UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA
DE ALIMENTOS

MARINA DE NADAI BONIN

**Avaliação de características de desempenho e qualidade de carne em
linhagens e touros representativos da raça Nelore, utilizando
ultrassonografia, análise de imagens e NIRS**

Pirassununga
2012

MARINA DE NADAI BONIN

**Avaliação de características de desempenho e qualidade de carne em
linhagens e touros representativos da raça Nelore, utilizando
ultrassonografia, análise de imagens e NIRS**

(Versão corrigida)

Tese apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo como parte
dos requisitos para obtenção do título de
doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. José Bento Sterman
Ferraz

Pirassununga
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

B715a Bonin, Marina da Nadai
Avaliação de características de desempenho e
qualidade de carne em linhagens e touros representativos
da raça Nelore, utilizando ultrassonografia, análise de
imagens e NIRS / Marina de Nadai Bonin. -- Pirassununga,
2012.
135 f.
Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Ciências Básicas.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
Animal.
Orientador: Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz.

1. Carcaça 2. Extrato etéreo 3. Frame 4. Genearcas
5. Maciez 6. Parâmetros genéticos. I. Título.

A Deus agradeço pelas oportunidades, conquistas e fortalecimento nos momentos de dificuldades e provas;

Aos meus pais amados Paschoal e Vera, pelo amor inestimável, compreensão nos muitos momentos de ausência, conforto nas horas difíceis e incentivo para busca dos meus sonhos;

Aos meus irmãos, companheiros e amigos Marcio e Mariana: Deus nos uniu por laços de sangue para ter certeza de que jamais pudéssemos nos separar;

Aos meus avós Eden e Augusto (in memorian), Idalina, e Assunta pelo amor e torcida sempre: “Quando estiver triste ou pensar em desistir, lembre-se de nós, que estaremos sempre orando por você” e foi assim que cheguei até aqui;

Ao meu amigo, namorado e eterno incentivador Rodrigo da Costa Gomes, obrigada por fazer parte da minha vida, da minha história e me ajudar a vencer:

“A fidelidade é a prova mais livre de um amor mais forte”

À Nayara pelo carinho, companhia e auxílio;

A todos os que me ajudaram e sempre estiveram comigo nesta caminhada;

Dedico

Agradecimentos

Agradeço imensamente a Deus pela oportunidade e força para conduzir esta pesquisa e superar todos os obstáculos durante sua realização;

Ao meu orientador Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz pela orientação, apoio e amizade, que acreditou em mim e me apoiou nesta conquista.

“A capacidade pouco vale sem oportunidade”

Napoleão Bonaparte

Ao Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva pela verdadeira coorientação, amizade, cumplicidade e enorme ajuda para elaboração e condução deste trabalho;

Ao Dr. Lutz Bünger, Dave Ross e Cameron Craigie do Scottish Agricultural College pelo suporte para as análises de NIRS;

Ao Dr. Juan Pablo Gutiérrez Garcia pela cessão do programa ENDOG;

Ao Dr. Ignácio Aguilar e Dr. Ignacy Misztal pelas sugestões para cálculo dos coeficientes de parentesco;

Ao Prof. Dr. Francisco Palma Rennó pela parceria nas análises de extrato etéreo;

Aos professores Dr. Joanir Pereira Eler, Dr. Julio César Baliero, Dr. Paulo Roberto Leme, Dr. Jaime Urdapilleta Tarouco; Dr. Evaldo Antonio Lencione Titto, Dr. César Gonçalves Lima pela amizade e suporte em todos estes anos de convivência na FZEA;

À Elisângela (Li) pelo apoio, paciência e amizade;

Ao Willian Koury Filho e ao Fábio Souza de Almeida Filho pela grande contribuição com este trabalho;

Aos meus amigos e coautores deste trabalho Virgilio (Papinha), Francisco (Piu-Piu), João Campo (Tetinha), Felipe (Arma...), Annanda (Nanda), Priscila (Pri), Tainan (Parangolé), Natália (Cancela), Gislei (Gi) e Tamilly o meu MUITO OBRIGADA! Sem vocês não seria possível!

Ao Victor (Preto) pela amizade, presença e auxílio, sempre;

Aos amigos Miguel, Cucco, Paulinho, Fernando Manicardi, Leandro Lunardini, Mora, Inseto, Luciane Martello, Rosana, Zé, Tripa, Tiago, Fernanda, Priscila, Letícia, Madeline, Claiton, Baiano, Joãozinho, Priscila (Capi) Chilena, Lenita, Mirele, Cris, Bárbara, Alessandra, Jane, Rachel, Minos, Roulber, Sancho, Aline Zampar, Ligia, Karina, Adarfa, Gerson, Fabio, Thays, Reissa, Clarissa, Shirley e Mariela;

À Su, Mayra, Tuia, Joyce, Sharon, Bruna e Mariana que sempre estiveram ao meu lado;

Aos amigos de Edimburgo Clarissa, Darren, Carol, Kasia e Patricia pela ajuda e amizade;

Aos meus tios Kiko, Nice, Nicinha, Jandir, Ney, Chiquinho, Mara e Claudio;

Ao Sr Jandir e à Dna Marina;

À Johanna, João, Gregui, Johanna Villamil, Mario pelo auxílio nas coletas;

Aos amigos do abatedouro Elson, Mauricio, Charlaque, Dito, Mario, Beloni e Dori pela amizade e auxílio sempre;

Ao Ricardinho, João, Zanquitin, Paulinho, Macarrão, Ismael, Ricardo, Marcão, Marquinho, e Valmir;

À Simi e Ari pelo suporte nas análises de extrato etéreo;

À Layla, Alecssandra e todos os funcionários da sessão de Pós Graduação;

À Vera, Lu e Marcia, pela amizade;

Ao Gilson, Arnaldo, Renan, Cleber e Pedro pelos socorros e pela amizade;

A Agro-Pecuária CFM, Fazenda Santa Helena e ao Nelore do Golias pelo fornecimento dos animais e colaboração com este trabalho;

Ao Luiz Fernando Russo de Abreu, ao grupo Marfrig e ao Frigorífico Minerva – Barretos pelo apoio na coleta de dados de abate e desossa deste estudo;

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de doutorado (Processo Fapesp 2009/01357-4) e suporte financeiro (Processo Fapesp 2009/15930-8) para condução deste projeto de pesquisa;

A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos e a todos os funcionários que deram suporte para realização deste estudo.

“O fracasso é uma glória reservada aos fortes que se atreveram a conquistá-la”

Autor desconhecido

“A força não provém da capacidade física e sim de uma vontade indomável”

Mahatma Gandhi

“Paixões nos movem, nos alimentam, é só acreditar para ser feliz...”

Rubico Carvalho

RESUMO

BONIN, M.N. Avaliação de características de desempenho e qualidade de carne em linhagens e touros representativos da raça Nelore, utilizando ultrassonografia, análise de imagens e NIRS. 2012. 135 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar as diferenças nos padrões de desenvolvimento ponderal, composição de carcaça e qualidade de carne entre linhagens e touros representativos da raça Nelore, com aplicação de tecnologias modernas para coleta de dados e estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos das características em estudo. Foram utilizados dados de desenvolvimento ponderal, características de carcaça e qualidade de carne de machos da raça Nelore, terminados a pasto e confinamento e pertencentes a programas de avaliação genética. Desses animais, foram coletadas informações individuais de características de carcaça avaliadas por ultrassonografia e medidas corporais para estimação do *frame* de cada animal. Ao abate, foram avaliadas características de carcaça e carne, diretamente na carcaça e também através de imagens digitais do músculo *Longissimus* para determinação de atributos relacionados à qualidade, como maciez, perdas por cozimento, gordura intramuscular e pH. Avaliações por infravermelho com comprimentos de onda na faixa do visível próximo (VIS-NIRS) foram tomadas para associação com valores de pH, força de cisalhamento e lipídios no músculo *Longissimus*. Foram estimados parâmetros genéticos para todas as características avaliadas neste trabalho. As características de ganho ponderal, *frame*, medidas de ultrassonografia e qualidade de carne foram utilizadas para comparação entre genearcas e novos genearcas da raça Nelore. Estas informações em conjunto com a validação ferramentas auxiliares para coleta de fenótipos poderão ajudar na condução de programas de melhoramento genético de características de desempenho e qualidade de nos rebanhos dessa raça, bem como a obtenção de importantes informações sobre a variabilidade e valor genético de genearcas e touros representativos da raça Nelore.

Palavras-chave: carcaça, extrato etéreo, *frame*, Genearcas, maciez, parâmetros genéticos

ABSTRACT

BONIN, M.N. **Evaluation of growth and beef quality traits in lineages and representative Nellore sires, using ultrasound, video image analysis and NIRS measurements.** 2012. 135 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

The objective of this study was to evaluate the differences of growth, carcass composition and beef quality traits among lineages and representative Nellore sires, using new technologies to collect data and estimate genetic and phenotypic parameters. Data on growth, carcass and meat quality traits of Nellore bulls, raised in pastures and included in genetic evaluation programs were analyzed. Individual information on live ultrasound carcass measurements and frame were, also, collected. After slaughter, carcass, beef quality traits and video image analysis (VIA) of muscle *Longissimus* were obtained for estimation of beef quality attributes like tenderness, cooking losses, intramuscular fat and pH. Evaluations with Near Infrared Spectroscopy (VIS-NIRS) were made to quantify tenderness and lipid in *Longissimus* muscle. Genetic parameters were estimated for all traits analyzed in this study. Traits like performance, frame, ultrasound carcass evaluation and meat quality were used to compare lineages and representative Nellore sires. This research provide precious information to development of auxiliary tools for genetic improvement of growth, carcass and meat quality traits in Nellore herds, and provide important information about variability and genetic value of founders and representative sires of this breed.

Key-words: carcass, ether extract, Founders, frame, genetic parameters, tenderness

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática dos diferentes comprimentos de onda.	24
Figura 2 - Equipamento Warner Bratzler Shear Force utilizado para as análises de maciez.	41
Figura 3 - Obtenção de espectros de VIS-NIRS no local de separação do dianteiro e traseiro, entre a 5ª e 6ª costelas.	43
Figura 4 - Médias dos espectros [Log (1/R)] obtidos na desossa ($NIRS_{desossa}$) e nas análises de maciez aos zero ($NIRS_{mac0}$) e 7 dias ($NIRS_{mac7}$) de maturação em amostras de carne de bovinos da raça Nelore.	45
Figura 5 - Valores de pH referência e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça nelore. Espectros coletados no momento da desossa.	49
Figura 6 - Valores referência de maciez aos zero dias de maturação (MAC_{5-0}) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados no momento da desossa.	51
Figura 7 - Valores referência de maciez aos sete dias de maturação (MAC_{5-7}) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados nas análises de carnes com zero dias de maturação.	52
Figura 8 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da raça Nelore maturadas por zero dias (MAC_{5-0}), a partir de espectros coletados na desossa.	53
Figura 9 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da raça Nelore de carne maturadas por sete dias (MAC_{5-7}), a partir de espectros coletados na desossa.	53
Figura 10 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da Raça Nelore maturadas por sete dias (MAC_{5-7}), a partir de espectros coletados nas análises de carnes com zero dia de maturação.	54
Figura 11 - Padrão de absorção de luz de carnes macias (força de cisalhamento < 4,5 kg) e duras (força de cisalhamento > 4,5 kg) com zero dia de maturação de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados na desossa.	56
Figura 12 - Padrão de absorção de luz de carnes de bovinos da raça Nelore com valores extremos de maciez, com zero dia de maturação. Espectros coletados na desossa.	56
Figura 13 - Valores referência extrato etéreo (EE) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados na desossa.	58
Figura 14 - Variáveis importantes para associação com as características pH, maciez aos zero (MAC_{5-0}) e sete dias de maturação (MAC_{5-7}) e extrato etéreo (EE). Valores de absorbância dos espectros obtidos a partir de amostras de carne de bovinos da raça Nelore.	61
Figura 15 - Medidas de comprimento (A) e largura de garupa (B).	69
Figura 16 - Imagem do músculo Longissimus na região da 5ª costela para determinação da área de olho de lombo (AOL_{VL}) de bovinos da raça Nelore pelo programa Lince® (M & S Consultoria Agropecuária Ltda., Pirassununga, SP, Brasil).	71
Figura 17 - Desenho esquemático dos locais onde foram coletadas medidas de carcaça e qualidade de carne, onde (1) separação dos quartos dianteiro e traseiro na altura da 5ª costela, (2) separação da carcaça na altura da 12ª costela, (3) separação do contrafilé com o coxão. Adaptado de http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/cortes/textos/meiacarcaca.html , Acesso em 22/08/2012.	72
Figura 18 - Escalas de marmoreio (USDA, Quality Grade).	73
Figura 19 - Warner Bratzler Shear Force utilizado para o cisalhamento das amostras de carne de bovinos da raça Nelore.	74
Figura 20 - Escalas de marmoreio (USDA, Quality Grade).	104

Figura 21 - Warner Bratzler Shear Force utilizado para o cisalhamento das amostras.-----	104
Figura 22 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica ganho de peso da desmama ao sobreano (GP ₃₄₅) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	109
Figura 23 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica <i>frame</i> (FRAME _{GMA}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	110
Figura 24 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica peso de carcaça quente (PCQ) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	110
Figura 25 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica área de olho avaliada por ultrassonografia (AOL _{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	111
Figura 26 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea avaliada por ultrassonografia (EGS _{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	112
Figura 27 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea na picanha avaliada por ultrassonografia (EGP _{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	113
Figura 28 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica marmoreio (MAR ₅) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	114
Figura 29 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica maciez (MAC ₅₋₀) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	115
Figura 30 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica ganho de peso da desmama ao sobreano (GP ₃₄₅) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	117
Figura 31 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica <i>frame</i> (FRAME _{GMA}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	118
Figura 32 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica peso de carcaça quente (PCQ) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	119
Figura 33 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica área de olho avaliada por ultrassonografia (AOL _{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	119
Figura 34 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea avaliada por ultrassonografia (EGS _{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	120
Figura 35 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea na picanha avaliada por ultrassonografia (EGP _{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	121
Figura 36 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica marmoreio (MAR ₅) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05. -----	122
Figura 37 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica maciez (MAC ₅₋₀) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.-----	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição do número de amostras e composição dos bancos de calibração e validação para os espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$), nas análises de maciez aos zero ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias ($NIRS_{Mac7}$) de maturação.	44
Tabela 2 - Variação, média, desvio padrão e coeficiente de variação de atributos de qualidade de carne de bovinos da raça Nelore para composição dos bancos de espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$) e nas análises de carnes aos zero ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias de maturação ($NIRS_{Mac7}$).	46
Tabela 3 - Predição de atributos de qualidade de carne a partir de espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$), aos zero ($nirs_{Mac0}$), e sete dias de maturação ($nirs_{Mac7}$).	48
Tabela 4 - Resumo das características e sítios anatômicos e tipos de armazenamento utilizados para as avaliações de carcaça e qualidade de carne.	75
Tabela 5 - Descrição dos efeitos fixos e covariáveis utilizados para as estimativas de parâmetros genéticos.	77
Tabela 6 - Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas de parâmetros genéticos para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne.	78
Tabela 7 – Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de área de olho de lombo e musculabilidade em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	79
Tabela 8 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	81
Tabela 9 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de peso de carcaça quente, área de olho de lombo espessura de gordura subcutânea de bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	83
Tabela 10 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea e tamanho corporal em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	85
Tabela 11 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para peso de carcaça quente, largura e comprimento de garupa, <i>frame</i> e ganho de ganho de peso da desmama ao sobreano em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	86
Tabela 12 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea e intramuscular em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	88
Tabela 13 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de marmoreio e maciez em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	90
Tabela 14 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de maciez e perdas ao cozimento da carne de bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.	93
Tabela 15 - Estatísticas descritivas dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) das características avaliadas neste estudo.	107

Tabela 16 - Número de animais aparentados (N), grau de parentesco médio, mínimo e máximo e porcentagem de contribuição genética dos genearcas na população avaliada.....	108
Tabela 17 - Acurácia (Ac) das estimativas das diferenças esperadas na progênie (DEP) dos genearcas da raça Nelore para as características de (GP ₃₄₅) ganho de peso da desmama ao sobreano, frame (FRAME _{GMA}), área de olho de lombo (AOL _{us}), espessura de gordura subcutânea no contrafilé (EGS _{us}) e espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP _{us}) medidas por ultrassonografia, peso de carcaça quente (PCQ), marmoreio medido da 5ª costela (MAR ₅) e maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela (MAC ₀₋₅).	108
Tabela 18 - Número de animais aparentados (N), grau de parentesco médio, mínimo e máximo e porcentagem de contribuição genética dos genearcas na população avaliada.....	116
Tabela 19 – Acurácia (Ac) das estimativas das diferenças esperadas na progênie (DEP) dos novos genearcas da raça Nelore para as características de (GP ₃₄₅) ganho de peso da desmama ao sobreano, frame (FRAME _{GMA}), área de olho de lombo (AOL _{us}), espessura de gordura subcutânea no contrafilé (EGS _{us}) e espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP _{us}) medidas por ultrassom, peso de carcaça quente (PCQ), marmoreio medido da 5ª costela (MAR ₅) e maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela (MAC ₀₋₅).....	117

SUMÁRIO

1. Introdução	17
2. Hipóteses	19
3. Objetivos Gerais	19
3.1 . Objetivos Específicos	19
4. Revisão Bibliográfica	20
4.1. Importância da seleção de bovinos com base no mérito de carcaça	20
4.2. Ferramentas auxiliares a seleção	21
4.2.1. Ultrassonografia	21
4.2.2. Frame	22
4.2.3. Análise de vídeo-imagem (AVI)	22
4.2.4. NIRS	23
4.3. Importância da seleção para a qualidade da carne na raça Nelore	27
4.3.1. Correlação genética entre características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne	27
4.3.2. Herdabilidade para característica de desempenho e qualidade de carne	30
4.3.3. Diferença esperada na progênie (DEP)	31
4.4. Variabilidade entre linhagens e touros representativos da raça Nelore para características de carcaça e qualidade de carne	33
Capítulo I	37
Utilização da espectroscopia de infravermelho próximo (VIS-NIRS) para predição da qualidade de carne de bovinos da raça Nelore	37
1. Introdução	38
2. Material e métodos	40
2.1. Animais e abates	40
2.2. Análises de maciez	41
2.3. Análises de Extrato Etéreo	41
2.4. Análises de VIS-NIRS	42
2.5. Análises Estatísticas	43
3. Resultados e Discussão	44
3.1. Interpretação dos espectros de VIS-NIRS	44
3.2. Predição de atributos de qualidade de carne com o uso do VIS-NIRS	46
3.2.1. pH	49
3.2.2. Maciez	50
3.2.3 Extrato etéreo	58
3.3. Coeficientes de regressão das equações de VIS-NIRS	60
4. Conclusão	62
5. Referências bibliográficas	62
Capítulo II	66

Parâmetros genéticos para medidas corporais, desempenho e qualidade de carne de bovinos da raça Nelore	66
1. Introdução	67
2. Material e métodos.....	68
2.1. Desempenho e CPM.....	68
2.2. Ultrassonografia, medidas corporais e <i>frame</i>	69
2.3. Avaliações de carcaça e vídeo-imagem.....	70
2.4. Análises de carne.....	73
2.5. Extrato Etéreo.....	74
2.6. Resumo das características de carcaça e qualidade de carne	74
2.7. Análises dos dados	75
2.7.1. Estimativas de parâmetros genéticos.....	75
3. Resultados e Discussão	78
3.1. Correlação genética entre medidas de área de olho de lombo de bovinos da raça Nelore	79
3.2. Correlação genética entre medidas de espessura de gordura subcutânea de bovinos da raça Nelore	81
3.3. Correlação genética entre medidas de peso de carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea de bovinos da raça Nelore	83
3.4. Correlação genética entre medidas de deposição de gordura subcutânea e <i>frame</i> em bovinos da raça Nelore	84
3.5. Correlação genética entre medidas corporais de bovinos da raça Nelore	86
3.6. Correlação genética entre medidas de espessura de gordura subcutânea e marmoreio da carne de bovinos da raça Nelore	87
3.7. Correlação genética entre marmoreio e maciez da carne de bovinos da raça Nelore	89
3.8. Correlação genética entre maciez e perdas por cozimento da carne de bovinos da raça Nelore.....	93
4. Conclusão.....	94
5. Referências bibliográficas	95
Capítulo III	100
Estudo dos genearcas e novos genearcas da raça Nelore para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne	100
1. Introdução	101
2. Material e métodos.....	102
2.1. Desempenho	102
2.2. Ultrassonografia e <i>frame</i>	102
2.3. Avaliações de carcaça e qualidade de carne.....	103
2.4. Estimação do efeito de genearcas sobre as diferenças esperadas de progênie	104
2.4.1. Definição dos genearcas e novos genearcas.....	105
2.4.2. Determinação do coeficiente de parentesco entre os animais medidos e os genearcas e novos genearcas	106
2.4.3. Análise estatística.....	106

3. Resultados e Discussão	107
3.1. Genearcas	108
3.2. Novos Genearcas.....	116
4. Conclusão	123
5. Referências bibliográficas	123
5. Conclusão geral	126
6. Referências Bibliograficas	126
ANEXO 1	134

1. INTRODUÇÃO

O cenário mundial de consumo de alimentos para os próximos dez anos é de alta, tanto para grãos e outras *commodities* agrícolas quanto para produtos de origem animal como a carne bovina. Neste contexto, o Brasil tem grande potencial de crescimento, uma vez que dispõe de recursos naturais, potencial de produção e tecnologia, fatores de competitividade frente a países superpopulosos que terão dificuldades de atender às demandas por causa do esgotamento de suas áreas agricultáveis (MAPA, 2010). O crescimento da produção agrícola no Brasil deve ocorrer com base na **produtividade**, com maior acréscimo na produção agropecuária que na área ocupada. No segmento de carnes, haverá forte pressão do mercado nacional, onde até 2020, o consumo interno de carne bovina deverá absorver 77,0% da produção nacional e, mesmo com o alto consumo interno, o Brasil deverá ocupar cerca de 47% do comércio mundial de carne bovina, não restando dúvida da importância do Brasil no mercado mundial deste produto (MAPA, 2010).

A produtividade na pecuária pode ser conseguida de diversas maneiras, seja pela intensificação de áreas com o aumento da taxa de lotação das pastagens, confinamentos e semi-confinamentos ou por programas nutricionais e de melhoramento genético para fertilidade, prolificidade, desempenho e carcaças de qualidade.

A seleção da raça da raça Nelore no Brasil foi iniciada há cerca de 100 anos com a introdução da raça no país, no entanto, inicialmente somente características como padrão racial, fertilidade e desempenho interessavam aos criadores da época (SANTIAGO, 1987) e foram preconizadas até os dias atuais. Com isso, pouca ou nenhuma seleção para características de carcaça e qualidade de carne foram realizadas na prática, seja pela falta de interesse por animais de “conformação frigorífica” ou pelo custo para realização destas medidas.

Pesquisas realizadas recentemente revelam a existência de variabilidade entre touros da raça Nelore para características de carcaça e qualidade de carne (BONIN, 2008) e esta variabilidade pode ser atribuída à baixa pressão de seleção para estas características ou pela existência de reprodutores com alto potencial genético para gerar descendentes com carcaças de qualidade. Isto significa que a seleção para qualidade de carne na raça Nelore pode ser realizada na prática e trazer grandes avanços para a qualidade de carne Brasileira, uma vez

que esta raça ocupa cerca de 80% do rebanho nacional de bovinos (FERRAZ; FELICIO, 2010), hoje com 209,5 milhões de cabeças (IBGE, 2010).

A seleção para uma determinada característica só é viável comercialmente se trazer retorno econômico a curto ou longo prazo para o produtor e se puder ser mensurada de maneira prática e acurada a fim de indicar, com precisão, o real valor genético do animal. As avaliações de carcaça, por exemplo, podem ser realizadas por técnicas aplicadas ao animal vivo como é o caso dos escores visuais e da ultrassonografia, ou após o abate do animal, por medidas diretas na carcaça. No entanto, medidas coletadas após o abate são de alto custo e envolvem grande quantidade de mão de obra, o que pode dificultar e encarecer o processo. Além disso, medidas de qualidade de carne como maciez são ainda mais trabalhosas, pois exigem a compra de amostras e processamento das mesmas em laboratório.

Medidas de qualidade de carne que facilitem o processo e possam predizer com precisão a qualidade da carne do animal ainda na indústria facilitariam a coleta de grandes quantidades de dados para programas de melhoramento genético, além de agilizar e reduzir o custo operacional com estas medidas.

Algumas técnicas como a espectroscopia de infravermelho próximo (VIS-NIRS) e a análise de carcaça por vídeo-imagem (AVI) já vem sendo testadas e utilizadas nos Estados Unidos, Europa e Nova Zelândia e mostram-se acuradas para predição de atributos de qualidade de carne ainda na desossa. No entanto, para que estas técnicas sejam aplicáveis aos sistemas brasileiros há a necessidade de testa-las e validá-las aos nossos sistemas indústrias e de separação de carcaças.

Tendo em vista o potencial produtivo do Brasil no mercado mundial de carnes atual e para os próximos anos, faz-se necessário estudar as correlações genéticas entre as características produtivas e de carcaça em animais da raça Nelore a fim de guiar programas de seleção e validar técnicas de coleta de fenótipos que viabilizem a seleção comercial de animais para qualidade de carne no Brasil.

2. HIPÓTESES

- O VIS-NIRS é uma técnica acurada para predição da qualidade da carne de bovinos da raça Nelore;
- Avaliações por vídeo-imagem podem ser bons preditores da área de olho de lombo da 5ª costela;
- Existe variabilidade na raça Nelore para características de desempenho, tamanho corporal, carcaça e carne;
- Há diferenças entre os genearcas e novos Genearcas da raça Nelore para características desempenho, tamanho corporal de carcaça e qualidade de carne.

3. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar as diferenças de desenvolvimento ponderal, composição de carcaça e qualidade de carne entre linhagens (Genearcas) e touros representativos (Novos Genearcas) da raça Nelore.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a acurácia da espectroscopia de Infravermelho próximo (VIS-NIRS) para predição de atributos de qualidade de carne;
- Estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para características de desempenho e qualidade de carne;
- Avaliar os parâmetros genéticos para medidas de carcaça avaliadas por ultrassonografia, vídeo-imagem e diretamente na carcaça;
- Estimar e comparar as Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) dos genearcas e novos genearcas da raça Nelore para as características de desempenho e qualidade de carne.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO DE BOVINOS COM BASE NO MÉRITO DE CARÇAÇA

A carcaça é a unidade mais importante nos estudos sobre carnes, uma vez que determina o valor do animal tanto para o produtor quanto para os processadores (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Sendo assim, a valorização de sistemas de produção que aliem valores econômicos de carcaça e características de qualidade podem dar subsídios para o sucesso de programas de seleção voltados à qualidade da carne.

Para os frigoríficos há interesse por carcaças com alta participação de músculos. Da mesma maneira, a gordura também é importante, pois durante o resfriamento reduz as perdas de água e mantém o bom aspecto visual dos cortes. Já para o consumidor, a gordura tem importância pelo sabor que proporciona, ressaltando a necessidade de adequada presença de gordura e marmoreio na carne (MÜLLER, 1987). Para o produtor, no entanto, carcaças com o mínimo de gordura de cobertura seriam mais viáveis, visto que este é o tecido de deposição mais onerosa (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Diversos aspectos devem ser observados quando se pretende produzir uma carcaça com qualidade e com as quantidades desejadas de cada tecido. Músculos, gordura, ossos e tecidos conectivos representam a maior parte dos componentes das carcaças. Lawrie (2005) afirma que o tecido muscular na carcaça de bovinos é inversamente proporcional a quantidade de tecido gorduroso, este último determinado por fatores como idade, raça e plano de nutrição e que a proporção de músculos na carcaça, indicadas pela área de olho de lombo, tende a diminuir com o aumento dos dias de confinamento, quando há aumento da proporção de gordura na carcaça (HAMLIN et al., 1995).

Para definição de um índice de seleção é necessário conhecer a magnitude e os impactos de cada característica no melhoramento do rebanho, tendo em vista o peso de cada uma delas para os elos da cadeia produtiva de gado de corte, buscando sempre o sucesso do programa de seleção. Para isso, há de se conhecer os méritos de carcaça dos animais e as interações entre eles. Partindo deste princípio, Bergen et al. (2006) sugerem que pode haver uma boa resposta a seleção para a porção magra da carcaça e ainda para outras características economicamente importantes utilizando-se características indicativas como Área de Olho de

Lombo (AOL), Peso de Carcaça Quente (PCQ), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Marmoreio (MAR).

No Brasil, pouca ou nenhuma seleção genética para a maioria das características relacionadas à qualidade de carne tem sido exercida na prática, devido ao custo e tempo despendido para estas avaliações, o que dificulta a utilização dessas características como critérios de seleção em programas de melhoramento genético (BONIN, 2008).

Um exemplo disso é a dificuldade de se avaliar a área do músculo e a espessura de gordura no músculo *Longissimus* (contrafilé), já que as mensurações normalmente preconizadas são aquelas realizadas na região da 12ª e 13ª costelas. Contudo, em condições comerciais brasileiras, a separação dos quartos da carcaça ocorre na região da 5ª costela e o corte entre a 12ª e 13ª costelas gera grande resistência por parte da indústria pelo fato de desvalorizar o contrafilé que é um dos cortes mais nobres da carcaça. Com isso, fica comprometida a obtenção de dados e retirada de amostras desse músculo para avaliações de força de cisalhamento (FC) e gordura em larga escala.

Tais dificuldades justificam investigações das características de carcaça na região da 5ª costela como indicadores do rendimento e da qualidade da carne em bovinos da raça Nelore em sistemas industriais brasileiros. Além disso, ferramentas precisas e aplicáveis são necessárias para a obtenção de medidas de qualidade de carne na indústria, viabilizando a coleta de fenótipos em larga escala, uma vez que substituiriam análises realizadas apenas em laboratório, como extrato etéreo e maciez, por exemplo.

4.2. FERRAMENTAS AUXILIARES A SELEÇÃO

4.2.1. ULTRASSONOGRAFIA

Dentre estas ferramentas para a avaliação de carcaças, a ultrassonografia em tempo real é uma das tecnologias extensivamente utilizada para avaliação de características de carcaça *in vivo* em bovinos de corte. Com a ultrassonografia de carcaças é possível avaliar o mérito de carcaça do animal sem a necessidade de avaliações visuais, testes de progênie ou abate dos animais (YOKOO et al., 2008; YOKOO et al., 2010).

As medidas tradicionalmente avaliadas por ultrassonografia são a área de olho de lombo (AOL_{us}), espessura de gordura no contrafilé (EGS_{us}) e espessura de gordura na

picanha (EGP_{us}). Resultados de pesquisas indicam que as correlações entre as medidas por ultrassonografia e avaliadas diretamente na carcaça são altas (SILVA et al., 2003) e a AOL_{us} tem sido utilizada com sucesso para predição da quantidade de músculos, rendimento de carcaça e principalmente rendimento de cortes nobres (MAGNABOSCO et al. 2006).

Com essa tecnologia é possível obter informações, de forma rápida e econômica, sobre a composição da carcaça dos bovinos e estimar as diferenças genéticas para utilização desses resultados em programas de melhoramento genético baseado no mérito de carcaça (WILSON, 1992) visto a herdabilidade moderada a alta para esta característica (PINHEIRO et al., 2011).

4.2.2. *FRAME*

Além da ultrassonografia, as medidas de escore de tamanho ou estrutura corporal, também conhecida como *frame*, têm sido utilizadas como uma forma de auxiliar na classificação de animais e estimar a composição da carcaça. O *frame* é uma medida linear, obtida a partir de uma equação matemática que utiliza a idade e a altura na garupa (BIF, 1996), como um indicativo dos pesos de abate. Recentemente Horimoto et al. (2007) propuseram uma classificação específica para bovinos da raça Nelore ($FRAME_{GMA}$), em função do peso e da altura dos animais, para o qual encontraram maiores coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas e fenotípicas, quando comparado ao utilizado pela BIF (1996), sugerindo uma melhor adaptação do $FRAME_{GMA}$ para animais zebuínos.

4.2.3. *ANÁLISE DE VÍDEO-IMAGEM (AVI)*

Outra tecnologia que tem sido amplamente utilizada em diferentes áreas do conhecimento e mais recentemente aplicada em estudos relacionados à produção animal é a análise de vídeo imagem (AVI). Aliando procedimentos de inteligência artificial e AVI, é possível avaliar características indicadoras do rendimento e qualidade da carne como a área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS) de forma rápida, objetiva e com alta repetibilidade, sem grandes interferências nas atividades de rotina dos produtores e da indústria. Segundo Swatland (1995), apenas métodos rápidos, consistentes, acurados, não destrutíveis e de custo razoável interessam à indústria e devem contribuir para a colheita de dados essenciais ao melhoramento genético para qualidade de carne.

A AOL e a EGS medida na região da 12^a costela, aliados ao peso vivo ou da carcaça têm sido as características mais utilizadas como preditoras do rendimento dos cortes comerciais, indicativo de musculosidade da carcaça e qualidade de carne, e podem ser avaliadas com um alto grau de acurácia, tanto nos animais vivos por ultrassonografia (SILVA et al., 2003), quanto nas carcaças após o abate por AVI (STEINER et al., 2003).

Alguns sistemas têm utilizado a AVI e inteligência artificial (redes neurais artificiais) para identificar características qualitativas da carne como a maciez. Além disso, a partir das características obtidas por AVI é possível estimar a porcentagem de gordura intramuscular (KUCHIDA et al., 2000), o pH e também a palatabilidade da carne (BELK et al., 2000).

4.2.4. NIRS

Equipamentos de espectroscopia de infravermelho próximo ou *Near Infrared Spectroscopy* (VIS-NIRS) também têm sido utilizados como forma de estimar a qualidade da carne após o abate. Em contraste aos sistemas tradicionais de medidas de qualidade de carne o NIRS é um método analítico sensível, rápido e não destrutivo que necessita de pouco ou nenhum preparo das amostras antes das leituras e que, em conjunto com análises multivariadas de dados, pode fornecer informações sobre diversos parâmetros químicos e físicos da carne simultaneamente (COZZOLINO; MURRAY, 2004; PRIETO et al., 2009; WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011). Esta técnica está baseada no princípio de que diferentes ligações químicas na matéria orgânica, quando irradiadas, absorvem e emitem luz em diferentes comprimentos de onda (PREVOLNIK, CANDEK-POTOKAR; SKORJANC, 2004).

O *near infrared* (NIR) surgiu em 1800 com Herschel, mas foi por muito tempo ignorado até a descoberta de equipamentos modernos capazes de gerar este tipo de espectro. A emergência do NIRS no campo analítico como uma técnica reconhecida foi iniciada com o trabalho de Karl Norris do Departamento de Agricultura Norte Americano (USDA) no início da década de 60. A partir deste ponto a técnica foi difundida e passou a ser aplicada em diversas áreas como a agrícola, farmacêutica e industrial para controle de processos, processamento de alimentos, entre outras aplicações (BARTON, 2002).

Na agricultura originalmente o NIRS foi desenvolvido para determinação rápida da composição de grãos e oleaginosas (DEAVILLE; FLINN, 2000), se difundindo para outras

áreas da agropecuária como para determinação da quantidade de lactose, proteína, gordura no leite (RIPOLL et al., 2008) e nos últimos 30 anos para a análise de carnes (BEM-GERA; NORRIS, 1968), devido as suas vantagens de ser um método rápido de se qualificar amostras intactas de carne a partir da luz refletida (OSBORNE; FEARN; HINDLE, 1993; DEAVILLE; FLINN, 2000 *apud* COZZOLINO; MURRAY, 2004).

Os equipamentos de NIRS para a análise de carnes têm incluído à faixa próxima ao infravermelho (NIR – near infrared, 800-2500 nm) e a faixa do visível (VIS - 400 a 800 nm), pelo fato de que pigmentos relacionados à cor das carnes cruas poderem ser detectados nesta faixa de comprimento de onda (WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011). Desta maneira, nas pesquisas com carnes as leituras são feitas em todo o espectro, com equipamentos chamados de VIS-NIRS, pois incluem a faixa do visível e na região do NIR, e algumas delas envolvendo somente a faixa do NIR ou parte dela (PREVOLNIK; CANDEK-POTPKAR; SKORJANC, 2004). As diferentes faixas de comprimentos de onda estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Representação esquemática dos diferentes comprimentos de onda.

O VIS-NIRS para predição da qualidade de carne vem sendo utilizado em uma gama de análises desde a predição da composição química, composição de ácidos graxos, e características industrialmente importantes como pH, cor, capacidade de retenção de água, maciez, atributos sensoriais e ainda para identificação de amostras adulteradas, distinção entre amostras frescas e congeladas (THYHOLT; ISAKSSON, 1997), carnes de diferentes espécies (DING; XU, 1999 *apud* PRIETO et al., 2009), raças, sexos ou sistemas de criação (COZZOLINO et al. 2002).

Esta técnica vem sendo aplicado com sucesso na determinação dos maiores componentes químicos da carne, como umidade, proteína e gordura das carnes bovina, suína, ovina, de frango e de coelho (PREVOLNIK; CANDEK-POTPKAR; SKORJANC, 2004).

Outros estudos tem sido conduzidos para aplicação desta técnica para predição da energia bruta (EB), mioglobina, colágeno, cinzas (De MARCHI et al., 2007; PRIETO et al., 2006; RIPOLL et al., 2008), ácidos graxos (WINDHAM; MORRISON, 1998) e colesterol (MASOERO et al., 1994). De maneira geral o VIS-NIRS pode ser considerado uma ferramenta útil para classificação de carnes em classes de qualidade (PREVOLNIK; CANDEK-POTPKAR; SKORJANC, 2004).

A eficácia do VIS-NIRS para estimativas da composição química da carne bovina, suína, ovina e de frango foi relatada em revisão realizada por Prieto et al. (2009) como sendo alta, com R^2 variando de 0,87 a 0,99. Segundo estes autores, a umidade das amostras, representada pela quantidade de água, pode ser avaliada por absorção dos grupos O-H em comprimentos de ondas entre 1450 e 1940 nm. Para proteína bruta (PB), a maior absorção dos espectros foi detectada entre 1460 e 1570 nm e entre 2000 e 2180 nm, relacionada à absorção das ligações N-H. Para gordura intramuscular, a maior associação esteve entre 1100 e 1400 nm, 1700 nm e 2200 e 2400 nm, relacionadas à absorção das ligações C-H, com R^2 variando entre 0,80 e 0,98 (MURRAY; WILLIAMS, 1987; SHENK et al., 1992 *apud* PRIETO et al., 2009; WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011).

As predições de VIS-NIRS para aspectos físicos de qualidade de carne têm sido inferiores aos relatados para análises químicas. Para pH, por exemplo, estudos com carnes de diferentes espécies revelam baixa acurácia das equações para predição desta característica, com R^2 variando entre 0,07 e 0,68 (PRIETO et al., 2009). Os autores atribuem esta diferença à baixa variação desta característica que geralmente situa-se entre 5,2 e 5,8, devido principalmente aos padrões adotados pelas indústrias, que procuram evitar pH extremos devido aos problemas que podem acarretar à qualidade da carne. Além disso, a acidificação do músculo *post mortem* afeta a estrutura interna do tecido, alterando também os padrões de reflexão e dispersão de luz em carnes com pH diferentes, onde carnes com maiores valores de pH tendem a ser mais escuras e a apresentar maior absorção de luz que carnes com pH inferiores alterando, portanto, a absorção dos espectros de VIS-NIRS destes dois grupos (WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011).

Para cor, os resultados são controversos. Weeranantanaphan; Downey; Da-Wen Sun et al. (2011) encontraram valores de R^2 variando de 0,60 a 0,87 para L^* , de 0,008 a 0,76 para a^* e de 0,90 para b^* , com maiores associações na faixa de 400 a 800 nm, região do visível, (SAVENIJE et al., 2006) e entre 1100 a 2500 nm, região do NIR (PRIETO et al., 2008). Segundo (PRIETO et al., 2009) a heterogeneidade da cor entre os diferentes músculos

avaliados, a espessura das amostras utilizadas como referência, os equipamentos de VIS-NIRS e o tipo de análises de dados podem reduzir a acurácia das predições, já que a cor é extremamente influenciada por condições ambientais, que podem ser alteradas no momento da medida.

Dentre os aspectos físicos da carne bovina, a maciez é o principal deles, pois está associada ao ato de recompra do produto. Mesmo sabendo da importância da maciez na satisfação de consumo, a indústria não tem esta característica diretamente incorporada no processo de classificação e remuneração de carcaças, uma vez que isso só seria possível com a criação de um método de identificar carnes duras e macias ainda na linha de produção (RUST et al., 2008).

Em contraste aos métodos tradicionais de avaliação de maciez como o Warner Bratzler Shear Force (WBSF) e Slice Shear Force (SSF), as predições de VIS-NIRS para maciez ainda não são muito acuradas. De acordo com levantamento realizado por Prieto et al. (2009), os valores de predição do VIS-NIRS para maciez da carne bovina, suína e de frango apresentaram R^2 inferiores a 0,74 e para ovinos de R^2 de 0,85 (MCGLONE; DEVINE; WELLS, 2005).

Shackelford et al. (2005) e Xia et al. (2007) encontraram maior associação da maciez com espectros na região do visível (450-950 nm), indicando que aparelhos menos complexos (e consequentemente de menor custo) que façam leituras em menores comprimentos de onda sejam suficientes para detectar variações de maciez na carne bovina. Já Barlocco et al. (2006) e Prieto et al. (2008) relataram maior absorção na região do NIR, entre 1300 e 1400 nm semelhante à absorbância de ligações C-H da gordura intramuscular e entre 1400 e 1900 nm, também caracterizada como a faixa de absorção da água.

Os melhores resultados com NIRS para maciez foram obtidos quando utilizado para classificação das amostras em classes de qualidade, com porcentagem de acerto superior a 80% na maioria dos casos (NAES; HILDRUM, 1997; PARK et al., 1998; RODBOTTEN; MEVIK; HILDRUM, 2001; LIU et al., 2003, 2004; MEULLENET et al., 2004).

Diante disso, a habilidade do VIS-NIRS para classificação de carnes em classes de maciez pode ser utilizada como ferramenta para agregar valor às carcaças e classificar produtos por qualidade ainda na desossa (SILVA et al., 2009), e também para a criação de produtos Premium com qualidade e maciez garantida (SHACKELFORD et al., 2005).

Sendo assim, VIS-NIRS pode ser uma alternativa a coleta de fenótipos de qualidade de carne em larga escala para aplicação em programas de melhoramento genético, já que este

é um ponto crítico para estas avaliações devido ao alto grau de dificuldade na coleta e análise das amostras por métodos tradicionais (CECCHINATO et al., 2011). Neste sentido o VIS-NIRS auxiliaria na identificação de carnes de qualidade, tornando a seleção para qualidade de carne aplicável a sistemas comerciais de produção brasileiros.

4.3. IMPORTÂNCIA DA SELEÇÃO PARA A QUALIDADE DA CARNE NA RAÇA NELORE

4.3.1. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, TAMANHO CORPORAL E QUALIDADE DE CARNE

Considerando a importância e o espaço ocupado pela carne bovina nas exportações brasileiras, torna-se evidente que a melhoria da sua qualidade traria impactos positivos à imagem e valor deste produto mundialmente. Além disso, o consumo de carne está diretamente relacionado à satisfação de consumo, aumentando cada vez mais a necessidade de produtos de boa qualidade e oferecidos de forma constante. Diante deste cenário, destaca-se a relevância do melhoramento genético para características qualitativas de carcaça e carne nos rebanhos de bovinos de corte brasileiros.

O estudo de características de desenvolvimento e carcaça e as relações entre elas são de suma importância para direcionamento dos programas de melhoramento genético voltado a produção de carne com qualidade. No entanto, em rebanhos comerciais de gado de corte a seleção apenas para características de carcaça não é praticável, visto que outras características relacionadas ao desempenho e fertilidade também são importantes para o sistema produtivo. Por isso, o ideal é que haja um balanço entre elas e isto pode ser conseguido pela criação de índices de seleção. Segundo Newmann et al. (1992) para a definição dos objetivos e índices de seleção em programas de melhoramento de gado de corte é fundamental conhecer as correlações entre características de crescimento, ingestão alimentar, reprodução e composição de carcaça e assim dimensionar o progresso genético do rebanho para as características de interesse.

Quando pensamos no melhoramento genético de carcaças, algumas correlações entre tecidos que a compõem são bem definidas como a correlação genética negativa entre porcentagem de músculos e porcentagem de gordura na carcaça e as altas correlações genéticas entre peso de carcaça quente (PCQ) e porcentagem de músculos, ossos e gordura (MORRIS et al., 1999). Alguns trabalhos também descrevem correlação genética positiva

entre PCQ e AOL (indicativo de musculosidade) e entre EGS, marmoreio e gordura renal, pélvica e inguinal, relacionadas a quantidades de gordura na carcaça (ELZO et al., 1998; MARSHALL, 1994).

Avaliando a correlação entre a seleção para características de desempenho e carcaça, nota-se que a seleção para medidas de desempenho baseada somente no peso corporal dos animais, em longo prazo, pode levar a produção de animais mais altos e mais exigentes nutricionalmente, isto porque medidas de peso, em diferentes idades, são geneticamente correlacionadas (YOKOO et al., 2010; BOLIGON et al., 2010). Assim, a seleção para maiores pesos e crescimento rápido resultará em animais de maior tamanho corporal ou *frame*, que atingirão a maturidade com pesos vivos mais elevados (PEREIRA; ELER; FERRAZ, 2001; SHIOTSUKI et al., 2009; PEREIRA et al., 2010; YOKOO et al., 2010).

A deposição de gordura na carcaça pode ser considerada como indicativo de precocidade. Segundo Yokoo et al. (2010) animais maiores tendem a apresentar menor espessura de gordura subcutânea na carcaça quando comparados a animais de *frame* médio. Por isso, a seleção para peso corporal pode resultar na redução da quantidade de gordura na carcaça.

Cucco (2010) estudando animais da raça Nelore avaliados por ultrassonografia encontrou correlação genética negativa de altura de garupa aos 18 meses (ALT) com espessura de gordura subcutânea no contrafilé (EGS_{us}, -0,13) e na picanha (EGP_{us}, -0,11). Para peso em diferentes idades, essas correlações foram de -0,19 a -0,05 para EGS_{us} e de -0,12 a 0,10 para EGP_{us}. O mesmo autor comparando escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M) com medidas de ultrassonografia para avaliação da composição de carcaça encontrou correlação próximas a zero entre escores de C (indicativo de tamanho corporal) e P (indicativo de precocidade de acabamento), com medidas de EGS_{us} e EGP_{us}. Yokoo et al. (2010) e Zuin et al. (2012) encontraram resultados semelhante e concluíram que a seleção para peso corporal pode levar a um baixo ganho genético para EGS_{us}, sugerindo a inclusão desta característica em índices de seleção na raça Nelore para melhoria desta característica.

Em contrapartida, a seleção para peso parece estar relacionada com aumento da AOL_{us}, indicando que os genes que atuam no aumento de peso corporal também estejam envolvidos no aumento da quantidade de músculos na carcaça (ZUIN et al., 2012). Cucco (2010) encontrou correlação genética positiva entre AOL_{us} com peso a desmama (0,22) e peso ao sobreano (0,14) e negativa (-0,08) com ganho de peso ao sobreano (GP₃₄₅). O mesmo autor

avaliando escores de C com AOL_{us} encontrou correlação genética positiva de 0,27 entre as duas características.

As correlações genéticas entre as medidas de carcaça avaliadas por ultrassonografia demonstram baixo grau de dependência entre elas. Segundo Yokoo et al. (2008) as correlações genéticas entre AOL_{us}, EGS_{us} e EGP_{us} na raça Nelore são baixas (0,06 e -0,04, respectivamente), indicando que estas características sejam determinadas por grupos distintos de genes (efeitos aditivos). Assim, a seleção para AOL_{us} pode não afetar o ganho genético para EGS_{us} e EGP_{us}, e por isso as três características podem ser utilizadas como critérios de seleção.

Yokoo et al. (2008) afirmam, no entanto, alto grau de dependência entre EGS_{us} e EGP_{us}, indicando que estas sejam determinadas pelo mesmo grupo de genes. Desta maneira, a seleção para medidas de espessura de gordura por ultrassonografia pode ser benéfica para animais da raça Nelore que apresentam baixa uniformidade de deposição de gordura na carcaça. Segundo Holloway et al. (1990) e Burrow et al. (2001) a deposição de gordura na carcaça é de grande importância em sistemas produtivos de gado de corte, pois possui relação direta com a palatabilidade e aparência geral do produto e por isso devem ser consideradas em programas de seleção para qualidade de carne.

De posse das informações sobre as correlações entre medidas de desempenho, *frame* e carcaça, o ideal é que a seleção de bovinos de corte para desempenho seja conduzida em conjunto com medidas indicativas de tamanho corporal (ROCHA et al., 2003) e com avaliações de carcaça por ultrassonografia visto a acurácia desta medida na identificação de animais geneticamente superiores para musculatura e precocidade de acabamento sem esquecer a relação destas com atributos de qualidade de carne como maciez e palatabilidade.

Wulf et al. (1996) afirmam haver poucas correlações genéticas antagonistas entre características de produção, carcaça e palatabilidade e segundo Marshall (1994) a seleção para características de carcaça pode ser benéfica para características de qualidade da carne como a maciez.

Correlações genéticas favoráveis entre PCQ e valores de FC foram descritas por diversos autores, variando de baixas a moderadas, -0,10 a 0,47, dependendo do grupo racial avaliado (GREGORY et al., 1995; WHEELER et al., 1996; ELZO et al., 1998).

Alguns autores associam carcaças com maior EGS a carnes mais macias, com correlações genéticas de -0,41 (WHEELER et al., 2001) e -0,82 (SMITH et al., 2007). Uma possível causa destas correlações é que carcaças com menor EGS são mais susceptíveis ao

processo de *cold-shortening*, ocasionado pelo resfriamento mais rápido da carcaça com o pH ainda elevado, resultando em maiores valores de força de cisalhamento (KOOHMARAIE et al., 1996).

A gordura intramuscular também parece estar relacionada com a qualidade da carne, sendo responsável por 5-10% da variabilidade da palatabilidade da carne e por 10% dos valores de força de cisalhamento, suculência, notas de sabor e maciez sensorial (DIKEMAN, 1985, SHACKELFORD et al., 1994). No entanto, para animais *Bos indicus*, as correlações fenotípicas entre maciez e deposição de gordura intramuscular tendem a ser positivamente correlacionadas, indicando a possibilidade de relação única entre gordura e maciez em animais desta espécie (RILEY et al., 2003).

Embora diferentes locais de depósito de gordura na carcaça tenham relações próximas, diferentes mecanismos genéticos podem estar envolvidos no controle da deposição da gordura subcutânea, intramuscular e abdominal, reforçando a necessidade de inclusão e controle destas características em programas de melhoramento genético de gado de corte para qualidade de carne (BERGEN et al., 2006).

4.3.2. HERDABILIDADE PARA CARACTERÍSTICA DE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE

Além do conhecimento das correlações genéticas entre as características que se pretende selecionar, os valores de herdabilidade são de extrema importância, pois indicam a porção genética da característica, ou seja, qual a proporção genética e ambiental do fenótipo avaliado e também qual a velocidade do progresso genético a ser alcançado, levando em consideração a pressão de seleção para a característica.

Horimoto et al. (2007), estimaram parâmetros genéticos de características produtivas em animais Nelore, com coeficientes de herdabilidade de 0,26 para $\text{Frame}_{\text{GMA}}$ e 0,25 para ganho de peso da desmama ao sobreano (GP_{345}). Em trabalhos desenvolvidos por Rosa et al. (1977), Ferraz e Eler (2000); Pereira (2000); Figueiredo (2001); e Cucco (2010) foram encontrados valores moderados de herdabilidade para GP_{345} .

Para escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M) foi encontrada herdabilidade de média a alta magnitude, variando entre 0,15 - 0,68 (FARIA et al., 2008; PEDROSA et al., 2008; FARIA et al., 2009; SHIOTSUKI et al., 2009; KOURY FILHO et al., 2010; BOLIGON et al., 2011).

Para medidas corporais, os valores de herdabilidade variam de moderada a alta magnitude, dependendo da característica avaliada. Horimoto et al. (2007), encontraram valores de 0,26 para $\text{Frame}_{\text{GMA}}$. Para altura de garupa aos 18 meses (ALT) na raça Nelore os coeficientes variam de alta 0,62 (PEREIRA et al., 2010) e 0,63 (YOKOO et al., 2007) a média magnitude 0,30 (SHIOTSUKI et al., 2009), 0,32 (HORIMOTO et al., 2007; CUCCO, 2010). Valores mais baixos (0,18) foram encontrados por Bonin et al. (2010).

Para características de carcaças de animais Nelore, avaliadas por ultrassonografia, os valores de herdabilidade variam de moderadas a alta magnitude. Cucco (2010) encontrou valores de 0,25-0,27 para AOL_{us} , 0,15-0,17 para EGS_{us} e 0,39 para EGP_{us} . Yokoo et al., (2008) também avaliando animais da raça Nelore encontraram valores de 0,35, 0,52 e 0,40 para as mesmas características, respectivamente. Pinheiro et al. (2011) e Zuin et al. (2012) encontraram coeficientes intermediários com 0,29-0,34 para AOL_{us} , 0,20-0,21 para EGS_{us} e 0,23-0,26 para EGP_{us} . Bonin et al. (2010) encontraram valores de 0,31, 0,06 para AOL_{us} e EGS_{us} , respectivamente.

Os coeficientes de herdabilidade para características avaliadas diretamente na carcaça (*post mortem*) podem ser classificados em três classes segundo Wulf et al. (1996): as de alta, média e moderada magnitude. A medida da área do músculo *Longissimus* pode ser considerada como uma característica de alta herdabilidade, já as perdas por gotejamento, valores de força de cisalhamento, peso de carcaça quente, marmoreio, maciez e sabor avaliados por painel sensorial como de média ou baixa herdabilidade.

Smith et al., (2007) encontraram altos valores de herdabilidade ($>0,40$) para peso de carcaça quente (PCQ) e área de olho de lombo (AOL), médios (0,20 a 0,39) para as características de espessura de gordura subcutânea (EGS), MAR e valores de FC aos sete e 14 dias de maturação. Shackelford et al. (1994) encontraram herdabilidade de 0,65 para atividade de calpastatina, enzima responsável pela inibição da ação de proteases musculares que atuam no amaciamento da carne.

4.3.3. DIFERENÇA ESPERADA NA PROGÊNIE (DEP)

Conhecendo-se a magnitude e as correlações entre as características que se pretende selecionar e a porção herdável de cada uma delas, a melhoria genética do rebanho pode ser alcançada pela seleção de animais geneticamente superiores e também pelo aumento da frequência de genes favoráveis ao fenótipo desejado na população. Assim, faz-se necessário o

conhecimento dos valores genéticos de cada animal e da magnitude das mudanças geradas pela utilização de determinados animais no rebanho. Estas informações podem ser conseguidas pela utilização de valores das Diferenças Esperadas na Progenie (DEP) de cada reprodutor.

Trabalhos científicos com valores de DEP para características de crescimento, carcaça e qualidade de carne na Raça Nelore são escassos, restringindo-se, em sua maioria, aos parâmetros genéticos e fenotípicos ou ainda a avaliações animais *Bos taurus*. Além disso, ao revisar a literatura para valores de DEP, temos que ponderar que os valores encontrados são válidos para o rebanho avaliado, com base na média da população e, portanto, as características podem se expressar de maneiras diferentes, com maiores ou menores magnitudes, dependendo do rebanho avaliado.

Para Crews (2002) as DEP's de carcaça são utilizadas a fim de prever diferenças genéticas entre touros quanto a componentes de carcaça como PCQ, AOL, EGS e MAR. Elzo et al. (1998) encontraram valores de DEP para características de carcaça na raça Brahman da ordem de 9,4 kg para PCQ; 0,04 mm para EGS; -4,80 unidades para MAR; -0,166 kg para força de cisalhamento. Já para as características de crescimento as variações para ganho de peso na terminação foram de -0,07 a 0,12 kg, peso ao abate de -28,16 a 25,73 kg e altura de garupa de -1,11 a 1,81 cm.

Bonin (2008) encontrou diferenças entre os genearcas da raça Nelore com maiores e menores valores DEP para características de carcaça da ordem de, 1,7 kg para PCQ, 1,46 cm² para AOL, 0,6 mm para EGS e 6,73 unidades para MAR. Na para maciez aos 7, 14 e 21 dias de maturação, em média, os genearcas Golias e Akasamu foram os que apresentaram os melhores valores para maciez com redução de 0,09 e 0,08 kg na FC e Taj Mahal, o que teve piores resultados, com aumento de 0,01 kg. No mesmo estudo, Bonin (2008) avaliou a variabilidade nos padrões de carcaça e qualidade de carne entre touros da raça Nelore, revelando a existência de variabilidade para características de carcaça e qualidade de carne nesta raça e indicando que possa haver um progresso genético para características de carcaça e qualidade de carne em rebanhos Nelore pela utilização destes reprodutores geneticamente superiores.

4.4. VARIABILIDADE ENTRE LINHAGENS E TOUROS REPRESENTATIVOS DA RAÇA NELORE PARA CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE

O germoplasma de bovinos foi introduzido no Brasil há cerca de 450 anos, oriundo de Portugal e da Espanha e proveniente de animais da espécie *Bos taurus*. Em 1978, Manoel Ubelhart Lemgruber, em visita ao zoológico de Hamburgo na Alemanha, conheceu os primeiros bovinos de origem indiana da raça Ongole. Estes animais lhe despertaram grande interesse, motivando-o a importar um pequeno lote de animais da raça Ongole, direto da Índia. Diante dos resultados promissores, Lemgruber fez vir, em 1880, um segundo lote, e outro em 1893, os quais contavam com animais importantes e que marcaram a história na formação do Nelore brasileiro (OLIVEIRA, 2009).

Essas importações despertaram o interesse de outros criadores que também foram buscar animais da raça Ongole na Índia. Os animais eram escolhidos pelos compradores e deixados no distrito de Nellore, antes do embarque, o que acabou por dar origem ao nome “Nelore” aos animais da raça Ongole trazidos para o Brasil (HISTORIA..., 2007; OLIVEIRA, 2009).

No Brasil, os animais da raça Nelore se destacaram em função da semelhança das condições ambiental locais com as de seu país de origem caracterizada, predominantemente, pelo clima tropical e supriam a necessidade de animais para tração e para a produção de carne e leite, qualidades consideradas insatisfatórias nos animais nacionais ou europeus existentes na época e, principalmente, nos cruzamentos entre eles (MAGNABOSCO et al., 1997).

As importações fizeram surgir um período de multiplicação desse tipo bovino, quer pelo seu crescimento natural nos primeiros núcleos, quer pelo cruzamento contínuo e absorvente de touros indianos com a vacada crioula, fato que determinou o “azebuamento” progressivo de considerável parcela do rebanho brasileiro (SANTIAGO, 1987). Segundo o autor, a exploração do gado Nelore no Brasil teve importante papel no azebuamento do rebanho nacional e a introdução desta raça no rebanho brasileiro pode ser dividida em três fases bem distintas.

A primeira fase compreendeu meados da década de 1870 até 1930 em que uma importante importação de gado Nelore possibilitou a renovação de rebanhos, que se apresentavam bastante mestiçados, devido às várias tentativas de formação do gado Indubrasil, ou então, porque muitos criadores não se preocupavam com a pureza racial ou com as características étnicas das variedades indianas. Segundo Santiago (1987), esta fase de

importações teve seu auge em 1920 com um total de 1904 animais vindos da Índia e foi marcada pelo aparecimento da peste bovina em animais importados da Ásia, o que alarmou o Governo Federal que determinou a proibição das importações e tornou obrigatório o período de quarentena para as levas que já estivessem a caminho do Brasil. Somente em 1930, a título de exceção, dois importadores conseguem licença para uma nova importação.

A segunda fase se estendeu de 1930 a 1960 e foi influenciada pela infusão de reprodutores relativamente puros, marcando uma fase de seleção genética em busca da pureza racial de muitos plantéis, tendo como valioso auxiliar o serviço de Registro Genealógico, oficialmente criado em 1936.

A terceira fase iniciou-se praticamente em 1960, como resultado da importação iniciada por Celso Garcia Cid, completada no ano seguinte por lotes trazidos da Índia por diversos criadores. Essa fase foi reconhecida como uma fase de introdução de “sangue novo” no Brasil, sendo marcada pela entrada de cerca de uma centena de reprodutores, de ambos os sexos, o que trouxe apreciável melhoria para o rebanho brasileiro da raça Nelore. Especialmente importação ocorrida em 1962 se destacou pela vinda de animais excepcionais, pelas suas características raciais, de desenvolvimento e, sobretudo pela entrada de animais considerados como raçadores.

O ano de 1964 marca o fim das importações por decisão do Governo Federal, e a partir daí ficam proibidas as importações de zebuínos, bubalinos e outros animais domésticos procedentes de países onde grassarem doenças infectocontagiosas e parasitárias não existentes no Brasil. Esta fase encerrou mais um ciclo de importações do Zebu, após a entrada de 565 reprodutores verificada entre 1952 e 1962.

Os animais importados nestas três fases, portanto, destinaram-se principalmente aos estados do Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais (MAGNABOSCO et al., 1997), onde se encontravam as propriedades e os rebanhos dos pioneiros a importar o gado indiano. Existem indicações de que o número de zebuínos importados da Índia não ultrapasse 7.000 cabeças, apesar de hoje existirem no Brasil mais de 160 milhões de animais com genes oriundos desses animais (MAGNABOSCO et al., 1997).

Certamente as importações de diversos animais tiveram entre elas alguns reprodutores que se encaixavam perfeitamente ao padrão racial preconizado na época. Assim, esses reprodutores foram amplamente utilizados e, conseqüentemente, tiveram grande influência na população atual. Além disso, o advento da inseminação artificial possibilitou que alguns genearcas (ou seus descendentes), aumentassem ainda mais sua influência genética nos

rebanhos brasileiros (MAGNABOSCO et al., 1997). Alguns raçadores como Taj Mahal, Godhavari, Kurupathy, Golias, Karvadi, Bima, Akasamu, Padhu, Cacique, Nagpur, Rastã, Checurupadu e Bazuá tornaram-se conhecidos e granjearam fama como melhoradores de plantéis, nos diferentes centros de criação de zebuínos da variedade Nelore, sendo classificados então como *genearcas* ou formadores de linhagens dentro da raça Nelore.

Mais tarde, dentro de cada linhagem, alguns reprodutores (descendentes) também se destacaram quanto às suas características de crescimento e reprodução, ampliando a sua utilização nos rebanhos brasileiros, e dando origem aí os *novos genearcas* da raça Nelore, a citar 1646 da Mundo Novo, CFM Diamante, CFM Tietê, Cívico, Gim de Garça, Himalaya, Iguaçu do Pagador, Inca, Kulal, Marisco, Rambo da Mundo Novo, Vindouro e Visual da Zubulândia (Koury Filho, Almeida Filho, comunicação pessoal, 2012).

Para Magnabosco et al. (1997), o termo linhagem refere-se a um grupo de animais que apresentam parentesco entre si devido a um ancestral representado por um *genearca*, reprodutor fundador da fase contemporânea (material genético importado até a década de 60) da raça Nelore.

Santiago (1987), afirma que dentro de uma raça distinguem-se famílias e linhagens. A noção de família pode ser definida como a descendência direta e colateral de um casal por um certo número de gerações. Já a linhagem é constituída pelos descendentes diretos de um genitor – macho ou fêmea – os quais devem apresentar, com notável fixidez, certos traços ou qualidades, que lhes foram legados por heranças biológicas, daquele antepassado comum.

Para Lôbo et al. (2003), em uma dada linhagem, a existência de animais com mesma genealogia não implica, necessariamente, na mesma bagagem genética, pois a amostragem mendeliana ocorrida durante a formação dos gametas e o uso intensivo de um determinado reprodutor possibilita maior amplitude de variação no desempenho das progênes. Para estes autores apesar do reduzido número de *genearcas* responsáveis pela formação do Nelore brasileiro, há evidências de diferentes perfis genéticos entre as linhagens, dependendo do critério de seleção empregado, e destacam a importância da identificação de diferenças no perfil genético de cada linhagem como possibilidade de direcionamento de acasalamentos, a fim se aperfeiçoa-los e alcançar maiores progressos genéticos nas características selecionadas, evitando altos níveis de endogamia no rebanho ou na raça.

Revisando a literatura referente à introdução do Nelore no Brasil e a formação de linhagens dentro desta raça, pode-se constatar que em mais de 100 anos de seleção, características relacionadas ao crescimento e reprodução foram bastante exploradas, no

entanto, características de carcaça e qualidade de carne foram iniciadas há poucos anos no Brasil como pode ser verificado nos trabalhos realizados por Sainz, Magnabosco e Manicardi (2005), Guedes (2005), Pereira (2006), Bonin et al. (2007a,b), Rezende et al. (2007a,b), Silva et al. (2007), Bonin (2008), Bonin et al. (2010), Yokoo et al. (2010), Zuin et al. (2012), destacando a necessidade de maiores estudos destas características na raça Nelore.

CAPÍTULO I

UTILIZAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO (VIS-NIRS) PARA PREDIÇÃO DA QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

RESUMO

A tecnologia de VIS-NIRS fornece informações completas sobre as ligações moleculares e constituintes químicos e físicos da amostra avaliada, sendo útil não somente para caracterização de alimentos, mas também para medidas de qualidade e controle de processos. As predições por VIS-NIRS são baseadas na absorbância da amostra avaliada e na associação destas medidas (espectros) com a composição química e física das amostras através de equações específicas, ajustadas ao tipo de animal. O objetivo com este trabalho foi avaliar a acurácia da utilização de VIS-NIRS para predição de atributos de qualidade de carne de animais da raça Nelore. Foram utilizados 1.185 machos da raça Nelore para criação de curvas de calibração de VIS-NIRS a partir de amostras intactas de carne coletadas na altura da 5ª costela e da coleta de espectros em diferentes períodos: na desossa e nas análises de carnes de zero e sete dias de maturação. Estes espectros foram utilizados para associação com as características pH, maciez e extrato etéreo. O coeficiente de determinação da equação para estimativa dos valores de pH foi satisfatório ($R^2 = 0,71 \pm 0,01$). Para a característica MAC_{5-0} , os $NIRS_{Desossa}$ foram os que melhor predisseram esta característica ($0,78 \pm 0,35$), já para MAC_{5-7} a melhor capacidade preditiva foi alcançada pelos E_{Mac0} ($0,62 \pm 1,03$). Foi encontrada alta acurácia dos espectros de VIS-NIRS coletados na desossa para alocação das amostras em classes de maciez aos zero e sete dias de maturação, com acerto de 93,3% e 96,6%, respectivamente. Para extrato etéreo o melhor valor foi obtido a partir dos $NIRS_{desossa}$ ($0,51 \pm 0,21$). O VIS-NIRS apresentou-se como uma ferramenta útil para predição do pH, extrato etéreo e maciez da raça Nelore, podendo ser utilizado com alta acurácia para alocação de carnes em classes de maciez.

Palavras chave: Amostras intactas, *Bos indicus*, Gordura intramuscular, Maciez, Quinta costela

1. INTRODUÇÃO

Carnes com qualidade são cada vez mais valorizadas pelos consumidores, que se mostram propensos a pagar mais por produtos com qualidade certificada (ANDRÉS et al., 2008; WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011). Dentre as características mais apreciadas pelos consumidores está a maciez, diretamente ligada a satisfação de consumo e também ao ato de recompra do produto (RUST et al., 2008). Diversos fatores podem influenciar a qualidade de carne dentre eles a composição química, características físicas, sensoriais, tempo de prateleira, segurança alimentar e o manejo pré e pós abate, além das características inerentes ao próprio animal como a espécie, idade, peso, tipo de alimentação e sistemas de criação (WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011).

A qualidade da carne pode ser determinada tradicionalmente de três maneiras: por análises químicas, físicas ou sensoriais. A composição química da carne é avaliada por meio de análises laboratoriais, com amostras moídas e homogeneizadas, submetidas a processos químicos para determinação de constituintes majoritários como água, proteína, gordura e cinzas, além de outros componentes como perfil de ácidos graxos, colesterol e colágeno. Grande parte destes processos envolve o uso de reagentes químicos, muitas vezes nocivos ao meio ambiente, além de ser trabalhosos e de alto custo para execução (PRIETO et al., 2009; WEERANANTANAPHAN; DOWNEY; DA-WEN SUN et al., 2011).

As análises físicas, como a força de cisalhamento, são baseadas em métodos destrutivos que utilizam subamostras de carne cozida para determinação do pico máximo de força, em quilograma (kg) ou Newton (N), necessário para romper completamente a amostra (KING; WHEELER; KOOHARAIE, 2005).

As análises sensoriais são realizadas por painéis de avaliadores treinados o que dificulta e onera ainda mais o processo (RIPOLL et al., 2008), além de não serem aplicáveis a grandes volumes de análises, como testes de qualidade em linhas de processamento industriais ou coleta de fenótipos em larga escala para programas de melhoramento genético.

Métodos não destrutivos, econômicos, simples, rápidos, acurados e seguros como a espectroscopia de infravermelho próximo (VIS-NIRS) podem ser uma alternativa para medidas de qualidade de carne na indústria e centros de pesquisa (COZZOLINO et al., 2003; ANDRÉS et al., 2008).

A tecnologia de VIS-NIRS fornece uma informação completa sobre as ligações moleculares e constituintes químicos e físicos da amostra avaliada, sendo útil não somente para caracterização de alimentos, mas também para medidas de qualidade e controle de processos (ANDRÉS et al., 2007; PRICE et al., 2008).

As medidas de VIS-NIRS baseiam-se na emissão e reflexão de ondas eletromagnéticas que são absorvidas e refletidas em diferentes intensidades por diferentes grupamentos químicos das amostras analisadas. Desta maneira, com base nos valores de absorbância da amostra pode-se estimar a associação destas medidas (espectros) com a composição química e física da carne (COZZOLINO; MURRAY, 2004). Estas associações são estimadas por equações específicas, ajustadas ao tipo de animal e ao tipo de amostra, uma vez que a espécie animal, sexo, regime de criação podem influenciar a composição e características da carne e, conseqüentemente, os padrões de absorção destas ondas. Diante disso, faz necessário o desenvolvimento de equações específicas para o tipo de animal ou amostras que se pretende avaliar.

Inúmeros trabalhos que utilizam o VIS-NIRS para avaliação da qualidade de carne bovina tem utilizado principalmente animais *Bos taurus* (VENEL et al., 2001 - Irlanda; PRIETO et al., 2006 - Espanha; SHACKELFORD et al., 2005 – EUA; CECCHINATO et al., 2011 - Itália) notadamente conhecidos pelas diferenças na qualidade e composição da carne quando comparados a animais *Bos indicus* (KOOHMARAIE, 1996; WHEELER et al., 1990; WULF; PAGE, 2000). Desta maneira, espera-se que os padrões de absorção de ondas eletromagnéticas do VIS-NIRS entre as duas espécies também sejam diferentes, sendo necessária, portanto a criação de curvas de calibração e validação desta técnica em animais *Bos indicus* como o Nelore e em amostras coletadas na altura da 5ª costela, local onde há a separação das carcaças nos sistemas industriais brasileiros.

Tendo em vista que a raça Nelore é responsável por cerca de 80% de toda a carne produzida no Brasil (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), curvas de calibração específicas para esta raça e validadas na 5ª costela podem ser de grande utilidade para a indústria, programas de melhoramento genético e para a qualidade de carne brasileira com a possibilidade de criação de linhas de produtos com qualidade certificada e conseqüentemente com maior valor agregado. Com isso, o objetivo com este trabalho foi avaliar a acurácia da utilização de VIS-NIRS para predição de atributos de qualidade de carne de animais da raça Nelore.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ANIMAIS E ABATES

Foram avaliados 1.185 machos não castrados da raça Nelore, com cerca de 20 meses de idade, pertencentes ao rebanho da Agro-Pecuária CFM. Os abates ocorreram nos anos de 2009 e 2010, em frigoríficos comerciais localizados nos municípios de Barretos-SP (Frigorífico Minerva) e Promissão-SP (Marfrig), sob as leis federais de inspeção sanitária e abate humanitário.

Durante o abate foram coletados os números de SISBOV (Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina) de cada animal e as carcaças identificadas individualmente com a ordem de abate por meio de etiquetas afixadas ao garrão direito de cada carcaça. Ao final do abate, as carcaças foram resfriadas por 48 horas, a 2°C. Este tempo de resfriamento (48 horas *versus* 24 horas como comumente utilizado) foi utilizado por tratar de animais tipo exportação para a União Europeia, lista *Traces*, que exige um tempo mínimo de resfriamento da carcaça de 48 horas antes da desossa. Vale a pena salientar que o tempo zero para este estudo foi considerado como o momento da desossa, sendo, portanto 48 horas (dois dias) após o abate do animal.

Após o resfriamento, as carcaças foram serradas na região entre a 5ª e 6ª costelas, onde há a separação dos quartos dianteiros e traseiros da carcaça nas indústrias frigoríficas brasileiras, e então coletadas três amostras do músculo *Longissimus* (ML), com 2,5 cm de espessura, a partir de da 6ª costela, no sentido crânio-caudal da peça, sendo a primeira amostra destinada as análises de maciez ao zero dia de maturação (MAC₅₋₀), a segunda para as análises de maciez aos sete dias de maturação (MAC₅₋₇) e a última para as análises de extrato etéreo (EE). Todas as amostras foram identificadas e embaladas a vácuo individualmente, sendo que as amostras destinadas a MAC₅₋₀ e EE foram imediatamente congeladas a -18°C e as de MAC₅₋₇ permaneceram em câmara de resfriamento a 2°C por sete dias e então foram congeladas após este período.

2.2. ANÁLISES DE MACIEZ

As análises de maciez foram realizadas no Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne (LAAQC) da FZEA-USP, segundo procedimentos do AMSA (1995). De cada amostra foram retiradas seis subamostras cilíndricas de 1,25 cm de diâmetro, com auxílio de um vazador metálico adaptado a uma furadeira elétrica como proposto por Kastner e Henrickson (1969), utilizando um equipamento tipo Warner Bratzler Shear Force mecânico, com velocidade do seccionador de 20 metros/s e capacidade de 25 kg (Figura 2). A média dos valores de força de cisalhamento das seis subamostras foi considerada como o valor de maciez das amostras nos respectivos períodos de maturação.

Figura 2 - Equipamento Warner Bratzler Shear Force utilizado para as análises de maciez.

2.3. ANÁLISES DE EXTRATO ETÉREO

As análises de extrato etéreo (EE) foram realizadas segundo metodologia proposta pela AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA). Maiores detalhes desta técnica estão apresentados no anexo 1.

2.4. ANÁLISES DE VIS-NIRS

Foram coletados espectros de VIS-NIRS em amostras intactas de carne, no momento da desossa ($NIRS_{desossa}$), e nas análises de maciez aos 0 ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias ($NIRS_{Mac7}$) de maturação. O $NIRS_{desossa}$ foi coletados após 48 horas de resfriamento das carcaças, imediatamente após a separação dos quartos dianteiro e traseiro, no ML na região da 5ª costela (Figura 3). O $NIRS_{Mac0}$ e $NIRS_{Mac7}$ foram coletados, também no ML, nas amostras de carne destinadas às análises de maciez. Para isso, as amostras foram descongeladas em câmara fria entre 2 e 5°C por 48 horas, retiradas das embalagens a vácuo e expostas ao ambiente para oxigenação durante 20 minutos antes das leituras de VIS-NIRS. Para cada grupo de avaliação foi salvo um valor referencia (REF), obtido pela leitura de um padrão branco a partir do qual foi possível estimar a quantidade de luz incidente (I). Assim, a partir do espectro refletido pela amostra (ER) e do valor de I foi calculado o valor de transmitância (T) pela seguinte equação:

$$T = \frac{ER}{I}, \text{ onde:}$$

T: transmitância

ER: espectro refletido

I: luz incidente

De cada amostra foram efetuadas três leituras em três diferentes pontos utilizando um equipamento de VIS-NIR portátil, modelo EPP2000CXR-SRs para a faixa de comprimento de onda 220 a 1.100 nm e outro modelo EPP2000-InGaAs-512 para a faixa de 900 a 1.700 nm, da marca StellarNet (StellarNet Inc.). As medidas foram tomadas no modo transmitância na faixa compreendida pelos comprimentos de onda entre 200-1400 nm, com intervalos de 5 nm utilizando o software SpectraWiz® (StellarNet-Inc, 2008). Estes espectros foram armazenados em computador para posterior análise.

Figura 3 - Obtenção de espectros de VIS-NIRS no local de separação do dianteiro e traseiro, entre a 5ª e 6ª costelas.

2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os espectros de VIS-NIRS armazenados no modo transmitância foram convertidos para valores de absorbância utilizando a seguinte fórmula:

$$\log_{10}(1/(\frac{T}{100})), \text{ onde:}$$

T : porcentagem de transmitância

O valor de absorbância da amostra, em cada comprimento de onda, foi definido como a média das três observações. Cada espectro gerou 200 pontos de dados que foram considerados como variáveis independentes e as características de pH, MAC_{5-0} , MAC_{5-7} e EE como variáveis dependentes. O $NIRS_{desossa}$ foi utilizado para predição de todas variáveis dependentes deste estudo. O $NIRS_{Mac0}$ foi utilizado para predição de MAC_{5-0} , MAC_{5-7} e EE e o $NIRS_{Mac7}$ somente para predição de MAC_{5-7} e EE.

Para a análise dos dados foi utilizado o método de Componentes Principais (PCA) e Regressão de Quadrados Mínimos Parciais (PLSR), utilizando o software Unscrambler®X 10.1 (CAMO Software AS, Oslo, Noruega). Em uma primeira análise exploratória dos dados, os espectros correspondentes aos comprimentos de onda inferiores a 400 nm foram removidos das análises devido a grande quantidade de ruídos espectrais. Também foram considerados *outliers* e retirados do banco animais com valores de Hotelling T^2 superiores a 1%. Para melhorar a acurácia das predições, em alguns casos foram aplicados algoritmos de pré-processamento de dados (*Baseline Correction*, *Multiplicative Scatter Correction*, *Extended*

Multiple Scatter Correction e Derivativas de ordem 1 e 2), para correção de possíveis efeitos de reflexão (*baseline*) ou dispersão da luz (*scatter*), conforme descrito na Tabela 3.

Para desenvolvimento das curvas de calibração foi utilizado o método de validação aleatória interna, com 60% do banco de dados selecionado aleatoriamente para desenvolvimento das curvas de calibração e validação aleatória interna e 40% para teste da acurácia preditiva destas equações.

O numero de espectros coletados em cada período, bem como o numero de animais utilizados para os bancos de calibração e predição estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição do número de amostras e composição dos bancos de calibração e validação para os espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$), nas análises de maciez aos zero ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias ($NIRS_{Mac7}$) de maturação.

Espectros	N	Calibração	Validação
$NIRS_{Desossa}$	1.143	686	457
$NIRS_{Mac0}$	661	397	264
$NIRS_{Mac7}$	1.114	669	445

Para testar a habilidade do VIS-NIRS em classificar amostras em classes de maciez foram utilizados os valores preditos a partir das equações de calibração e os valores referencia de maciez para avaliar a porcentagem de amostras classificadas corretamente como macias (força de cisalhamento < 4,5 kg) ou duras (força de cisalhamento > 4,5 kg). Diante disso, foram simuladas duas situações: na primeira testou-se a habilidade das equações de calibração com maior R^2 e menores erros para classificação das amostras em classes de maciez; e na segunda testou-se a eficácia das equações de calibração geradas a partir de espectros da desossa ($NIRS_{desossa}$) com o objetivo de avaliar a capacidade do VIS-NIRS em classificar corretamente, no momento da desossa, amostras de carnes maturadas por zero ou sete dias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. INTERPRETAÇÃO DOS ESPECTROS DE VIS-NIRS

Na figura 4 estão apresentadas as médias dos espectros [$\text{Log}(1/R)$] obtidos na desossa ($NIRS_{desossa}$) e nas análises de maciez aos zero ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias ($NIRS_{Mac7}$) de maturação.

Figura 4 - Médias dos espectros $[Log (1/R)]$ obtidos na desossa ($NIRS_{desossa}$) e nas análises de maciez aos zero ($NIRS_{mac0}$) e sete dias ($NIRS_{mac7}$) de maturação em amostras de carne de bovinos da raça Nelore.

Dentre os períodos avaliados, o $NIRS_{desossa}$ teve menor absorbância que $NIRS_{Mac0}$ e $NIRS_{Mac7}$, sendo que o último apresentou os maiores valores de absorbância em todos os comprimentos de onda (Figura 4). Uma possível explicação para estas diferenças é o fato de as carnes destinadas às análises de MAC_{5-0} e MAC_{5-7} terem sido congeladas antes das coletas de espectros, o que pode ter alterado os padrões de absorção de luz da amostra. Shackelford et al. (2004) descrevem o congelamento das amostras como uma possível causa de diferenças nos protocolos de avaliação de qualidade de carne por VIS-NIRS. Thyholt e Isaksson (1997) descrevem, inclusive, a utilização do VIS-NIRS para diferenciação de carnes frescas/congeladas devido aos diferentes padrões de absorção entre essas duas classes.

Alguns motivos podem ser supostos para justificar a diferença de absorção dos espectros coletados em diferentes períodos. Um deles seria que o congelamento pode alterar as proporções de pigmentos respiratórios (mioglobina e oximioglobina) que resultam em mudanças na coloração da carne e consequentemente nas taxas de absorção de luz pelo músculo (ANDRÉS et al., 2008). O outro seria a formação de cristais de gelo no processo de congelamento das amostras que podem ter causado ruptura das células musculares e que, no processo de descongelamento, causaram maior perda de líquidos. Um terceiro motivo seria que durante o processo de maturação há a tendência de aumento de perdas de líquidos devido à degradação das ligações de moléculas de água e proteínas do citoesqueleto, enfraquecendo progressivamente estas ligações, resultando na liberação de água e aumento das perdas de

líquidos com o decorrer dos períodos de maturação (MCGLONE; DEVINE; WELLS, 2005). Segundo estes autores, as alterações na quantidade de água livre no músculo podem ser detectadas na faixa de 840 nm, onde há maior vibração de ondas devido aos grupos O-H da água. Uma pequena alteração na harmonia espectral na faixa de 790-840 nm também foi detectada neste estudo, podendo a quantidade de água livre nas amostras ser uma possível causa desta variação.

Neste estudo também foram alterações harmônicas nos comprimentos de onda entre 400 e 550 nm, na região do visível, e entre 1160 e 1350 nm, região no NIR. Savenije et al. (2006) encontrou associação entre componentes da cor (L^* , a^* , b^*) e espectros na região do visível. Já associações com valores de força de cisalhamento foram encontradas na faixa do visível e também do NIR (SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAIE, 2005; XIA et al., 2007; PRIETO et al., 2008).

3.2. PREDIÇÃO DE ATRIBUTOS DE QUALIDADE DE CARNE COM O USO DO VIS-NIRS

A variação dos dados, média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos atributos de qualidade de carne de bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Variação, média, desvio padrão e coeficiente de variação de atributos de qualidade de carne de bovinos da raça Nelore para composição dos bancos de espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$) e nas análises de carnes aos zero ($NIRS_{Mac0}$) e sete dias de maturação ($NIRS_{Mac7}$).

Característica	Espectros	N	Variação	Média	DP	CV (%)
pH	$NIRS_{Desossa}$	1.132	5,41 - 6,14	5,81	0,08	1,44
MAC_{5-0} (kg)	$NIRS_{Desossa}$	672	2,82 - 14,36	6,99	1,98	28,32
	$NIRS_{Mac0}$	621	2,82 - 14,36	6,77	1,98	29,24
MAC_{5-7} (kg)	$NIRS_{Desossa}$	1.086	2,04 - 17,00	7,66	2,68	34,98
	$NIRS_{Mac0}$	598	1,50 - 13,83	5,74	2,31	40,24
	$NIRS_{Mac7}$	1.071	1,43 - 15,53	6,79	2,88	42,41
EE (% , MN)	$NIRS_{Desossa}$	980	0,09 - 9,26	1,65	1,00	60,60
	$NIRS_{Mac0}$	553	0,10 - 9,26	1,78	1,03	57,86
	$NIRS_{Mac7}$	980	0,09 - 9,27	1,67	0,99	59,28

MAC_{5-0} = maciez aos zero dia de maturação; MAC_{5-7} = maciez aos sete dias de maturação; EE = extrato etéreo; MN= matéria natural; N = numero de amostras; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

As estatísticas correspondentes as equações para predição dos atributos de qualidade de carne a partir de espectros coletados na desossa e nas análises de carnes aos zero e sete dias

de maturação estão apresentados na Tabela de 3. Em cada um destes períodos, somente as equações que melhor se ajustaram a cada uma das características foram apresentadas.

Tabela 3 - Predição de atributos de qualidade de carne a partir de espectros coletados na desossa ($NIRS_{Desossa}$), aos zero ($NIRS_{Mac0}$), e sete dias de maturação ($NIRS_{Mac7}$).

Característica	Espectros	Pré-Tratamento	N_c	F	R_c^2	EQMC	R_{vc}^2	EQMVC	R_p^2	EQMP
pH	$NIRS_{Desossa}^*$	Log (1/R)	89	2	0,71	0,01	0,68	0,01	0,01	0,08
MAC_{5-0} (kg)	$NIRS_{Desossa}^*$	Log (1/R)	111	6	0,78	0,35	0,73	0,39	0,07	1,43
	$NIRS_{Mac0}$	EMSC	146	3	0,70	0,52	0,67	0,54	0,03	1,83
MAC_{5-7} (kg)	$NIRS_{Desossa}$	2D	215	6	0,60	1,28	0,54	1,37	0,22	2,30
	$NIRS_{Mac0}^*$	2D	267	5	0,62	1,03	0,55	1,12	0,21	1,84
	$NIRS_{Mac7}$	MSC + 1D	558	6	0,65	1,53	0,59	1,65	0,42	2,11
EE (% , MN)	$NIRS_{Desossa}^*$	MSC + 2D	467	1	0,51	0,21	0,50	0,22	n/a	0,91
	$NIRS_{Mac0}$	Log (1/R)	223	4	0,52	0,43	0,48	0,45	0,06	0,90
	$NIRS_{Mac7}$	Baseline	274	4	0,24	0,28	0,20	0,29	0,03	0,98

N_c = número de amostras utilizadas no modelo de calibração; F = numero de fatores na equação; R_c^2 = coeficiente de determinação da calibração; EQMC = erro quadrático médio da calibração; R_{cv}^2 = coeficiente de determinação da validação cruzada; EQMVC = erro quadrático médio da validação cruzada; R_p^2 = coeficiente de determinação da predição; EQMP: erro quadrático médio da predição; MAC_{5-0} = maciez aos zero dia de maturação; MAC_{5-7} = maciez aos sete dias de maturação; EE = extrato etéreo; MN= matéria natural; * = equação com melhor valor preditivo para a característica; Log (1/R) = porcentagem de absorbância; EMSC = *extended multiple scatter correction*; 2D = derivativa de ordem 2; MSC = *multiple scatter correction*; 1D = derivativa de ordem 1; Baseline = *baseline correction*; n/a = não aplicável.

3.2.1. PH

Para predição dos valores de pH foram utilizados somente espectros coletados na desossa. Esta decisão partiu do princípio de que o pH, no momento da desossa, é um fator preponderante para classificação/desclassificação de carcaças, onde carcaças com pH altos (acima de 5,9) tendem a ser desclassificadas, visto os problemas industriais e tecnológicos que podem ocorrer decorrente disto. Assim, espectros coletados em períodos posteriores poderiam não ser aplicáveis para predição desta característica na indústria e nas análises de carnes e não foram testados neste estudo.

O coeficiente de determinação da equação para estimativa dos valores de pH foi satisfatório ($R^2 = 0,71$), conforme apresentado na Tabela 3. Além disso, os valores do EQMC e EQMCV foram semelhantes e baixos (0,01), o que demonstra a semelhança entre as duas equações para predição de valores de pH a partir de espectros coletados na desossa. O gráfico de dispersão entre o valores de pH referência e preditos gerado a partir do banco de calibração está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Valores de pH referência e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça nelore. Espectros coletados no momento da desossa.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com o relatado na literatura quanto à utilização do VIS-NIRS para predição de valores de pH em amostras de carne de diferentes espécies. Algumas variações encontradas na literatura para valores de coeficiente de regressão e erro das estimativas são devido, principalmente, ao tipo de amostra utilizada (intacta ou homogeneizada).

Rosenvold et al. (2009) avaliando amostras intactas de carne de bovinos da raça Hereford encontraram valores de $R^2 = 0,83$ e $EQMP = 0,20$, com valores referencia de pH variando entre 5,15 – 7,17. Yang et al. (2010) ao avaliar amostras de carne bovina, também coletadas após 48 horas de resfriamento, nos comprimentos de onda entre 950-1650 nm encontraram $R^2 = 0,38$ e $EMQC = 0,75$. Em suínos, Savenije et al. (2006) encontraram valores de $R^2 = 0,40-0,71$ e erro padrão da predição entre 0,04 – 0,07. Candek-Potakar, Prevotnik e Skrlep (2006) obtiveram valores um pouco inferiores, com $R^2 = 0,54$. Em ambos os trabalhos com suínos citados anteriormente, as avaliações foram realizadas entre 400-1100 nm, comprimentos de onda muito semelhantes aos utilizados neste trabalho (400-1400 nm). Para amostras intactas de carne ovina, Andrés et al. (2007) encontraram valores de $R^2_{vc} = 0,19$ e $EQMVC = 0,15$, nos comprimentos de onda entre 400-1900 nm. Para carne de frango Liu et al. (2004) relataram $R^2 = 0,91$ e $EQMP = 0,15$, para comprimentos de onda entre 400-1850 nm.

3.2.2. MACIEZ

Para predição dos valores de maciez foram utilizados espectros coletados na desossa e nas análises de carnes aos zero e sete dias de maturação, como apresentado na Tabela 3. O $NIRS_{Desossa}$ foi coletado na carne fresca, antes do congelamento. Os demais espectros ($NIRS_{Mac0}$ e $NIRS_{Mac7}$) foram coletados em amostras que foram congeladas para armazenamento (-18°C) e em seguida descongeladas para as análises. Portanto, mesmo o $NIRS_{Desossa}$ não sendo coletado no momento das análises de maciez, optou-se por utiliza-los a fim de testar a capacidade preditiva de espectros de VIS-NIRS, coletados no momento da desossa, para predição de valores de maciez após diferentes períodos de maturação.

As equações com melhores capacidades preditivas, ou seja, maior R^2 e menores erros associados, para as características MAC_{5-0} e MAC_{5-7} estão indicadas com um “*” na Tabela 3 e serão utilizadas para a discussão e apresentação gráfica dos resultados.

Para a característica MAC_{5-0} , o $NIRS_{Desossa}$ foi o que teve melhor capacidade preditiva para esta característica (Tabela 3). Os espectros coletados no momento da análise de carnes aos zero dias ($NIRS_{Mac0}$) apresentaram menor capacidade preditiva, com menores R^2 que o $NIRS_{Desossa}$ tanto para calibração, quanto para a validação cruzada e predição dos dados.

Para MAC_{5-7} a melhor capacidade preditiva foi alcançada pelo $NIRS_{Mac0}$, seguido pelo $NIRS_{Desossa}$, com valores de R^2 e erro da calibração e validação cruzada muito próximos.

Já o $\text{NIRS}_{\text{Mac7}}$, embora tenham possibilitado R^2 mais elevados tanto na calibração quanto na validação cruzada e predição, os erros associados a estas estimativas também foram maiores (com exceção da predição) quando comparados aos obtidos pelo uso do $\text{NIRS}_{\text{Desossa}}$ e do $\text{NIRS}_{\text{Mac0}}$ (Tabela 3). Venel et al. (2001) citam situação semelhante, onde espectros coletados no momento da análise não tiveram alta acurácia para predição da maciez. Segundo estes autores, a coleta de valores referencia e espectros no mesmo momento, a utilização de amostras congeladas antes do cozimento e subamostras para força de cisalhamento retirada em pontos diferentes de onde foram coletados os espectros, podem ser algumas explicações para estes tipos de diferenças.

O gráfico de dispersão entre os valores de maciez referência e preditos, aos zero e sete dias de maturação, gerado a partir do banco de calibração, estão apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Figura 6 - Valores referência de maciez aos zero dias de maturação (MAC_{5-0}) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados no momento da desossa.

Figura 7 - Valores referência de maciez aos sete dias de maturação (MAC_{5-7}) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados nas análises de carnes com zero dia de maturação.

Os resultados encontrados neste estudo foram ligeiramente superiores ao relatados na literatura sobre a utilização do VIS-NIRS para predição de maciez em amostras intactas de carne bovina. Em revisão realizada por Prieto et al. (2009), os valores de R^2_c variaram entre 0,08 - 0,72, e EQMVC entre 1,3 – 2,54 kg. Rodbotten, Mevik e Hildrum (2001) avaliando a capacidade preditiva do VIS-NIRS para maciez aos dois e nove dias de maturação encontrou R^2_c de 0,69 e 0,62 com EQMVC de 1,37 e 1,49, respectivamente, para estas características. O R^2_c deste estudo para predição da MAC_{5-7} foi semelhante ao encontrado por Rodbotten, Mevik e Hildrum (2001), sendo que a diferença de apenas dois dias entre os períodos avaliados (7 *versus* 9 dias de maturação) pode ser uma explicação para esta semelhança.

Embora coerentes com a variação encontrada na literatura, os erros associados às estimativas deste estudo foram um pouco elevados, principalmente para MAC_{5-7} (Tabela 3) o que pode diminuir a acurácia desta técnica para predição de valores exatos de WBSF em diferentes períodos de maturação. No entanto, se considerarmos classes de maciez, o VIS-NIRS pode ser uma ferramenta útil pra alocação de carnes por classes de qualidade. Isto pode ser feito considerando, por exemplo, limiares de força de cisalhamento como carnes macias e duras.

Neste estudo foi encontrada alta acurácia do VIS-NIRS a partir de $NIRS_{Desossa}$ para alocação de carnes em classes de maciez tanto aos zero quanto aos sete dias de maturação. Utilizando espectros coletados na desossa, a porcentagem de classificação correta de MAC_{5-0} foi de 93,3% (Figura 8). Das amostras classificadas incorretamente (6,7% do total), todas

foram superestimadas, ou seja, amostras macias consideradas como duras. Na predição de MAC_{5-7} a partir do $NIRS_{Desossa}$, 96,6% das amostras foram classificadas corretamente, com apenas 1,5% das amostras subestimadas (duras como macias) e 1,9% superestimadas (macias como duras), ou seja, apenas cerca de 3% das amostras classificadas incorretamente (Figura 9).

Figura 8 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da raça Nelore maturadas por zero dias (MAC_{5-0}), a partir de espectros coletados na desossa.

Figura 9 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da raça Nelore de carnes maturadas por sete dias (MAC_{5-7}), a partir de espectros coletados na desossa.

Quando foi testado o melhor modelo de calibração para MAC_{5-7} ($NIRS_{Mac0}$, Tabela 3) quanto à capacidade de alocação das amostras em classes de maciez, verificou-se menor capacidade preditiva de $NIRS_{Mac0}$ comparado ao $NIRS_{Desossa}$. Com $NIRS_{Mac0}$ a porcentagem de amostras classificadas corretamente foi de 78,8% (Figura 10), aproximadamente dezoito pontos percentuais menos que o $NIRS_{Desossa}$ e com 21,2% das amostras classificadas incorretamente.

Figura 10 - Porcentagem de classificação correta para maciez de amostras de carne de bovinos da Raça Nelore maturadas por sete dias (MAC_{5-7}), a partir de espectros coletados nas análises de carnes com zero dia de maturação.

Este foi um resultado inesperado, uma vez que o $NIRS_{Desossa}$ apresentaram menor R^2_c , R^2_{vc} , R^2_p e também maiores erros associados a estas estimativas (Tabela 3). Uma possível explicação para isso seria a diferença no número de amostras avaliadas na coleta do $NIRS_{Desossa}$ e $NIRS_{Mac0}$ (Tabela 1), onde para $NIRS_{Desossa}$ foram avaliados cerca de 60% mais amostras que para E_{Mac0} . Com isso, foram gerados bancos de calibração e validação com n e variação dos dados distintos entre os dois períodos (Tabela 1 e 3), podendo esta ser uma possível explicação do melhor ajuste da equação de calibração a partir de $NIRS_{Desossa}$ ao banco validação que a gerada a partir de $NIRS_{Mac0}$. Este desbalanceamento no n entre MAC_{5-0} e MAC_{5-7} foi devido ao fato de que em um dos abates deste estudo, composto por 520 animais, as carcaças foram desossadas somente quatro dias após o abate, o que ocasionou a perda do tempo zero deste lote de animais.

Prieto et al. (2009) já haviam descrito o VIS-NIRS como ferramenta robusta para classificar produtos cárneos de diferentes espécies em classes de qualidade, com porcentagens de acerto entre 80 e 100%. Price et al. (2008) avaliando a mesma técnica para classificar

carcaças em classes de maciez concluiu que esta pode ser uma ferramenta com limitada capacidade de prever valores exatos de força de cisalhamento e para diferenciar classes intermediárias de maciez, porém, quando utilizado para distinguir carnes macias e duras, a porcentagem de acerto pode chegar a 92,9%, podendo ser uma ferramenta potente em linhas de processo das indústrias frigoríficas.

Park et al. (1998) utilizando o VIS-NIRS para alocação de carne bovina em classes de maciez tiveram entre 79-89% das amostras classificadas corretamente. Valor um pouco inferior (70%) foi encontrado por Rust et al. (2008), mas que afirmam já ser suficiente distinção de classes de maciez na indústria e para criação de marcas e linhas de produtos Premium, com maciez garantida. Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (2005) destacam a importância da aplicação desta técnica em carcaças de menor valor agregado a fim de identificar aquelas com qualidade superior, podendo alterar a classificação de carcaças e agregar valor ao produto.

Uma das explicações desta alta acurácia do VIS-NIRS em classificar carnes em classes de maciez é que em geral, carnes mais duras absorvem mais luz que carnes macias (PRICE et al., 2008; RIPOLL et al., 2008; RODBOTTEN et al., 2000; LEROY et al., 2003). Neste estudo, quando foi comparada a média do $NIRS_{Desossa}$ para carnes macias ou duras ($WBSF < 4,5$ kg ou $>4,5$ kg, respectivamente) observou-se que, em média, as carnes macias absorveram mais luz que as carnes duras (Figura 11). No entanto, quando foram utilizados os mesmos espectros ($NIRS_{Desossa}$) para comparar extremos de maciez, verificou-se que as carnes mais duras absorveram mais luz que as carnes macias (Figura 12), concordando com os resultados encontrados por Price et al. (2008); Ripoll et al. (2008); Rodbotten et al. (2000) e Leroy et al. (2003).

Figura 11 - Padrão de absorção de luz de carnes macias (força de cisalhamento < 4,5 kg) e duras (força de cisalhamento > 4,5 kg) com zero dia de maturação de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados na desossa.

Figura 12 - Padrão de absorção de luz de carnes de bovinos da raça Nelore com valores extremos de maciez, com zero dia de maturação. Espectros coletados na desossa.

Os espectros das Figuras 11 e 12 apresentam a mesma harmonia espectral, com maior absorção na faixa entre 490 e 540 nm. No entanto, os valores médios apresentados na Figura 11 acabaram por minimizar as diferenças de absorção de luz entre carnes duras e macias nesta

faixa, com diferenças somente nos comprimentos de onda entre 580 e 1255 nm onde, em média, as carnes macias absorveram mais luz que as duras. Já para os espectros apresentados na figura 12, estas diferenças foram mais proeminentes e em todos os comprimentos de onda a carne mais dura absorveu mais luz que a macia.

As diferenças nos padrões de absorção entre carnes macias e duras podem ser explicadas pelas diferenças na estrutura muscular entre essas duas classes. Segundo Cozzolino et al. (2003) a estrutura muscular afeta a maneira como a luz é absorvida ou refletida pela amostra, influenciando também a maneira como o instrumento faz a leitura da mesma. Ainda segundo os mesmos autores, em amostras intactas, as fibras musculares ou miofibrilas atuam por si só como “fibras óticas” e tendem a conduzir luz ao longo de sua extensão, por meio de reflexões internas. Além da estrutura muscular, o pH, a quantidade de gordura intramuscular, as pontes de colágeno e teor de umidade nas diferentes classes de maciez também podem causar alteração no padrão de reflexão de luz.

Segundo Andrés et al. (2007) a profundidade de penetração de luz no músculo segue a lei de Beer Lambert, onde a absorbância aumenta exponencialmente com o aumento penetração de luz no músculo. Sendo assim, uma explicação para o fato de carnes mais duras terem maior absorção de luz (principalmente na região do visível) pode ser devido ao menor comprimento de sarcômero destas amostras, que permitiram maior penetração de luz no músculo quando comparadas a amostras mais macias, com maior comprimento de sarcômero. (RODBOTTEN; MEVIK; HILDRUM, 2001; ANDRÉS et al., 2007).

Os resultados encontrados neste estudo revelam o VIS-NIRS como uma ferramenta promissora para classificação de carnes em classes de maciez ainda na desossa. Levando em consideração que no Brasil o período entre o abate e a apresentação do produto na mesa do consumidor final leva cerca de sete dias e que o VIS-NIRS foi capaz de classificar corretamente 96,6% das amostras para maciez aos sete dias de maturação com espectros coletados na desossa, podemos concluir que esta técnica pode ser promissora para criação de marcas de carne *Premium* com maciez garantida e, consequentemente, de produtos com maior valor agregado.

Para a indústria estes resultados significam, por exemplo, que em um dia de produção com abate de 1.000 cabeças, (2.000 meias carcaças) e 2.000 peças de contrafilé, 1932 deles (96,6%) teriam maciez certificada, um ganho enorme para indústria que poderia voltar estes cortes para nichos de mercado específicos. Ainda que no momento os frigoríficos não bonifiquem o produtor por maciez, esta é uma tendência de mercado, uma vez que os

consumidores têm a maciez como fator preponderante de consumo, são capazes de distinguir classes de maciez e mostram-se dispostos a pagar mais por carnes garantidamente macias. Neste sentido, o VIS-NIRS pode ser uma ferramenta útil para a cadeia produtiva da carne bovina Brasileira.

3.2.3 EXTRATO ETÉREO

Para predição dos valores de EE foram utilizados espectros coletados na desossa e nas análises de carnes aos zero e sete dias de maturação, como apresentado na Tabela 3. Para a característica EE a equação que apresentou o melhor valor preditivo foi a obtida a partir do NIRS_{desossa}, com $R^2_c = 0,51$ e EQMC = 0,21 e com $R^2_{vc} = 0,50$ e EQMVC = 0,22 (Tabela 3). Os coeficientes de determinação e erros da calibração e validação cruzada foram muito próximos, no entanto o coeficiente de determinação da predição (R^2_p) foi nulo, ou seja, o modelo não se ajustou aos dados. Para todas as equações, geradas a partir de diferentes espectros, os valores de R^2_p foram nulos ou próximo à zero com alto erro associado (0,9-0,98). Este resultado pode ser devido à distribuição dos dados nesta característica, que embora tenha um alto coeficiente de variação (Tabela 2), apresentou maior concentração dos dados entre 1-2% de EE.

O gráfico de dispersão entre os valores de EE referência e preditos, gerado a partir do banco de calibração de espectros coletados na desossa, estão apresentados na Figura 13.

Figura 13 - Valores referência extrato etéreo (EE) e preditos por VIS-NIRS em amostras de carne de bovinos da raça Nelore. Espectros coletados na desossa.

Em revisões de literatura realizadas por Prevolnik, Candek-Potakar e Skorjanc (2004) e por Weeranantanaphan; Downey; Da-Wen Sun et al. (2011), os valores de R^2 para quantidade de gordura intramuscular na carne bovina, a partir de amostras homogeneizadas, variam de 0,76 a 0,98. Prieto et al. (2006) avaliando amostras homogeneizadas de contrafilé coletadas na altura da 6ª costela, encontraram $R^2 = 0,92$ com erro padrão de 15,26 g/kg de matéria seca (MS). Para amostras intactas de contrafilé bovino, Eichinger e Beck (1992) encontraram $R^2 = 0,85$ e Cozzolino et al. (2002) encontraram valor levemente superior ($R^2 = 0,89$). Para amostras intactas de carne suína os mesmos autores encontraram R^2 menores (0,35-0,58) que os descritos para amostras homogeneizadas da mesma espécie, variando de 0,88 - 0,98.

Possíveis causas do menor valor de R^2 encontrado neste estudo para predição de EE pode estar relacionado à tomada de espectros em amostras intactas e também ao número de leituras por amostras (três) o que pode não ter sido suficiente para predizer a porcentagem de gordura total da amostra. Além disso, as amostras utilizadas como referencia não foram as mesmas escaneadas, podendo esta também ser uma fonte de erros nestas análises.

Vários autores têm relatado altos níveis de erros associados às estimativas de composição química da carne bovina, ovina suína e de frango pelo VIS-NIRS (ABENI; BERGOGLIO, 2001; BRONDUM et al., 2000; COZZOLINO; DE MATTOS; MARTINS, 2002; HOVING-BOLINK et al., 2005; RIPOLL et al., 2008; SAVENIJE, et al., 2006; PRIETO et al., 2009). Vários fatores podem ser responsáveis por esta diferença. Primeiramente a variabilidade existente nas amostras, uma vez que uma pequena variação no banco referência pode prejudicar negativamente a capacidade preditiva do VIS-NIRS (PRIETO et al. 2009). Além disso, diferentes metodologias de quantificação dos valores referência e a preparação das amostras também podem diminuir a capacidade preditiva desta técnica (RIPOLL et al., 2008).

Alguns autores como Barlocco et al. (2006), Cozzolino; Murray (2002), Prevolnik et al. (2005) e Prieto et al. (2009) afirmam que a composição química de amostras moídas podem ser preditas com maior acurácia que em amostras intactas, devido, principalmente, a maior homogeneidade quando trituradas. Além disso, em amostras intactas há o efeito de reflexão interna das fibras musculares e maior absorção de luz (menor refletância) quando comparadas às amostras homogeneizadas. Quando o quando o músculo é moído, há a desruptura da estrutura muscular, destruindo e rearranjando as fibras musculares bem como

equilibrando os efeitos de reflexão causados pelas fibras musculares intactas (PRIETO et al., 2009).

Mesmo com estas desvantagens, o potencial do VIS-NIRS para predição da composição química de amostras intactas é muito importante para a indústria (PRIETO et al., 2009), devido a praticidade que esta técnica oferece por não exigir a preparação das amostras antes das leituras. Neste caso, para características como a gordura intramuscular que não tem distribuição homogênea no músculo, uma alternativa seria aumentar o número de leituras ou a área escaneada pelo VIS-NIRS, minimizando os problemas associados ao tipo de preparo das amostras (PREVOLNIK et al., 2005; RIPOLL et al., 2008; RODBOTEN et al., 2000; HOVING-BOLINK et al., 2005).

3.3. COEFICIENTES DE REGRESSÃO DAS EQUAÇÕES DE VIS-NIRS

Os comprimentos de onda mostrando os maiores coeficientes de regressão com regiões analíticas úteis para as características pH, MAC_{5-0} , MAC_{5-7} e EE apresentados na Figura 14.

A faixa do visível (400-800 nm) foi importante para predição de todas as características, principalmente pH e EE. Já para MAC_{5-0} e MAC_{5-7} as regiões entre 1270 e 1400 nm (região do NIR) também tiveram contribuição importante para estas características.

Murray e Williams (1987); Shenk, Westerhaus e Workman (1992) e Prieto et al. (2009) descrevem a região entre 1100 e 1400 nm como relacionada com as ligações tipo C-H. Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (2005) avaliando a faixa de onda entre 449 a 2500 nm, encontraram maior associação com valores de maciez entre 552-930 nm, concluindo que aparelhos menos complexos que incluam apenas estes comprimentos de onda já sejam suficientes para predição desta característica.

Com isso, podemos sugerir que para predição dessas características com o grau de acurácia apresentados neste estudo, aparelhos menos complexos e com menores comprimentos de onda, já sejam suficientes para fornecer informações com grau de precisão aceitável e principalmente para distinguir carnes macias de duras.

Figura 14 - Variáveis importantes para associação com as características pH, maciez aos zero (MAC_{5.0}) e sete dias de maturação (MAC_{5.7}) e extrato etéreo (EE). Valores de absorbância dos espectros obtidos a partir de amostras de carne de bovinos da raça Nelore.

4. CONCLUSÃO

O VIS-NIRS apresentou-se como uma ferramenta útil para predição de características relacionadas à qualidade como pH, extrato etéreo e maciez de bovinos da raça Nelore, podendo ser utilizado com alta acurácia para alocação de carnes em classes de maciez.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENI, F.; BERGOGLIO, G. Characterization of different strains of broiler chicken by carcass measurements, chemical and physical parameters and NIRS on breast muscle. **Meat Science**, Oxon, v.57, p.133–137, 2001.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. Chicago, American Meat Science Association, 1995.
- ANDRÉS, S. et al. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy **Meat Science**, Oxon, v.76, p.509–516, 2007.
- ANDRÉS, S. et al. The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes. **Meat Science**, Oxon, v.78, p.217–224, 2008.
- ANDREW, V. et al. Detection of tenderness, post-rigor age and water status changes in sheep meat using near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v. 13, p.277-285, 2005.
- AOCS, 2009. Official Method Am 5-04 - Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. Additions and Revisions to the Official Methods and Recommended Practices of the AOCS.
- BARLOCCO, N. et al. Predicting intramuscular fat, moisture and Warner–Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. **Animal Science**, Malden, v.82, p.111–116, 2006.
- BRONDUM, J. et al. Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy. **Meat Science**, Oxon, v.55, p.177–185, 2000.
- CANDEK-POTOKAR, M.; PREVOLNIK, M.; SKRLEP M. Ability of near infrared spectroscopy to predict pork technological traits. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v.14, p.269, 2006.
- CECCHINATO, A. et al. Near-infrared reflectance spectroscopy predictions as indicator traits in breeding programs for enhanced beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, n.89, p.2687-2690, 2011.
- COZZOLINO D. et al. The use of visible and near-infrared reflectance spectroscopy to predict colour on both intact and homogenized pork muscle, **Lebensm.-Wiss. U.-Technology**, v.36, p.195–202, 2003.

- COZZOLINO, D.; DE MATTOS, D.; MARTINS, V. Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. **Animal Science**, Malden, v.74, p.477–484, 2002.
- COZZOLINO, D.; MARTINS, V.; MURRAY, I. Visible and near infrared spectroscopy of beef longissimus dorsi muscle as a means of discriminating between pasture and corn silage feeding regimes. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v.10, p.187–193, 2002.
- COZZOLINO, D.; MURRAY, I. Identification of animal meat muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** v.37, p.447–452, 2004.
- EICHINGER H.; BECK G. Possibilities for improving breeding value estimation of meat quality in cattle by using the near-infrared measurement technique. **Archiv Fur Tierzucht**, Dummerstorf, v.35, 41-50, 1992.
- FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Oxon, v.84, p.238-243, 2010.
- HOVING-BOLINK, A. H. et al. Perspective of NIRS measurements earl post mortem for prediction of pork quality. **Meat Science**, Oxon, v.69, p.417, 2005.
- KASTNER, C.L.; HENRICKSON, R.L. Providing uniform meat cores for mechanical Shear Force measurement. **Journal of Food Science**, London, v. 34, p.603-605, 1969.
- KING, D.A.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE M. On-line classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near – infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, Oxon, v.69, p.409, 2005.
- KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Oxon, v.43, p. 5193–5201, 1996.
- LEROY, B. et al. Prediction of technological and organoleptic properties of beef *Longissimus thoracis* from near-infrared reflectance and transmission spectra. **Meat Science**, Oxon, v.66,p. 45–54, 2003.
- LIU, Y. et al. Prediction of physical, color and sensory characteristics of broiler breasts by visible near infrared reflectance spectroscopy”. **Poultry Science**, Savoy, v.83, p.1467, 2004.
- MCGLONE, V.A.; DEVINE, C.E.; WELLS, R.W. Detection of tenderness, post-rigor age and water status changes in sheep meat using near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Charlton, v.13, p.277-285, 2005.
- MURRAY, I.; WILLIAMS, P. C. Chemical principles of near-infrared technology. In P. C. Williams & K. Norris (Eds.), **Near infrared technology in the agricultural and food industries** (pp. 17–34). St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc.. (1987).
- PARK, B. et al. Near-infrared reflectance analysis for predicting beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.2115–2120, 1998.
- PREVOLNIK, M. et al. Predicting intramuscular fat content in pork and beef by near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v.13, p.77–85, 2005.
- PREVOLNIK, M.; CANDEK-POTOKAR, M.; SKORJANC, D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: a review. **Czechoslovak Journal of Animal Science**, v.49, p.500–510, 2004.

- PRICE, D. M. et al. Using the near-infrared system to sort various beef middle and end muscle cuts into tenderness categories. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.413-418, 2008.
- PRIETO N., et al. Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples. **Meat Science**, Oxon, v.79, p.692–699, 2008.
- PRIETO N., et al. Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. **Meat Science**, Oxon, v.74, 487–496, 2006.
- PRIETO, N. et al. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. **Meat Science**, Oxon, v.83, p.175–186, 2009.
- RIPOLL, G., et al. Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. **Meat Science**, Oxon, v.80, p.697–702, 2008.
- RODBOTTEN, R.; MEVIK, B. H.; HILDRUM, K. I. Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v.9, p.199–210, 2001.
- RODBOTTEN, R.; NILSEN, B. N.; HILDRUM, K. I. Prediction beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. **Food Chemistry**, Oxon, v.69, p.427–436, 2000.
- ROSENVOLD, K., et al. Temporal, biochemical and structural factors that influence beef quality measurement using near infrared spectroscopy. **Meat Science**, Oxon, v.82, p. 379–388, 2009.
- RUST, S. R. et al. Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy, **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.211-219, 2008.
- SAVENIJE, B. et al. Prediction of pork quality using visible/near-infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, Oxon, v.73, p.181–184, 2006.
- SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Development of optimal protocol for visible and near-infrared reflectance spectroscopic evaluation of meat quality. **Meat Science**, Oxon, v.68, p.371–381, 2004.
- SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. On-line classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy, **Meat Science**, Oxon, v.69, p.409–415, 2005.
- SHENK, J. S.; WESTERHAUS, M. O.; WORKMAN, J. J. (1992). Application of NIR spectroscopy to agricultural products. In D. A. Burns & E. W. Ciurczak (Eds.), **Handbook of near infrared analysis, practical spectroscopy series** (pp. 383–431). New York, USA: Marcel Dekker.
- THYHOLT, K.; ISAKSSON, T. Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-infrared spectroscopy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.73, p. 525–532, 1997.
- VENEL, C. et al. Prediction of tenderness and other quality attributes of beef by near infrared reflectance spectroscopy between 750 and 1100nm ; further studies, **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, n.9, p.185-198, 2001.

WEERANANTANAPHAN, J.; DOWNEY, G.; DA-WEN SUN, P. A. A review of near infrared spectroscopy in muscle food analysis: 2005-2010. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, West Sussex, v.19, p.61-104, 2011.

WHEELER, T. L. et al. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 4206-4220, 1990

WULF, D. M. ; PAGE, J. K. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 2595–2607, 2000.

XIA, J.J. et al. Characterizing beef muscles with optical scattering and absorption coefficients in VIS-NIR region. **Meat Science**, Oxon, v.75, p. 78–83, 2007.

YANG, J.S., et al. Rapid evaluation of beef quality by NIRS technology. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, v. 30, p.685, 2010.

CAPÍTULO II

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA MEDIDAS CORPORAIS, DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Resumo

A carcaça é a unidade mais importante nos estudos sobre carnes, uma vez que determina o valor do animal tanto para o produtor quanto para os processadores, por isso o estudo de características de desenvolvimento e carcaça e as relações entre elas são de suma importância para direcionamento dos programas de melhoramento genético voltado a produção de carne com qualidade. Em rebanhos comerciais de gado de corte, a seleção apenas para características de carcaça não é praticável, visto que outras características relacionadas ao desempenho e fertilidade também são importantes para o sistema produtivo. O objetivo com este estudo foi estimar parâmetros genéticos e avaliar as correlações genéticas e fenotípicas entre características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne de bovinos da raça Nelore. Foram utilizadas informações de 12.920 tourinhos da raça Nelore ao sobreano para as estivas de parâmetros genéticos para as características de ganho de peso da desmama ao sobreano, escores visuais de conformação, precocidade e musculosidade (CPM), medidas de garupa, características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, área de olho de lombo avaliada por vídeo-imagem, peso de carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, marmoreio, maciez aos zero e sete dias de maturação, perdas por cozimento e extrato etéreo medidas na 5ª e na 12ª costelas, além da espessura de gordura subcutânea separação do coxão. Foram encontradas correlações genéticas entre medidas de área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea avaliadas por ultrassonografia e em diferentes pontos anatômicos da carcaça. As medidas de marmoreio, extrato etéreo e maciez avaliadas na 5ª e na 12ª costelas também estiverem correlacionadas geneticamente. As correlações entre tamanho corporal e ganho de peso indicam um aumento do tamanho corporal dos animais com a seleção para ganho de peso. Todas as características avaliadas tiveram coeficientes de herdabilidade moderados a altos com exceção das perdas por cozimento que tiveram valores próximos a zero. Estas informações indicam que há variabilidade na raça Nelore para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne sendo, portanto, passíveis de seleção e as correlações genéticas entre elas poderão auxiliar na condução de programas de seleção para estas características.

Palavras chave: Área de olho de lombo, *Bos indicus*, Espessura de gordura subcutânea, Gordura intramuscular, Maciez, Perdas por cozimento, Quinta costela, Ultrassonografia, Video-imagem

1. INTRODUÇÃO

A carcaça é a unidade mais importante nos estudos sobre carnes, uma vez que determina o valor do animal tanto para o produtor quanto para os processadores (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Sendo assim, a valorização de sistemas de produção que aliem valores econômicos de carcaça e características de qualidade de carne podem dar subsídios para o sucesso de programas de seleção voltados à qualidade da carne.

No Brasil, pouca ou nenhuma seleção genética para a maioria das características relacionadas à qualidade de carne tem sido exercida na prática, devido ao custo e tempo despendido para estas avaliações, o que dificulta a utilização desses atributos como critérios de seleção em programas de melhoramento genético (BONIN, 2008). Um exemplo disso é a dificuldade de se avaliar a área do músculo e a espessura de gordura no músculo *Longissimus* (contrafilé), já que as mensurações normalmente preconizadas são realizadas na região da 12ª e 13ª costelas e nos sistemas industriais brasileiros as medidas neste ponto anatômico prejudicam um dos cortes de maior valor comercial, o contrafilé.

Embora tenha grande importância para a cadeia produtiva, a seleção apenas para características de carcaça em rebanhos comerciais de gado de corte não é praticável, visto que outras características relacionadas ao desempenho e fertilidade também são importantes para o sistema produtivo como um todo. Neste sentido, o ideal é que a seleção de bovinos seja conduzida unindo medidas de desempenho, tamanho corporal (ROCHA et al., 2003) e composição de carcaças, sem esquecer a relação destas características com atributos de qualidade de carne como maciez e palatabilidade.

Wulf et al. (1996) e Marshall (1994) afirmam haver poucas correlações genéticas antagonistas entre características de produção, carcaça e palatabilidade e que a seleção para características de carcaça pode ser benéfica para atributos de qualidade da carne como a maciez.

Tendo em vista que tanto características produtivas quanto de carcaça e qualidade de carne apresentam valores de herdabilidade (h^2) de moderada a alta magnitude na raça Nelore, podemos sugerir que programas de seleção e melhoramento genético sejam conduzidos para melhoria destas características nos rebanhos brasileiros desta raça. Sendo assim, o objetivo com este estudo foi estimar parâmetros genéticos e avaliar as correlações genéticas entre características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne na raça Nelore.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia (GMAB), Laboratório de Melhoramento Genético “Dr. Gordon Dickerson” e no Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne (LAAQC) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, em Pirassununga, SP.

Foram utilizadas informações de 12.920 tourinhos Nelore ao sobreano para as estivas de parâmetros genéticos para as características de ganho de peso da desmama ao sobreano (GP_{345}), escores visuais de conformação (C), precocidade (P) e musculosidade (M), largura ($LARG_{GAR}$) e comprimento de garupa ($COMP_{GAR}$), tamanho corporal ($FRAME_{GMA}$); área de olho de lombo (AOL_{us}), espessura de gordura subcutânea (EGS_{us}) e espessura de gordura na picanha (EGP_{us}) avaliadas por ultrassonografia, área de olho de lombo avaliada por vídeo-imagem (AOL_{vi}), peso de carcaça quente (PCQ), acabamento (ACAB), área de olho de lombo medida na 5ª costela (AOL_5) e na 12ª costela (AOL_{12}), espessura de gordura subcutânea medida na 12ª costela (EGS_{12}) e espessura de gordura subcutânea medida na separação do coxão (EGS_{cox}). Na altura da 5ª costela foram avaliadas as características extrato etéreo (EE_5), marmoreio (MAR_5), maciez e perdas por cozimento aos zero (MAC_{0-5} e $PCOZ_{0-5}$) e sete dias de maturação (MAC_{7-5} , $PCOZ_{7-5}$). Na altura da 12ª costela foram avaliadas as características extrato etéreo (EE_{12}), marmoreio (MAR_{12}), maciez e perdas por cozimento (MAC_{7-12} , $PCOZ_{7-12}$) aos sete dias de maturação. A descrição detalhada de cada uma das características avaliadas neste estudo está apresentada a seguir.

2.1. DESEMPENHO E CPM

Para a obtenção do ganho da desmama ao sobreano (GP_{345}), foi calculada a diferença entre o peso do animal ao sobreano (PES_{18}) e a desmama e ajustada pelo número de dias entre as pesagens (345 dias). As pesagens foram realizadas em balanças eletrônicas acopladas ao tronco de contenção, após jejum hídrico de 12 horas.

As avaliações para os escores visuais de conformação, precocidade e musculosidade (CPM) foram realizadas por número ímpar de avaliadores treinados, no qual o escore individual de cada animal para cada característica foi o consenso entre os avaliadores. As medidas foram realizadas de modo comparativo ao grupo de manejo, ou seja, todo o grupo de

manejo era pré-visualizado no intuito de avaliar cada animal em relação ao grupo. As escalas para as medidas de CPM seguiram a escala de 1 a 6, sendo o 6 atribuído ao animal com o perfil mais desejado para a característica.

Nas avaliações de CPM, a pontuação para C avalia a profundidade, largura e comprimento do corpo do animal; P pontua para a precocidade de acabamento e deposição de gordura em locais como inserção da cauda, ponta do peito, virilha e últimas costelas; e M classifica quanto a quantidade de músculo na carcaça.

2.2. ULTRASSONOGRAFIA, MEDIDAS CORPORAIS E *FRAME*

As avaliações de carcaça por ultrassonografia foram realizadas utilizando os equipamentos marca Aloka, modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 mHz e 172 mm de comprimento e Pie Medical Scanner 200 VET, com transdutor linear de 3,5 mHz 18 cm de comprimento. Para as medidas de AOL_{us} e EGS_{us} foram coletadas imagens seccionais do músculo *Longissimus* (ML) entre a 12ª e 13ª costelas. Para as medidas de EGP_{us} foi coletada uma imagem sobre o músculo *Bíceps femoris* entre o ílio e o ísquio. Todas as imagens foram armazenadas em computador e posteriormente analisadas utilizando o programa Lince.

As medidas corporais consistiram da altura de garupa (ALT) determinada posicionando uma bengala hipométrica na parte superior do íleo até o chão, com o animal em estação (BIF, 1996), a largura de garupa (LARG_{GAR}) consistiu da distância entre ílios do animal e o comprimento de garupa (COMP_{GAR}) da distância entre ílio e ísquio (Figura 15).

Figura 15 - Medidas de comprimento (A) e largura de garupa (B).

A partir das informações de peso aos 18 meses e ALT foram calculados o $FRAME_{GMA}$, conforme a equação sugerida por Horimoto et al. (2007), para animais da raça Nelore, conforme descrito a seguir:

$$FRAME_{GMA} = -7,01993 + 0,06294.X_1 - 0,14870.X_2 + 0,00119.X_1.X_2, \text{ onde:}$$

X_1 = Altura (cm);

X_2 = Peso (kg)

2.3. AVALIAÇÕES DE CARCAÇA E VÍDEO-IMAGEM

Os abates para coleta de informações de carcaça e amostras de carne foram realizados em frigoríficos comerciais sob leis federais de inspeção sanitária e abate humanitário e distribuídos em 12 lotes nos anos de 2006 (22/08, 29/08, 13/09, 17/10, 01/11 e 08/11), 2009 (28/09 e 06/11) e 2010 (28/09, 21/10, 27/10 e 29/10).

Neste estudo foram coletados dados de carcaça em dois diferentes pontos anatômicos da carcaça, na região da 5ª e da 12ª costela. Vale a pena salientar que estas medidas não foram tomadas ambas nos mesmos animais, sendo que as medidas de 12ª costela foram tomadas em animais abatidos em 2006 (AB06) e as de 5ª costela em animais abatidos entre 2009 e 2010 (AB09-10). Além disso, para AB06 o tempo de resfriamento das carcaças antes da desossa foi de 24 h e as medidas de pH coletadas após este período (pH_{24}). Para AB09-10 o tempo de resfriamento das carcaças foi de 48 h (pH_{48}), pois eram animais tipo exportação para a União Europeia, lista *Traces*, que exige um tempo mínimo de resfriamento da carcaça de 48 horas antes da desossa. Detalhes sobre as características analisadas e os locais anatômicos de coleta estão apresentados a seguir.

Durante o abate foram coletados os números de SISBOV (Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina) de cada animal e as carcaças identificadas individualmente com etiquetas contendo a ordem de abate. Após a retirada do couro, cada carcaça foi avaliada individualmente quanto a distribuição de gordura subcutânea por escores visuais de acabamento (ACAB) com escalas de 1 a 5, onde 1 correspondia a gordura ausente e 5 a excessiva. Ao final do abate, as carcaças foram pesadas individualmente para determinação do peso de carcaça quente (PCQ), resfriadas a 2°C e coletadas as medidas de pH (pH_{24}) para AB06 e pH_{48} para AB09-10. Após o resfriamento, as carcaças foram divididas em quartos traseiro, dianteiro e ponta de agulha. Após a separação dos quartos da

do contrafilé com o coxão, o ML foi seccionado entre a 12^a e 13^a costelas para as medidas de EGS₁₂ e AOL₁₂ (Figura 17).

Figura 17 - Desenho esquemático dos locais onde foram coletadas medidas de carcaça e qualidade de carne, onde (1) separação dos quartos dianteiro e traseiro na altura da 5^a costela, (2) separação da carcaça na altura da 12^a costela, (3) separação do contrafilé com o coxão. Adaptado

de <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/cortes/textos/meiacarcaca.html>, Acesso em 22/08/2012.

Na desossa foram coletadas amostras do ML, com 2,5 cm de espessura, para as análises de marmoreio, maciez, perdas por cozimento e extrato etéreo.

Para AB06 foram coletadas duas amostras do ML no sentido caudo-cranial a partir da 12^a costela. Uma delas foi maturada por sete dias para as análises de maciez (MAC₇₋₁₂) e perdas por cozimento (PCOZ₇₋₁₂) e a outra congelada para as análises de EE (EE₁₂).

Para AB09-10 foram coletadas três amostras do ML na região da 5^a costela, no sentido crânio-caudal da peça, sendo a primeira destinada às análises de MAR₅, MAC₀₋₅ e PCOZ₀₋₅, a segunda para as análises de MAC₇₋₅ e PCOZ₇₋₅ e a última para as análises de EE₅. Neste caso, as amostras destinadas a MAC₀₋₅ e EE₅ foram imediatamente congeladas a -18°C e as de MAC₇₋₅ permaneceram em câmara de resfriamento a 2°C por sete dias e então foram congeladas após este período.

2.4. ANÁLISES DE CARNE

Para as análises de carnes, as amostras congeladas (5ª costela) foram descongeladas em câmara fria a uma temperatura de 0 a 2°C por 48 horas ou até atingirem a temperatura interna de 2° a 5°C.

As análises de marmoreio (MAR) foram realizadas utilizando como referência o padrão do United States Department of Agriculture - USDA Quality Grade (1999), representado na Figura 18.

Figura 18 - Escalas de marmoreio (USDA, Quality Grade).

As análises de maciez foram realizadas pela metodologia da AMSA (1995). As coletadas na 5ª costela foram assadas em forno elétrico e resfriadas a 2-5°C, por 24 horas antes das análises de força de cisalhamento. Para as amostras coletadas na 12ª costela foi realizado o mesmo procedimento, porém cisalhadas no mesmo dia, ao atingirem temperatura interna de 28° C. Ambos os procedimentos utilizados estão previstos pelo AMSA (1995).

Para a determinação da força de cisalhamento foi utilizado um aparelho tipo Warner Bratzler Shear Force mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto (Figura 19). De cada amostra foram retiradas de 6-8 subamostras cilíndricas de 1,27 cm (½”) de diâmetro, no sentido das fibras musculares, com auxílio de uma furadeira elétrica modelo Ferrari FG-13, como descrito por Kastner e Henrickson (1969). Os valores de maciez foram representado pela média aritmética dos valores de força de cisalhamento obtidos nas subamostras.

Figura 19 - Warner Bratzler Shear Force utilizado para o cisalhamento das amostras de carne de bovinos da raça Nelore.

2.5. EXTRATO ETÉREO

As análises de extrato etéreo na altura da 5ª costela (EE₅) foram realizadas pelo método AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), como apresentado no Anexo 1. As análises de extrato etéreo na altura da 12ª costela (EE₁₂) foram realizadas pelo método de Bligh e Dyer (1959).

2.6. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E QUALIDADE DE CARNE

Um resumo das características de carcaça e qualidade de carne, dos sítios anatômicos e tipos de armazenamento utilizados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resumo das características e sítios anatômicos e tipos de armazenamento utilizados para as avaliações de carcaça e qualidade de carne

Característica	Sítio anatômico relacionado	Armazenamento
ACAB	-	-
PCQ	-	-
pH ₄₈	5ª costela	Resfriamento 48 horas
AOL _{vi}	5ª costela	Resfriamento 48 horas
EGS _{Cox}	Última vértebra lombar e primeira sacral	Resfriamento 48 horas
AOL ₅	5ª costela	Resfriamento 48 horas
MAR ₅	5ª costela	Congelamento
MAC ₀₋₅	5ª costela	Congelamento
PCOZ ₀₋₅	5ª costela	Congelamento
MAC ₇₋₅	5ª costela	Resfriamento 7 dias / Congelamento
PCOZ ₇₋₅	5ª costela	Resfriamento 7 dias / Congelamento
EE ₅	5ª costela	Resfriamento 7 dias / Congelamento
pH ₂₄	12ª costela	Resfriamento 24 horas
EGS ₁₂	12ª costela	Resfriamento 24/48 horas
AOL ₁₂	12ª costela	Resfriamento 24 horas
MAR ₁₂	12ª costela	Resfriamento 7 dias
MAC ₇₋₁₂	12ª costela	Resfriamento 7 dias
PCOZ ₇₋₁₂	12ª costela	Resfriamento 7 dias
EE ₁₂	12ª costela	Resfriamento 7 dias / Congelamento

ACAB = acabamento; PCQ = peso de carcaça quente; pH₄₈ = pH medido após 48 horas de resfriamento; AOL_{vi} = área de olho de lombo medida por vídeo-imagem; EGS_{Cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; AOL₅ = área de olho de lombo medida da 5ª costela; MAR₅ = marmoreio medido na 5ª costela; MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₀₋₅ = perdas por cozimento aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₅ = maciez aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₅ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; EE₅ = extrato etéreo medido na 5ª costela; pH₂₄ = pH medido após 24 horas de resfriamento; EGS₁₂ = espessura de gordura medida na 12ª costela; AOL₁₂ = área de olho de lombo medida na 12ª costela; MAR₁₂ = marmoreio medido na 12ª costela; MAC₇₋₁₂ = maciez aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; PCOZ₇₋₁₂ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; EE₁₂ = extrato etéreo medido na 12ª costela.

2.7. ANÁLISES DOS DADOS

2.7.1. ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS

A análise de dados foi realizada no Laboratório de Melhoramento Genético Animal “Dr. Gordon Dickerson” da FZEA/USP. Para a estimativa dos parâmetros genéticos foi utilizada a metodologia de modelos mistos, utilizando o modelo animal proposto por Henderson, 1975. Foram realizadas análises multicaracterística utilizando o software VCE 6.0 (GROENEVELD et al., 2008) e a análise completa de pedigree foi realizada pelo software PopReport (GROENEVELD et al., 2009).

Para as estimativas dos parâmetros genéticos foram utilizados fenótipos de 12.920 animais pertencentes a uma matriz de parentesco composta por 42.028 animais. Os efeitos fixos e covariáveis específicos para cada característica e estão apresentados no Quadro 1.

A formação de grupos de contemporâneo foi realizada da seguinte maneira: grupo de contemporâneo ao sobreano (GC_{SOB}) foi considerado como o grupo aos 18 meses de idade; o grupo de contemporâneo à ultrassonografia (GC_{US}) como as datas das medidas de por ultrassonografia e o grupo de contemporâneo ao abate (GC_{abate}) como as datas (lotes) de abate. Além disso, foram considerados os efeitos fixos de técnico de coleta e avaliação de imagens de ultrassonografia (TEC_{US}), equipamento de ultrassom ($APAREL_{US}$), metodologia de análise de extrato etéreo (TEC_{EE}) e técnico de análise de video-imagem (TEC_{VI}). Como covariáveis foi considerado o efeito quadrático de idade a desmama ($IDADE_{DES} = 134 - 317$ dias), aos 18 meses ($IDADE_{18} = 411 - 739$ dias), às medidas de ultrassonografia ($IDADE_{US} = 364 - 975$) e ao abate ($IDADE_{abate} = 631 - 1.040$ dias), além dos dias de confinamento ($DIAS_{confin} = 127 - 177$ dias), pH às 24 e 48 horas de resfriamento ($pH_{24} = 5,20 - 5,99$) e ($pH_{48} = 5,42 - 6,32$), e tempo de armazenamentos das carnes para as análises de zero ($TARMAZ_0 = 11 - 264$ dias) e sete dias de maturação ($TARMAZ_7 = 1 - 268$ dias), de acordo com a característica considerada.

O modelo geral utilizado para as análises multicaracterística foi:

$$y = X\beta + Za + e, \text{ em que:}$$

y = Vetor das variáveis dependentes;

β = Vetor dos efeitos fixos;

a = Vetor de efeitos aleatórios;

e = Vetor dos efeitos aleatórios residuais.

X e Z = Matrizes de incidência relacionando aos efeitos genéticos fixos e aleatórios, respectivamente.

Tabela 5 - Descrição dos efeitos fixos e covariáveis utilizados para as estimativas de parâmetros genéticos.

		EFEITOS FIXOS						COVARIÁVEIS								
Variáveis	GC _{SOB}	GC _{US}	TEC _{US}	APAREL _{US}	GC _{abate}	TEC _{EE}	TEC _{VI}	IDADE _{DES}	IDADE ₁₈	IDADE _{US}	DIAS _{confin}	IDADE _{abate}	pH ₂₄	pH ₄₈	TARMAZ ₀	TARMAZ ₇
GP ₃₄₅	X							X	X							
C	X								X							
P	X								X							
M	X								X							
FRAME _{GMA}	X								X							
LARG _{GAR}	X	X								X						
COMP _{GAR}	X	X								X						
AOL _{us}	X	X	X	X						X	X					
EGS _{us}	X	X	X	X						X	X					
EGP _{us}	X	X	X	X						X	X					
ACAB	X				X							X				
PCQ	X				X							X				
AOL ₅	X				X							X				
AOL ₁₂	X				X							X				
AOL _{vi}	X				X		X					X				
EGS _{Cox}	X				X						X	X				
EGS ₁₂	X				X						X	X				
MAR ₅	X				X						X	X				
MAR ₁₂	X				X						X	X				
MAC ₀₋₅	X				X							X		X	X	
MAC ₇₋₅	X				X							X		X		X
MAC ₇₋₁₂	X				X							X	X			X
PCOZ ₀₋₅	X				X							X		X	X	
PCOZ ₇₋₅	X				X							X		X		X
PCOZ ₇₋₁₂	X				X							X	X			X
EE ₅	X				X						X	X				
EE ₁₂	X				X						X	X				

GC_{SOB} = grupo de contemporâneo aos 18 meses de idade; GC_{US} = grupo de contemporâneo à ultrassonografia; TEC_{US} = técnico de coleta e avaliação de imagens de ultrassonografia; APAREL_{US} = equipamento de ultrassom; GC_{abate} = grupo de contemporâneo ao abate; TEC_{EE} = metodologia de análise de extrato etéreo; TEC_{VI} = técnico de análise de video-imagem; IDADE_{DES} = idade a desmama; IDADE₁₈ = idade aos 18 meses; IDADE_{US} = idade às medidas de ultrassonografia; DIAS_{confin} = dias de confinamento; IDADE_{abate} = idade ao abate; pH₂₄ = pH às 24 horas de resfriamento; pH₄₈ = pH às 48 horas de resfriamento; TARMAZ₀ = tempo de armazenamentos para as análises de carnes de zero dias de maturação; TARMAZ₇ = tempo de armazenamentos para as análises de carnes aos sete dias de maturação; GP₃₄₅ = ganho de peso da desmama ao sobreano; C = escore visual de conformação; P = escore visual de precocidade; M = escore visual de musculosidade; FRAME_{GMA} = medida de frame; LARG_{GAR} = largura de garupa; COMP_{GAR} = comprimento de garupa; AOL_{US} = área de olho de lombo medida por ultrassonografia; EGS_{US} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{US} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia; ACAB = acabamento; PCQ = peso de carcaça quente; AOL₅ = área de olho de lombo medida da 5ª costela; AOL₁₂ = área de olho de lombo medida na 12ª costela; AOL_{vi} = área de olho de lombo medida por video-imagem; EGS_{Cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; EGS₁₂ = espessura de gordura medida na 12ª costela; MAR₅ = marmoreio medido da 5ª costela; MAR₁₂ = marmoreio medido da 12ª costela; MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₅ = maciez aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₁₂ = maciez aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; PCOZ₀₋₅ = perdas por cozimento aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₅ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₁₂ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; EE₅ = extrato etéreo medido na 5ª costela; EE₁₂ = extrato etéreo medido na 12ª costela.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas para as variáveis avaliadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Descrição do banco de dados utilizado para as estimativas de parâmetros genéticos para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne.

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
GP ₃₄₅ (kg)	11.630	16,48	272,86	128,06	27,68
C (pontos)	11.614	1,00	6,00	3,27	1,01
P (pontos)	11.614	1,00	6,00	3,50	1,05
M (pontos)	11.614	1,00	6,00	3,30	1,04
FRAME _{GMA} (pontos)	10.555	1,16	16,19	7,69	2,88
LARG _{GAR} (cm)	3.116	30,00	51,00	41,50	2,26
COMP _{GAR} (cm)	3.116	35,00	55,00	44,61	2,77
AOL _{us} (cm ²)	8.673	25,50	107,20	62,59	13,36
EGS _{us} (mm)	8.673	0,00	11,20	2,94	1,50
EGP _{us} (mm)	8.680	0,00	16,70	4,01	2,78
ACAB (pontos)	2.048	1,00	3,00	1,56	0,58
PCQ (kg)	1.810	212,40	517,40	273,07	26,94
AOL ₅ (cm ²)	1.089	15,00	95,00	28,72	5,20
AOL ₁₂ (cm ²)	646	56,00	101,00	73,41	7,01
AOL _{vi} (cm ²)	698	12,80	89,70	26,32	5,47
EGS _{Cox} (mm)	1.053	0,50	16,00	3,91	2,39
EGS ₁₂ (mm)	1.162	0,50	15,00	3,59	2,17
MAR ₅ (un)	822	400,00	900,00	465,90	96,15
MAR ₁₂ (un)	644	400,00	670,00	425,88	42,52
MAC ₀₋₅ (kg)	838	1,63	12,38	6,05	1,86
MAC ₇₋₅ (kg)	1.082	1,43	17,00	6,31	2,61
MAC ₇₋₁₂ (kg)	649	1,82	9,99	5,93	1,44
PCOZ ₀₋₅ (%)	841	4,06	49,67	25,39	5,20
PCOZ ₇₋₅ (%)	1.069	12,98	50,28	26,21	5,16
PCOZ ₇₋₁₂ (%)	640	2,25	49,00	12,54	5,08
EE ₅ (% MN)	1.335	0,01	9,27	1,62	0,97
EE ₁₂ (% MN)	589	0,96	4,60	2,19	0,65

N= número de animais avaliados; GP₃₄₅ = ganho de peso da desmama ao sobreano; C = escore visual de conformação; P = escore visual de precocidade; M = escore visual de musculabilidade; FRAME_{GMA} = medida de frame; LARG_{GAR} = largura de garupa; COMP_{GAR} = comprimento de garupa; AOL_{us} = área de olho de lombo medida por ultrassonografia; EGS_{us} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{us} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia; ACAB = acabamento; PCQ = peso de carcaça quente; AOL₅ = área de olho de lombo medida da 5ª costela; AOL₁₂ = área de olho de lombo medida na 12ª costela; AOL_{vi} = área de olho de lombo medida por vídeo-imagem; EGS_{Cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; EGS₁₂ = espessura de gordura medida na 12ª costela; MAR₅ = marmoreio medido da 5ª costela; MAR₁₂ = marmoreio medido da 12ª costela; MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₅ = maciez aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₁₂ = maciez aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; PCOZ₀₋₅ = perdas por cozimento aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₅ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₁₂ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; EE₅ = extrato etéreo medido na 5ª costela; EE₁₂ = extrato etéreo medido na 12ª costela.

3.1. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS DE ÁREA DE OLHO DE LOMBO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para medidas de área de olho de lombo e musculosidade em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de área de olho de lombo e musculosidade em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	AOL ₅	AOL ₁₂	AOL _{vi}	AOL _{us}	M
AOL₅	0,08 (0,06)	0,51 (0,03)	0,48 (0,34)	0,97 (0,11)	0,48 (0,18)
AOL₁₂	0,03	0,33 (0,09)	0,05 (0,03)	0,65 (0,05)	0,19 (0,05)
AOL_{vi}	0,27	0,02	0,78 (0,40)	0,32 (0,24)	0,29 (0,19)
AOL_{us}	0,18	0,53	0,12	0,32 (0,04)	0,40 (0,09)
M	0,03	0,13	0,06	0,28	0,25 (0,03)

AOL_{us} = área de olho de lombo medida por ultrassonografia; AOL₅ = área de olho de lombo medida da 5ª costela; AOL₁₂ = área de olho de lombo medida na 12ª costela; AOL_{vi} = área de olho de lombo medida por video-imagem; M = escore visual de musculosidade.

Foram encontrados valores moderados a altos de herdabilidade para AOL₁₂, AOL_{us} e M (Tabela 7). Na literatura o valor médio de h^2 para AOL₁₂ é de 0,40; variando de 0,15 a 0,60 (VAN VLECK et al., 1992). Valores superiores intermediários (0,37 a 0,50) foram encontrados por Marshall (1994), Koots, Gibson e Wilton (1994) e Smith et al. (2007) e superiores (0,69) por Wheeler et al. (2001). Elzo et al. (1998) encontraram h^2 de 0,53 para AOL₁₂ em animais da raça Brahman. Yokoo et al. (2008), Bonin et al. (2010), Cucco et al. (2010), Pinheiro et al. (2011) e Zuin et al. (2012) encontraram valores de h^2 entre 0,15 e 0,35 para AOL_{us}.

A AOL₅ apresentou herdabilidade próximo a zero e AOL_{vi} um valor extremamente alto (0,78) comparado as demais medidas de AOL deste estudo. Para testar este valor, foi realizada uma análise uni característica de AOL_{vi} pela qual se obteve um valor menor (0,50), porém ainda alto para esta característica. Osawa et al. (2008) utilizando análises de video-imagem na região da 6ª e 7ª costelas par estimativas da AOL encontram $h^2 = 0,46$ para esta

característica, valor muito próximo ao encontrado neste estudo. Para AOL medida na mesma região, porém diretamente na carcaça, os autores relatam $h^2 = 0,43$.

A correlação genética de AOL₅ com AOL₁₂, AOL_{vi} e AOL_{us} foi alta. Em um dos trabalhos pioneiros sobre a correlação entre medidas AOL diretamente na carcaça e através de video-imagem, Cross et al. (1983), descrevem altas correlação fenotípicas (0,84) entre estas duas medidas.

Osawa et al. (2008) testando a acurácia de medidas por video-imagem para a predição de AOL na região da 6ª e 7ª costelas encontraram correlação genética de 0,97 entre as duas medidas, valor bastante superior ao encontrado neste estudo. Um dos motivos para justificar esta diferença pode ser o tipo de equipamento utilizado para coleta e análise das imagens.

A correlação entre AOL₅ e AOL_{us} foi extremamente alta, com erro baixo, o que significa que estas características são ditadas pelos mesmos conjuntos de genes e, portanto, a seleção para uma leva pode levar ao aumento da outra pela resposta correlacionada entre as duas características. Esta pode ser uma alternativa para seleção da AOL₅, visto a baixa herdabilidade desta característica.

A AOL₁₂ apresentou baixa correlação genética com AOL_{vi}, o que não era esperado, visto que a correlação de AOL₁₂ e AOL₅ foi alta e a única diferença entre AOL₅ e AOL_{vi} foi a técnica utilizada para avaliação, já que as duas foram realizadas no mesmo sítio anatômico (5ª costela). Neste caso, o efeito da técnica pode ter contribuído para a menor correlação entre AOL₁₂ e AOL_{vi}.

Observou-se alta correlação genética entre AOL₁₂ e AOL_{us} (0,65), com valores muito próximos aos 0,63 relatados por Spangler e Moser (2012). Estas correlações indicam que a ultrassonografia é capaz de prever com acurácia a musculosidade da carcaça sem necessidade de abate do animal, sendo uma importante alternativa aos testes de progênie em programas de avaliações de reprodutores para composição de carcaça.

A AOL₁₂ apresentou moderada correlação genética com M (Tabela 7), valor superior a 0,37 ao encontrado por Cucco et al. (2010), e menor que 0,94 encontrado por Faria et al. (2009). Em ambos os casos, as correlações foram positivas indicando que ambas as medidas de musculosidade estejam associadas e possam ser utilizadas em conjunto em índices de seleção para aumento da musculosidade da carcaça.

Diante destes resultados sugere-se a AOL_{vi} e AOL_{us} como técnicas acuradas e de alta herdabilidade para uso em programas de melhoramento para carcaça na raça Nelore. A AOL_{us} possui a vantagem de fornecer informações de carcaça sem a necessidade de abate do animal,

e a AOL_{vi} pode ser uma excelente alternativa a medidas de AOL na indústria, por ser coletada no local habitual de separação dos quartos dianteiro e traseiro da carcaça e possuir a vantagem de poder ser utilizada para a coleta de grande número de informações de maneira rápida, prática e acurada, se adequando aos sistemas operacionais das indústrias frigoríficas brasileiras.

3.2. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS DE ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para medidas de espessura de gordura subcutânea em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	ACAB	EGS ₁₂	EGS _{Cox}	EGS _{us}	EGP _{us}
ACAB	0,13 (0,04)	0,84 (0,62)	0,57 (0,61)	0,76 (0,12)	0,90 (0,11)
EGS₁₂	0,22	0,25 (0,08)	0,73 (0,85)	0,91 (0,11)	0,63 (0,13)
EGS_{Cox}	0,22	0,30	0,03 (0,03)	0,90 (0,44)	0,53 (0,40)
EGS_{us}	0,18	0,44	0,11	0,46 (0,05)	0,70 (0,04)
EGP_{us}	0,21	0,28	0,07	0,51	0,43 (0,04)

ACAB = acabamento; EGS₁₂ = espessura de gordura medida na 12ª costela; EGS_{Cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; EGS_{us} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{us} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia.

Os valores de herdabilidade para EGS_{us} e EGP_{us} deste estudo foram altos (Tabela 8). Valor moderado foi encontrado para EGS₁₂ e ACAB, no entanto, para EGS_{Cox} a herdabilidade foi próxima a zero. Ferriani (2006) encontrou h^2 de 0,32 para acabamento em bovinos da raça Nelore. Os valores de h^2 encontrados por Yokoo et al. (2008), Pinheiro et al. (2011) e Zuin et al. (2012) para EGS_{us} e EGP_{us} variaram entre de 0,15 - 0,52 e 0,23 - 0,40, respectivamente.

Foi encontrada alta correlação genética entre ACAB e medidas de EGS tanto medidas diretamente na carcaça (EGS₁₂) quanto por ultrassonografia (EGS_{us} e EGP_{us}), isto indica que

o ACAB pode ser utilizado, com segurança, como indicativo como grau de acabamento da carcaça.

A EGS_{Cox} , embora tenha apresentado alta correlação genética com EGS_{12} , EGS_{us} e EGP_{us} , teve altos erros associados às estimativas, o que prejudica a confiabilidade das predições, sendo necessário portanto outros estudos com maior numero de medidas para confirmar os valores de herdabilidade para esta característica.

Os valores das correlações genéticas entre EGS_{12} e EGS_{us} deste estudo foram superiores a 0,53 relatados por Spangler e Moser (2012), indicando alta acurácia desta técnica para medidas de EGS na carcaça de bovinos da raça Nelore. EGS_{us} e EGP_{us} tiveram correlação genética alta e positiva o que indica que estas características sejam comandadas pelo mesmo grupo de genes (afeito aditivo) corroborando com as correlações encontradas por Yokoo et al. (2008).

Em suma, as altas correlações genéticas entre ACAB e medidas de espessura de gordura subcutânea na carcaça, associadas ao valor moderado de herdabilidade desta característica, indicam que esta é uma característica passível de seleção e pode ser utilizada em programas de melhoramento genético para identificação de animais com diferentes potenciais de deposição gordura na carcaça. Esta técnica apresenta a desvantagem de poder ser aplicada somente após o abate do animal e também de não quantificar exatamente a espessura de gordura subcutânea, sendo somente um indicativo de distribuição deste tecido na carcaça.

Por outro lado, a ultrassonografia mostrou-se capaz de predizer com alto grau de acurácia a quantidade exata de gordura subcutânea na carcaça, possuindo como vantagem o fato de poder ser aplicada ao animal vivo. Estas informações aliadas aos altos valores de herdabilidade para estas características podem levar a um grande progresso genético para deposição de gordura subcutânea na carcaça quando inclusas em programas de seleção para precocidade de acabamento de animais da raça Nelore

3.3. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS DE PESO DE CARÇA QUENTE, ÁREA DE OLHO DE LOMBO E ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para medidas de peso de carcaça quente, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de peso de carcaça quente, área de olho de lombo espessura de gordura subcutânea de bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	PCQ	AOL ₅	EGS _{Cox}	AOL _{us}	EGS _{us}	EGP _{us}
PCQ	0,17 (0,06)	-0,39 (0,33)	-0,40 (0,27)	0,18 (0,16)	0,25 (0,11)	0,04 (0,10)
AOL₅	0,18	0,16 (0,06)	0,76 (0,19)	0,72 (0,18)	-0,15 (0,10)	0,20 (0,11)
EGS_{Cox}	0,06	-0,07	0,13 (0,07)	0,45 (0,27)	0,37 (0,19)	0,50 (0,19)
AOL_{us}	0,18	0,20	0,00	0,32 (0,04)	0,04 (0,08)	-0,09 (0,08)
EGS_{us}	-0,01	-0,06	0,10	0,08	0,48 (0,04)	0,68 (0,04)
EGP_{us}	-0,02	-0,05	0,07	0,03	0,51	0,44 (0,04)

PCQ = peso de carcaça quente; AOL₅ = área de olho de lombo medida da 5ª costela; EGS_{Cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; AOL_{us} = área de olho de lombo medida por ultrassonografia; EGS_{us} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{us} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia.

Foi encontrado herdabilidade moderada para PCQ. Este valor esteve próximo ao relatado por Gregory et al. (1995) e Wulf et al. (1996), que encontraram variações da ordem de 0,15 a 0,28 para essa característica, porém foi menor que os descritos por Marshall (1994), variando de 0,31 a 0,68. Elzo et al. (1998) avaliando valores de h^2 para PCQ em animais *Bos indicus* incluindo a raça Brahman, encontrou variações de 0,39 em animais puros até 0,3 - 0,37, para os cruzamentos com a composição de 1/2, 1/4 e 1/8 Brahman x Angus, respectivamente. Ferriani (2006) encontrou h^2 de 0,14 para PCQ em animais da raça Nelore.

Os valores de herdabilidade de AOL₅ e EGS_{Cox} foram maiores nesta análise do que os apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente. Isto pode ter ocorrido devido à diferença entre os modelos utilizados para estas estimativas (combinação das variáveis nas análises multicaracterística).

O PCQ apresentou correlação genética negativa com AOL₅, o que não era de se esperar, visto que medidas de PCQ tem correlação positiva a moderada com medidas de AOL, como observado para a característica AOL_{us}. As correlações de PCQ com EGS_{Cox}, EGS_{us} e EGP_{us} também diferiram das relatadas na literatura que apontam para uma correlação genética positiva entre PCQ e medidas de AOL e EGS na carcaça. Morris et al. (1999), descrevem alta correlação genética entre PCQ, porcentagem de músculos (0,98) e gordura na carcaça (0,54). Valores altos de correlação de PCQ com AOL (0,76) e com EGS (0,51) também foram relatados por Gregory et al. (1995).

A correlação genética de AOL₅ com AOL_{us} (Tabela 9) foi menor que a apresentada na Tabela 7, porém ainda manteve alto grau de dependência entre estas duas características. A correlação de AOL₅ com EGS_{Cox} e EGP_{us} foi positiva e a de AOL₅ com EGS_{us} negativa. A alta correlação positiva entre AOL₅ e EGS_{Cox}, não era esperada, visto que medidas de AOL e EGS tendem a ter correlação negativa ou próximo a zero, pois parecem ser comandadas por grupos distintos de genes (YOKOO et al., 2008), como encontrado nas correlações de AOL_{us} com a EGS_{us} e EGP_{us} deste estudo.

3.4. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS DE DEPOSIÇÃO DE GORDURA SUBCUTÂNEA E *FRAME* EM BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para medidas de espessura de gordura subcutânea e *frame* em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea e tamanho corporal em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	ACAB	EGS _{US}	EGP _{US}	P	FRAME _{GMA}
ACAB	0,12 (0,03)	0,76 (0,13)	0,92 (0,02)	0,18 (0,03)	-0,07 (0,03)
EGS_{US}	0,18	0,49 (0,04)	0,70 (0,03)	0,17 (0,02)	-0,08 (0,04)
EGP_{US}	0,21	0,52	0,45 (0,04)	0,05 (0,04)	-0,03 (0,03)
P	0,00	0,13	0,11	0,28 (0,02)	0,11 (0,06)
FRAME_{GMA}	0,03	0,06	0,04	0,35	0,28 (0,03)

ACAB = acabamento; EGS_{us} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{us} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia; P = escore visual de precocidade; FRAME_{GMA} = medida de frame.

Os valores de herdabilidade para FRAME_{GMA} foi moderado e próximo a 0,26 encontrado por Horimoto et al. (2007). Para P os valores de herdabilidade também foram moderados e estão de acordo com os valores descritos por Shiotsuki et al. (2009); Cucco et al. (2010) e Boligon, Mercadante e Albuquerque (2011).

Foi encontrada correlação genética positiva e moderada entre P e diferentes medidas de EGS na carcaça, com correlação menor (0,05) apenas com EGP_{us}. Faria et al. (2009) encontram correlação genética mediana (0,50) entre EGS_{us} e P; e de 0,44 para EGP_{us}. Estas informações indicam que medidas de P podem ter moderada correlação com medidas de deposição de gordura na carcaça, porém não sejam muito acuradas para identificação de animais precoces para acabamento, isto porque segundo Silva et al. (2003), as medidas de espessura de gordura na picanha (EGP_{us}) são indicativas de precocidade de acabamento, por ser um local de deposição de gordura mais precoce que o lombo, além de possuir melhor acurácia e repetibilidade que EGS_{us}, atuando como um importante ferramenta de identificação de precocidade de acabamento, principalmente para animais terminados a pasto.

Os escores de FRAME_{GMA} tiveram correlação negativa, porém próximas à zero, com medidas de deposição de gordura na carcaça e baixa correlação com P (Tabela 10). As medidas de *frame* em geral são indicativas de tamanho corporal dos animais, no entanto, outras medidas morfométricas podem ser utilizadas com este fim como é o caso da altura de garupa (YOKOO et al., 2007). As medidas de tamanho corporal são importantes, pois em uma mesma idade cronológica, animais de maior porte são fisiologicamente menos maduros e possuem menos

gordura (inclusive de marmoreio) que animais de pequeno porte (LUCHIARI FILHO, 2000). Sendo assim, animais menores atingiriam a maturidade mais cedo e iniciariam a deposição de gordura precocemente, isto porque segundo Berg e Butterfield (1976), Shorthose e Harris, (1991) há uma ordem lógica de deposição de diferentes tipos de tecido na carcaça e estes estão intimamente ligadas à curva de crescimento e às diferentes fases da vida do animal. Estas afirmativas podem ajudar a explicar a correlação genética negativa entre medida de tamanho corporal e de disposição de gordura subcutânea na carcaça.

3.5. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS CORPORAIS DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para medidas corporais em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para peso de carcaça quente, largura e comprimento de garupa, *frame* e ganho de peso da desmama ao sobreano em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	PCQ	LARG _{GAR}	COMP _{GAR}	GP ₃₄₅	C	FRAME _{GMA}
PCQ	0,11 (0,05)	-0,03 (0,25)	0,42 (0,23)	0,33 (0,24)	0,34 (0,21)	0,19 (0,23)
LARG_{GAR}	0,14	0,24 (0,05)	0,78 (0,09)	0,50 (0,09)	0,62 (0,10)	0,47 (0,11)
COMP_{GAR}	0,18	0,41	0,17 (0,04)	0,50 (0,11)	0,64 (0,12)	0,70 (0,09)
GP₃₄₅	0,13	0,30	0,23	0,25 (0,03)	0,48 (0,09)	0,36 (0,08)
C	0,16	0,33	0,27	0,37	0,17 (0,02)	0,80 (0,06)
FRAME_{GMA}	0,22	0,37	0,34	0,36	0,36	0,26 (0,03)

PCQ = peso de carcaça quente; LARG_{GAR} = largura de garupa; COMP_{GAR} = comprimento de garupa; GP₃₄₅ = ganho de peso da desmama ao sobreano; C = escore visual de conformação; FRAME_{GMA} = medida de frame.

Os valores de herdabilidade para medidas corporais foram moderados (0,17-0,26). A h^2 para GP₃₄₅ foi moderada e está de acordo com o descrito por Rosa (1977), Ferraz e Eler (2000); Pereira (2000); Figueiredo (2001), Horimoto et al. (2007) e Cucco et al. (2010). O coeficiente de h^2 para C está condizente com os valores relatados na literatura para escores de CPM e que,

no caso de C, estão na faixa de 0,19 - 0,24 (FERRIANI, 2006; KOURY FILHO et al., 2010; CUCCO et al., 2010; BOLIGON; MERCADANTE; ALBUQUERQUE, 2011).

As medidas corporais foram altamente correlacionadas geneticamente, com valores variando de 0,40 – 0,80. Estas correlações podem ser explicadas pelo fato de todas as medidas corporais estarem relacionadas a medidas ósseas e, portanto, podem comandadas pelo mesmo conjunto de genes, resultando em efeito genético aditivo entre elas.

Os escores de C tiveram alta correlação com $FRAME_{GMA}$ e medidas de garupa indicando que as avaliações de carcaça por C estão diretamente relacionadas ao tamanho corporal dos animais. Esta constatação embasa o conceito a avaliação visual para conformação que segundo Lôbo (1996) busca a avaliação de todo o esqueleto do animal, comprimento do corpo, amplitude torácica, comprimento e arqueamento de costelas, largura e comprimento de garupa a relação entre o tamanho dos membros e comprimento das costelas.

Foi encontrada alta correlação genética positiva entre medidas de GP_{345} com medidas corporais e PCQ, sugerindo que a seleção para ganho de peso possa levar a animais maiores e com maior peso de carcaça. Esta afirmação já havia sido proposta por Pereira; Eler; Ferraz, (2001), Shiotsuki et al. (2009), Pereira et al. (2010) e Yokoo et al. (2010) que sugerem inclusive a inclusão de medidas corporais junto com medidas de desempenho em índices de seleção a fim de balancear estas características dentro do rebanho.

3.6. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MEDIDAS DE ESPESSURA DE GORDURA SUBCUTÂNEA E MARMOREIO DA CARNE DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para espessura de gordura subcutânea e intramuscular em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de espessura de gordura subcutânea e intramuscular em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	EGS ₁₂	EGS _{cox}	EE ₅	EE ₁₂	MAR ₅	MAR ₁₂
EGS₁₂	0,27 (0,07)	0,61 (0,24)	0,17 (0,32)	0,41 (0,11)	-0,14 (0,24)	0,18 (0,16)
EGS_{cox}	0,32	0,07 (0,04)	-0,37 (0,33)	-0,03 (0,37)	-0,81 (0,19)	-0,48 (0,47)
EE₅	0,35	0,20	0,12 (0,04)	0,74 (0,29)	0,74 (0,16)	0,56 (0,33)
EE₁₂	0,20	0,02	0,18	0,30 (0,06)	0,57 (0,26)	0,78 (0,13)
MAR₅	0,08	0,08	0,49	0,13	0,15 (0,07)	0,84 (0,26)
MAR₁₂	0,19	0,00	0,15	0,43	0,15	0,16 (0,06)

EGS₁₂ = espessura de gordura medida na 12ª costela; EGS_{cox} = espessura de gordura medida na separação do coxão; EE₅ = extrato etéreo medido na 5ª costela; EE₁₂ = extrato etéreo medido na 12ª costela; MAR₅ = marmoreio medido da 5ª costela; MAR₁₂ = marmoreio medido da 12ª costela.

Os valores de herdabilidade para medidas de EGS e gordura intramuscular foram moderados, com exceção de EGS_{cox} que apresentou valor próximo a zero. Na literatura são descritos altos valores de h^2 para marmoreio, como 0,52 encontrado por Gregory et al. (1994), 0,68 por Dikeman (2005) e 0,93 por Shackelford et al. (1994). No entanto, estes valores foram estimados em animais com maior porcentagem de genética *Bos taurus* que tendem a apresentar maiores escores de marmoreio quando comparados aos animais *Bos indicus*. Riley et al. (2002) avaliando animais da raça Brahman encontraram de valores de $h^2 = 0,44$. O'Connor et al. (1997) encontraram $h^2 = 0,52$ para marmoreio em animais 3/8 e 1/2 Brahman x *Bos taurus*. Elzo et al. (1998) encontraram coeficientes de herdabilidade de 0,13; 0,19 e 0,23 em novilhos 1/2, 1/4 e 1/8 Brahman, respectivamente, mostrando que ao se diminuir a genética de animais Brahman (*Bos indicus*) nos cruzamentos aumentava-se a herdabilidade para marmoreio.

Semelhante aos valores encontrados por O'Connor et al. (1997) e Elzo et al. (1998) em animais com genética *Bos indicus*, os valores de herdabilidade para marmoreio para animais Nelore deste estudo, vêm desfazer a ceticismo de que animais *Bos indicus* não possuem a capacidade de agregar marmoreio às carcaças de suas progênes e servem de base para suportar a indicação de que pode ser conseguido um aumento nos escores de marmoreio em animais *Bos indicus*, como o Nelore, pela seleção de touros dentro de cada raça.

A correlação genética entre EGS_{cox} e EGS_{12} nesta análise foi maior e com erro menor que a apresentada na Tabela 12. No entanto, o valor de h^2 para EGS_{cox} ainda permaneceu baixo. EGS_{12} apresentou correlação genética positiva com quantidade de gordura intramuscular na 5ª e 12ª costela (EE_5 e EE_{12}) e com escores de marmoreio na 12ª costela (MAR_{12}), porém teve correlação genética negativa com MAR_5 . A EGS_{cox} apresentou correlação genética negativa com todas as medidas de EE e MAR.

Alguns autores descrevem que as medidas de EGS e MAR na carcaça estejam geneticamente relacionadas. Segundo Luchiari Filho (2000) a deposição de gordura na carcaça segue uma ordem lógica, onde o marmoreio parece ser como o último tipo de gordura a ser depositada, isto porque, segundo Bergen et al. (2006), diferentes mecanismos genéticos estão envolvidos no controle da deposição da gordura subcutânea, intramuscular e abdominal. A maioria das correlações genéticas encontradas na literatura para essas duas características, são de baixas a moderadas magnitudes, como as correlações de 0,44 e 0,56 descritas por Marshall (1994) e Riley et al. (2002), respectivamente, porém, correlações baixas ou próximas a zero também foram relatadas por KOCH et al. (1982) e ELZO et al. (1998). Estas informações, aliadas às encontradas neste estudo, indicam relações controversas entre estes dois locais de deposição de gordura na carcaça e questionam o grau de dependência entre essas duas características, principalmente em bovinos da raça Nelore.

As medidas de EE em diferentes pontos anatômicos apresentaram alta correlação genética e também estiveram bem relacionadas com as medidas de MAR_5 e MAR_{12} . Isto indica que as medidas de EE_5 e MAR_5 são medidas representativas da quantidade de gordura intramuscular no ML e, por apresentarem valores moderados de herdabilidade, podem ser utilizadas em programas de seleção para aumento da gordura de marmoreio na raça Nelore.

3.7. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MARMOREIO E MACIEZ DA CARNE DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para marmoreio e maciez em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de marmoreio e maciez em bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	MAR ₅	MAR ₁₂	MAC ₀₋₅	MAC ₇₋₅	MAC ₇₋₁₂
MAR₅	0,17 (0,07)	0,89 (0,33)	-0,59 (0,30)	-0,10 (0,43)	-0,46 (0,24)
MAR₁₂	0,14	0,15 (0,09)	-0,57 (0,27)	0,30 (0,71)	-0,38 (0,36)
MAC₀₋₅	-0,15	-0,08	0,13 (0,06)	-0,18 (0,63)	0,75 (0,37)
MAC₇₋₅	-0,07	0,03	0,52	0,06 (0,06)	0,26 (0,65)
MAC₇₋₁₂	-0,08	-0,03	0,12	0,03	0,19 (0,10)

MAR₅ = marmoreio medido da 5ª costela; MAR₁₂ = marmoreio medido da 12ª costela; MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₅ = maciez aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₁₂ = maciez aos sete dias de maturação medida na 12ª costela.

Os valores de herdabilidade para MAC₀₋₅ e MAC₇₋₁₂ foram moderados, porém menores para MAC₇₋₅. Segundo Burrow et al. (2001), pesquisas pioneiras sobre os efeitos genéticos na qualidade de carne consideravam a maciez, avaliada por força de cisalhamento (FC), como de moderada a alta herdabilidade, no entanto, estudos mais recentes utilizando maior quantidade de dados e métodos de análises mais discriminatórios, indicam que a maciez possui baixa herdabilidade em animais *Bos taurus* e média herdabilidade em animais puros ou mestiços *Bos indicus*. Segundo estes autores, os valores de h^2 para FC em animais *Bos taurus* ficam em torno de 0,21 e em *Bos indicus* (puros ou cruzados), em torno de 0,24. Outros autores também descrevem a influência de genética *Bos indicus* nos valores de herdabilidade para maciez da carne. Riley et al. (2003) afirmam que ao aumentar a porcentagem da raça Brahman em cruzamentos, há também alterações nos valores de herdabilidade para FC e Crews e Franke (1998) relacionaram o aumento da herdabilidade desta característica ao aumento da participação da raça Brahman nos cruzamentos.

Segundo Johnston et al. (2003), os valores de h^2 para maciez em raças tropicais (0,30) são ligeiramente superiores às demais mas, no geral, há grande variabilidade na literatura sobre este assunto: 0,09 - 0,70 (DIKEMAN, 1990), 0,29 - 0,43 (KOOTS et al., 1994) e 0,37 (MARSHALL, 1994). Esta variabilidade encontrada, segundo Riley et al. (2003), pode em parte ser explicada pelas intervenções aplicadas a carcaça após a morte do animal e que tendem a aumentar com o passar dos dias de maturação (WULF et al., 1996; O'CONNOR et al., 1997).

Sendo assim, segundo Riley et al. (2003), os baixos valores de herdabilidade para características de maciez sugerem que a resposta à seleção para estas característica pode ser lenta. No entanto, esta conclusão deve ser limitada a amostras do músculo *Longissimus*, pois há grandes evidências de que a maciez de outros músculos não esteja estreitamente relacionada geneticamente à maciez deste músculo (JOHNSTON et al., 2001; ROBINSON et al., 2001). Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (1995) avaliando valores de *shear force* em dez diferentes músculos encontraram uma equação capaz de explicar somente 50% da variabilidade entre todos os músculos avaliados, denotando a alta variabilidade nos valores de maciez em diferentes músculos de uma mesma carcaça. Estes autores também observaram que o músculo *Longissimus* foi o mais propenso a sofrer interferências de idade, tratamento e método de suspensão de carcaças, além do tempo de resfriamento, provocando assim um aumento na variabilidade encontrada nas progênes de touros *Bos indicus* e *Bos taurus*, o que não acontecia nos demais músculos estudados.

Por isso, com base nestas informações, sugere-se que a variabilidade genética para maciez seja avaliada em outros músculos da carcaça e principalmente naqueles de alto valor comercial no Brasil como a o *Biceps femoris* (picanha) e *Gluteus medius*, *accessorius* e *profundus* (alcatra e coração da alcatra – *baby beef*).

Foi encontrada correlação genética negativa entre $MAC_{0.5}$ e $MAC_{7.5}$, o que pode estar mais relacionada a problemas tecnológicos e laboratoriais (ambientais) que genéticos propriamente ditos. As tentativas para explicar a variabilidade na maciez da carne bovina têm incluído desde efeitos de idade do animal (DAVIS et al., 1979), raça, regime nutricional (DIKEMAN et al., 1985; KOOHMARAIE, 1988), número de dias em confinamento (TATUM et al., 1980) uso de promotores de crescimento (UNRUH; GRAY; DIKEMAN, 1986) até os efeitos de abatedouros e lote de abate (KEELE et al., 1999). Segundo Koohmaraie (1996) variações na maciez podem ocorrer no abate, na estocagem *post-mortem*, pela combinação destes dois fatores, ou ainda pelas diferenças no preparo pelo consumidor. Simples mudanças em valores de pH, por exemplo, podem refletir em aumento do crescimento bacteriano, mudança de coloração, valores de maciez, suculência e perdas de líquido ao cozimento.

Considerando todos os fatores que podem influenciar a maciez da carne bovina, mesmo que neste estudo tenhamos controlado a idade e lote de abate dos animais, pH das carcaças e tempo de armazenamento das amostras, outros fatores podem ter sido ignorados nestas análises, resultando em correlações genéticas negativas entre $MAC_{0.5}$ e $MAC_{7.5}$,

medidas no mesmo ponto anatômico. Com isso, sugere-se que outros trabalhos sejam conduzidos para avaliar a correlação genética entre essas características.

As correlações genéticas entre MAC_{0-5} e MAC_{7-5} com MAC_{7-12} foram positivas e, no caso de MAC_{0-5} e MAC_{7-12} , foram altas (Tabela 13). Estas correlações indicam que a maciez medida na 5ª costela pode ser uma alternativa viável para programas de melhoramento genético para qualidade no Brasil, pois além de poder ser mensurada na região da carcaça onde são separados os quartos dianteiro e traseiro nas indústrias frigoríficas brasileiras, ainda apresentam valores moderados de herdabilidade e alta correlação genética com os valores de maciez, medida na 12ª costela, após sete dias de maturação.

Foi encontrada alta correlação genética negativa entre medidas de marmoreio e maciez medidos em diferentes pontos anatômicos do ML de bovinos da raça Nelore. As correlações negativas entre estas características são benéficas, neste caso, pois significam que ao aumentarmos os escores de marmoreio no ML estaremos diminuindo os valores de força de cisalhamento, ou seja, aumentando a maciez da carne. Estas correlações foram altas tanto para marmoreio e maciez avaliados no mesmo ponto anatômico, quanto em pontos anatômicos diferentes, evidenciando o alto grau de dependência destas características ao longo do ML de animais raça Nelore.

Na literatura também são encontradas correlações genéticas negativas entre marmoreio e valores de maciez medidos por força de cisalhamento. Shackelford et al. (1994) encontraram correlação genética de -0,57 e fenotípica de -0,27 e Wulf et al. (1996) encontraram correlação genética de -0,53 entre as duas características.

A deposição de gordura na carcaça é uma característica de grande importância em sistemas de criação de bovinos de corte, pois tem impacto na remuneração das carcaças, palatabilidade e aparência geral do produto. Em alguns mercados, a quantidade de marmoreio, a cobertura de gordura e a porcentagem de carne comercializável têm um interesse particular, pois são atributos que determinam o preço da carcaça (BURROW et al., 2001).

Estudos apresentados na literatura apontam uma suposta relação entre gordura intramuscular e maciez e esta relação é reiterada por pesquisas com cruzamentos de animais de diferentes raças, que revelam que animais *Bos indicus*, caracterizados por possuírem carne com menos marmoreio, tendem a apresentar carnes mais duras que animais *Bos taurus* que, em geral, possuem maior quantidade de gordura na carcaça.

É com este fim que as relações entre tempos de maturação, deposição de gordura na carcaça, taxa de crescimento muscular e características de palatabilidade (principalmente

maciez) merecem atenção especial em estudos com animais *Bos indicus*, pois ajudam a explicar a correlação entre maciez e deposição de gordura intramuscular em animais desta espécie (RILEY et al., 2003).

Diante destes resultados, sugere-se a seleção para maciez e marmoreio em animais Nelore a fim de melhorar a qualidade da carne desta espécie, principalmente quanto aos aspectos de palatabilidade e satisfação de consumo, o que traria grande valorização da carne Brasileira em mercados mais exigentes por qualidade.

3.8. CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE MACIEZ E PERDAS POR COZIMENTO DA CARNE DE BOVINOS DA RAÇA NELORE

Os parâmetros genéticos para maciez e perdas por cozimento em bovinos da raça Nelore estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Correlações genéticas (acima da diagonal em negrito), fenotípicas (abaixo da diagonal em negrito) e coeficientes de herdabilidade (diagonal em negrito) para medidas de maciez e perdas ao cozimento da carne de bovinos da raça Nelore. Erro padrão das estimativas entre parênteses.

Variáveis	MAC ₀₋₅	MAC ₇₋₅	MAC ₇₋₁₂	PCOZ ₀₋₅	PCOZ ₇₋₅	PCOZ ₇₋₁₂
MAC₀₋₅	0,17 (0,05)	0,00 (0,39)	0,48 (0,32)	0,48 (0,45)	0,32 (0,34)	-0,22 (0,29)
MAC₇₋₅	0,53	0,06 (0,04)	0,13 (0,23)	0,61 (0,45)	0,34 (0,32)	-0,88 (0,22)
MAC₇₋₁₂	0,09	0,01	0,20 (0,05)	-0,23 (0,70)	-0,57 (0,43)	0,13 (0,40)
PCOZ₀₋₅	0,41	0,18	-0,01	0,01 (0,01)	0,92 (0,26)	-0,91 (0,28)
PCOZ₇₋₅	0,15	0,27	-0,05	0,15	0,03 (0,03)	-0,74 (0,39)
PCOZ₇₋₁₂	-0,02	-0,04	0,30	-0,02	-0,03	0,04 (0,02)

MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₅ = maciez aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; MAC₇₋₁₂ = maciez aos sete dias de maturação medida na 12ª costela; PCOZ₀₋₅ = perdas por cozimento aos zero dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₅ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 5ª costela; PCOZ₇₋₁₂ = perdas por cozimento aos sete dias de maturação medida na 12ª costela.

Os valores de herdabilidade para PCOZ foram próximos a zero para ambos os sítios anatômicos e períodos de maturação analisados (Tabela 14). Isto indica que a seleção para esta característica não é praticável, visto que quase a totalidade destas perdas está relacionada

a fatores ambientais. As perdas por cozimento têm relação estreita com tipo de armazenagem, pH, tipo e temperatura de preparo, podendo ter grande flutuação dependendo do tipo de técnica empregada (KOOHMARAIE, 1996).

Foi encontrada alta correlação genética entre PCOZ₀₋₅ e PCOZ₇₋₅ revelando que carnes mais propensas à perda de líquido ao cozimento conservam esta característica ao longo dos dias de armazenamento. Foi encontrada alta correlação de PCOZ₀₋₅ e PCOZ₇₋₅ com MAC₀₋₅ e MAC₇₋₅, indicando que carnes que perdem mais água no cozimento tendem a apresentar maiores valores de força de cisalhamento sendo, portanto, mais duras. Este mesmo comportamento não foi observado para PCOZ₇₋₁₂ que apresentou correlação negativa com MAC e PCOZ avaliadas na 5ª costela e teve baixa correlação genética com MAC₇₋₁₂.

Segundo Davis et al. (1979), grande parte das variações em valores de maciez (68%) podem ser explicadas por valores de perdas por cozimento, perdas por exsudação, índice de fragmentação miofibrilar, comprimento de sarcômero e porcentagem de colágeno solúvel.

Diante destas informações, podemos supor que as características qualitativas da carne possuem estreita ligação, porém diversos efeitos genéticos e ambientais parecem influenciar significativamente estas características. A partir dos resultados encontrados neste estudo, sugerimos as perdas por cozimento não sejam incluídas em programas de melhoramento genético para qualidade de carne, visto a baixa porção genética de controle desta característica.

4. CONCLUSÃO

Existe variabilidade entre animais da raça Nelore para características de desempenho, *frame* e qualidade de carne. As medidas de tamanho corporal e ultrassonografia apresentam-se como ferramentas acuradas na seleção de animais para desempenho e qualidade de carne, uma vez que possuem valores de herdabilidade passíveis de seleção e são capazes de distinguir, de forma acurada, animais quanto à musculatura, precocidade de acabamento e tamanho corporal, além de poderem ser utilizadas como alternativa aos métodos visuais de avaliação que são mais subjetivos, principalmente, para detecção de animais mais precoces para deposição de gordura na picanha.

As medidas de carcaça e qualidade de carne medidas na altura da 5ª costela, bem como as avaliações de área de olho de lombo por video-imagem, podem ser alternativas viáveis para

seleção de animais para qualidade de carcaça e carne nos padrões de separação de carcaças brasileiros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, 1995. 47p.

AOCS, 2009. Official Method Am 5-04 - Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. Additions and Revisions to the Official Methods and Recommended Practices of the AOCS.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. New concepts of cattle growth. Sydney: Sydney University Press, 1976.

BERGEN, R. et al. Genetic correlations between live yearling bull and steer carcass traits adjusted to different slaughter end points. 1. Carcass lean percentage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.546–557, 2006.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, p.911-917, 1959.

BOLIGON, A.A.; MERCADANTE M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nellore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p.238-243, 2011.

BONIN, M.N. **Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

BONIN, M.N. et al. Genetic parameters for body measurements and ultrasound carcass traits in Nellore cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 9, 2010, Leipzig. **Anais...** Leipzig: WCGALP, 2010. CD-ROM.

BURROW, H. M. et al. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.893–919, 2001.

CREWS JR., D.H.; FRANKE, D.E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.1803-1809, 1998.

CROSS, H. R. et al. Beef carcass evaluation by use of a video image analysis system. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.57, p.908-917, 1983.

CUCCO, D.C. **Estudo genético quantitativo e molecular de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Nelore usando inferência bayesiana**. 2010. 109f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

- DAVIS, G. W. et al. Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.49, p.103, 1979.
- DIKEMAN, M. E. et al. Accelerated versus conventional beef production and processing. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.137, 1985.
- DIKEMAN, M. E. Genetic effects on the quality of meat from cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 4, 1990, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh: WCGALP, 1990. p.521–530.
- DIKEMAN, M. E. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, p. 2461–2467, 2005.
- ELZO, M. A. et al. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1810–1823, 1998.
- FARIA, C.U. et al. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.1191-1200, 2009.
- FERRAZ; J.B.S; ELER, J.P. **Sumário de touros Nelore 2000**. Pirassununga: FZEA/GMA, 2000. 60p.
- FERRIANI, L. **Estimativas de herdabilidade das características de carcaça e crescimento e de suas correlações genéticas em animais da raça Nelore**. 2006. 57f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2006.
- FIGUEIREDO, L.G.G. **Estimativas de parâmetros genéticos de características de carcaças feitas por ultra-sonografia em bovinos da raça Nelore**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.
- GREGORY, K.E. et al. Breed effects, retained heterosis and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, p.1174-1183, 1994.
- GREGORY, K.E. et al. Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.1920-1926, 1995.
- GROENEVELD, E. et al. POPRED: a generic report for population management. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.8, n.3, p.1158-1178, 2009.
- GROENEVELD, E. et al. **VCE User's guide and reference manual**. Version 6.0. Urbana: Department of Animal Science, University of Illinois, 2008.
- GROENEVELD, E.; KOVAC, M.; MIELENZ, N. **PEST2 User's guide and reference manual**. Version 2.0. Departament of Animal Science, University of Illinois, Urbana, IL, 2009.
- HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Malden, v.31, p.423-447, 1975.

HORIMOTO, A.R.V.R. et al. Phenotypic and genetic correlations for body structure scores (frame) with productive traits and index for CEIP classification in Nellore beef cattle. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.6, p.188-196, 2007.

JOHNSTON, D. J. et al. Sources of variation in mechanical shear force measures of tenderness in beef from tropically adapted genotypes, effects of data editing and their implications for genetic parameter estimation. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 991–996, 2001.

JOHNSTON, D. J. et al. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3. Meat quality traits. **Australian Journal Agricultural Research**, Collingwood, v.54, p.135–147, 2003.

KASTNER, C.L.; HENRICKSON, R.L. Providing uniform meat cores for mechanical Shear Force measurement. **Journal of Food Science**, Malden, v. 34, p.603-605, 1969.

KEELE, J. W. et al. A region on bovine Chromosome 15 influences beef longissimus tenderness in steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 1364–1371, 1999.

KOCH, R. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 55, p. 1319–1329, 1982.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Kidlington, v.43, p. 5193–5201, 1996.

KOOHMARAIE, M. The role of endogenous proteases in meat tenderness. In: ANNUAL RECIPIENTS MEAT CONFERENCE, 41., 1988, Chicago. **Anais...** Chicago: National Live Stock and Meat Board, 1988. p. 89-100.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J. P.; WILTON, J.W. **Animal Breeding Abstracts**, Edinburgh, v.62, p.825, 1994.

KOURY FILHO, W. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.5, p.1015-1022, 2010.

LÔBO, R.B. **Programa de melhoramento genético da raça Nelore**. Ribeirão Preto: FINEP, 1996. 100p.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1 ed. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134 p.

MARSHALL, D.M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, p.2745-2755, 1994.

MORRIS, C.A. et al. Genetic and phenotypic relationships among carcass measurements in beef cattle. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Abingdon, v.42, p.415-421, 1999.

O'CONNOR, S. F. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, p. 1822–1830, 1997.

OSAWA, T. et al. Genetic parameters for image analysis on M. longissimus thoracis and M. trapezius of carcass cross section in Japanese Black Steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p.40-46, 2008.

PEREIRA, E. **Análise genética de algumas características reprodutivas e de suas relações com desenvolvimento ponderal na raça Nelore**. 2000. 64p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2000.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desempenho ponderal da Raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. v.53, n.6, p.720-727, 2001.

PEREIRA, M.C. et al. Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, p.613-620, 2010.

PINHEIRO, T.R. et al. Phenotypic and genetic parameters compared during repeated measures of longissimus muscle area and subcutaneous fat thickness in Nelore cattle. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v.10, p.2944-2952, 2011.

RILEY, D. G. et al. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, p. 955–962, 2002.

RILEY, D. G. et al. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p. 54–60, 2003.

ROBINSON, D. L. et al. Genetic and environmental influences on beef tenderness. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 41, p. 997–1004, 2001.

ROCHA, E.D. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, p.273-283, 2003.

ROSA, A. N. **análise genética de parâmetros de crescimento e proposição de índices de seleção para animais da raça Nelore**. 1977. 67f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 857-863, 1994.

SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, L.; KOOHMARAIE, M. Relationship between Shear Force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 3333–3340, 1995.

SHIOTSUKI, L. et al. Genetic associations of sexual precocity with growth traits and visual scores of conformation, finishing, and muscling in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1591-1597, 2009.

SHORTHOSE, W. R.; HARRIS, P. V. Effects of growth and composition on meat quality. In: **Growth regulation in farm animals (Advances in meta research, v.7)**. London: Elsevier Applied Science, 1991. p.515-555.

SILVA, S.L. et al. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.1236-1242, 2003.

SMITH, T. et al. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.85, p.1377-1384, 2007.

SPANGLER, M.; MOSER, D. **Ultrasound and Genetics**. In: Ultrasound Guidelines Council Field Technician Study Guide, 2012. Disponível em: < http://ultrasoundbeef.com/uploads/Study_Guide_Chapters_-_2012.zip > Acesso em: 21 ago. 2012.

TATUM, J D. et al. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 50, p. 833, 1980.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Official United States Standards for grades of carcass beef. **Agriculture Marketing Services - United States Department of Agriculture**. Washington, D.C., 1999.

UNRUH, I. A.; GRAY, D. G.; DIKEMAN, M. E. Implanting young bulls with Zeranol from birth to four slaughter ages: E. Carcass quality, palatability and muscle-collagen characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.62, p.388, 1986.

VAN VLECK, L. D. et al. Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p. 363–371, 1992.

WHEELER, T.L. et al. Characteristics of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.79, p.1209-1222, 2001.

WULF, D. M. et al. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 2394–2405, 1996.

YOKOO, M.J. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.1761-1768, 2007.

YOKOO, M.J. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.117, p.147–154, 2008.

YOKOO, M.J. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.52-58, 2010.

ZUIN, R.G. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meat Science**, Kidlington, v.91, p.352–357, 2012.

CAPÍTULO III

ESTUDO DOS GENEARCAS E NOVOS GENEARCAS DA RAÇA NELORE PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO, TAMANHO CORPORAL E QUALIDADE DE CARNE

RESUMO

As importações de zebuínos da Índia em fins do século XIX, principalmente aquelas ocorridas em 1962, determinaram o “azebuamento” progressivo de considerável parcela do rebanho brasileiro. Essas importações foram marcadas pela vinda de animais excepcionais pelas suas características raciais e de desenvolvimento, que passaram a ser classificados como *genearcas* ou formadores de linhagens dentro da raça Nelore. Dentro de cada linhagem, houve reprodutores que se destacaram quanto às suas características de crescimento e reprodução, o que ampliou a sua utilização no melhoramento dos rebanhos brasileiros de gado de corte, elevando o número de progênies, e dando origem aí os *novos genearcas* da raça Nelore. O objetivo com este trabalho foi avaliar as diferenças nas características de ganho de peso, tamanho corporal e qualidade de carne em linhagens dos genearcas e novos genearcas da raça Nelore. Foram avaliadas as características de ganho de peso da desmama ao sobreano, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e espessura de gordura na picanha, avaliadas por ultrassonografia, além do peso de carcaça quente, marmoreio e maciez a zero dia de maturação, avaliados na 5ª costela. Foi encontrada variabilidade entre genearcas e novos genearcas da raça Nelore para todas as características avaliadas neste estudo, indicando diferentes padrões entre linhagens para ganho de peso, tamanho corporal, musculatura, precocidade de acabamento e maciez da carne e estas variações podem ser utilizadas para auxiliar o acasalamento dirigido em programas de seleção e melhoramento genético dentro da raça.

Palavras chave: *Bos indicus*, Carcaça, Importações Nelore, Linhagens Nelore, Ultrassom, Zebu

1. INTRODUÇÃO

As importações de zebuínos da Índia em fins do século XIX, principalmente aquelas ocorridas em 1962, determinaram o “azebuamento” progressivo de considerável parcela do rebanho brasileiro (SANTIAGO, 1987). Essas importações foram marcadas pela vinda de animais excepcionais pelas suas características raciais e de desenvolvimento, que passaram a ser amplamente utilizados e exerceram grande influência no rebanho bovino brasileiro atual. Por isso, esses animais foram classificados como genearcas ou formadores de linhagens dentro da raça Nelore. Entre os genearcas pode-se citar Taj Mahal, Godhavari, Kurupathy, Golias, Karvadi, Bima, Akasamu, Padhu, Cacique, Nagpur, Rastã, Checukupadu e Bazuá. Apesar do reduzido número de genearcas responsáveis pela formação do Nelore brasileiro, há evidências de diferentes perfis genéticos entre as linhagens que contribuíram para a formação do rebanho Nelore de nossos dias atuais (LÔBO et al., 2003, BONIN, 2008).

Dentro de cada linhagem houve reprodutores que se destacaram quanto às suas características de crescimento e reprodução, o que ampliou a sua utilização no melhoramento dos rebanhos brasileiros de gado de corte, elevando o número de progênie, e dando origem aí os *novos genearcas* da raça Nelore. Dentre eles podemos citar 1646 da Mundo Novo, CFM Diamante, CFM Tietê, Cívico, Gim de Garça, Himalaya, Iguaçu do Pagador, Inca, Kulal, Marisco, Rambo da Mundo Novo, Vindouro e Visual da Zubulândia (Koury Filho, Almeida Filho, comunicação pessoal, 2012). Com isso, pressupõe-se que esses reprodutores tenham contribuído de maneira diferenciada para a definição de várias características dentro de raça Nelore.

Apesar do rebanho brasileiro da raça Nelore ter como base genética um número restrito de reprodutores, Bonin (2008) encontrou grande variabilidade genética entre touros e genearcas desta raça para características de carcaça e qualidade de carne. Isto pode ser explicado, pelo fato de que a maior parte da seleção genética nesta raça até os dias atuais foi fundamentada, principalmente, em características de padrão racial, medidas de ponderal e fertilidade, dando-se pouco enfoque para características de conformação frigorífica e qualidade de carne propriamente ditas. Desta forma, pode-se afirmar que existem condições favoráveis para obtenção de ganho genético com a seleção para estas características e reforçando a importância do estudo detalhado e da contribuição de cada um desses reprodutores para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne nos rebanhos atuais da raça Nelore no Brasil. Com isso, o objetivo com este trabalho foi avaliar as

diferenças nas características de ganho de peso da desmama ao sobreano, tamanho corporal e qualidade de carne em linhagens dos genearcas e novos genearcas da raça Nelore.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia (GMAB), Laboratório de Melhoramento Genético “Dr. Gordon Dickerson” e no Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne (LAAQC) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, em Pirassununga, SP.

Foram avaliadas as características de ganho de peso da desmama ao sobreano (GP_{345}), *frame* ($FRAME_{GMA}$); área de olho de lombo (AOL_{us}), espessura de gordura subcutânea (EGS_{us}) e espessura de gordura na picanha (EGP_{us}), avaliadas por ultrassonografia, além do peso de carcaça quente (PCQ), marmoreio (MAR_5) e maciez ao zero de maturação avaliados na 5ª costela (MAC_{0-5}). A descrição detalhada de cada uma das características avaliadas neste estudo está apresentada a seguir.

2.1. DESEMPENHO

Para a obtenção do ganho da desmama ao sobreano (GP_{345}), foi calculada a diferença entre o peso do animal ao sobreano (PES_{18}) e à desmama e ajustada pelo número de dias entre as pesagens (345 dias). As pesagens foram realizadas em balanças eletrônicas acopladas ao tronco de contenção, após jejum hídrico de 12 horas.

2.2. ULTRASSONOGRAFIA E FRAME

As avaliações de carcaça por ultrassonografia foram realizadas utilizando os equipamentos marca Aloka, modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 MHz e 172 mm de comprimento e Pie Medical Scanner 200 VET, com transdutor linear de 3,5 MHz e 18 cm de comprimento. Para as medidas de AOL_{us} e EGS_{us} foram coletadas imagens seccionais do músculo *Longissimus* (ML) entre a 12ª e 13ª costelas. Para as medidas de EGP_{us} foi coletada uma imagem sobre o músculo *Biceps femoris* entre o ílio e o ísquio. Todas as imagens foram armazenadas em computador e posteriormente analisadas utilizando o programa Lince® (M & S Consultoria Agropecuária Ltda., Pirassununga, SP, Brasil).

Foram realizadas medidas de altura de garupa (ALT) posicionando uma bengala hipométrica na parte superior do íleo até o chão, com o animal em estação (BIF, 1996) e utilizadas juntamente com o peso aos 18 meses para cálculo do $FRAME_{GMA}$, conforme a equação sugerida por Horimoto (2007) para animais da raça Nelore, conforme descrito a seguir:

$$FRAME_{GMA} = -7,01993 + 0,06294.X_1 - 0,14870.X_2 + 0,00119.X_1.X_2, \text{ onde:}$$

X_1 = Altura (cm);

X_2 = Peso (kg)

2.3. AVALIAÇÕES DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE

Os abates para coleta de informações de carcaça e amostras de carne foram realizados em frigoríficos comerciais sob leis federais de inspeção sanitária e abate humanitário e distribuídos em 12 lotes nos anos de 2006 (22/08, 29/08, 13/09, 17/10, 01/11 e 08/11), 2009 (28/09, 06/11) e 2010 (28/09, 21/10, 27/10, 29/10).

Durante o abate foram coletados os números de SISBOV (Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina) de cada animal e as carcaças identificadas individualmente com etiquetas contendo a ordem de abate. Ao final do abate, as carcaças foram pesadas individualmente para determinação do PCQ e resfriadas a 2°C por 48 horas, onde então foram coletadas as medidas de pH (pH₄₈).

Na desossa, foram coletadas amostras do ML, com 2,5 cm de espessura, para as análises de marmoreio (MAR₅) e maciez e (MAC₅₋₀) na região da 5ª costela, no sentido crânio-caudal da peça. As amostras foram armazenadas em freezer a -18°C e para as análises, foram descongeladas em câmara fria a uma temperatura de 0 a 2°C por 48 horas ou até atingirem a temperatura interna de 2° a 5°C.

As análises de marmoreio foram realizadas utilizou-se como referência o padrão do United States Department of Agriculture - USDA Quality Grade (1999), representado na Figura 20.

Figura 20 - Escalas de marmoreio (USDA, Quality Grade).

As análises de maciez foram realizadas pela metodologia da AMSA (1995). Para a determinação da força de cisalhamento foi utilizado um aparelho tipo Warner Bratzler Shear Force mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto (Figura 21). De cada amostra foram retiradas seis subamostras cilíndricas de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ " de diâmetro, no sentido das fibras musculares, com auxílio de uma furadeira elétrica modelo Ferrari FG-13, como descrito por Kastner e Henrickson (1969). Os valores de maciez foram representados pela média aritmética dos valores de força de cisalhamento obtidos nas subamostras.

Figura 21 - Warner Bratzler Shear Force utilizado para o cisalhamento das amostras.

2.4. ESTIMAÇÃO DO EFEITO DE GENEARCAS SOBRE AS DIFERENÇAS ESPERADAS DE PROGÊNIE

O efeito dos genearcas sobre as diferenças esperadas de progênie foi realizado segundo as seguintes etapas:

2.4.1. DEFINIÇÃO DOS GENEARCAS E NOVOS GENEARCAS

Os genearcas foram escolhidos conforme descrito por Bonin (2008) e foram definidos os touros:

- Akasamu
- Cacique
- Checurupadu
- Ghodavari
- Golias
- Karvadi
- Nagpur
- Padhu
- Rastã
- Taj Mahal
- Kurupathy
- Bima

Os novos genearcas foram escolhidos conforme sugestão de William Koury Filho e Fábio Souza de Almeida Filho (comunicações pessoais, 2012) e, para tal, foram definidos os seguintes touros:

- 1646 da Mundo Novo
- CFM Diamante
- CFM Tietê
- Cívico
- Gim de Garça
- Himalaya
- Iguaçu da Pagador
- Inca
- Kulal
- Marisco
- Rambo da Mundo Novo
- Vindouro
- Visual

2.4.2. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PARENTESCO ENTRE OS ANIMAIS MEDIDOS E OS GENEARCAS E NOVOS GENEARCAS

A determinação dos coeficientes de parentesco entre os genearcas e novos genearcas e todos os animais que tinham registro de qualquer característica no banco de dados foi feita com o software Endog (GUTIERREZ; GOYACHE, 2005, versão 4.8, GUTIERREZ et al., 2009, com modificações realizadas para obtenção de coeficientes de parentesco por CERVANTES et al. 2011) e utilizando arquivos com milhares de observações (GONZÁLES-RECIO et al., 2007).

Posteriormente, os coeficientes de parentesco entre cada animal e cada um dos genearcas foram incluídos no banco de dados, para análise posterior.

2.4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As estimativas dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) dos genearcas e novos genearcas da raça Nelore foram calculadas pelo programa MTDFREML como descrito por Boldman et al. (1995).

As análises dos efeitos de cada genearca consideraram as diferenças esperadas de progênie para GP_{345} , $FRAME_{GMA}$, PCQ , AOL_{US} , EGS_{US} , EGP_{US} , MAC_{5-0} e MAR_5 como variáveis dependentes e a proporção de parentesco de cada genearca como covariável, em análises de regressão múltipla, numa estrutura de meio-irmãos paternos, segundo o seguinte modelo matemático genérico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_j(G_j - \bar{G}) + S_k + e_{ijkl}$$

onde,

Y_{ijkl} = é a diferença esperada de progênie de cada característica analisada;

μ = é uma constante inerente a todas as observações;

β_j = são os coeficientes de regressão linear associados aos coeficientes de parentesco entre o $l^{ésimo}$ indivíduo, filho do $k^{ésimo}$ pai e sua relação com o $j^{ésimo}$ genearca;

G_j = é o coeficiente de parentesco entre o $j^{ésimo}$ genearca e o $l^{ésimo}$ indivíduo;

$\bar{G}$ = é a média do coeficiente de parentesco entre os indivíduos avaliados e o $j^{ésimo}$ genearca;

S_k = é o efeito aleatório do $k^{ésimo}$ reprodutor, com média 0 e variância σ_s^2 ;

e_{ijkl} = efeito aleatório residual, com média 0 e variância σ_e^2 .

Nessa abordagem, foram estimados e testados os coeficientes de regressão linear das características em relação aos genearcas. Para tanto foi utilizado o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico *Statistical Analysis System* versão 9.1.3 (SAS, 2004) e o teste F, respectivamente.

A detecção da significância do coeficiente de regressão linear indica que o aumento do coeficiente de parentesco causou uma diferença maior do que zero na DEP do indivíduo, ou seja, a diferença foi estatisticamente significativa.

No entanto, a representação gráfica do efeito de cada genearca ou novo genearca sobre as características estudadas, por serem esses efeitos tipicamente infinitesimais, não levou em conta se o efeito do genearca foi ou não estatisticamente diferente de zero.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas para as variáveis avaliadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Estatísticas descritivas dos valores das diferenças esperadas na progênie (DEP) das características avaliadas neste estudo.

Variável	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
GP ₃₄₅ (kg)	42.028	-0,12	-14,21	14,39	1,86	-1503,03
FRAME _{GMA} (pontos)	42.028	0,09	-0,99	1,13	0,17	190,08
AOL _{us} (cm ²)	42.028	-0,01	-4,86	4,88	0,61	-6855,16
EGS _{us} (mm)	42.028	0,01	-1,08	2,42	0,17	2110,00
EGP _{us} (mm)	42.028	-0,01	-1,12	2,27	0,22	-3213,02
PCQ (kg)	42.028	0,36	-2,56	16,17	0,63	174,07
MAR ₅ (un)	42.028	0,12	-11,88	32,62	2,14	1807,77
MAC ₀₋₅ (kg)	42.028	0,01	-0,41	0,59	0,05	2822,82

N= número de animais avaliados; GP₃₄₅ = ganho de peso da desmama ao sobreano; FRAME_{GMA} = medida de frame; AOL_{us} = área de olho de lombo medida por ultrassonografia; EGS_{us} = espessura de gordura subcutânea no contrafilé medida por ultrassonografia; EGP_{us} = espessura de gordura subcutânea na picanha medida por ultrassonografia; PCQ = peso de carcaça quente; MAR₅ = marmoreio medido da 5ª costela; MAC₀₋₅ = maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela.

3.1. GENEARCAS

A descrição dos coeficientes de parentesco, número de filhos e porcentagem de contribuição de cada genearca da raça Nelore para a população avaliada estão apresentadas na Tabela 16 e a acurácia das estimativas de DEP na tabela 17.

Tabela 16 - Número de animais aparentados (N), grau de parentesco médio, mínimo e máximo e porcentagem de contribuição genética dos genearcas na população avaliada.

Genearcas	N	Média	Mínimo	Máximo	% de contribuição
Karvadi	7.144	0,0307	0,0010	0,3750	17,00
Golias	3.811	0,0362	0,0010	0,2500	9,07
Padhu	2.193	0,0156	0,0010	0,2500	5,22
Ghodavari	2.143	0,0121	0,0010	0,2500	5,10
Kurupathy	2.078	0,0117	0,0005	0,2500	4,94
Akasamu	1.726	0,0285	0,0002	0,3750	4,11
Taj Mahal	1.589	0,0194	0,0010	0,2500	3,78
Nagpur	864	0,0225	0,0010	0,2500	2,06
Cacique	342	0,0202	0,0019	0,2500	0,81
Bima	136	0,0263	0,0005	0,2500	0,32
Checurupadu	84	0,0447	0,0039	0,2500	0,20

% de contribuição = proporção de descendentes em relação ao rebanho total.

Tabela 17 - Acurácia (Ac) das estimativas das diferenças esperadas na progênie (DEP) dos genearcas da raça Nelore para as características de (GP₃₄₅) ganho de peso da desmama ao sobreano, frame (FRAME_{GMA}), área de olho de lombo (AOL_{us}), espessura de gordura subcutânea no contrafilé (EGS_{us}) e espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP_{us}) medidas por ultrassonografia, peso de carcaça quente (PCQ), marmoreio medido da 5ª costela (MAR₅) e maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela (MAC₀₋₅).

Genearcas	Ac GP ₃₄₅	Ac FRAME _{GMA}	Ac AOL _{us}	Ac EGS _{us}	Ac EGP _{us}	Ac PCQ	Ac MAR ₅	Ac MAC ₀₋₅
Karvadi	12,92	12,83	14,13	18,31	13,01	3,31	1,41	2,07
Golias	7,23	7,24	13,00	18,31	13,93	2,81	1,53	2,07
Akasamu	6,63	6,13	6,50	7,71	5,69	2,15	0,87	0,69
Ghodavari	1,43	1,66	1,42	2,40	1,11	0,17	0,09	0,69
Kurupathy	1,33	1,66	1,13	2,40	1,11	0,17	0,09	0,69
Taj Mahal	2,43	2,77	3,39	4,52	2,94	0,33	0,09	0,69
Bima	0,23	0,54	0,29	0,28	0,19	0,00	0,00	0,69
Padhu	2,23	1,66	2,26	2,40	2,02	0,50	0,15	0,69
Cacique	0,83	0,54	0,85	1,34	1,11	0,17	0,03	0,69
Nagpur	1,83	1,66	1,98	2,40	1,11	0,33	0,15	0,69
Rastã	1,13	0,54	1,13	1,34	1,11	0,17	0,06	0,69
Checurupadu	0,33	0,54	0,29	0,28	0,19	0,00	0,00	0,69

A porcentagem de contribuição apresentada na Tabela 16 indica a porcentagem de animais aparentados com cada um dos genearcas no rebanho avaliado. Neste rebanho, o genearca com maior número de descendentes foi Karvadi, com 7.144 descendentes, seguido de Golias (3.811), Padhu (2.193) e Godhavari (2.143).

Foi encontrada variabilidade entre genearcas da raça Nelore para todas as características avaliadas neste estudo. Para GP_{345} , os genearcas Nagpur e Akasamu apresentaram os melhores valores de DEP (Figura 22), onde Akasamu teve DEP de +10,6 kg e Nagpur de +4,5 kg comparado aos demais genearcas avaliados. Já para a mesma característica Padhu apresentou DEP negativa de -30 kg comparado aos demais genearcas avaliados.

Figura 22 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica ganho de peso da desmama ao sobreano (GP_{345}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Padhu, Nagpur, Karvadi, Ghodavari e Akasamu apresentaram, respectivamente, os maiores de DEP para $FRAME_{GMA}$ (Figura 23), já Rastã, Bima, Cacique e Kurupathy apresentaram, respectivamente, os menores valores de DEP para a mesma característica.

Figura 23 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica *frame* (FRAME_{GMA}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

Na característica PCQ (Figura 24), os genearcas que apresentaram maiores valores de DEP foram Golias (+4,5 kg), Karvadi (+4,2 kg), Padhu (3,1 kg) e Ghodavari (+2,65 kg) e os que apresentaram menores valores foram Nagpur (-5,9 kg) e Cacique (-3,9 kg).

Figura 24 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica peso de carcaça quente (PCQ) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

Para AOL_{US}, os maiores valores de DEP foram observados para os genearcas Golias e Akasamu e os menores por Padhu e Cacique, respectivamente (Figura 25).

Figura 25 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica área de olho avaliada por ultrassonografia (AOL_{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Na literatura é descrita correlação genética positiva entre medidas de peso e *frame* (BOLIGON et al. 2010) e ainda destas com a área de olho de lombo (CUCCO, 2010; ZUIN et al., 2012). Para Akasamu estas correlações foram confirmadas, pois apresentou DEP positivas para GP₃₄₅, FRAME_{GMA}, AOL_{US}, no entanto, Nagpur apresentou DEP positiva para GP₃₄₅ e FRAME_{GMA}, negativa para PCQ e não teve diferença significativa para AOL_{US}. Caso semelhante ao de Nagpur, porém em proporções inversas, foi constatado para Golias que apresentou DEP negativa para GP₃₄₅ e FRAME_{GMA} e positiva para PCQ e AOL_{US}.

Em trabalho realizado por Bonin (2008), avaliando mesmos genearcas deste estudo, Checurupadu, Godhavari, Golias, Karvadi, e Rastã apresentaram valores positivos de DEP para PCQ. Para AOL, avaliada diretamente na carcaça, na altura da 12ª costela, os maiores valores foram obtidos Golias, Karvadi e Godhavari, respectivamente.

A seleção para características de ganho de peso pode levar ao aumento do tamanho corporal dos animais e área de olho de lombo, no entanto, estas características parecem estar associadas à produção de animais mais tardios, com menor deposição de gordura na carcaça, quando comparados a animais de mesma idade, porém de menor tamanho corporal (PEREIRA; ELER; FERRAZ, 2001; SHIOTSUKI et al., 2009; YOKOO et al., 2010).

Uma maneira de se avaliar a precocidade de deposição de gordura na carcaça é pela medida da EGP_{US} (SILVA et al., 2003), onde animais mais precoces tendem a depositar

gordura primeiramente na garupa, já que a ordem de deposição de gordura na se inicia pela parte posterior em direção ao lombo do animal (BERG; BUTTERFIELD, 1976)

Entre os genearcas avaliados, foi encontrada variabilidade para deposição de gordura na carcaça (Figura 26). Nagpur apresentou os valores mais baixos, seguido por Cacique, Rastã, Padhu, Bima e Akasamu. Os valores positivos estiveram associados com alto erro das estimativas não podendo, portanto, ser considerados significativos. Estes valores foram muito baixos (menores que um milímetro) o que pode ser explicado, por uma lado, pela baixa variabilidade nesta característica (Tabela 15). Por outro lado, alguns trabalhos também descrevem valores moderados de herdabilidade para EGS_{US} , indicando que o progresso genético para deposição de gordura no lombo possa ser lento e, portanto, é de se esperar que os valores de DEP para EGS_{US} também sejam baixos.

Em estudo realizado por Bonin (2008) com os valores de DEP para EGS avaliada diretamente na carcaça, na altura da 12ª costela, apenas os genearcas Akasamu, Golias e Checurupadhu apresentaram valores positivos para esta característica.

Figura 26 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea avaliada por ultrassonografia (EGS_{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Alguns genearcas apresentaram DEP positiva para EGP_{US} , dentre eles, Checurupadhu, Kurupathy e Taj Mahal, indicando o potencial genético destas linhagens para produção de progênes com precocidade de acabamento (Figura 26).

Figura 27 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea na picanha avaliada por ultrassonografia (EGP_{US}) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

A deposição de gordura na carcaça segue uma ordem lógica, iniciando-se pela deposição de gordura abdominal, seguida da deposição subcutânea e intermuscular e por último sendo depositada a gordura intramuscular (WARRIS, 2000). No entanto, os diferentes locais de deposição de gordura parecem não estar altamente correlacionados geneticamente (BERGEN et al., 2006). Este pode ser uma das explicações pelo fato de alguns genearcas com DEP negativa para EGS_{US} e EGP_{US} apresentarem DEP positiva para marmoreio, como é o caso dos genearcas Golias, Padhu, Rastã e Bima (Figuras 26, 27 e 28). Em estudo realizado por Bonin (2008) Golias foi líder nos valores de DEP para marmoreio avaliado na região da 12ª costela, seguido por Padhu, Karvadi e Rastã.

Figura 28 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica marmoreio (MAR₅) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

A deposição de gordura intramuscular (marmoreio) tem sido associada por diversos autores com aspectos de qualidade de carne, principalmente com aspecto visual dos cortes, maciez sensorial e palatabilidade (BURROW et al., 2001). Neste sentido, pode haver alguma relação entre a quantidade de marmoreio e a maciez da carne. Neste estudo foi encontrado variabilidade entre linhagens da raça Nelore para maciez do músculo *Longissimus*, avaliada na 5ª costela aos zero dias de maturação (MAC₅₋₀). Para maciez avaliada por força de cisalhamento (força necessária para romper as fibras musculares, expressa, em kg), quanto menor a força de cisalhamento, mais macia a carne e, por isso, valores negativos de DEP para força de cisalhamento são desejáveis.

Figura 29 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica maciez (MAC₅₋₀) dos principais genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

As DEP's mais negativas para esta característica foram obtidas, respectivamente, pelos genearcas Cacique (-0,42 kg), Padhu (-0,41 kg), Golias (-0,30 kg), Karvadi (-0,27 kg), Akasamu (-0,18 kg), Bima (-0,16). Valores positivos foram encontrados para Nagpur (+1,11 kg), Taj Mahal (+0,40 kg) e Rastã (+0,37 kg), como apresentado na Figura 29.

É interessante notar que os genearcas Golias, Padhu e Bima apresentaram DEP positiva para MAR₅ e negativa para MAC₅₋₀, indicando que haver certo grau de dependência entre essas duas características. No trabalho de Bonin (2008) os genearcas Golias e Karvadi apresentaram os melhores valores de DEP para maciez avaliada na 12ª costela, seguidos por Bazuá, Godhavari, Kurupathy, Cacique e Rastã.

3.2. NOVOS GENEARCAS

A descrição dos coeficientes de parentesco, número de filhos e porcentagem de contribuição de cada novo genearca para a população avaliada estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 - Número de animais aparentados (N), grau de parentesco médio, mínimo e máximo e porcentagem de contribuição genética dos genearcas na população avaliada.

Novos Genearcas	N	Média	Mínimo	Máximo	% de contribuição
CFM Tietê	7.160	0,0570	0,0001	0,3750	17,04
Gim de Garça	7.116	0,0422	0,0005	0,3144	16,93
Visual	7.112	0,0114	0,0002	0,5234	16,92
Cívico	7.046	0,0073	0,0001	0,5078	16,77
Vindouro	6.957	0,0090	0,0001	0,2588	16,55
Inca	6.850	0,0065	0,0001	0,2557	16,30
1646 da Mundo Novo	6.797	0,0054	0,0001	0,2598	16,17
Marisco	6.309	0,0047	0,0001	0,5127	15,01
CFM Diamante	3.343	0,0366	0,0001	0,5156	7,95
Himalaya	2.236	0,0307	0,0010	0,2500	5,32
Iguaçu da Pagador	1.831	0,0191	0,0002	0,2812	4,36
Kulal	1.664	0,0288	0,0001	0,2598	3,96
Rambo	335	0,0410	0,0020	0,2500	0,80

% de contribuição = proporção de descendentes em relação ao rebanho total

A porcentagem de contribuição apresentada na Tabela 16 indica a porcentagem de animais aparentados com cada um dos novos genearcas no rebanho avaliado. Neste rebanho, o novo genearca com maior número de descendentes foi CFM Tietê, com 7.160 descendentes, seguido de Gim de Garça (7.116), Visual (7.112), Cívico (7.046) e Vindouro (6.957).

Na Tabela 19 estão descritos os valores de acurácia das estimativas de DEP deste estudo. Foi encontrada variabilidade entre genearcas da raça Nelore para todas as características avaliadas neste estudo. Para GP₃₄₅ os melhores valores de DEP foram encontrados para os touros Marisco, CFM Diamante e Kulal (Figura 30). Os touros que apresentaram DEP's mais negativas foram Visual e Rambo, respectivamente.

Tabela 19 – Acurácia (Ac) das estimativas das diferenças esperadas na progênie (DEP) dos novos genearcas da raça Nelore para as características de (GP₃₄₅) ganho de peso da desmama ao sobreano, frame (FRAME_{GMA}), área de olho de lombo (AOL_{us}), espessura de gordura subcutânea no contrafilé (EGS_{us}) e espessura de gordura subcutânea na picanha (EGP_{us}) medidas por ultrassom, peso de carcaça quente (PCQ), marmoreio medido da 5ª costela (MAR₅) e maciez aos zero dias de maturação medida na 5ª costela (MAC₀₋₅).

Novos Genearcas	Ac GP ₃₄₅	Ac FRAME _{GMA}	Ac AOL _{us}	Ac EGS _{us}	Ac EGP _{us}	Ac PCQ	Ac MAR ₅	Ac MAC ₀₋₅
1646 da Mundo Novo	17,81	18,42	18,37	24,68	19,42	3,97	0,66	0,69
CFM Diamante	84,62	84,35	83,05	88,33	85,35	54,47	34,89	43,45
CFM Tietê	81,92	82,12	81,92	87,27	80,77	44,21	20,20	25,52
Cívico	4,13	3,89	4,24	6,64	2,94	0,17	0,00	0,00
Gim de Garça	52,66	51,95	52,54	60,75	44,14	14,57	6,82	8,97
Himalaya	12,72	12,83	12,72	19,37	10,27	1,82	0,63	0,69
Iguaçu da Pagador	16,81	17,30	18,37	23,62	10,27	0,83	0,39	0,69
Inca	2,43	2,77	1,70	2,40	2,02	0,33	0,15	0,69
Kulal	56,16	56,42	52,83	62,87	56,05	19,21	6,67	8,97
Marisco	33,49	32,95	30,51	38,47	34,99	5,63	1,53	3,45
Rambo	40,98	41,89	45,48	56,50	49,64	11,92	1,95	3,45
Vindouro	58,46	57,53	60,74	71,36	35,90	7,62	3,41	4,83
Visual	10,62	10,60	11,87	18,31	13,93	0,99	0,00	0,00

Figura 30 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica ganho de peso da desmama ao sobreano (GP₃₄₅) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

Para $FRAME_{GMA}$ (Figura 31), o maior valor de DEP foi para o touro Inca (+2,18 un), seguido por Cívico (+1,19 un) e Gim de Garça (+0,80 un).

Figura 31 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica *frame* ($FRAME_{GMA}$) dos novos gene arcs da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Os maiores valores de DEP para PCQ (Figura 32) foram obtidos por Gim de Garça (+5,80 kg) e CFM Diamante (+5,13 kg) e os menores por Cívico (-3,29 kg) e Kulal (-3,05 kg). É interessante notar que os touros Inca, Gim de Garça e CFM Diamante que apresentaram maiores DEP's para $FRAME_{GMA}$ (Figura 31) tiveram também maiores DEP's para PCQ (Figura 32), indicando que animais de maiores *frames* também possam ter maior peso de carcaça.

Figura 32 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica peso de carcaça quente (PCQ) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Foi encontrada variabilidade entre os novos genearcas para AOL_{US} , onde os touros CFM Tietê, Marisco e Cívico apresentaram os maiores valores de DEP para esta característica (Figura 33). Os menores valores foram encontrados para os touros Visual ($-4,29 \text{ cm}^2$) e 1646 da Mundo Novo ($-2,80 \text{ cm}^2$).

Figura 33 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica área de olho avaliada por ultrassonografia (AOL_{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Os touros com maiores valores de DEP para AOL_{US} apresentaram também DEP's positivas para GP₃₄₅ e FRAME_{GMA} sustentando as indicações que animais selecionados para características de peso tenham maiores frames e também maior área de olho de lombo (BOLIGON et al., 2010; YOKOO et al., 2010; PEREIRA; ELER; FERRAZ, 2001; ZUIN et al., 2012). Segundo os mesmos autores, animais com maior tamanho corporal tendem a ser mais tardios e a apresentar menor quantidade de gordura na carcaça. Esta afirmação pode ser fundamentada ao analisarmos os valores de DEP para EGS_{US} (Figura 34) e EGP_{US} (Figura 35) dos novos genearcas que obtiveram os maiores valores de DEP para FRAME_{GMA} (Figura 31), que no caso de Inca, por exemplo, teve maior valor de DEP para FRAME_{GMA} e também apresentou DEP negativa para EGS_{US} e EGP_{US}, mostrando-se um animal bastante tardio. O mesmo comportamento foi observado para Cívico, Kulal e Visual.

Figura 34 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea avaliada por ultrassonografia (EGS_{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = P>0,05.

Figura 35 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica espessura de gordura subcutânea na picanha avaliada por ultrassonografia (EGP_{US}) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Para marmoreio, avaliado na 5ª costela (MAR₅), alguns animais tiveram alto valor de DEP para esta característica como é o caso de CFM Tietê, Marisco, Vindouro, CFM Diamante, Cívico, Himalaya e Kulal (Figura 36). É interessante observar que foram encontrados animais com potencial para deposição EGS_{US}, EGP_{US} e MAR como é o caso dos touros CFM Diamante e CFM Tietê. No entanto, outros touros com pouca ou nenhuma capacidade para deposição de EGS_{US} e EGP_{US} foram muito bons para deposição de MAR₅, como os touros Vindouro, Kulal, Cívico e Himalaya. Estas informações vêm a reforçar a alta variabilidade encontrada entre touros da raça Nelore para deposição de gordura na carcaça de suas progênies como relatado por Bonin (2008).

Figura 36 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica marmoreio (MAR_5) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Foi encontrada variabilidade entre os novos genearcas da raça Nelore para maciez da carne (Figura 37), dentre eles os touros Rambo, Inca, Gim de Garça, Marisco e Cívico foram os que apresentaram as melhores DEP's para maciez neste estudo, respectivamente.

Figura 37 - Comparação das diferenças esperadas na progênie para a característica maciez ($MAC_{5.0}$) dos novos genearcas da raça nelore. *ns = $P > 0,05$.

Touros Nelore com valores de DEP negativos para maciez são desejáveis, pois possuem potencial genético para reduzir os valores de força de cisalhamento da carne de

suas progênes e podem auxiliar na melhoria de um dos atributos qualitativos da carne mais importantes para o consumidor, a maciez.

4. CONCLUSÃO

As informações deste trabalho indicam uma possível variabilidade entre genearcas e novos genearcas da raça Nelore para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne. No entanto, devido ao reduzido grau de parentesco dos animais avaliados com os genearcas e novos genearcas da raça Nelore, outros estudos, com maior número de animais, deverão ser realizados para confirmar estas tendências e auxiliar no acasalamento dirigido em programas de seleção e melhoramento genético da raça Nelore para características de desempenho e qualidade de carne.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, 1995. 47p.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. New concepts of cattle growth. Sydney: Sydney University Press, 1976.
- BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D. et al. **A manual for use of MTDFREML: a set of program to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT)**. Lincoln: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1995.
- BOLIGON, A. A. et al. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.1215-1219, 2010.
- BOLIGON, A.A.; MERCADANTE M.E.Z.; ALBUQUERQUE, L.G. Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nellore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p.238-243, 2011.
- BONIN, M.N. **Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- BURROW, H. M. et al. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.893–919, 2001.

CERVANTES, I. et al. Estimation of effective population size from the rate of coancestry in pedigreed populations. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v.128, p.56-63, 2011.

CUCCO, D.C. **Estudo genético quantitativo e molecular de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Nelore usando inferência bayesiana**. 2010. 109f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

ELZO, M. A. et al. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1810–1823, 1998.

GONZÁLEZ-RECIO, O.; LÓPEZ DE MATURANA, E, GUTIÉRREZ, J.P. Inbreeding depression on female fertility and calving ease in Spanish dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, New York, v.90, p.5744-5752, 2007.

GUTIÉRREZ, J.P.; CERVANTES, I.; GOYACHE, F. Improving the estimation of realized effective population sizes in farm animals. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v.126, p.327-332, 2009.

GUTIÉRREZ, J.P.; GOYACHE, F. A note on Endog: a computer program for analysing pedigree information. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Malden, v.122, p.172-786, 2005.

HORIMOTO, A.R.V.R. et al. Phenotypic and genetic correlations for body structure scores (frame) with productive traits and index for CEIP classification in Nelore beef cattle. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.6, p.188-196, 2007.

LÔBO, R. B. et al. Perfil genético dos principais touros fundadores da raça Nelore na base de dados do PMGRN-USP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desempenho ponderal da Raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. v.53, n.6, p.720-727, 2001.

SANTIAGO, A. A. A raça nelore. In: Gado Nelore: 100 anos de seleção. São Paulo: Ed. Dos Criadores, 1987. 594p.

SHIOTSUKI, L. et al. Genetic associations of sexual precocity with growth traits and visual scores of conformation, finishing, and muscling in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1591-1597, 2009.

SILVA, S.L. et al. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.1236-1242, 2003.

WARRIS, P.D. **Meat Science: An introductory Text**. New York: CABI International, 2000.

YOKOO, M.J. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.117, p.147–154, 2008.

YOKOO, M.J. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.52-58, 2010.

ZUIN, R.G. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meat Science**, Kidlington, v.91, p.352–357, 2012.

5. CONCLUSÃO GERAL

O VIS-NIRS apresentou-se como uma ferramenta útil para predição de características relacionadas a qualidade como pH, extrato etéreo e maciez de bovinos da raça Nelore, podendo ser utilizado com alta acurácia para alocação de carnes em classes de maciez.

Existe variabilidade entre animais da raça Nelore para características de desempenho, *frame* e qualidade de carne. As medidas de tamanho corporal e de avaliação de carcaça por ultrassonografia apresentam-se como ferramentas acuradas na seleção de animais para desempenho e qualidade de carne uma vez que possuem valores de herdabilidade passíveis de seleção e são capazes de distinguir, de forma acurada, animais quanto à musculatura, precocidade e tamanho corporal e podem ser utilizadas como alternativa aos métodos visuais que são mais subjetivos, principalmente para detecção de animais mais precoces pela deposição de gordura na picanha.

As medidas de carcaça e qualidade de carne medidas na altura da 5ª costela, bem como as avaliações de área de olho de lombo por video-imagem, apresentaram como alternativas viáveis para seleção de animais para qualidade de carcaça e carne nos padrões de separação de carcaças brasileiros.

As informações deste trabalho indicam uma possível variabilidade entre genearcas e novos genearcas da raça Nelore para características de desempenho, tamanho corporal e qualidade de carne. No entanto, devido ao reduzido grau de parentesco dos animais avaliados com os genearcas e novos genearcas da raça Nelore, outros estudos, com maior número de animais, deverão ser realizados para confirmar estas tendências e auxiliar no acasalamento dirigido em programas de seleção e melhoramento genético da raça Nelore para características de desempenho e qualidade de carne.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLOCCO, N. et al. Predicting intramuscular fat, moisture and Warner–Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. **Animal Science**, v.82, p.111–116, 2006.

BARTON, F.E. Theory and principles of near infrared spectroscopy. **Spectroscopy Europe** 14/1 2002. Disponível em: < <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=spectroscopy%20europe%2014%2F1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fq.uh.cu%2Fdpto%2F>

[qf%2Fdocencia%2Fpregrado%2Festruc_2%2Fcurso_07_08%2Fir_07_08%2FIRcercano.pdf&ei=nns1UPq9AfKN6QGUpYHQDw&usg=AFQjCNHtqUBmnlphXqKxM1xlkQ5MZ7PpKQ>](http://www.beeffimprovement.org/library/06guidelines.pdf). Acesso em: 21 ago. 2012.

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION – BIF. Guidelines for uniform beef improvement programs. Disponível em: <http://www.beeffimprovement.org/library/06guidelines.pdf>. Acesso em 21/05/2007.

BELK, K.E. et al. Prediction of beef palatability using instruments. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION CONVENTION, 2000. **Proceedings...** Wichita:2000, 15p.

BELK, K.E. et al. The use of video image analysis and instrumentation to predict beef palatability. **Proceeding of the Reciprocal Meat Conference**, v.53, p.10–15, 2000.

BEN-GERA, I.; NORRIS, K.H. Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products. **Journal of Food Science**, Malden, v.33, p.64–72, 1968.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. New concepts of cattle growth. Sydney: Sydney University Press, 1976.

BERGEN, R. et al. Genetic correlations between live yearling bull and steer carcass traits adjusted to different slaughter end points. 1. Carcass lean percentage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.84, p.546–557, 2006.

BJARNO, O.C. Multiple analyses of meat products by infrared spectrophotometer: Collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, v.65, 696-700, 1982.

BOLIGON, A. A. et al. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.1215-1219, 2010.

BOLIGON, A.A. et al. Genetic associations of conformation, finishing precocity and muscling visual scores with mature weight in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.135, p.238-243, 2011.

BONIN, M. N. et al. Efeito de touro em características de carcaça e qualidade de carne de bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007b.

BONIN, M. N. et al. Efeito de touro nas características de carcaça de machos não-castrados da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp, 2007a.

BONIN, M.N. **Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

BONIN, M.N. et al. Genetic parameters for body measurements and ultrasound carcass traits in Nelore cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 9, 2010, Leipzig. **Anais...** Leipzig: WCGALP, 2010. CD-ROM.

BURROW, H. M. et al. Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, p.893–919, 2001.

- CECCHINATO, A. et al. Near-infrared reflectance spectroscopy predictions as indicator traits in breeding programs for enhanced beef quality. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, p.2687-269, 2011.
- COZZOLINO, D.; DE MATTOS, D.; MARTINS, V. Visible/near infrared reflectance spectroscopy for predicting composition and tracing system of production of beef muscle. **Animal Science**, Penicuik, 74, 477–484, 2002.
- COZZOLINO, D.; MURRAY, M. Identification of animal meat muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Amsterdam, v.37, p.447–452, 2004.
- CREWS, D.H.; KEMP, R.A. Genetic Evaluation of Carcass Yield Using Ultrasound Measures on Young Replacement Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, V.80, P.1809-1818, 2002.
- CUCCO, D.C. **Estudo genético quantitativo e molecular de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Nelore usando inferência bayesiana**. 2010. 109f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.
- DE MARCHI, M. et al. Use of near infrared spectroscopy for assessment of beef quality trait. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v.6, p.421–423, 2007.
- DEAVILLE, E. R.; FLINN, P. C. Near infrared (NIR) spectroscopy: An alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. **In...**GIVENS, D.I. et al. Forage evaluation in ruminant nutrition. UK: ABI Publishing, 2000. p. 301–320.
- DIKEMAN, M. E. et al. Accelerated versus conventional beef production and processing. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.137, 1985.
- DING, H.B.; XU, R.J.; CHAN, D.K.O. Identification of broiler chicken meat using a visible/near-infrared spectroscopic technique. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.79, p.1382–1388, 1999.
- ELZO, M. A. et al. Genetic variation and prediction of additive and nonadditive genetic effects for six carcass traits in an Angus-Brahman multibreed herd. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.1810–1823, 1998.
- FARIA, C.U. et al. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.835–841, 2008.
- FARIA, C.U. et al. Avaliação genética de características de escores visuais de bovinos da raça Nelore da desmama até a maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.1191-1200, 2009.
- FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Kidlington, v.84, p.238-243, 2010.
- FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. **Sumário de touros Nelore 2000**. Pirassununga: FZEA/GMA, 2000. 60p
- FIGUEIREDO, L.G.G. **Estimativas de parâmetros genéticos de características de carcaças feitas por ultra-sonografia em bovinos da raça Nelore**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.

GREGORY, K.E. et al. Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.1920-1926, 1995.

GUEDES, C.F. **Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos**. 2005. 100f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

HAMLIN, K.E. et al. Real-Time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.1725-1734, 1995.

HISTORIA da raça Nelore. **Zebu para o mundo**. Disponível em http://www.zebuparaomundo.com/zebu/index.php?option=com_content&task=view&id=357&Itemid=46. Acesso em: 30 de julho de 2007.

HOLLOWAY, J.W. et al.. Relationships of empty-body composition and fat distribution to live animal and carcass measurements in Bos indicus–Bos taurus crossbred cows. **Journal Animal Science**, Savoy, v.68, p.1818–1826, 1990.

HORIMOTO, A.R.V.R. et al. Phenotypic and genetic correlations for body structure scores (frame) with productive traits and index for CEIP classification in Nelore beef cattle. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.6, p.188-196, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rebanho brasileiro de bovinos. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>. Acesso em 08/11/2012.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Kidlington, v.43, p. 5193–5201, 1996.

KOURY FILHO, W. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.5, p.1015-1022, 2010.

KUCHIDA, K. et al. Prediction of crude fat content of longissimus muscle of beef using the ratio of fat area calculated from computer image analysis: Comparison of regression equations for prediction using different input devices at different stations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.799–803, 2000.

LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LIU, Y. et al. Prediction of physical, color and sensory characteristics of broiler breasts by visible/near infrared reflectance spectroscopy. **Poultry Science**, v.83, 1467-1474, 2004.

LIU, Y. L. et al. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. **Meat Science**, Kidlington, v.65, p.1107–1115, 2003.

LÔBO, R. B. et al. Perfil genético dos principais touros fundadores da raça Nelore na base de dados do PMGRN-USP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.

MAGNABOSCO, C. U. Avaliação Genética e Critérios de Seleção para Características de Carcaça em Zebuínos: Relevância Econômica para Mercados Globalizados. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 5, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006.

MAGNABOSCO, C.U et al. Catalogo de linhagens do germoplasma zebuino raça Nelore. 1997.

MAPA.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : Mapa/ACS, 2010. 76 p.

MARSHALL, D.M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, p.2745-2755, 1994.

MASOERO, G. et al. Analysis of freeze-dried rabbit meat by NIRS. **Zootecnica e Nutrizione Animale**, Bologna, v.20, p.319–329, 1994.

MCGLONE, V.A.; DEVINE, C.E.; WELLS, R.W. Detection of tenderness, post-rigor age and water status changes in sheep meat using near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Charlton, v.13, p.277-285, 2005.

MEULLENET, J. F. et al. Prediction of the texture of cooked poultry pectoralis major muscles by near-infrared reflectance analysis of raw meat. **Journal of Texture Studies**, Malden, v.35, p.573–585, 2004.

MORRIS, C.A.; CULLEN, N.G.; MCCALL., D.G. Genetic and phenotypic relationships among carcass measurements in beef cattle. N. Z. **Journal of Agriculture Research**, Punjab, v.42: p. 415–421, 1999.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.

MURRAY, I.; WILLIAMS, P. C. Chemical principles of near-infrared technology. In P. C. Williams & K. Norris. **Near infrared technology in the agricultural and food industries** St. Paul: **American Association of Cereal Chemists**, Inc.. 1987. p. 17–34.

NAES, T.; HILDRUM, K.I. A comparison of multivariate calibration and discriminant analysis for determining tenderness of meat by NIR spectroscopy. **Applied Spectroscopy**, Frederick, v.51, p.350–357, 1997.

NEWMAN, S. et al. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.32, p.111-130, 1992.

OLIVEIRA, P. S. **Estrutura populacional e tendência genética de características de crescimento e adaptação de bovinos da raça Nelore, linhagem Lemgruber**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

OSBORNE, B.G.; FEARN, T.; HINDLE, P. H. **Near infrared spectroscopy in food analysis**. Harlow, Essex, UK: Longman Scientific and Technical, 1993.

PARK, B. et al. Near-infrared reflectance analysis for predicting beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.2115–2120, 1998.

PEDROSA, V.B. et al. Estimativas de parâmetros genéticos do peso adulto e de características de escore visual em animais da raça Nelore. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, 7, 2008, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SBMA, 2008. CD-ROM.

PEREIRA, A.S.C. **Características qualitativas da carcaça e da carne das progênes de touros representativos da raça Nelore (*Bos indicus*) e de diferentes grupos genéticos.** 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desempenho ponderal da Raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. V.53, n.6, p.720-727, 2001

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**, Viçosa, v.29, p.1676-1683, 2000.

PEREIRA, M.C. et al. Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, p.613-620, 2010.

PINHEIRO, T.R. et al. Phenotypic and genetic parameters compared during repeated measures of longissimus muscle area and subcutaneous fat thickness in Nelore cattle. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.10, p.2944-2952, 2011.

PREVOLNIK, M.; CANDEK-POTOKAR, M.; SKORJANC, D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: a review. **Czechoslovak Journal of Animal Science**, v.49, p.500–510, 2004.

PRIETO, N. et al. Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples, **Meat Science**, Kidlington, v.79, p.692–699, 2008.

PRIETO, N. et al. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. **Meat Science**, Kidlington, v.83, p175–186, 2009.

PRIETO, N. et al. Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. **Meat Science**, Kidlington, v.74, p.487–496, 2006.

REZENDE, F.M et al. Efeito de touro sobre a qualidade de carne de machos não-castrados da raça Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp, 2007a.

REZENDE, F.M et al. Influência de polimorfismos genéticos associados aos genes do sistema calpaína-calpastatina e receptor de leptina sobre características de carcaça avaliadas por ultrassom em bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007b.

RILEY, D. G. et al. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, p. 54–60, 2003.

RIPOLL, G. et al. Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. **Meat Science**, Kidlington, v.80, p.697–702, 2008.

ROCHA, E.D. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, p.273-283, 2003.

RODBOTTEN, R.; MEVIK, B. H.; HILDRUM, K.I. Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Charlton, v.9, p.199–210, 2001.

ROSA, A. N. **Análise genética de parâmetros de crescimento e proposição de índices de seleção para animais da raça Nelore**. 1977. 67f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.

RUST, S.R. et al. Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p.211–219, 2008.

SAINZ, R.D.; MAGNABOSCO, C.U.; MANICARDI, F. Projeto OB-Choice: Genética para melhorar a qualidade da carne brasileira. In: SEMINÁRIO DA MARCA OB, 3, 2005, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: OB, 2005.

SANTIAGO, A. A. A raça nelore. In: **Gado Nelore: 100 anos de seleção**. São Paulo: Ed. Dos Criadores, 1987. 594p.

SAVENIJE, B. et al. Prediction of pork quality using visible/near-infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, Kidlington, v.73, p.181–184, 2006.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 857–863, 1994.

SHACKELFORD, S.D., WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. On-line classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, Kidlington, v.69, p.409–415, 2005.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O.; WORKMAN, J.J. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. In: BURNS, D.A.; CIURCZAK, E.W. **Handbook of near infrared analysis, practical spectroscopy series**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 383–431.

SHIOTSUKI, L. et al. Genetic associations of sexual precocity with growth traits and visual scores of conformation, finishing, and muscling in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.87, p.1591–1597, 2009.

SILVA, S.L. et al. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, p.1236–1242, 2003.

SILVA, S.L. et al. Visible and near infrared spectroscopy for meat tenderness evaluation of nellore (*Bos indicus*) cattle. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 55, 2009, Copenhagen. **Anais...** Copenhagen, 2009.

SILVA, R. C. G. Associação entre marcadores moleculares ligados ao gene da leptina e características de carcaça obtidas *in vivo* por ultra-sonografia em bovinos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 4., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007.

SMITH, T. et al. Genetic parameters for growth and carcass traits of Brahman steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 85, p. 1377–1384, 2007.

STEINER, R. et al. Real-time augmentation of USDA yield grade application to beef carcasses using video image analysis. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, p.2239–2246, 2003.

SWATLAND, H. J. Connective tissue fluorescence. On-Line-Evaluation of Meat. Technomic Publishing Co. Inc. pp 229-258, 1995.

THYHOLT, K.; ISAKSSON, T. Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-infrared spectroscopy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.73, p.525–532, 1997.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Official United States Standards for grades of carcass beef. **Agriculture Marketing Services - United States Department of Agriculture**. Washington, D.C., 1999.

WEERANANTANAPHAN, J.; DOWNEY, G.; DA-WEN SUN, P. A. A review of near infrared spectroscopy in muscle food analysis: 2005-2010. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Charlton, v.19, p.61-104, 2011.

WHEELER, T.L. et al. Characteristics of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.79, p.1209-1222, 2001.

WHEELER, T.L. et al. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, p.1023-1035, 1996.

WILSON D.E. Application of Ultrasound for Genetic Improvement. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.973-983, 1992.

WINDHAM W.R.; MORRISON W.H. Prediction of fatty acid content in beef neck lean by near infrared reflectance analysis. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Charlton, v.6, p.229–234, 1998.

WULF, D. M. et al. Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousin-sired steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, p. 2394–2405, 1996.

XIA, J.J. et al. Characterizing beef muscles with optical scattering and absorption coefficients in VIS-NIR region. **Meat Science**, Kidlington, v.75, p.78–83, 2007.

YOKOO, M.J. et al. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v.117, p.147–154, 2008.

YOKOO, M.J. et al. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.88, p.52-58, 2010

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

ZUIN, R.G. Genetic analysis on growth and carcass traits in Nelore cattle. **Meat Science**, Kidlington, v.91, p.352–357, 2012.

ANEXO 1

As análises de extrato etéreo (EE) foram realizadas segundo metodologia proposta pela AOCS Am 5-04 (2009) com um sistema de extração automática utilizando éter a alta temperatura e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), consistindo de duas etapas: uma de preparação das amostras e a outra de extração, conforme apresentado a seguir.

Etapa 1 – Preparação das amostras: As amostras coletadas nos abates ficaram armazenadas em freezer a -18°C. Para as análises de extrato etéreo foram retiradas subamostras, tipo *carpaccio*, de cada bife ainda congelado, utilizando um fatiador de frios marca Filizola. A primeira fatia de cada amostra foi descartada para evitar contaminação com gordura de outras amostras e em seguida procedeu-se a retirada de outras fatias, das quais eram retirados todos os músculos anexos ao *Longissimus*, tecido conjuntivo e gordura externa (subcutânea e intermuscular) com auxílio de um bisturi. Estas fatias já “limpas” foram pesadas até a obtenção de 30 gramas/animal. A partir de então as amostras foram moídas em um liquidificador multivelocidades, marca Waring Commercial, utilizando um copo de inox com 110 ml de capacidade. As amostras foram moídas por cerca de 20 segundos, de modo a adquirirem consistência pastosa e homogênea.

As pesagens das amostras para extração foram realizadas em duplicata. Inicialmente foram cortados papéis alumínio com 10 x 10 centímetros de dimensão, numerados com caneta permanente e pesados (PAA). Estes papéis eram utilizados para envolver os bags durante a secagem das amostras na estufa, a fim de evitar perdas de gordura (que atravessassem os bags) durante a secagem. Para cálculo destas possíveis perdas este papel foi novamente pesado após a saída das amostras da estufa (PAD), tendo assim, por diferença, a quantidade de gordura perdida na secagem.

Os bags foram numerados com caneta permanente a prova de solventes e resistente a alta temperatura, pesados (PBG) e a partir daí pesava-se cerca de 2 gramas de amostra *in natura* moída (PAM) e colocava-se no bag. Este bag era então selado, envolto no papel alumínio e colocado na estufa de esterilização e secagem por 12 horas a uma temperatura de 100 °C. Esta foi uma adaptação à técnica AOCS Am 5-04 (2009) que propõe 3 horas de secagem das amostras em estufa, sob a mesma temperatura. Inicialmente foi feito um teste quanto a matéria seca das amostras secas por 3 e 12 horas e não encontramos diferenças

significativas, uma vez que a perda de água das amostras estabilizava-se após 3 horas na estufa e quantidade de lipídios totais não sofria alteração. Após 12 horas, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecador por 30 minutos e pesadas (PAS).

Etapa 2 – Extração: A extração de lipídios totais das amostras (extrato etéreo) foi realizada utilizando um aparelho com sistema de extração automática com éter etílico a alta temperatura (90 °C) e pressão (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), por 30 minutos (Figura 3).

Após a extração, as amostras eram colocadas em estufa de esterilização e secagem, a 100 °C, por 30 minutos, em seguida colocadas no dessecador por mais 30 minutos para resfriamento e então pesadas novamente (PAE). O valor da porcentagem de EE, na matéria natural, foi calculado pela seguinte formula:

$$EE = \frac{[(PAD - PAA) + PAS] - PAE}{(PAM + PBG)} \times 100$$

ONDE:

PAD: peso alumínio depois

PAA: peso alumínio antes

PAS: peso amostra seca

PAE: peso amostra extraída

PAM: peso amostra

PBG: peso bag

Amostras com coeficiente de variação para porcentagem de gordura média maiores que 20% entre as duplicatas foram repetidas, prevalecendo o valor da repetição.