EGP8	0,04	0,04	0,04	0,03	-0,01	0,09
P210 x AOL	0,37	0,37	0,37	0,02	0,32	0,42
P210 x EG	0,09	0,09	0,09	0,02	0,05	0,14
P210 x EGP8	0,09	0,09	0,09	0,03	0,04	0,14
P365 x AOL	0,39	0,40	0,40	0,03	0,34	0,44
P365 x EG	0,07	0,08	0,08	0,03	0,02	0,13
P365 x EGP8	0,13	0,13	0,13	0,03	0,07	0,20
P450 x AOL	0,50	0,49	0,50	0,02	0,45	0,54
P450 x EG	0,06	0,06	0,06	0,03	0,01	0,12
P450 x EGP8	0,13	0,13	0,13	0,03	0,07	0,19

P120: Peso calculado aos 120 dias de idade; P210: Peso calculado aos 210 dias de idade; P365: Peso calculado aos 365 dias de idade; P450: Peso calculado aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de credibilidade.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 5, as maiores estimativas de correlações genética e residual foram encontradas entre as características de peso com AOL, sendo que esses valores parecem aumentar de acordo com a idade dos animais nas pesagens. Assim, os maiores valores das estimativas de correlações genéticas e residuais são de AOL com os pesos aos 210 (0,46 e 0,37, respectivamente), 365 (0,59 e 0,39, respectivamente) e 450 (0,56 e 0,50, respectivamente) dias de idade. Uma vez que os pesos em idades maiores são medidas fenotípicas relacionados com o crescimento do animal, e a AOL relacionada com o desenvolvimento do tecido muscular, espera-se que ambas estejam

também relacionadas com rendimento de carne da carcaça. Esses valores estão em concordância com a fisiologia do crescimento, quando os mesmos genes e efeitos ambientais que influenciam no aumento de peso, também estão relacionados com o aumento da AOL. Portanto, os valores da correlação genética indicam que existe associação entre os valores genéticos dos indivíduos para as características em consideração e, espera-se que a seleção para aumentar os pesos nas fases pré e pós-desmame deverá aumentar a AOL e, conseqüentemente, com benefícios para o rendimento de carne.

As correlações residuais entre os diferentes pesos com as duas características de espessura de gordura (EG e EGP8) foram próximas de zero, indicando ausência de influências semelhantes dos efeitos ambientais e de efeitos genéticos não aditivos para as duas características em avaliação. Já, as correlações genéticas entre os diferentes pesos com as medidas de espessura de gordura apresentaram-se discrepantes, mas na sua maioria baixas e próximas de zero, indicando que a seleção para pesos nas diferentes idades não implicará necessariamente em melhorias das características de carcaça avaliadas. Apenas as correlações de EG com P210 (0,25) e com P450 (0,39) mostraram-se expressivas, ou seja, a seleção para aumentar o P210 e P450 poderá trazer mudanças em EG. Interessante notar que o P210 e P450, ambos importantes e controlados zootecnicamente, pois representam duas fases distintas e importantes na vida do animal, período de desmama e de início da reprodução, respectivamente. Fases essas que permitem avaliar a condição do fenótipo de acabamento nesses estágios específicos da vida do animal, em idades jovens. Portanto, apesar dos valores de correlações genéticas não serem tão expressivas, a seleção para P210 e P450 podem trazer benefícios quanto à espessura de gordura de cobertura da carcaça, o que traduz em melhoria da qualidade da carne.

Sendo assim, justifica-se a necessidade de continuar avaliando as características de espessura de gordura (EG e EGP8), importantes para determinar o acabamento do animal.

TABELA 6. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de crescimento, carcaça e maciez da carne em bovinos Nelores mochos.

Características	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
P120 x WBSF	-0,70	-0,86	-0,80	0,26	-0,95	0,09
P210 x WBSF	-0,78	-0,96	-0,90	0,23	-0,98	-0,22
P365 x WBSF	-0,44	-0,70	-0,58	0,43	-0,96	0,55
P450 x WBSF	-0,22	-0,35	-0,26	0,34	-0,80	0,50
AOL x WBSF	-0,09	-0,14	-0,10	0,45	-0,94	0,95
EG x WBSF	-0,12	-0,19	-0,12	0,39	-0,81	0,63
EGP8 x WBSF	-0,10	-0,12	-0,11	0,30	-0,68	0,46
Residual						
P120 x WBSF	-0,12	-0,15	-0,13	0,11	-0,33	0,09
P210 x WBSF	-0,12	-0,14	-0,13	0,13	-0,33	0,16
P365 x WBSF	0,10	0,04	0,05	0,30	-0,32	0,97
P450 x WBSF	-0,09	-0,05	-0,08	0,15	-0,40	0,18
AOL x WBSF	-0,06	-0,09	-0,06	0,11	-0,27	0,17
EG x WBSF	-0,01	0,00	-0,01	0,05	-0,11	0,09
EGP8 x WBSF	-0,02	-0,02	-0,02	0,08	-0,16	0,14

P120: Peso calculado aos 120 dias de idade; P210: Peso calculado aos 210 dias de idade; P365: Peso calculado aos 365 dias de idade; P450: Peso calculado aos 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; WBSF: força de cisalhamento (warner-bratzler-shear force); DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de credibilidade.

As associações genéticas da WBSF (Tabela 6) com os pesos aos 120, 210, 365 e 450 dias de idade foram antagônicas e, portanto, favoráveis (-0,70, -0,78, -0,44 e -0,22, respectivamente), porém exibiram desvios padrão expressivos. Ao avaliar apenas as medidas estatísticas de posição, conclui-se que a seleção para maiores pesos em diferentes idades, contribuirá para diminuição da WBSF, e conseqüentemente melhoria da maciez da carne. Entretanto, essas médias das estimativas de correlação genética são maiores na fase pré-desmama, com os pesos aos 120 ($-0,70 \pm 0,26$) e 210 ($-0,78 \pm 0,23$) dias de idade e, menores com os pesos aos 365 ($-0,44 \pm 0,43$) e 450 ($-0,22 \pm 0,34$) dias de idade, apesar dos elevados valores dos desvios padrão para essas correlações.

As estimativas de correlação genética da WBSF com EG, EGP8 e AOL apesar de negativas, foram de baixa magnitude, próximas a zero. Esses valores indicam pouca associação genética entre essas características, porém com efeitos antagônicos e, portanto, favoráveis à melhoria qualidade da carne, uma vez que melhorando os valores de AOL, EG e EGP8, espera-se uma diminuição da WBSF. Porém, os desvios padrão elevado,

acarretam coeficientes de variação muito altos, limitando e dificultando interpretação acurada desses resultados. Castro et al² também observaram baixas estimativas de correlação genética (AOL=0,18, EG=0,10, EGP8=0,12) entre características de carcaça e WBSF. Também, as correlações residuais de WBSF com todas as características de crescimento e de carcaça foram inexpressivas, próximas de zero, indicando ausência de influências semelhantes dos efeitos ambientais e de efeitos genéticos não aditivos entre elas.

Faz-se importante relatar que a maciez da carne, avaliada pela WBSF, constitui-se em um parâmetro de difícil mensuração e avaliação, além de se apresentar onerosa, haja vista a necessidade do abate do animal para obtenção de amostras de carne e procedimento metodológico preconizado. No entanto são fundamentais novos estudos para a caracterização dos atributos da qualidade da carne da raça Nelore, como a maciez, que apesar de ainda não fazer parte intrínseca dos programas de melhoramento genético, apresentam variabilidade genética suficiente para responder à seleção. Apesar da existência de critérios relacionados à maciez da carne, no animal vivo, que permitem selecionar direta e, ou, indiretamente, a utilização de marcadores genéticos para seleção genômica, constitui-se em estratégia promissora. Neste sentido, tanto a identificação de novos critérios de seleção, como o desenvolvimento de métodos para avaliação do atributo de maciez da carne, são imprescindíveis para o aprimoramento dos programas de melhoramento genético em bovinos de corte.

A utilização de dados moleculares pode colaborar na predição do valor genômico dos animais para maciez da carne, também contribuirá para o incremento positivo e de grande impacto para os sistemas de produção de carne no Brasil. Assim, a compreensão dos padrões de variação genética associados à maciez da carne é relevante para o futuro dos programas de melhoramento e, enquanto ainda não se tem avaliações diretas em termos de fenótipo, as ferramentas genômicas disponíveis na atualidade podem contribuir favoravelmente para identificar marcadores moleculares para uso em seleção animal.

4. CONCLUSÃO

As estimativas de herdabilidade para as características de crescimento, de carcaça e maciez da carne, avaliadas em animais Nelores Mochos, indicam a existência de variabilidade genética suficiente para seleção e, portanto, a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos por intervalo de geração.

As características de carcaça avaliadas (AOL, EG e EGP8) indicam resposta à seleção direta. Os valores da correlação genética indicam que existe associação entre as características de crescimento com AOL e, portanto, a seleção para aumentar os pesos nas fases pré e pós-desmame deverá aumentar a AOL e, conseqüentemente, com benefícios para o rendimento de carne.

As limitações para obtenção das medidas de WBSF, tanto devido à metodologia de sua obtenção e a necessidade de abate de animais, assim como pelo coeficiente de variação elevado e baixa magnitude da herdabilidade dificultam sua inserção como critério de seleção nos programas de melhoramento genético de bovinos Nelores mochos.

5. REFERÊNCIAS

1. Lopes, FB, Magnabosco, CU, Paulini, F, Silva, MC, Miyagi, ES, Lôbo, RB. Genetic Analysis of Growth Traits in Polled Nelore Cattle Raised on Pasture in Tropical Region Using Bayesian Approaches. PLoS ONE. 2013; 8(9): e75423.
2. Castro, LM, Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Lopes, FB. Quantitative genetic analysis for meat tenderness trait in Polled Nelore cattle. Revista Ciência Agronômica, abr-jun, 2014; 45(2): 393-402.
3. Faria, CU, Andrade, WBF, Pereira, CF, Silva, RP, Lôbo, RB. Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado, Ciência Rural, fev. 2015; 45(2): 317-322.
4. Malhado, CHM, Martins Filho, R, Lôbo, RNB, Facó, O, Azevedo, DMMR, Souza, JC, Oliveira, SMP. Tendências Genéticas para Características Relacionadas à Velocidade de Crescimento em Bovinos Nelore na Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, 2005, 34(1): 60-65.
5. Lopes, FB, Santos, GCJ, Marques, EG, Silva, MC, Ferreira, JL. Tendência genética para características relacionadas à velocidade de crescimento em bovinos Nelore da região Norte do Brasil. Revista Ciência Agronômica, abr-jun 2012, 43(2) 362-367.
6. Lobo, RB, Bezerra, LAF, Vozzi, PA, Magnabosco, CU, Albuquerque, LG, Sainz, RD, Bergmann, JAG, Faria, CU, Oliveira, HN. Sumario de Touros das Raças Nelore, Guzará, Brahman e Tabapuã: Edição Maio de 2015. Ribeirão Preto, ANCP 96 pag. Ilust. 28 cm, 2015 ISSN 1981-1705.
7. Mercadante, MEZ, Lôbo, RB, Oliveira, HN, Estimativas de (Co)Variâncias entre Características de Reprodução e de Crescimento em Fêmeas de um Rebanho Nelore, Revista Brasileira de Zootecnia, 2000; 29(4):997-1004.
8. Silva, JAV, Dias, LT Albuquerque, LG, Estudo Genético da Precocidade Sexual de Novilhas em um Rebanho Nelore, Revista Brasileira Zootecnia, 2005, 34(5):1568-1572.
9. Yokoo, MJI, Albuquerque, LG, Lôbo, RB, Bezerra, LAF, Araujo, FRC, Silva, JAV, Sainz, RD. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and back fat thickness in Nelore cattle. Livestock Science, 2008; (117): 147-154.
10. Luchiari Filho, A. Pecuária da carne bovina. 1 ed. São Paulo, 134p. 2000.
11. Simoes, JA, Mendes, MI, Lemos, JPC. Selection of muscle as indicators of tenderness after seven days of ageing. Meat Science. 2005; (69): 617-620.

12. Delgado, EF, Aguiar, AP, Ortega, EMM, Spoto, MHF, Castillo, CJC, Brazilian consumers perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. *Science Agriculture*, Piracicaba, v.63, n.3, p.232-239, 2006.
13. Boleman, SJ, Boleman, SL, Miller, RK, Taylor, JF, Cross, HR, Wheeler, TL, Koohmaraie, M, Shackelford, SD, Miller, MF, West, RL, Johnson, DD, Savell, JW. Consumer Evaluation of Beef of Known Categories of Tenderness. *Journal Animal Science*, v.75, p.1521–1524, 1997.
14. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Rebanho bovino brasileiro. [Brazilian Association of Meat Exporters. Brazilian cattle]. Disponível em: http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp. Acesso em: fev. 2015.
15. Restle, J, Vaz, FN, Quadros, ARB, Muller, L. Característica de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford x Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 1999; (28): 1245-1251.
16. Moletta, JL, Restle, J. Influência do grupo genético sobre características qualitativas da carne de novilhos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1996; 26(5):866-875.
17. Restle, J, Vaz, FN, Bernardes, RALC, Pascoal, LL, Menezes, LFG, Pacheco, PS. Características de carcaça e da carne de vacas de descarte de diferentes genótipos Charolês x Nelore, terminadas em confinamento. *Ciência Rural*, 2003; 33(2): 345-350.
18. Bianchini, W, Silveira, AC, Jorge, AM, Arrigoni, MB, Martins, CL, Rodrigues, E, Hadlich, JC, Andrighetto, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoce. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 2007; 36(6): 2109-2117.
19. Wheeler, TL, Shackelford, SD, Koohmaraie, M. Cooking and palatability traits of beef longissimus steaks cooked with a belt grill or an open hearth electric broiler. *Journal of Animal Science*, Champaign, 1998, 76:2805-2810.
20. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. Available at: <http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all1.pdf>. Acessado em 25 de outubro de 2014.
21. Koury Filho, W, Albuquerque, LG, Forni, S, Silva, JAV, Yokoo, MJ, Alencar, MM, Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte, *Bras, Zootec.*, 2010; 39(5):1015-1022,
22. Yokoo, MJ, Magnabosco, CU, Rosa, GJM, Lôbo, RB, Albuquerque, LG, [Reproductive traits and their associations with other economically important traits in Nelore] Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore, *Arq, Bras, Med, Vet, Zootec*, 2012; 64(1):91-100.

23. Grossi, DA, Frizzas, OG, Paz, CCP, Bezerra, LAF, Lôbo, RB, Oliveira, JA, Munari, DP. Genetic associations between accumulated productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle. *Livestock Science*, 2008; 117:139–146.
24. Boligon, AA, Silveira, FA, Silveira, DD, Dionello, NJL, Santana Jr, ML, Bignardi, AB, Souza, FRP. Reduced-rank models of growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Theriogenology*. 2015; 83:1338-1343.
25. Yokoo, MJI, Albuquerque, LG, Lôbo, RB, Sainz, RD, Carneiro Júnior, JM, Bezerra, LAF, Araujo, FRC. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *R. Bras. Zootec*, 2007; 36(6):1761-1768.
26. Regatieri, IC, Boligon, AA, Baldi, F, Albuquerque, LG, Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nelore cattle, *Genet, Mol, Res*, 2012; 11(3): 2979-2986.
27. Yokoo, M. J., Lôbo, R. B. ; Araujo, F. R. C. ; Bezerra, L. A. F. ; Sainz, R. D. ; Albuquerque, L. G. . Genetic associations between carcass traits msured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, v. 88, p. 52-58, 2010.
28. Yokoo, MJI, Análise Bayesiana da área de olho do lombo e da espessura de gordura obtidas por ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore, Tese (doutorado), Jaboticabal - Universidade Estadual Paulista, 2009; p, 84.
29. Barbosa, V., Magnabosco, C. U., Trovo, J. B. F., Faria, C. U., Lopes, D. T., Viu, M. A. O., Lobo, R. B., Mamede, M. M. S. Estudo Genético Quantitativo de Características de Carcaça e Perímetro Escrotal, Utilizando Inferência Bayesiana em Novilhos Nelore. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 789-797, 2010.
30. Zuin, RG, Buzanskas, ME, Caetano, SL, Venturini, GC, Guidolin, DGF, Grossi, DA, Chud, TCS, Paz, CCP, Lôbo, RB, Munari, DP. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. *Meat Science*, 2012; (91): 352–357.
31. Caetano, SL, Savegnago, RP, Boligon, AA, Ramos, SB, Chud, TCS, R.B. Lôbo, RB, Munari, DP. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Livestock Science*. 2013; 155:1–7.
32. Tizioto, PC, Decker JE, Taylor, JF, Schnabel, RD., Mudadu, MA, Silva, FL, Mourão, GB, Coutinho, LL, Tholon, P, Sonstegard, TS, Rosa, AN, Alencar, MM, Tullio, RR, Medeiros, SR, Nassu, RT, Feijó, GLD, Silva, LOC, Torres, RA, Siqueira, F, Higa, RH, Regitano, LCA. Genome scan for meat quality traits in Nelore beefcattle. *Physiological Genomics Published*. 2013; 45(21): 1012-1020.
33. Laureano, MMM, Boligon, AA, Costa, RB, Forni, S, Severo, JLP, Albuquerque, LG. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento

- e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arquivo Brasileira Medicina Veterinária Zootecnia*, 2011; 63(1): 143-152.
34. Ribeiro, MN, Pimenta Filho, EC, Martins, GA, Sarmento, JLR, Martins Filho, R. Herdabilidade para efeito direto e materno de características decrescimento de bovinos Nelore no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001; 30: 1224-1227.
 35. Albuquerque, L G, Meyer, K. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, Alemanha, 2001; (118): 83-92.
 36. Nobre, PRC, Misztal, I, Tsuruta, S, Bertrand, JKL, Silva LOC, Lopes, PS. Analyses of growth curves of Nelore cattle by multiple-trait and random regression models. *Journal of Animal Science*, Champaign, 2003; 81(4): 918-926.
 37. Dias, L T, Albuquerque, LG, Tonhati, H, Teixeira, RA. Estimaco de parâmetros genéticos para peso do nascimento aos 550 dias de idade para animais da raça Tabapuã utilizando-se modelos de regressão aleatória. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 2006; 35(5): 1915-1925.
 38. Meyer, K, Carrick, MJ, Donnelly, B JP. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *Journal of Animal Science*, 1993, (71): 2614-2622.
 39. Mucari, TB, Oliveira, JA. Análise genético-quantitativa de pesos aos 8, 12, 18 e 24 meses de idade em um rebanho da raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2003; 32(6): 1604-1613.
 40. Dias, LT, Albuquerque, LG, Tonhati, H. Estimaco de parâmetros genéticos para peso em diferentes idades para animais da raça Tabapuã. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2005; 34(6): 1914-1919.
 41. Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Yokoo, MJ, Manicardi, F, Barbosa, V., Guedes, C, Leme, PR, Pereira, A, Araújo, FRC, Sanches, AC, Lobo, R. Avaliaco genética e critérios de seleço para características de carcaça em zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. In: *Simpósio Internacional de Produço de Gado de Corte*, 5., Anais...onde: SIMCORTE, 2006. Disponível em: http://www.simcorte.com/index/Palestras/5_simcorte/simcorte9.pdf.
 42. Marques, EG, Magnabosco, CU, Lopes, FB, Silva, MC. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. *Bioscience Journal*, Uberlândia. 2013; v. 29, n. 1, p. 159-167.

CAPITULO III – PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO, CARÇAÇA E MACIEZ DA CARNE EM BOVINOS NELORE MOCHO

RESUMO

Foram estimados os parâmetros genéticos para o perímetro escrotal calculado aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade; idade ao primeiro parto (IPP), produtividade acumulada (PAC) em kg de bezerros desmamados, e habilidade de permanência da vaca no rebanho (STAY), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e maciez da carne, medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF) de bovinos Nelore Mochos. Foram realizadas análises bayesianas bi características adotando-se modelo linear animal, enquanto que para as análises envolvendo a STAY, o modelo adotado foi o linear-limiar. As estimativas de herdabilidade foram iguais a 0,31 (PE365), 0,37 (PE450), 0,16 (IPP), 0,25 (PAC), 0,16 (STAY), 0,30 (AOL), 0,13 (EG) e 0,24 (EGP8) e 0,15 (WBSF), indicando possibilidade de seleção. As correlações genéticas e residuais entre PE365 e PE450 foram elevadas e favoráveis (0,91 e 0,74, respectivamente), assim como as correlações genéticas da PAC com PE365, PE450, IPP e STAY (0,61, 0,62, -0,69 e 0,83, respectivamente). Destacam-se as correlações genéticas e residuais entre AOL com os pesos aos 210 (0,46 e 0,37, respectivamente), 365 (0,59 e 0,39, respectivamente) e 450 (0,56 e 0,50, respectivamente) dias de idade. As correlações genéticas e residuais de WBSF com as características reprodutivas e de carcaça exibiram desvios padrão elevados, entretanto foram favoráveis.

Palavras-chave: perímetro escrotal, idade ao primeiro parto, produtividade acumulada, força de cisalhamento, análise de ultrassonografia

CHAPTER III - GENETIC PARAMETERS FOR REPRODUCTIVE TRAITS, AND CARCASS AND MEAT TENDERNESS IN POLLED NELLORE CATTLE

ABSTRACT

Genetic parameters were estimated for scrotal circumference calculated at 365 (PE365) and 450 (PE450) days of age, age at first calving (IPP), accumulated productivity (PAC) in kg of weaned calves and cow stayability in the herd (STAY), ribeye area (REA), subcutaneous fat thickness (EG), subcutaneous fat thickness on the back (EGP8), and meat tenderness measured by Warner-Bratzler shear force (WBSF) of polled Nellore cattle. Bayesian analysis bi characteristics were performed by adopting linear animal model, whereas for the analyzes involving STAY, the linear threshold model was used. Heritability estimates were equal to 0.31 (PE365), 0.37 (PE450), 0.16 (IPP), 0.25 (PAC), 0.16 (STAY), 0.30 (AOL), 0.13 (EG), 0.24 (EGP8), and 0.15 (WBSF), indicating the possibility of selection. Genetic and residual correlations between PE365 and PE450 were high and positive (0.91 and 0.74, respectively), as well as the genetic correlations of CAP with PE365, PE450, IPP, and STAY (0.61, 0.62, -0.69, and 0.83, respectively). The genetic and residual correlations between AOL weights at 210 (0.46 and 0.37, respectively), 365 (0.59 and 0.39, respectively), and 450 (0.56 and 0.50, respectively) days old stood out. Genetic and residual correlations of WBSF with reproductive and carcass characteristics exhibited high standard deviations, however favorable.

Keywords: scrotal circumference, age at first calving, accumulated productivity, shear force, ultrasound analysis

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva nacional de carne bovina conta com aproximadamente 209 milhões de animais, posicionando o Brasil como o segundo maior exportador de carne bovina do mundo. Mesmo demonstrando competitividade e expressiva produção, a atividade, na sua maioria, apresenta baixos índices zootécnicos produtivos, reprodutivos e econômicos, praticada sem adoção de tecnologias recomendadas. A deficiência dos sistemas de produção estabelecidos de carne bovina explica o baixo desfrute do setor e a qualidade inferior da carne produzida, quando comparado a outros países exportadores. Assim, faz-se necessário aos criadores tanto à incorporação ou adoção de tecnologias de manejo e de gestão já existentes, assim como de novos estudos no sentido de estruturação de sistemas de produção que estabeleçam maiores produtividades, garantindo não apenas a sustentabilidade socioeconômica e ambiental, mas a segurança alimentar de produtos com qualidades, que determinam a ótima aceitação pelo consumidor e, conseqüentemente, a sustentabilidade comercial.

Neste contexto, a eficiência econômica e biológica de um sistema de produção de bovinos está diretamente relacionada à sua eficiência reprodutiva, pois sem nascimento não há continuidade da produção. Portanto, os aspectos reprodutivos são limitantes para se buscar a melhoria da eficiência produtiva em rebanhos bovinos. Os rebanhos que apresentam alta fertilidade deixam número maior de animais, a serem utilizados tanto para a venda, como para a seleção, possibilitando ao criador não apenas maior lucratividade, mas permitindo maior intensidade de seleção e, conseqüentemente, ganhos genéticos acentuados¹.

Entretanto, o melhoramento da eficiência reprodutiva, especificamente de fêmeas, tem sido lento, em geral, conseqüência da natureza de sucesso ou não de prenhes, que se concretiza inicialmente em função da idade e condições fisiológicas adequadas, aliado às herdabilidades baixas dos principais critérios reprodutivos preconizados para diminuição do intervalo de geração. As características reprodutivas possuem importância econômica expressivamente superior às de crescimento, alcançando relações de 4,28 a 13,46, dependendo do sistema de produção². Assim, diferentes características reprodutivas devem ser consideradas como critérios de seleção nos programas de melhoramento, partindo desde a identificação de animais precoces e férteis até a produção acumulada de carne acumulada na sua vida útil. A vantagem em emprenhar novilhas mais jovens é

determinada pelo menor tempo para obter retorno do investimento, além de possibilitar o aumento do tempo de vida reprodutiva do animal e do número de bezerros produzidos³.

Confirmando a realidade brasileira da baixa eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas, Silva et al.⁴ relataram a dificuldade de novilhas de corte emprenharem precocemente, registrando apenas 10,4% de animais parindo com idade inferior aos 31 meses.

Não menos importante que as características de eficiência reprodutiva, as características de rendimento e qualidade da carcaça constituem importante elo da cadeia produtiva da carne bovina. O rendimento de carne, gordura subcutânea, maciez da carne, características organolépticas e nutricionais estão intimamente relacionados ao processo de eficiência econômica e comercial desta cadeia. Portanto, esses critérios de seleção devem fazer parte dos programas de melhoramento genético nos diferentes sistemas de produção de bovinos de corte⁵, além de estarem intimamente relacionadas a aceitabilidade e segurança nutricional. Entretanto, fazem-se necessários estudos que viabilizem sua inserção nos programas de melhoramento genético, uma vez que existem grandes variações quantitativas e qualitativas nas carcaças produzidas dentre e entre rebanhos de animais da raça Nelore⁶.

Considerando as inúmeras características que compõem a carcaça dos animais, destacam-se a área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. A área de olho de lombo está associada à porcentagem de músculo, e conseqüentemente expressa o entendimento do rendimento de carcaça e, especialmente a proporção de cortes nobres em uma carcaça⁷. As características de espessura de gordura subcutânea são fundamentais para obtenção de uma carne de qualidade, uma vez que possuem importante papel no processo de resfriamento da carcaça, como isolamento térmico da porção muscular. Assim, a proporção adequada de gordura subcutânea proporciona um resfriamento do músculo de forma lenta e gradual, evitando o encurtamento das fibras do sarcômero e, conseqüentemente, enrijecimento das fibras musculares, prerrogativa para obtenção de maciez da carne^{8,9}.

Também, aliado à preocupação da melhoria das eficiências produtivas e reprodutivas dos rebanhos de bovinos no Brasil, o mercado exige competitividade e segurança alimentar. Neste sentido, estratégias de aumento de consumo e expansão de nichos mercadológicos se constituem potenciais para o setor, possibilitam agregação de

valores ao produto final, culminando com o melhor retorno da remuneração e garantindo a sustentabilidade da atividade.

Ao considerar que o consumidor final ocupa função determinante para a sustentabilidade da cadeia produtiva da carne, a sua aprovação quanto à aceitabilidade e qualidade da carne é imprescindível. E, dentre muitos fatores associados à qualidade e a maior valoração da carne, os fatores organolépticos, em especial a maciez, apresenta-se em destaque quanto à aprovação pelo consumidor, em termos de percepção e preferência¹⁰. Entretanto, a maciez da carne é determinada por influência multifatorial, como genética, sexo, nutrição, técnicas de manejo pré e pós abate, idade ao abate, acabamento da carcaça, entre outros¹¹. Embora a maciez seja uma característica de suma importância do ponto de vista comercial, a dificuldade de sua mensuração compromete sua inserção em programas de melhoramento genético de bovinos zebuínos. Além do que, faz-se importante conhecer sua relação com as demais características de interesse econômico, contempladas nos programas de seleção.

A criação de animais Nelores mochos vem crescendo expressivamente na pecuária de corte brasileira, entretanto existem poucos estudos sobre qualidade de carne e sua relação com as tradicionais características econômicas estudadas^{12,6,7}. Diante deste panorama, e com o intuito de buscar informações de relevância para os programas de melhoramento de zebuínos, especificamente para o Nelore mocho, objetivou-se estimar as (co)variâncias e os parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações genéticas) para as características perímetro escrotal aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, idade ao primeiro parto (IPP), produtividade acumulada (PAC), permanência no rebanho (STAY), espessura de gordura subcutânea (EG), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e maciez da carne (WBSF) em bovinos Nelore Mocho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho são provenientes de registros de animais machos e fêmeas Nelores mochos, pertencente aos dados da fazenda Guaporé Pecuária e do rebanho BRGN pertencente a Embrapa Cerrados, nascidos de 1998 a 2014 e de 2001 a 2014, respectivamente. As características analisadas incluíram os critérios de eficiência reprodutiva de perímetro escrotal mensurado aos 365 (PE365) e 450 (PE450) dias de idade, da idade ao primeiro parto (IPP), produtividade acumulada (PAC) em kg de bezerros desmamados, e habilidade de permanência da vaca no rebanho (STAY - *Stayability*), os critérios de qualidade da carcaça mensurando a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EG) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGP8) e o critério para maciez da carne, medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WBSF). Os dados de pesagens e as informações de genealogia foram fornecidos pelo Programa Nelore Brasil da Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP).

Os critérios de seleção reprodutivos, carcaça e de carne, acima definidos, estão relacionados com os aspectos econômicos dos sistemas de produção e da qualidade final do produto.

Estabelecido nos programas de melhoramento genético animal, o perímetro escrotal, nos machos, visa a identificação da precocidade sexual dos animais, além de estar relacionado favoravelmente com as características reprodutivas das fêmeas e com as características de desempenho animal¹³. As medidas de perímetro escrotal foram mensuradas aos 12 e aos 18 meses de idade seguindo as orientações do Programa Nelore Brasil.

De fácil mensuração, a IPP em fêmeas representa o início da fase reprodutiva e, portanto, quanto mais precocemente ocorrer, maior a probabilidade em aumentar a vida útil da mesma, traduzindo em maior eficiência econômica dos sistemas de cria, além de proporcionar redução do intervalo de geração, beneficiando o aumento do progresso genético.

Visando contemplar um índice que reúne combinar critérios de eficiências reprodutiva e produtiva, foi proposto por Lobô¹⁴, o cálculo da PAC, ou seja, reflete a contribuição da fêmea durante sua permanência no rebanho, em termos de produção total de bezerros desmamados e do tempo total dessa produção. Índice dependente da idade de

entrada em reprodução e do intervalo de partos. Para obter o valor da PAC foi realizado o seguinte cálculo:

$$PAC = \frac{PD \times n_b \times C_a}{IVP_n - C_i}$$

em que: PD = média de peso dos bezerros ao desmame (em kg); n_b = número total de bezerros produzidos pela vaca; C_a = constante igual a 365 dias, que permite expressar a fertilidade em base anual; IVP_n = idade da vaca ao último parto (em dias); C_i = constante, igual a 550 dias, utilizada com base na expectativa de o primeiro parto ocorrer ao redor de 30 meses de idade.

Outro importante critério incorporado nos programas de melhoramento genético de Nelore, na última década, foi a habilidade de permanência no rebanho ou stayability (STAY), que permite a identificação de reprodutores que produzem filhas com maior probabilidade de permanecerem produtivas no rebanho até uma idade específica, dado que teve oportunidade de alcançar esta idade¹⁵. Neste estudo, foi definida como característica binária, assumindo o valor 1 (um) para sucesso de vacas que permaneceram no rebanho até os 76 meses de idade, parindo pelo menos três vezes, e o valor 0 (zero) para aquelas que não atenderam a permanência requerida.

Dentre as características associadas à qualidade do produto, destacam-se as passíveis de monitoramento por técnicas de ultrassonografia, como a área de olho de lombo e a de espessura de gordura subcutânea. As medidas de AOL, expressa em cm^2 , e EG, expressa em mm, foram coletadas na área do músculo Longíssimo dorsi entre a 12^a e 13^a costela, enquanto que EGP8, expressa em mm, foi tomada na intersecção dos músculos glúteos medius e biceps femoris localizados entre o íleo e o isquio do animal. Essas três medidas associadas a qualidade da carcaça, foram obtidas em parceria com a empresa Aval Serviços Tecnológicos, credenciada e certificadora para a prestação de serviço de ultrassonografia para o Programa Nelore Brasil. Uma vez que a maciez, dentre os fatores organolépticos, é preponderante para o consumidor, e que o principal critério associado para sua avaliação e adotado pela comunidade científica internacional, é a força de cisalhamento (WBSF), abateram-se 490 animais Nelores mocho oriundos do projeto, em andamento, Macroprograma 2 da Embrapa nº 02.08.02.006, em parceria com a Empresa Guaporé Agropecuária S/A.

As carcaças ficaram em processo de resfriamento por 24 horas, à temperatura de 1 a 4°C, quando posteriormente, da carcaça direita, foi retirado uma porção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 9ª e 12ª costela para posterior análise da maciez (WBSF). Bifes com 2,5 centímetros de espessura foram embalados a vácuo e armazenados em câmara refrigerada a 5°C por sete dias. Para mensuração da WBSF, após maturação, as amostras foram assadas e cisalhadas conforme metodologia preconizada por Wheeler et al¹⁶.

A matriz de parentesco para estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as características avaliadas neste estudo foi composta por 57.951 animais, constituindo 11 gerações. Os grupos de contemporâneos para as características de perímetro escrotal (PE365 e PE450) e de maciez (WBSF) consideraram os efeitos de fazenda, ano e época de nascimento, sexo e lote de Manejo, com o adicional do dia do abate para WBSF. Para IPP e PAC, os grupos de contemporâneos incluíram os efeitos de fazenda, ano e época de nascimento, enquanto que STAY inclui apenas os dois primeiros. Para as características de carcaça (AOL, EG e EGP8), o GC incluiu os efeitos de fazenda, ano de nascimento, mês de nascimento, sexo, manejo, lote de manejo, identificação do técnico e identificação do laboratório.

Foram eliminados grupos de contemporâneos com menos de quatro animais e touros com filhos em pelo menos três (3) grupos de contemporâneos, além dos animais cujas características apresentaram-se maior que 3,5 desvios-padrão acima ou abaixo da média do seu respectivo grupo de contemporâneo.

Tendo em vista a categoria da característica STAY adotou-se modelo animal de limiar (threshold), enquanto que para as demais características considerou-se o modelo animal linear. As análises genético-quantitativas envolvendo uma ou duas características lineares foram realizadas por meio do programa computacional GIBBS2F90¹⁷, enquanto que para as análises envolvendo a STAY se adotou modelo animal limiar ou então linear-limiar, utilizando o THRGIBBS1F90¹⁷. Ambos os programas utilizam inferência bayesianas pelo algoritmo da amostragem de Gibbs, sendo que o modelo matricial animal adotado foi:

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

em que, y é o vetor de observações relativas a cada uma das variáveis (PE365, PE450, P365, P450, EG EGP8, IPP, PAC e STAY); X é a matriz de incidência que associa β com

y ; β é o vetor dos efeitos fixos (grupo de contemporâneos para todas as características e idade da vaca ao parto somente para P365 e P450); Z é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos; a é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos aleatórios; e é o vetor dos efeitos aleatórios residuais. Para as características de AOL, EG e EGP8, a idade do animal foi considerada como covariável (efeito linear e quadrático). As covariâncias residuais entre WBSF com as características de PAC, IPP e STAY foram fixadas em zero.

Assumindo-se que os vetores de resíduos para cada animal são independentes e normalmente distribuídos com vetor de médias zero e matriz de (co)variância R , tem-se que $e \sim MVN(0, I \otimes R)$, onde \otimes representa o produto direto (Kronecker). Assim, tem-se que o modelo amostral de y condicional à β, a, m, p e R é:

$$y | \beta, a, m, p, R \sim MVN(X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3p, I \otimes R)$$

Foram considerados *priors* vagas uniforme e Gaussiana para os efeitos fixos e genéticos aditivos diretos, i.e. $p(b) \propto \text{constante}$ e $a | G_a \sim MVN(0, A \otimes G_a)$, $m | G_m \sim MVN(0, A \otimes G_m)$, $p | I \sim MVN(0, I \otimes G_p)$ em que A, G_a, G_m, G_p referem-se às matrizes de parentesco, de (co)variâncias genéticas aditivas direta, genético maternal e de ambiente permanente materno, respectivamente. Para as matrizes de variâncias e covariâncias genéticas e residuais foram assumidas distribuições *priors* Wishart invertidas.

No modelo de limiar assumiu-se a existência de uma variável não-observável (L), a qual tem distribuição contínua (Normal) na escala subjacente. A variável binária observada é definida a partir de um limite (threshold). Se a variável subjacente ultrapassa tal limite a variável binária se expressa com um valor (no caso, sucesso), caso contrário ela se expressa como fracasso.

Assim, empregou-se um modelo de linear-limiar assumindo-se que a distribuição subjacente (L) é determinada por:

$$L = Xb + Za + e$$

com $a \sim MVN(0, A \otimes G_a)$ e $e \sim MVN(0, I \otimes R)$, e as demais definições como anteriormente. Dado que a variável na distribuição subjacente não é observável, geralmente adota-se a pressuposição de $S_e^2 = 1$ com o objetivo de se obter identificação na função de verossimilhança¹⁸. Segundo Gianola & Foulley¹⁹, após a definição dos parâmetros do modelo, o encadeamento entre as escalas categórica e contínua pode ser estabelecido de forma que a probabilidade de uma observação estar na primeira categoria é dada por:

$$P(y_r = 0 | t, \theta) = P(L_r < t | t, \theta) = \phi\left(\frac{(t - W_r' \theta)}{\sigma_e^2}\right)$$

em que, y_r é a variável resposta para a r -ésima observação, com valores iguais a 0 ou 1, pertencente a primeira ou a segunda categoria, respectivamente; t é o valor de limiar que, por não ser estimável, é fixado com um valor arbitrário; L_r é o valor da variável subjacente para a mencionada observação; ϕ é uma função de distribuição cumulativa de uma variável normal padrão; W_r' é um vetor linha de incidência que une θ com a r -ésima observação; e $q = (b', a)'$ representa um vetor dos parâmetros de locação de ordem s , com β (efeitos sistemáticos) e a (efeitos aleatórios).

A distribuição marginal posterior para cada componente de (co)variância foi obtida pela integração da função de densidade multivariada, considerando um comprimento com cadeia de 1.000.000 iterações, cujas 500.000 primeiras iterações foram descartadas e as amostras finais foram obtidas utilizando um intervalo amostral a cada 50 iteração. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas com a média a posteriori dos respectivos componentes de variância. Os intervalos de credibilidade das marginais posteriores foram obtidos com 95% de credibilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de animais Nelores mochos avaliados, os valores médios com os respectivos desvios padrão, a amplitude e os coeficientes de variação para as características estudadas estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Número de registros e estatística descritiva das características reprodutivas, de carcaça e maciez da carne de bovinos Nelore Mocho.

Características	Nº de animais	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	Coefic. de Variação (%)
PE365 (cm)	5570	19,73	1,96	15	32,5	9,94
PE450 (cm)	9405	21,68	2,27	15	34	10,48
AOL (cm ²)	11302	47,2	8,77	20,45	98,24	18,57
EG (mm)	11269	2,05	0,88	0,09	12,54	42,99
EGP8 (mm)	11242	2,53	1,12	0,13	13,89	44,37
IPP (meses)	12610	37,98	4,21	24	49	11,08
PAC (kg/vaca/ano)	7490	130	22,57	54	202	17,36
WBSF (kgf)	454	3,83	1,28	1,07	8,87	33,53

PE365 e PE450: Perímetro Escrotal calculados aos 365 e 450 dias de idade, respectivamente; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; IPP: Idade ao Primeiro Parto; PAC: Produtividade Acumulada; WBSF: força de cisalhamento (*warner-bratzler-shear force*).

Os perímetros escrotais (PE365 e PE450) indicam variabilidade absoluta e relativa, constituindo-se em importantes critérios de seleção para precocidade sexual e fertilidade em machos Nelores mochos. As médias para perímetro escrotal, em centímetros, nas idades de 365 ($19,73 \pm 1,96$) e 450 ($21,68 \pm 2,27$) dias de idade foram similares as encontradas por Grossi et al.²⁰ ($19,7 \pm 2,3$ e $23,2 \pm 2,7$, respectivamente) e Yokoo et al.²¹ ($20,96 \pm 2,26$ e $24,58 \pm 3,02$, respectivamente). Boligon et al.²² encontraram valor médio superior para PE365 (26,11 cm), enquanto que Barbosa et al.²³ encontraram valor médio inferior para PE450 (22,96 cm).

Para a característica AOL, o coeficiente de variação encontrado apresentou resultados similares quando comparados aos reportados por Yokoo et al.^{9,24} e foram superiores aos de Yokoo et al.²⁵ e Barbosa et al.²³, os quais apresentaram média para AOL de $48,38 \pm 8,72$ cm² e $42,57 \pm 6,50$ cm², respectivamente. Esta característica representa o rendimento de carcaça do animal e está intimamente relacionada à musculatura do mesmo.

Os elevados coeficientes de variação para as características de carcaça de EG (42,99%), EGP8 (44,37%) e WBSF (33,53%) estão em concordância com os descritos para animais da raça Nelore, padrão e mocho, os quais apresentaram considerável variabilidade

absoluta (amplitude) e relativa (coeficiente de variação). Esses valores elevados podem ser atribuídos tanto à variabilidade genética animal, bem como oriunda dos efeitos ambientais e, ou inerentes às possíveis diferenças e falhas de medição pelos métodos utilizados, exigindo a necessidade de aprimoramentos e, ou padronização nas técnicas metodológicas para suas obtenções. As médias, medidas em milímetros, para EG ($2,05 \pm 0,88$) e EGP8 ($2,53 \pm 1,12$) foram próximos aos valores descritos por Yokoo et al⁹ ($1,93 \pm 1,36$ e $3,05 \pm 1,97$, respectivamente), Zuin et al²⁶ ($2,58 \pm 1,15$ e $3,29 \pm 1,67$, respectivamente), Caetano et al²⁷ ($2,48 \pm 1,11$ e $3,18 \pm 1,66$, respectivamente) e Faria et al⁷ ($2,34 \pm 0,74$ e $2,86 \pm 1,04$, respectivamente), porém inferior ao descrito por Castro et al⁶ ($5,91 \pm 2,74$ e $8,34 \pm 2,74$, respectivamente), e superior ao relatado por Barbosa et al²³ ($1,40 \pm 0,42$ e $1,84 \pm 0,72$, respectivamente), todos considerando animais Nelore avaliados no mesmo intervalo de 15 até 21 meses de idade.

O critério WBSF mede a força ou tensão para realizar o corte na amostra do pedaço de carne e, assim, quanto menor o valor da tensão, menor a resistência da carne e, portanto mais macia. Os valores das médias para WBSF ($3,83 \pm 1,28$) podem ser comparados com aos encontrados para as raças bovinas europeias, cujas carnes apresentam boa aceitabilidade pelo consumidor quanto à maciez. Essas estimativas foram similares ao estudo de Castro et al⁶ ($3,97 \pm 1,17$) avaliando animais Nelores mochos pertencentes aos mesmos rebanhos. Entretanto, Tizioto et al²⁸ ($8,70 \pm 2,20$), avaliando animais Nelores padrão, relataram média superior para WBSF ($8,70 \pm 2,20$ kgf), que expressa menor maciez da carne. Possivelmente, essa divergência pode ser atribuída ao fato dos animais Nelores mochos avaliados serem oriundos de rebanhos submetidos à seleção fenotípica para essa característica.

A média para a idade ao primeiro parto (IPP, 37,98 meses) e a amplitude (24 e 49 meses), observada neste estudo, evidencia a necessidade de sua identificação e controle nos rebanhos de cria, mantidos em regime de pastagens no bioma cerrado. Assim, em concordância com diversos autores^{29,30}, consideramos que a seleção de animais com genótipos superiores para precocidade sexual proporcionará expressivo progresso genético em menor intervalo de gerações. Também, é notório que além do componente genético, a IPP é altamente influenciada pelas condições ambientais que o animal é exposto desde seu nascimento, bem como pelos manejos nutricional, sanitário e reprodutivo adotados até a idade em questão. De maneira geral, as médias fenotípicas encontradas em outros relatos foram similares a média do presente estudo^{20,31,30,32}, variando entre 35 a 39 meses. Esses

resultados demonstram que a IPP é essencial como índice zootécnico, necessitando de melhor controle e identificação e, a ser utilizada como critério de seleção nos rebanhos de bovinos de corte. Essas ações contribuirão efetivamente para o aumento do desfrute e eficiência econômica dos sistemas de produção.

A média estimada da produtividade acumulada (PAC) por fêmea Nelore mocha, durante sua permanência no rebanho, ($130 \pm 22,57$ kg de bezerros desmamados por ano) foi similar aos relatados por Schwengber et al³³ (130 kg de bezerro/vaca/ano) e Faria et al³⁴ (134 kg de bezerro/vaca/ano), ligeiramente inferior ao relatado por Rosa³⁵ (144 kg de bezerro/vaca/ano), Duitama et al³⁶ ($110,8 \pm 30,1$ kg de bezerro/vaca/ano) e Chud et al³⁷ (144,80 kg de bezerro/vaca/ano) e, superior ao relatado por Azevedo et al³⁸ ($96,74 \text{ kg} \pm 46,70$ kg de bezerro/vaca/ano), todos avaliando fêmeas Nelore padrão. Essas diferenças entre as médias dos diferentes rebanhos avaliados e também da amplitude de 54 e 202 kg de bezerro/vaca/ano são explicadas devido à variabilidade genética, mas também pelos distintos fatores climáticos de cada região, assim como pelos manejos característicos em cada rebanho. Conforme reporta Faria et al³⁴, uma vez que o critério de peso a desmama não considera o período de tempo que a fêmea levou para produzi-lo, a média encontrada para a PAC está bem abaixo da média de peso ao desmame (191 kg) dos animais participantes do Programa Nelore Brasil. Essa redução na média dos pesos dos bezerros desmamados, refere-se ao valor anual e efetivo por fêmea, uma vez que a PAC considera o intervalo de partos, que comumente é superior a 365 dias.

Para a característica STAY, com 11.566 animais com observações válidas, o valor médio encontrado indica que as fêmeas dos rebanhos permanecem em atividade reprodutiva em média acima de 76 meses de idade e, conseqüentemente pariram mais de três vezes durante este período. Esse resultado está bem acima dos encontrados^{39,40,41}, indicando que os rebanhos desses relatos possivelmente não incluíam essa característica como critério de seleção, diferentemente dos rebanhos do presente estudo que utilizam a STAY como critério de seleção. Os 76 meses são considerados de forma que as vacas tenham a chance de conseguir três partos, sendo que, em média, o primeiro parto ocorreu aos 32 meses de idade. Segundo Formigoni et al⁴¹, três partos são suficientes para cobrir os custos de cria e recria da vaca.

As estimativas dos componentes de variância aditivo direto e ambiental e das herdabilidade para as características reprodutivas, de carcaça e de maciez da carne estão descritas na Tabela 2. Enquanto que as estimativas de correlações genéticas e residuais

entre as características reprodutivas, de carcaça, reprodutivas com carcaça e reprodutivas com maciez da carne são apresentadas nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

TABELA 2 - Estimativas dos parâmetros genéticos para as características reprodutivas, carcaça e maciez da carne de bovinos Nelore Mocho.

Características	Parâmetros genéticos		
	σ_a^2	σ_e^2	h ² d
PE365	0,61	1,01	0,31
PE450	1,43	1,84	0,37
AOL	10,56	21,00	0,30
EG	0,03	0,18	0,13
EGP8	0,10	0,30	0,24
IPP	2,36	12,54	0,16
PAC	131,44	342,65	0,25
STAY	0,17	1,00	0,16
WBSF	0,22	1,20	0,15

σ_a^2 : variância genética aditiva direta; σ_e^2 : variância residual; h²a: coeficiente de herdabilidade para os efeitos genéticos aditivos direto; PE365 e PE450: Perímetro escrotal calculados aos 365 e 450 dias de idade, respectivamente; AOL: Área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; IPP: Idade ao primeiro parto; PAC: Produtividade acumulada; STAY: Habilidade de permanência da vaca no rebanho; WBSF: Força de cisalhamento (*warner-bratzler-shear force*);

TABELA 3. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas em bovino Nelore Mocho.

Característica	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
PE365 x PE450	0,91	0,93	0,92	0,03	0,85	0,96
PE365 x IPP	-0,24	-0,22	-0,24	0,13	-0,49	0,04
PE365 x PAC	0,61	0,63	0,61	0,08	0,43	0,75
PE365 x STAY	0,26	0,31	0,27	0,14	-0,02	0,51
PE450 x IPP	-0,38	-0,41	-0,38	0,09	-0,55	-0,19
PE450 x PAC	0,62	0,64	0,63	0,06	0,49	0,73
PE450 x STAY	0,33	0,33	0,33	0,11	0,09	0,55
IPP x PAC	-0,69	-0,70	-0,69	0,07	-0,81	-0,55
IPP x STAY	-0,38	-0,37	-0,38	0,11	-0,59	-0,15
PAC x STAY	0,83	0,86	0,84	0,06	0,71	0,94
Residual						
PE365 x PE450	0,74	0,74	0,74	0,02	0,70	0,77
IPP x PAC	-0,24	-0,24	-0,24	0,02	-0,28	-0,20
IPP x STAY	-0,24	-0,24	-0,24	0,02	-0,27	-0,20
PAC x STAY	0,61	0,61	0,61	0,02	0,58	0,64

PE365 e PE450: Perímetro escrotal calculados aos 365 e 450 dias de idade; IPP: Idade ao primeiro Parto; PAC: Produtividade acumulada; STAY: Habilidade de permanência da vaca no rebanho; SD: Desvio padrão; IC, Intervalo de credibilidade.

O perímetro escrotal constitui-se como um critério de seleção facilmente obtido e de custo baixo, caracterizado por estimativas de herdabilidade moderadas a altas, sendo amplamente utilizado nos diferentes programas de melhoramento genético de bovinos no Brasil. Relacionado favoravelmente tanto com a IPP, devido correlação genética negativa¹³, como com as características de desenvolvimento ponderal, pela correlação genética positiva⁴², o perímetro escrotal é considerado um bom critério para seleção da precocidade sexual de machos e fêmeas, assim como em promover benefícios nos pesos corporais. A herdabilidade para PE365 variam de 0,49 a 0,65^{43,44}, enquanto que para PE450 variam de 0,39 a 0,76^{45,46,47,29}. Entretanto, no presente estudo, as estimativas de herdabilidade para PE365 (0,31) e PE450 (0,37) indicam moderada magnitude, porém inferiores a maioria dos relatos da literatura.

A região de credibilidade (95%) da densidade posterior das estimativas de correlações genéticas e residuais, expressas nas tabelas 3, 4 e 5, apresentaram amplitudes adequadas, indicando coerências e confiabilidade das mesmas. Observa-se que as correlações genéticas e residuais entre PE365 e PE450 (0,91 e 0,74, respectivamente) são positivas e elevadas e em concordância com a literatura, o que parece lógico devido à adjacência entre as medidas e à relação parte total. Portanto, a correlação genética indica que grande parte dos genes que influenciam o PE365, também influencia o PE450, sugerindo que a seleção para mudança no primeiro resultará em mudanças no outro, ou vice-versa. Enquanto que a correlação residual indica que há elevada associação genética não aditiva e, ou de meio entre essas mensurações.

Apesar da importância crucial das variáveis associadas à eficiência reprodutiva das fêmeas para a sustentabilidade dos sistemas de criação, as mesmas apresentam estimativas de herdabilidade baixas e, conseqüentemente resultando em progressos genéticos lentos⁴⁸. Conhecidamente, essa baixa magnitude da herdabilidade para características reprodutivas de fêmeas se deve à sua natureza, intensamente influenciada por fatores climáticos e manejos adotados. Avaliadas em vários estudos, a IPP e STAY apresentam herdabilidades variando entre 0,16 a 0,35^{29,49,50,51} e 0,11 a 0,22^{52,40,53}, fato este confirmando no presente estudo, quando ambas apresentaram estimativa igual a 0,16. A seleção para essas características, mesmo com suas particularidades, pode auxiliar no progresso genético e maximizar o ganho para eficiência reprodutiva do rebanho como um todo. Estudos^{54,40} relataram que a estimativa de herdabilidade para STAY sugerem sua

utilização como critério de seleção, visando contribuir para o aumento da fertilidade e eficiência reprodutiva do rebanho.

As correlações genéticas dos perímetros escrotais aos 365 e 450 dias com IPP foram de magnitude moderada e negativas (-0,24 e -0,38, respectivamente), assim como com STAY, entretanto positivas (0,26 e 0,33, respectivamente). Similarmente, outra importante relação genética negativa foi observada entre IPP e STAY (-0,38). Todos esses valores estão correlacionados e indicam correlações genéticas favoráveis em termos de seleção, ou seja, parte dos genes que atuam para aumentar o perímetro escrotal são os mesmos que atuam em favor da diminuição da idade ao primeiro parto, assim como em favorecer o aumento da habilidade de permanência da vaca no rebanho. Essas observações comprovam a importância do perímetro escrotal e, aprovam a continuidade como importante critério nos programas de melhoramento genético do Nelore mocho, obtendo progresso genético em todas essas características reprodutivas.

Também, analisando a estimativa superior da herdabilidade da PAC (0,25) em relação à IPP e STAY, ambas iguais a 0,16, entendemos que a PAC é um critério de seleção bem interessante para ser adotado pelos programas de seleção, privilegiando o progresso genético mais rápido para as características reprodutivas de fêmeas e machos. Além do que, conforme a Tabela 3, observam-se as correlações genéticas favoráveis e elevadas da PAC com as mesmas (-0,69 e 0,83, respectivamente) e, com o PE365 (0,61) e PE450 (0,62). Portanto, ao selecionar para aumentar a PAC, estaríamos privilegiando aumentar a frequência dos genes que também atuam no aumento da STAY, PE365 e PE450 e, na diminuição da IPP. Entretanto, todos esses resultados demonstram que a seleção direta para qualquer uma dessas características implicará em ganhos nas demais, vistas as estimativas favoráveis das correlações genéticas.

As estimativas de correlações residuais podem ser calculadas apenas entre as características mensuradas nos mesmos animais, neste caso, de mesmo sexo. Ou seja, as correlações residuais foram estimadas apenas entre PE365 e PE450, mensuradas nos mesmos machos, assim como entre as medidas IPP, STAY e PAC, registradas apenas nas fêmeas. O cálculo das correlações genéticas entre as características medidas em diferentes animais (reprodutivas de machos com as de fêmeas) são possíveis apenas devido à conexão genética existente entre os animais, possível pela incorporação da matriz de parentesco. Ao observarmos as correlações residuais (Tabela 3) percebe-se comportamento semelhante às correlações genéticas com valores suavemente inferiores de mesmos sinais. Ou seja, as

correlações residuais foram favoráveis e sugerem moderada associação genética não aditiva e, ou, de meio da IPP com PAC e STAY (-0,24), e elevadas entre PE365 com PE450 (0,74) e entre PAC com STAY (0,61).

Todas as estimativas de correlações genéticas e residuais obtidas apresentaram erros-padrão baixos, indicando boa precisão.

As estimativas de herdabilidade para as características de EG (0,13), EGP8 (0,24) e AOL (0,30), no presente estudo, estão no limite mínimo das registradas pela literatura para a raça Nelore, que variam de 0,17 a 0,52^{7,9}; 0,23 a 0,65^{26,45} e de 0,29 a 0,65^{7,26,23,45}, respectivamente. Entretanto, apesar da magnitude inferior, indicam resposta à seleção direta, ratificando sua preconização como critérios de seleção nos rebanhos de Nelores mochos para melhoria da qualidade de carcaças e de carne em bovinos Nelore Mocho.

Apesar da magnitude da estimativa de herdabilidade obtida para WBSF (0,15) estar em acordo com Tizioto et al²⁸ (0,16) e Castro et al⁶ (0,11), a mesma indica que o critério WBSF expressa variabilidade genética, podendo ser utilizada no processo de seleção para maciez da carne em bovinos Nelores mochos. Entretanto, fazem-se necessários novos estudos que investiguem metodologias objetivas para obtenção de novos critérios de maciez, uma vez que a obtenção da WBSF exige procedimentos específicos, além do abate dos animais. Devido à dificuldade de se obter as medidas fenotípicas para WBSF, poucos são os registros na literatura visando estudar características associadas à maciez da carne em bovinos da raça Nelore, bem como sua relação com outras características de interesse econômico.

Essa expressiva variação nos valores de herdabilidade para cada característica, obtidas em diferentes estudos, é esperada, uma vez que a herdabilidade depende das variações genéticas e de ambiente. A variação genética depende da frequência gênica, a qual se altera com a raça, com o rebanho dentro da raça e com o momento, uma vez que o processo de seleção tende a modificar a frequência gênica. Já, o ambiente pode variar de rebanho para rebanho, de tempo em tempo dentro do mesmo rebanho e entre grupos de animais no mesmo tempo e dentro do mesmo rebanho, além do que as fontes de variação ambientais não conhecidas tendem a encobrir a variação genética. Portanto, diferenças na homogeneidade do ambiente aos quais os animais foram submetidos, nas várias amostras de dados analisados pelos vários autores, dentro de uma mesma raça, causam diferenças nas estimativas de herdabilidade. Além do que, diferenças nas amostras e nos modelos

matemáticos utilizados pelos vários autores são, também, causas de variação nas estimativas de herdabilidade. Sendo assim, a estimativa da herdabilidade é um valor particular, para uma característica particular, em uma determinada população, em determinado tempo, exigindo periodicamente sua obtenção dentro de uma mesma população.

TABELA 4. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características de carcaça em bovino Nelore Mocho.

Característica	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
AOL x EG	0,25	0,28	0,26	0,12	0,01	0,46
AOL x EGP8	0,06	0,08	0,06	0,09	-0,12	0,25
EG x EGP8	0,49	0,50	0,50	0,11	0,26	0,69
Residual						
AOL x EG	0,15	0,16	0,15	0,02	0,11	0,20
AOL x EGP8	0,16	0,16	0,16	0,03	0,10	0,21
EG x EGP8	0,34	0,34	0,34	0,02	0,30	0,38

AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; SD: Desvio padrão; IC, Intervalo de credibilidade.

Entre as características associadas à carcaça, observa-se que a correlação genética positiva e favorável entre EG e EGP8 (0,49) foi expressiva, indicando que parte considerável dos genes é comum na expressão de ambas. Já a correlação residual estimada (0,34), com magnitude inferior, indica associação genética não aditiva (dominância, sobredominância e epistasia) e, ou, de meio em menor intensidade. Entretanto, a correlação genética da AOL foi menor com EG (0,25) e próxima de zero com EGP8 (0,06), indica que parte pequena dos genes na expressão de AOL é comum com apenas a EG. Portanto, ao selecionar para maior AOL, apenas EG será ligeiramente beneficiada. As correlações relatadas na literatura^{9,26,55,27} para essas mesmas características são pequenas, indicando pouca associação genética, devido aos efeitos pleiotrópicos, sugerindo que a seleção para maior AOL não deve influenciar necessariamente as características de espessura de gordura.

As correlações residuais para essas características de carcaça indicaram baixa associação genética não-aditiva e, ou, de ambiente entre as características.

TABELA 5. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas e de carcaça em bovinos Nelore Mocho.

Características	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
PE365 x AOL	0,36	0,35	0,35	0,10	0,16	0,55
PE365 x EG	0,13	0,13	0,13	0,16	-0,20	0,43
PE365 x EGP8	0,02	0,02	0,02	0,13	-0,23	0,28
PE450 x AOL	0,35	0,36	0,35	0,09	0,18	0,51
PE450 x EG	0,10	0,10	0,10	0,14	-0,17	0,37
PE450 x EGP8	0,06	0,05	0,06	0,11	-0,15	0,26
AOL x IPP	-0,25	-0,26	-0,25	0,08	-0,41	-0,08
AOL x PAC	0,70	0,71	0,70	0,05	0,60	0,79
AOL x STAY	0,35	0,35	0,35	0,11	0,14	0,57
EG x IPP	-0,28	-0,30	-0,28	0,13	-0,53	-0,02
EG x PAC	0,23	0,23	0,23	0,13	-0,02	0,49
EG x STAY	0,08	0,06	0,08	0,16	-0,23	0,39
EGP8 x IPP	-0,23	-0,24	-0,23	0,11	-0,44	-0,02
EGP8 x PAC	0,01	0,00	0,01	0,10	-0,19	0,22
EGP8 x STAY	0,22	0,23	0,22	0,13	-0,03	0,46
Residual						
PE365 x AOL	0,21	0,23	0,21	0,04	0,13	0,29
PE365 x EG	0,05	0,05	0,05	0,04	-0,03	0,13
PE365 x EGP8	0,07	0,07	0,07	0,05	-0,02	0,16
PE450 x AOL	0,22	0,22	0,22	0,04	0,14	0,30
PE450 x EG	0,02	0,02	0,02	0,04	-0,05	0,09
PE450 x EGP8	0,04	0,04	0,04	0,04	-0,04	0,12
AOL x IPP	0,01	0,02	0,01	0,18	-0,33	0,35
AOL x PAC	-0,09	-0,05	-0,09	0,18	-0,47	0,26
AOL x STAY	-0,49	-0,53	-0,50	0,18	-0,80	-0,10
EG x IPP	0,02	0,03	0,02	0,16	-0,29	0,34
EG x PAC	0,35	0,38	0,36	0,14	0,06	0,60
EG x STAY	0,04	0,01	0,04	0,19	-0,32	0,38
EGP8 x IPP	0,01	0,01	0,01	0,11	-0,21	0,22
EGP8 x PAC	0,12	0,16	0,12	0,15	-0,18	0,41
EGP8 x STAY	-0,28	-0,27	-0,29	0,17	-0,61	0,06

PE365 e PE450: Perímetro Escrotal calculados aos 365 e 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; IPP: Idade ao Primeiro Parto; PAC: Produtividade Acumulada; STAY: Habilidade de Permanência da Vaca no Rebanho; DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de credibilidade.

As correlações genéticas entre as características reprodutivas e de carcaça foram de baixa a moderada magnitude, destacando a da PAC com AOL (0,70). Portanto, a PAC está associada geneticamente tanto com a AOL, como com às características

reprodutivas de machos e fêmeas. Assim, grande parte dos genes envolvidos no aumento da PAC, contribuem positivamente para a melhoria da eficiência reprodutiva de machos e fêmeas, assim como está intimamente associada à expressão da AOL, indicando que a seleção para produtividade acumulada privilegia também o rendimento da carcaça.

Também, as correlações envolvendo AOL com PE365, PE450 e STAY foram positivas e moderadas, iguais a 0,35, enquanto que com IPP foi levemente inferior, entretanto negativa e favorável (-0,25). Porém, as correlações envolvendo EG ou EGP8 foram de baixa magnitude, apesar de serem todas favoráveis. Dentre elas destacamos a da EG com IPP (-0,28) e PAC (0,23) e da EGP8 com IPP (-0,23) e STAY (0,22). Esses resultados indicam que os programas de melhoramento genético em animais Nelores machos estão no caminho certo, elencando características de preponderância em termos produtivos, reprodutivos e de carcaça, que também possuem associações genéticas favoráveis entre elas. Portanto, ao selecionar para melhoria das características reprodutivas, principalmente para os perímetros escrotais nos machos e a PAC nas fêmeas, haverá progresso genético em todas as outras características reprodutivas que impactam economicamente os sistemas de produção. Além do que, mesmo que não rápido, espera-se que haverá benefícios e progresso genético para as características de carcaça.

Em médio prazo, os animais com maior precocidade sexual serão animais com melhores rendimentos de cortes cárneos da carcaça, mas acima de tudo com maior produtividade acumulada e maior permanência das fêmeas no rebanho. Entretanto, as características associadas à espessura de gordura (EG e EGP8), em função das baixas magnitudes das estimativas de herdabilidade e de associação genética com as reprodutivas, precisam ainda ser trabalhadas pela seleção direta, mas poderão se beneficiar, mesmo que lentamente, indiretamente pela seleção direta das características reprodutivas.

As correlações residuais das características reprodutivas com as de carcaça foram, na sua maioria, próximas a zero, Ou seja, indica pouco ou nenhum efeito genético não aditivo e, ou, de meio comum entre elas. Apesar da baixa magnitude, dentre as correlações residuais com alguma expressão, destacam-se aquelas que envolvem a AOL com STAY (-0,49), PE365 (0,21) e com PE450 (0,22), envolvendo EG com PAC (0,35) e entre EGP8 e STAY (-0,28).

TABELA 6. Estimativas de médias posteriores das correlações genéticas e residuais entre as características reprodutivas e de carcaça e a característica de maciez da carne em bovinos Nelore Mocho.

Características	Média	Moda	Mediana	DP	IC 2,5%	IC 97,5%
Genética						
PE365 x WBSF	-0,13	-0,82	-0,34	0,67	-0,92	1,00
PE450 x WBSF	0,27	0,85	0,50	0,62	-0,93	0,97
AOL x WBSF	-0,09	-0,14	-0,10	0,45	-0,94	0,95
EG x WBSF	-0,12	-0,19	-0,12	0,39	-0,81	0,63
EGP8 x WBSF	-0,10	-0,12	-0,11	0,30	-0,68	0,46
IPP x WBSF	-0,61	-0,59	-0,64	0,24	-0,94	-0,02
PAC x WBSF	-0,52	-0,95	-0,61	0,39	-0,99	0,36
STAY x WBSF	-0,86	-0,99	-0,98	0,27	-1,00	0,06
Residual						
PE365 x WBSF	-0,84	-0,98	-0,90	0,21	-1,00	-0,21
PE450 x WBSF	-0,20	-0,22	-0,21	0,19	-0,56	0,17
AOL x WBSF	-0,06	-0,09	-0,06	0,11	-0,27	0,17
EG x WBSF	-0,01	0,00	-0,01	0,05	-0,11	0,09
EGP8 x WBSF	-0,02	-0,02	-0,02	0,08	-0,16	0,14
IPP x WBSF	0,79	0,99	0,93	0,28	0,07	1,00
STAY x WBSF	0,97	1,00	1,00	0,06	0,78	1,00

PE365 e PE450: Perímetro Escrotal calculados aos 365 e 450 dias de idade; AOL: área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura subcutânea; EGP8: Espessura de gordura subcutânea na garupa; IPP: Idade ao Primeiro Parto; PAC: Produtividade Acumulada; STAY: Habilidade de Permanência da Vaca no Rebanho; WBSF: força de cisalhamento (*warner-bratzler-shear force*); DP: Desvio padrão; IC: Intervalo de credibilidade.

O intervalo de credibilidade (95%) da densidade posterior das estimativas de correlações genéticas, expressas na tabela 6, para WBSF com PE365, PE450, AOL, EG e EGP8 apresentaram amplitudes próximas ao limite do intervalo dos valores extremos positivos e negativos da correlação, indicando imprecisão. Portanto, em função do intervalo de credibilidade, as estimativas das médias para essas correlações foram de baixa magnitude, podendo ser consideradas nulas. Ou seja, indicam que a seleção para melhorar a maciez não está relacionada geneticamente, de maneira efetiva, a alterações nas demais relacionadas e, assim, a seleção para WBSF deve ser conduzida de maneira independente. Para essas mesmas características associadas, à exceção de WBSF com PE365 (-0,84), verificaram correlações residuais baixas e próximas de zero, ou seja, as características não estão associadas por efeitos ambientais comuns. Esta compreensão está plausível, uma vez que a maciez da carne possui influências ambientais multifatoriais e, portanto bem mais susceptível a alterações do que às relacionadas com características morfológicas de

perímetros escrotais e, ou até mesmo às de carcaça. No caso específico, o ambiente favorável ao aumento de PE365 contribui favoravelmente a diminuição da WBSF, sugerindo que o ambiente interferiu na precocidade sexual e de acabamento de maneira positiva.

As correlações genéticas de WBSF com IPP, PAC e STAY foram calculadas em função apenas da associação genética contida na matriz de parentesco, uma vez que as medidas de eficiência reprodutiva foram obtidas apenas para as fêmeas e que a WBSF foram obtidas apenas nos machos abatidos. As correlações de WBSF com PAC e STAY foram negativas, com magnitude de moderadas a altas (-0,52 e -0,86, respectivamente), sugerindo que parte dos genes envolvidos em aumentar a PAC e a STAY também atuam favoravelmente na diminuição da WBSF. Já, a magnitude da correlação genética da WBSF com IPP, apresentou-se desfavorável (-0,61), sugerindo que os genes que atuam melhorando IPP não são favoráveis para a melhoria da maciez da carne, obtida pela WBSF. Diferentemente da genética, as correlações residuais de WBSF com STAY (0,97) e com IPP (0,79) apresentaram magnitudes elevadas e positivas, portanto desfavorável com STAY e favorável com IPP. Sendo assim, sugerindo que o ambiente ou efeitos genéticos não aditivos que aumentam STAY agem desfavoravelmente aumentando a WBSF, mas favoravelmente com IPP, ou seja, atuam no mesmo sentido, diminuindo IPP e WBSF ou aumentando ambas.

Entretanto, considerando as correlações genéticas e residuais entre WBSF e IPP, e a natureza inerente de obtenção das medidas, mensuradas em sexos diferentes, e influenciadas por efeitos ambientais distintos, a interpretação biológica deste parâmetro torna-se comprometida e especulativa, mesmo entendendo que são características que podem estar relacionadas às precocidades sexual e de acabamento.

4.CONCLUSÃO

As estimativas de (co)variâncias e dos parâmetros genéticos obtidas para as características reprodutivas, de carcaça e maciez da carne indicam importante variabilidade genética entre os animais e, portanto, devem ser preconizadas e estabelecidas nos programas de melhoramento genético, principalmente às relacionadas a eficiência reprodutiva dos rebanhos.

Em função da herdabilidade dos perímetros escrotais mensurados aos 365 e 450 dias de idade, bem como das suas correlações genéticas com as características reprodutivas das fêmeas, a seleção direta para os mesmos acarretará em seleção indireta para PAC, STAY e IPP.

A PAC demonstrou ser um critério de seleção bem interessante a ser adotado pelos programas de melhoramento genético, privilegiando indiretamente o progresso genético mais rápido para as características reprodutivas de fêmeas e machos (PE365, PE450, IPP e STAY), assim como para AOL.

As características de carcaça avaliadas (AOL, EG e EGP8) indicam resposta à seleção direta, ratificando sua preconização como critérios de seleção para animais Nelores mochos, entretanto apresentaram baixas correlações genéticas com a maioria das características reprodutivas estudadas.

As limitações para obtenção das medidas de WBSF, tanto devido à metodologia de sua obtenção e a necessidade de abate de animais, assim como pelo coeficiente de variação elevado e baixa magnitude da herdabilidade dificultam sua inserção como critério de seleção nos programas de melhoramento genético de bovinos Nelores mochos.

5. REFERÊNCIAS

1. Bergmann, J.A.G. Melhoramento genético da efi ciência reprodutiva em bovinos de corte. In: Congresso Brasileiro De Reprodução Animal, 10, 1993, Belo Horizonte, Suplemento. Belo Horizonte: CBRA, 1993. p.70-86.
2. Brumatti, RC, Ferraz, JBS, Eler, JP, Formigoni, IB, Desenvolvimento de índice de seleção em gado corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico, *Archivos da Zootecnia*, 2011; 60(230):205-213.
3. Short, RY; Staimiller, RB; Bellows, RL; Greer, RC, Breeding heifers at one year of age: Biological and economic considerations, In: FIELDS, MJ; SANDS, RS, Anais... Factors affecting calf crop, Boca Raton: CRC, 1994, p,55-68.
4. Silva, JAV, Dias, LT Albuquerque, LG, Estudo Genético da Precocidade Sexual de Novilhas em um Rebanho Nelore, *Revista Brasileira Zootecnia*, 2005, 34(5):1568-1572.
5. Caetano, SL, Savegnago, RP, Boligon, AA, Ramos, SB, Chud, TCS, R,B,Lôbo, RB, Munari, DP, Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle, *Livestock Science*, 2013; 155:1-7.
6. Castro, LM, Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Lopes, FB. Quantitative genetic analysis for meat tenderness trait in Polled Nellore cattle. *Revista Ciência Agronômica*, abr-jun, 2014; 45(2): 393-402.
7. Faria, CU, Andrade, WBF, Pereira, CF, Silva, RP, Lôbo, RB, Análise bayesiana para características de carcaça avaliadas por ultrassonografia de bovinos da raça Nelore Mocho, criados em bioma Cerrado, *Ciência Rural*, feb, 2015; 45(2): 317-322.
8. Simoes, JA, Mendes, MI, Lemos, JPC, Selection of muscle as indicators of tenderness after seven days of ageing, *Meat Science*, 2005; (69): 617-620.
9. Yokoo, MJI, Albuquerque, LG, Lôbo, RB, Bezerra, LAF, Araujo, FRC, Silva, JAV, Sainz, RD, Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle, *Livestock Science*, 2008; 117:147-154.
10. Abicht, AM. Percepções dos consumidores locais sobre a carne bovina certificada e rastreada, *Dissertação*, 61p. PORTO ALEGRE, RS, 2009.
11. Alves, DD; Mancio, AB. Maciez da carne bovina – Uma revisão. *Revista da FZVA. Uruguaiana*, v.14, n.1, p. 193-216. 2007.
12. Lopes FB, Magnabosco CU, Paulini F, Silva MC, Miyagi, ES, Lôbo, RB, Genetic Analysis of Growth Traits in Polled Nellore Cattle Raised on Pasture in Tropical Region Using Bayesian Approaches, *PLoS ONE*, 2013; 8(9): e75423.
13. Pereira, E.; Eler, J.P.; Ferraz, J.B.S. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p. 1676-1683, 2000.
14. Lôbo, R.B. Programa de melhoramento genético da raça Nelore. 3 ed. Ribeirão Preto, FINEP 1996. 104p.

15. Hudson, G.F.S.; Van Vleck, L.D. Relations between production and stayability in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.2246-2250, 1981.
16. Wheeler, TL, Shackelford, SD, Koohmaraie, M. Cooking and palatability traits of beef longissimus steaks cooked with a belt grill or an open hearth electric broiler. *Journal of Animal Science*, Champaign, 1998, 76:2805-2810.
17. Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. Available at: <http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all1.pdf>. Acessado em 25 de outubro de 2014.
18. Sorensen, D; Gianola, D; Likelihood, Bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics, New York: Springer, Statistics for Biology and Health, 2002; 740 p.
19. Gianola, D; Foulley, JL, Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model, *Genet, Sel, Evol.*, 1983; 15:201-224.
20. Grossi, DA, Frizzas, OG, Paz, CCP, Bezerra, LAF, Lôbo, RB, Oliveira, JA, Munari, DP, Genetic associations between accumulated productivity, and reproductive and growth traits in Nelore cattle, *Livestock Science*, 2008; 117:139–146.
21. Yokoo, MJI, Albuquerque, LG, Lôbo, RB, Sainz, RD, Carneiro Júnior, JM, Bezerra, LAF, Araujo, FRC. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *R. Bras. Zootec*, 2007; 36(6):1761-1768.
22. Boligon, AA, Silveira, FA, Silveira, DD, Dionello, NJL, Santana Jr, ML, Bignardi, AB, Souza, FRP. Reduced-rank models of growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Theriogenology*. 2015; 83:1338-1343.
23. Barbosa, V, Magnabosco, CU, Trovo, JBF, Faria, CU, Lopes, DT, Viu, MAO, Lobo, RB, Mamede, MMS, [Quantitative Genetic Study Of Carcass Characteristics And Scrotal Perimeter, Using Bayesian Inference In Nelore Young Bull], Estudo Genético Quantitativo De Características De Carcaça E Perímetro Escrotal, Utilizando Inferência Bayesiana Em Novilhos Nelore, *Biosci, J.*, Uberlândia Sept./Oct, 2010; 26(5):789-797.
24. Yokoo, M. J., Lôbo, R. B. ; Araujo, F. R. C. ; Bezerra, L. A. F. ; Sainz, R. D. ; Albuquerque, L. G. . Genetic associations between carcass traits msured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, v. 88, p. 52-58, 2010.
25. Yokoo, MJI, Análise Bayesiana da área de olho do lombo e da espessura de gordura obtidas por ultrassom e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore, Tese (doutorado), Jaboticabal - Universidade Estadual Paulista, 2009; p, 84.
26. Zuin, RG, Buzanskas, ME, Caetano, SL, Venturini, GC, Guidolin, DGF, Grossi, DA, Chud, TCS, Paz, CCP, Lôbo, RB, Munari, DP, Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle, *Meat Science*, 2012; (91): 352–357.

27. Caetano, SL, Savegnago, RP, Boligon, AA, Ramos, SB, Chud, TCS, R.B. Lôbo, RB, Munari, DP. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nelore cattle. *Livestock Science*. 2013; 155:1–7.
28. Tizioto, PC, Decker JE, Taylor, JF, Schnabel, RD., Mudadu, MA, Silva, FL, Mourão, GB, Coutinho, LL, Tholon, P, Sonstegard, TS, Rosa, AN, Alencar, MM, Tullio, RR, Medeiros, SR, Nassu, RT, Feijó, GLD, Silva, LOC, Torres, RA, Siqueira, F, Higa, RH, Regitano, LCA. Genome scan for meat quality traits in Nelore beefcattle. *Physiological Genomics* Published. 2013; 45(21): 1012-1020.
29. Mercadante, MEZ, Lôbo, RB, Oliveira, HN, Estimativas de (Co)Variâncias entre Características de Reprodução e de Crescimento em Fêmeas de um Rebanho Nelore, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2000; 29(4):997-1004.
30. Yokoo, MJ, Magnabosco, CU, Rosa, GJM, Lôbo, RB, Albuquerque, LG, [Reproductive traits and their associations with other economically important traits in Nelore] Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore, *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 2012; 64(1):91-100.
31. Boligon, AA, Albuquerque, LG, Genetic parameters and relationships of heifer pregnancy and age at first calving with weight gain, yearling and mature weight in Nelore cattle, *Livestock Science*, 2011; 141:12–16.
32. Regatieri, IC, Boligon, AA, Baldi, F, Albuquerque, LG, Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nelore cattle, *Genet, Mol, Res*, 2012; 11(3): 2979-2986.
33. Schwengber, E,B,; Bezerra, L,A,F,; Lôbo, R,B, Produtividade acumulada como critério de seleção em fêmeas da raça Nelore, *Ciência Rural*, Santa Maria, 2001; 31(3):483-486.
34. Faria, CU, Magnabosco, CU, Reyes, A de los, Lôbo, RB, Bezerra, LAF, Sainz, RD, Bayesian inference on field data for genetic parameters for some reproductive and related traits of Nelore cattle (*Bos indicus*) *Genetics and Molecular Biology* 2007; 30(2):343-348.
35. Rosa, A,N, Variabilidade fenotípica e genética do peso adulto e da produtividade acumulada de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil, Ribeirão Preto, SP, Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo, 1999; 114p.
36. Duitama, OC, González, LH, Garcia, D, Farah, M, Fonseca, R, [Accumulated productivity and its genetic association with reproductive traits in females Brahman] Productividad acumulada y su relación genética com características reproductivas em bras Brahman, *Rev. MVZ Córdoba*, 2013; 18(Supl):3658-3664 [Espanhol].
37. Chud, TCS, Caetano, SL, Buzanskas, ME, Grossi, DA, Guidolin, DGF, Nascimento, GB, Rosa, JO, Lôbo, RB, Munari, DP, Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nelore beef cattle, *Livestock Science*, 2014; 170:16-21.
38. Azevêdo, DMMR, Martins Filho, R, Lôbo, RNB, Lôbo, RB, Moura, AAAN, Pimenta Filho, EC, Malhado, CHM, Produtividade Acumulada (PAC) das Matrizes em Rebanhos Nelore do Norte e Nordeste do Brasil, *R, Bras, Zootec*, 2005; 34(1):54-59.

- 39.Santana, MHA, Oliveira Junior, GA, Gomes, RC, Silva, SL, Leme, PR, Stella, TR, Mattos, EC, Rossi Junior, P, Baldi, FS, Eler, JP, Ferraz, JBS, Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nelore cattle, *Livestock Science*, 2014; 167:80-85.
- 40.Silva, JV, Eler, JP, Ferraz, JBS, Oliveira, HN, Análise Genética da Habilidade de Permanência em Fêmeas da Raça Nelore, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2003; 32(3):598-604.
- 41.Formigoni, IB, Silva, JAV, Brumatti, RC, Ferraz, JB, Eler, JP, Economic aspects of stayability as selection criterion in beef cattle industry in Brazil, In: *World Congress on Genetic Applied to Livestock Production*, 7., 2002, Montpellier, Proceedings,, Montpellier, 2002, CD-ROM.
- 42.GARNERO, A. del V.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F.; OLIVEIRA, H.N. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.714-718, 2001.
- 43.Faria, CU, Magnabosco, CU, Albuquerque, LG, Reyes, A, Bezerra, LAF, Lobo, RB, Abordagem bayesiana e freqüentista em análise genética tricaráter para crescimento e reprodução de bovinos nelore, *Ciência Animal Brasileira*, 2008; 9(3):598-607.
- 44.Corbet, NJ, Burns, BM, Johnston, DJ, Wolcott, ML, Corbet, DH, Venus, BK, Li, Y, McGowan, M, R.; Holroyd, R, G, A, Male traits and herd reproductive capability in tropical beefcattle, 2, Genetic parameters of bull traits, *Animal Production Science*, 2013; 53:101–113.
- 45.Magnabosco, CU, Sainz, RD, Faria, CU, Yokoo, MJ, Manicardi, F, Barbosa, V, Guedes, C, Leme, PR, Pereira, A, Araújo, FRC, Sanches, AC, Lobo, R, Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados, In: *Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte*, 5., Anais,, onde: SIMCORTE, 2006, Disponível em: http://www.simcorte.com/index/Palestras/5_simcorte/simcorte9.pdf.
- 46.Sainz, RD, Araújo, FRC, Manicardi, F, Ramos, JRH, Magnabosco, CU, Bezerra, LAF, Lôbo, RB, Melhoramento Genético da Carcaça em Gado Zebuino, In: *Seminário Nacional de Criadores e Pesquisadores, Melhoramento Genético e Planejamento Pecuário*, Ribeirão Preto-SP, 2003, Anais,, Ribeirão Preto: ANCP, 2003, CD-ROM.
- 47.Laureano, MMM, Boligon, AA, Costa, RB, Forni, S, Severo, JLP, Albuquerque, LG. Estimativas de herdabilidade e tendências genéticas para características de crescimento e reprodutivas em bovinos da raça Nelore. *Arquivo Brasileira Medicina Veterinária Zootecnia*, 2011; 63(1): 143-152.
- 48.Macneil, MD, Geary, TW, Perry, GA, Roberts, AJ, Alexander, LJ, Genetic partitioning of variation in ovulatory follicle size and probability of pregnancy in beef cattle, *Journal Animal Science*, 2006; 84:1646.
- 49.Gutiérrez, JP, Alvarez, I, Fernández, I, Royo, LJ, Díez, J, Goyache, F, Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle, *Livestock Production Science*, 2002; 78:215–222.
- 50.Gressler, MGM, Pereira, JCC, Bergmann, JAG, Andrade, VJ, Paulino, MF, Gressler, SL, Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore, *Arquivos Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2005; 57(4):533-538.

51. Regatieri, IC, Boligon, AA, Baldi, F, Albuquerque, LG, Genetic correlations between mature cow weight and productive and reproductive traits in Nelore cattle, *Genet, Mol, Res*, 2012; 11(3):2979-2986.
52. Van Melis, MH, Eler, JP, Rosa, GJM, Ferraz, JBS, Figueiredo, LGG, Mattos, EC, Oliveira, HN, Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nelore cattle, *Journal Animal Science*, 2010; 88:3809–3813.
53. Silva, JAI, Formigoni, IB, Eler, JP, Ferraz, JBS, Genetic relationship among stayability, scrotal circumference and post-weaning weight in Nelore cattle, *Livestock Science*, 2006; 99:51– 59.
54. Eler, JP, Bignardi, AB, Ferraz, JBS, Santana Jr, ML, Genetic relationships among traits related to reproduction and growth of Nelore females, *Theriogenology*, 2014; 82:708–714.
55. Marques, EG, Magnabosco, CU, Lopes, FB, Silva, MC, Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal de animais da raça nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. *Bioscience Journal, Uberlândia*, 2013; 29(1):159-167.

ANÁLISE GENÉTICA PARA MACIEZ DE CARNE E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS EM BOVINOS NELORE MOCHO

CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos realizados para conhecer as associações entre características inovadoras e não convencionalmente utilizadas nos programas de seleção em rebanhos da raça Nelore, como a maciez da carne, com as demais características de importância econômica, tornam-se de extrema importância, pois possibilitarão um melhor conhecimento dessas relações biológicas e conseqüentemente podem contribuir para um melhor desempenho global para a pecuária de corte permitindo maior intensidade seletiva e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e benefícios econômicos,

Os resultados das estimativas de (co)variâncias e os parâmetros genéticos desse estudo para as características de crescimento, reprodução, carcaça e maciez de carne indicaram a existência de variabilidade genética suficiente nas diversas características econômicas contempladas. Dessa forma, um programa de seleção considerando essas características levará a um aumento na eficiência produtiva do sistema de produção desses rebanhos estudados, promovendo o progresso genético dos mesmos, e que a inclusão de características de difícil avaliação como carcaça e principalmente a maciez da carne (força de cisalhamento) não apresentaram correlações desfavoráveis com as outras características tradicionais de crescimento e reprodução de interesse econômico, podendo ser efetivadas em programas de melhoramento genético de bovinos da raça Nelore não prejudicando os progressos já alcançados com a utilização dessas características tradicionais como critérios de seleção.

No Brasil, os programas de melhoramento genético de bovinos de corte têm sido voltados, principalmente, ao desenvolvimento ponderal ou de crescimento, sendo as características reprodutivas, carcaça e maciez da carne, deixadas em segundo plano, em muitas situações, devido à falta de um sistema de controle da informação como é o caso das características reprodutivas, falta de tecnologia disponível massificada e de fácil acesso como foi o caso da ultrassonografia de carcaça até os anos 2000 e/ou pela dificuldade, complexidade e custo da tomada da informação, como é o caso da maciez da carne que requer o abate do animal.

Além disso, ligado a esse panorama, está popularizado o conceito de que essas características reprodutivas, principalmente, são de baixa herdabilidade e por isso de difícil obtenção de progresso genético efetivo. As características reprodutivas são penalizadas pela decorrência da ineficiência na coleta de dados, dificultando o estabelecimento confiável do mérito genético dos animais para as mesmas. Além disso, a natureza categórica de algumas dessas características como a Stayability, importantíssima do ponto de vista econômico e lucratividade do rebanho, demanda procedimentos analíticos mais complexos do que aqueles utilizados para características representadas por variáveis contínuas, como as de crescimento, dificultando assim sua abordagem rotineira nos programas de seleção.

A tomada de medida das características de carcaça é mais onerosa para os criadores, pois estes necessitam de uma terceirização do serviço para obtenção desses dados fenotípicos, e como, os criadores não são, em sua maioria, remunerados por ter no seu produto final animais com um maior rendimento e melhor acabamento de carcaça, eles não utilizam essas características como critério de seleção nos rebanhos. Em alguns frigoríficos essa realidade mudou, pois passaram a remunerar criadores que vendem animais superiores para as características de carcaça, o que incentivou esses criadores a alterar os critérios de seleção e aprimorar o sistema de produção para contemplar essas características de carcaça no perfil dos animais de seus rebanhos.

As características de qualidade da carne, como a maciez, são consideradas complexas, pois para obtê-las, em especial a maciez, é necessário o abate dos animais, como já discutido amplamente nesse estudo, e este processo é de alto custo para as pesquisas e muito longo. Existe a necessidade de novas pesquisas por pesquisadores da área de processamento de carne, para se descobrir novas metodologias para obtenção dos valores fenotípicos dos animais, em busca de um método que não necessite o abate dos animais e até mesmo que, as medidas sejam obtidas em uma fase mais jovem, para diminuir o tempo de obtenção desses valores.

Enquanto essas novas metodologias para obtenção dos dados fenotípicos não são desenvolvidas e implantadas, os estudos inovadores já em andamento, fazendo uso dos marcadores moleculares são de suma importância, no intuito de baratear o processo de identificação de animais possuidores de genes para maciez da carne, possibilitando a realização de estudos de associação genômica ampla para maciez da carne em bovinos Nelore e assim viabilizando a predição dos valores genômicos dos animais tornando uma

ferramenta essencial aos criadores no processo seletivo de seus rebanhos. Dessa forma, a adoção da característica maciez da carne no programa de seleção de rebanhos participantes de programas de melhoramento os permitirá acompanhar a evolução das tecnologias genéticas mais avançadas no mundo e fornecer ao mercado, material genético de excelente qualidade e que estará apto a atender às necessidades de um programa nacional de valorização da qualidade do produto final, em especial a qualidade da carne.

Sabemos que a característica maciez da carne é multifatorial, no entanto, no que diz respeito ao componente genético é fundamental que a raça base de corte no Brasil, a raça Nelore, possua em seu potencial genético, atributos para produção de carne macia contribuindo assim de maneira inequívoca para a produção de bovinos de corte de qualidade superior no Brasil, especialmente, considerando o país como grande mercado consumidor interno e exportador de carne. Claro que para isso algumas providências de articulação e organização do setor no sentido de valorização desse produto deverão ser tomadas, como já vem ocorrendo com alguns poucos frigoríficos, associações de raça e organizações privadas.

As informações contidas nessa pesquisa possuem aplicação prática e imediata ao setor produtivo, em especial, aos rebanhos participantes do programa nacional de seleção da raça Nelore uma vez que indica que a resposta a seleção da característica maciez da carne é possível, efetiva e que a partir desse estudo serão disponibilizados em breve os valores genômicos para maciez da carne de touros Nelore para o mercado brasileiro oriundos dos planteis, em especial da marca OB e da marca BRGN da Embrapa Cerrados.