

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Veterinária**  
**Programa de Mestrado em Produção Animal de Ruminantes**

Paulo André de Melo Monteiro

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE  
TOURINHOS NELORE E CRUZADOS NELORE X ANGUS TERMINADOS  
EM CONFINAMENTO**

Belo Horizonte

2020

Paulo André de Melo Monteiro

**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE  
TOURINHOS NELORE E CRUZADOS NELORE X ANGUS TERMINADOS  
EM CONFINAMENTO**

**Versão final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para Obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Leandro Sâmia Lopes

Co-orientador: Dr. Ramon Costa Alvarenga

Belo Horizonte

2020

DISSERTAÇÃO defendida e aprovada em 20/02/2020 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

---

Prof. (Orientador) Leandro Sâmia Lopes

---

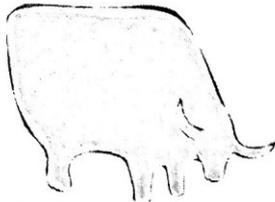
Profa. Hemyly Cristina Menezes de Sá

---

Prof. Afonso de Liguori Oliveira

M775c	<p>Monteiro, Paulo André de Melo – 1990 Características de carcaça e qualidade de carne de tourinhos Nelore e cruzados nelore x angus terminados em confinamento / Paulo André de Melo Monteiro - 2020 117f: il.</p> <p>Orientador: Leandro Sâmia Lopes. Coorientador: Ramon Costa Alvarenga Dissertação (Mestrado) apresentado à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Área de Concentração: Produção Animal Bibliografia f. 103– 117.</p> <p>1. Produção animal - Teses - 2. Bovinos - Teses - 3. Nelore - carcaça - Teses - I. Lopes, Leandro Sâmia. - II. Alvarenga, Ramon Costa - III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - IV. Título</p> <p>CDD – 636.085</p>
-------	--

Bibliotecário responsável Marcio Alves dos Santos CRB 3589/0  
Escola da Veterinária - UFMG



Escola de Veterinária  
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte- MG  
TELEFONE: (31) - 3409 2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao  
E-mail cpgzootec@vet.ufmg.br

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE PAULO ANDRÉ DE MELO MONTEIRO**

Às 13:00h do dia 20 de fevereiro de 2020, reuniu-se, na Escola de Veterinária da UFMG a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado na reunião do dia 11/11/2019 para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada.

*Características de carcaça e qualidade do carne de toucinho Melore e cruzados Melore x Angus Terminados em Acabamento* como requisito final para a obtenção do Grau de **Mestre em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.**

Abriendo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Leandro Sâmia Lopes, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de Dissertação, passou a palavra ao candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do(a) candidato(a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do(a) candidato(a) e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof. (a)/Dr.(a) <i>Leandro Sâmia Lopes</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. (a)/Dr.(a) <i>Hemilly Cristina Menezes de Sá</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. (a) /Dr. (a) <i>Afonso de Liguori Oliveira</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. (a) /Dr. (a) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. (a) /Dr. (a) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a):  Aprovado (a)  
 Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 08 volumes encadernados da versão final da dissertação, acatando, se houver as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao(a) candidato(a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 18 de fevereiro de 2020.

Assinatura dos membros da banca:

*[Handwritten signature]*  
-----  
*Hemilly C. M. de Sá*  
-----

*[Handwritten signature]*  
-----  
*Afonso de Liguori Oliveira*  
-----

(Normas Regulamentares da defesa de dissertação no verso)  
**(Este documento não terá validade sem assinatura e carimbo do Coordenador)**

Gostaria de dedicar esta vitória especialmente aos meus pais Francisco e Andréa por serem o pilar fundamental para a realização de mais uma conquista, ao meu irmão Adriano à minha madrinha Sandra, à minha namorada Ana, pelo seu amor, lealdade e companheirismo, e por sempre estar ao meu lado durante todos os momentos, me ajudando e dando forças para que mais esta etapa fosse concluída. Gostaria também de dedicar essa realização a todos os demais amigos e familiares que ao longo de todo este tempo estiveram ao meu lado, apoiando, incentivando, dando forças, mesmo nos momentos mais difíceis, contribuindo e tornando possível a realização deste sonho. Por fim, gostaria de dedicar este trabalho em especial à um grande amigo, que infelizmente não está mais aqui, mas que sempre esteve ao meu lado, sendo fiel e companheiro nos diversos momentos durante toda a nossa graduação.

Obrigado a todos vocês por estarem ao meu lado hoje e sempre!

Minha gratidão será eterna.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Minas Gerais por proporcionar a infraestrutura necessária para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À Escola de Veterinária por proporcionar não apenas a infraestrutura necessária como também uma formação acadêmica valorosa e um ambiente de trabalho e convivência saudável.

Ao Departamento de Zootecnia por ofertar a vaga, permitindo que este trabalho pudesse ser realizado e concluído.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor, orientador e amigo pessoal, Leandro Sâmia Lopes que além de um grande mestre ao longo de todo o trajeto, se tornou um amigo fiel e confiável, contribuindo para minha formação profissional, acadêmica e crescimento pessoal.

Aos professores Afonso de Liguori e Tadeu Chaves que cederam seu laboratório de tecnologia de carne, seu tempo, conhecimento, conselhos e ajuda atuando e contribuindo decisivamente para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao professor Idalmo Garcia e a professora Joana Ribeiro pela importante contribuição na análise e interpretação dos dados estatísticos experimentais.

Ao pesquisador Ramon Costa Alvarenga e à toda equipe de campo da Embrapa Milho e Sorgo que contribuíram diretamente para a realização do experimento, através do auxílio e parceria nos últimos anos, bem como o fornecimento da infraestrutura e mão de obra necessários.

À pesquisadora Maria Antônia Ladalardo, responsável pelo Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da ESALQ – USP campus Piracicaba, pela realização, contribuição e ensino da técnica de análise, determinação e tipificação do perfil de ácidos graxos presentes nas amostras.

Aos alunos de Graduação/Iniciação Científica que de alguma forma contribuíram e ajudaram durante os diversos processos de análise de amostras e coleta de dados.

A todos vocês o meu mais sincero MUITO OBRIGADO!

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.

O conhecimento é limitado, enquanto a imaginação abraça o mundo inteiro, estimulando o progresso, e dando origem à evolução.”

Albert Einstein

“O sentido da vida, é o que você quiser que ele seja. Nós somos o universo contemplando a si mesmo.”

Stephen Hawking

## Resumo

Objetivou-se avaliar as características de carcaça, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne maturada de tourinhos Nelore e Nelore x Angus terminados em confinamento. Foram utilizados 40 tourinhos sendo 20 Nelore e 20 Nelore x Angus, com 344 kg de peso vivo inicial médio para Nelore e 426 kg para Nelore x Angus e idade média de 20 meses. O período de confinamento foi de 107 dias (cruzados) e 128 dias (Nelore), sendo 21 dias de adaptação. A dieta total foi composta de silagem de milho, milho grão, soja grão e minerais (concentrado:volumoso de 65:35), fornecida três vezes ao dia à vontade. Os animais cruzados apresentaram melhor acabamento e conformação de carcaça e maiores valores ( $P < 0,01$ ) de peso vivo inicial e final, ganho médio diário, ganho médio diário de carcaça, peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça e área de olho de lombo. Os animais Nelore apresentaram maior ( $P < 0,01$ ) espessura de gordura subcutânea. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os grupos genéticos para perdas por resfriamento. Os animais cruzados apresentaram maior peso de dianteiro, traseiro serrote e costela e maior rendimento de costela ( $P < 0,01$ ), enquanto os Nelore apresentaram maior rendimento de traseiro serrote ( $P < 0,01$ ). Não houve diferença para rendimento de dianteiro entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Os animais Nelore apresentaram menores concentrações de ácidos graxos saturados e maiores de ácidos graxos insaturados ( $P < 0,01$ ). O índice de trombogenicidade foi maior para os animais cruzados ( $P < 0,01$ ). Não houve diferença entre os grupos genéticos para ácidos graxos poliinsaturados, ômega 3 e 6 ( $P > 0,05$ ). Os animais cruzados apresentaram maior força de cisalhamento ( $P < 0,01$ ). Houveram reduções significativas na força de cisalhamento ao longo do tempo de maturação. O pH apresentou variações entre grupo e tempo de maturação. Os animais cruzados apresentaram maiores valores de pH nos tempos de 1 e 21 dias ( $P < 0,01$ ) enquanto os Nelore apresentaram maiores valores de pH para 42 dias de maturação. As médias de  $L^*$  nos dias 1 e 21, e de  $a^*$  e  $b^*$  nos dias 21 e 42 de maturação foram maiores para os Nelore ( $P < 0,01$ ). As médias de  $L^*$  para 42 dias e de  $a^*$  e  $b^*$  para o dia 1 não apresentaram diferença entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Não foi observada variação nos valores de  $c^*$  nos tempos de maturação para animais cruzados, assim como para os tempos de 21 e 42 dias para os Nelore. Já os animais Nelore apresentaram variação entre 1 e 21 dias e 1 e 42 dias. Os valores de  $h^*$ , variaram em função dos dias de maturação, com variação ( $P < 0,01$ ) entre os dias 1, 21 e 42 para os Nelore e entre os dias 1 e 21 para os cruzados. Os animais cruzados apresentaram maior capacidade de desempenho e peso final ao abate e conseqüentemente maior remuneração de carcaça. A carne dos Nelore apresentou maior

maciez e luminosidade. A maturação aumentou a maciez da carne e a luminosidade ao longo do período de maturação. Dessa forma, o processo de maturação foi capaz de melhorar os atributos sensoriais da carne.

Palavras-chave: Bovinos. Cortes cárneos; Cruzamento. Maturação. Perfil lipídico.

## Abstract

Carcass characteristics, fatty acid profile and quality of the matured meat of Nelore and Nelore x Angus bulls finished in feedlot were evaluated. This study used 40 animals: 20 Nelore and 20 Nelore x Angus, with average starting live weight of 344 kg for Nelore and 426 kg for Nelore x Angus. Animals entered the feedlot at an average age of 20 months and remained for 107 (Nelore x Angus) and 128 days (Nelore). Diet was based on corn silage, corn grain, soybean and mineral salt for feedlot with a ratio of roughage:concentrate of 65:35, having been supplied 3 times a day ad libitum. Nelore x Angus crossbred animals presented better finishing and conformation patterns. Nelore x Angus animals also obtained higher results ( $P < 0,01$ ) for initial live weight, final live weight, average daily weight gain, average daily carcass gain, hot carcass weight, cold carcass weight, carcass yield and rib eye area. However, Nelore animals showed higher value ( $P < 0,01$ ) for subcutaneous fat thickness. There was no difference ( $P > 0,05$ ) between the two groups concerning cooling losses. Crossbred animals had higher forequarter, ribs and hindquarter weight, and ribs yield ( $P < 0,01$ ), whilst Nelore animals exhibited higher hindquarter yield ( $P < 0,01$ ). Forequarter yield were similar for both groups ( $P > 0,05$ ). Nelore animals got lower results for saturated fatty acids concentration and higher for unsaturated fatty acids ( $P < 0,01$ ), showing no difference for crossbred animals as to the results of polyunsaturated fatty acids, omega 3 and 6. Thrombogenicity index were higher for crossbred animals ( $P < 0,01$ ). Crossbred animals showed a higher shear force value ( $P < 0,01$ ). Comparing the maturation times, there were significant reductions in shear force over time ( $P < 0,01$ ). Relevant variations in meat pH occurred between genetic groups and maturation periods. It was observed that crossbred animals exhibited higher results for this variable at maturation times 1 and 21. However, at maturation day 42, Nelore animals presented higher pH results ( $P < 0,01$ ). The averages of  $L^*$  on days 1 and 21, and of  $a^*$  and  $b^*$  on days 21 and 42 of maturation were higher for Nelore animals ( $P < 0,01$ ). The averages of  $L^*$  for 42 days and of  $a^*$  and  $b^*$  for day 1 showed no difference between the groups ( $P > 0,05$ ). There was no variation in  $c^*$  values over the maturation time for the crossbred animals, as well as for the 21 and 42 days for the Nelore animals. However, these animals showed variation for this characteristic between 1 and 21 days and 1 and 42 days. The  $h^*$  values varied according to the days of maturation, which was more significant ( $P < 0,01$ ) between days 1, 21 and 42 for Nelore animals and between days 1 and 21 for crossed animals. Nelore x Angus showed a better potential for average daily gain

and final slaughter weight and, as a consequence, for carcass remuneration. The Nellore meat showed greater tenderness and luminosity. Ripening increased the meat's tenderness and luminosity throughout the ripening period. Thus, the maturation process was able to improve the sensory attributes of the meat.

Key-words: Cattle. Crossbreed. Lipid profile. Maturation. Meat cuts.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Resultados referentes às observações do grau de acabamento das carcaças para os animais cruzados e Nelore ..... 69
- Figura 2 – Resultados referentes à observação da conformação das carcaças para os animais cruzados e Nelore .....69
- Figura 3 – O pH (esquerda) e a temperatura (direita) diminuem as curvas experimentais de carcaças amostradas de dois grupos de genética. As barras representam o intervalo de confiança de 95%. Barras sobrepostas médias são estatisticamente iguais. .... 70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição alimentar e química da dieta total utilizada no confinamento.....	64
Tabela 2 – Médias e erros-padrão das médias para características de carcaça de tourinhos cruzados Nelore x Angus e Nelore terminados em confinamento.....	65
Tabela 3 – Médias e erros-padrão das médias (EPM) para peso e rendimento de dianteiro, traseiro especial e ponta de agulha das carcaças resfriadas de tourinhos cruzados Nelore x Angus e Nelore terminados em confinamento.....	66
Tabela 4 – Correlação entre área de olho de lombo (AOL) e peso dos quartos da carcaça de tourinhos cruzados Nelore x Angus e Nelore terminados em confinamento.....	66
Tabela 5 – 5 Médias e erros-padrão da média das concentrações dos ácidos graxos no músculo <i>Longissimus dorsi</i> de tourinhos cruzados Nelore x Angus e Nelore terminados em confinamento.....	67
Tabela 6 – Médias e erros padrão das médias (SEM) para índices de dessaturases, elongase, aterogenicidade e trombogenicidade de carcaças de AN e N terminadas em confinamento.....	68
Tabela 7 – Composição alimentar e química da dieta total utilizada no confinamento.....	80
Tabela 8 – Médias e erros padrões da média para pH e temperatura do músculo <i>Longissimusdorsi</i> de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.....	84
Tabela 9 – Médias e erros padrões da média da perda por gotejamento, perda por evaporação, perda por cocção e força de cisalhamento do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.....	85
Tabela 10 – Médias e erros padrões da média (EPM) por grupo genético e dia de maturação para as características de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ), índice de saturação ( $c^*$ ), e ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.....	88

## LISTA DE ABREVIATURAS

a\* - Intensidade da cor vermelha

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne

AGI – Ácidos Graxos Insaturados

AGMI – Ácidos Graxos Monoinsaturados

AGPI – Ácidos Graxos Poliinsaturados

AGS – Ácidos Graxos Saturados

AGV – Ácidos Graxos Voláteis

AOL – Área de Olho de Lombo

b\* - Intensidade da cor amarela

c\* - Teor de Saturação

CLA – Ácido Linoleico Conjugado

DFD – Dura, Firme e Seca

DHA – Ácido Docosaenoico

EGS – Espessura de Gordura Subcutânea

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – Ácido Eicosapentaenoico

FC – Força de Cisalhamento

GMDC – Ganho Médio Diário de Carcaça

GMDP – Ganho Médio Diário de Peso

h\* - Teor de Tonalidade

HDL – Lipoproteína de Alta Densidade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L\* - Teor de Luminosidade

LDL – Lipoproteína de Baixa Densidade

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PCF – Peso de Carcaça Fria

PCQ – Peso de Carcaça Quente

PE – Perdas por Evaporação

PG – Perdas por Gotejamento

PPC – Perdas Peso à Cocção

PR – Perdas por/ao Resfriamento

PVF – Peso Vivo Final

PVI – Peso Vivo Inicial

RC – Rendimento de Carça

TEC – Tonelada Equivalente de Carça

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
1.1 Introdução .....	18
1.2 Importância econômica da bovinocultura de corte .....	19
1.3 Cruzamentos na bovinocultura de corte.....	21
1.4 Tipificação de carcaça .....	24
1.5 Peso e rendimento de carcaça .....	25
1.6 Perdas por resfriamento .....	27
1.7 Espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo .....	29
1.8 Temperatura e ph .....	31
1.9 Perfil de ácidos graxos.....	34
1.10 Maciez da carne e força de cisalhamento .....	38
1.11 Maturação da carne.....	39
1.12 Cor .....	43
1.13 Perdas por cocção .....	46
<b>CAPÍTULO 2 – ARTIGO - BREED COMPOSITION IMPACTS CARCASS QUALITY AND PROVIDES BEEF WITH POSITIVE HUMAN DIETARY FATTY ACID RATIOS</b> .....	48
2.1 Abstract.....	48
2.2 Introduction .....	49
2.3 Materials and methods.....	50
2.4 Results .....	53
2.5 Discussion.....	55
2.6 Conclusion.....	61
2.7 References .....	61
2.8 Tables and figures.....	63
2.9 Referências bibliográficas.....	71
<b>CAPÍTULO 3 – ARTIGO - QUALIDADE DA CARNE MATURADA DE TOURINHOS NELORE E NELORE X ANGUS TERMINADOS EM CONFINAMENTO</b> .....	76
3.1 Resumo .....	76
3.2 Abstract.....	77
3.3 Introdução.....	78
3.4 Materiais e métodos .....	79
3.5 Resultados e discussão.....	84

3.6 Conclusão .....	91
3.7 Referências bibliográficas .....	91
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>

## CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Introdução

Na última década a pecuária de corte nacional se consolidou como importante cadeia produtora de alimentos. Adicionalmente, o envelhecimento da população brasileira, associado a um maior nível de instrução e esclarecimento com os cuidados que devem ser dedicados à alimentação, promovem um grande e novo desafio para a cadeia. Dessa forma, o setor será pressionado a melhorar os índices de desempenho, produtividade no campo e a qualidade do produto final que chega à mesa do consumidor. Mesmo que de forma lenta e gradual, a pecuária bovina nacional apresentou uma modernização ocasionada por avanços consideráveis no nível tecnológico dos sistemas de produção, o setor obteve uma melhora significativa nos indicadores zootécnicos devido ao aumento no desempenho dos animais e nas taxas de natalidade, e a diminuição na mortalidade e na idade ao abate, o que proporcionou uma elevação nas taxas de desfrute do efetivo nacional para valores próximos a 25% ao ano (IBGE, 2016).

Além destes fatores, podem se citar também como responsáveis para o avanço e a modernização da pecuária de corte o maior investimento e difusão do melhoramento genético animal, o manejo e adoção de novas técnicas reprodutivas e o sistema de terminação de bovinos de corte em confinamento. Este crescente desempenho fez com que o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture - USDA) apontasse o Brasil como o detentor do segundo maior efetivo de bovinos do mundo, sendo responsável por 22,2% do rebanho mundial, atrás apenas da Índia. O país também foi considerado como o segundo maior produtor de carne bovina, responsável por 15,4% da produção global. Os Estados Unidos (maior produtor mundial), o Brasil e a União Europeia, juntos, representaram quase metade de toda a carne produzida no mundo em 2016 (United States Department of Agriculture – USDA, 2016).

Mesmo que este processo de modernização tenha muitas vezes ocorrido de forma lenta e regionalizada, ainda assim, avança de forma consistente e em níveis crescentes sendo, por isso, irreversível. A terminação em confinamento, bem como o uso de cruzamentos entre raças especializadas para a produção de carne, tornou-se um dos principais pilares para essa evolução, uma vez que, além da redução na área necessária para se estabelecer e operacionalizar um sistema de engorda, reduziu-se, também, a idade ao abate e o número de dias necessários para finalizar um ciclo de produção, e aumentou-se o giro de capital dentro do sistema produtivo, o

que gerou maior uniformidade e padronização das carcaças entre os animais abatidos e, conseqüentemente, melhorou a qualidade carne oferecida ao consumidor. Vale ressaltar que essa evolução na uniformidade e padronização das carcaças não ocorreu apenas devido ao avanço na utilização dos sistemas de confinamento para a terminação de bovinos, mas também tem relação direta com a melhoria da eficiência produtiva do rebanho nacional e da qualidade do produto ofertado. Desde 1994, o crescimento da produção de carne nacional é superior ao número de animais abatidos, o que pode ser atribuído em partes a produção de carcaças mais pesadas (ABIEC, 2019).

Neste sentido, o estudo da qualidade da carne e das carcaças bovinas tem como objetivo avaliaros parâmetros que possam efetivamente ser mensurados e relacionados aos aspectos quantitativos e qualitativos da própria carcaça e da carne obtida como produto final, uma vez que, aliados a preferência do mercado consumidor, determinarão o seu valor comercial e a remuneração para toda a cadeia produtiva. A qualidade da carcaça e da carne bovina são características multifatoriais expressas pelo conjunto de variáveis como peso, espessura de gordura subcutânea (acabamento), conformação, rendimento de carcaça e cortes cárneos, coloração, maciez, perfil de ácidos graxos, perdas à cocção, entre outras (Rodrigues Filho et al., 2013).

Considerando o exposto, objetivou-se avaliar as características de carcaça, o perfil de ácidos graxos e a qualidade da carne maturada de tourinhos Nelore e F1 Nelore x Angus terminados em confinamento.

## **1.2 Importância econômica da bovinocultura de corte**

No Brasil, a pecuária de corte ainda se caracteriza como uma atividade tipicamente extensiva, que leva a ocupação de grandes áreas, emprega baixos níveis de tecnologia e é dependente da oferta e da produtividade das pastagens. A atividade se desenvolve em praticamente todas as regiões, estados e ecossistemas do país, sendo marcada por uma grande heterogeneidade nas taxas de crescimento dos rebanhos e nos sistemas de produção praticados. As áreas de pastagens são os componentes mais importantes da produção de carne bovina em todas as regiões do país. A taxa de lotação brasileira estimada, em 2015, foi de 0,97 UA/ha, ou seja, em torno de 170 milhões de cabeças em 115 milhões de hectares de pastagem (Arantes, 2018). Número um pouco superior aos encontrados por Latawiec et al. (2014) e Strassburg et al. (2014), 0,91 UA/ha (IBGE, 2006) e 0,85 UA/ha (Arantes, 2018).

Porém, nos últimos anos, dados do setor demonstraram que o produtor brasileiro está

cada vez mais atento para os ganhos e para a produtividade do rebanho e, conseqüentemente, tem se tornado cada vez mais comum a opção pelo confinamento na terminação. O aumento do número de confinamentos se baseia em dois pilares principais: nas oportunidades e nos benefícios que este sistema de produção intensivo pode proporcionar ao produtor. Com a adoção da terminação em confinamento ocorre redução do número de animais a pasto durante o período da seca, o que permite um aumento na taxa de lotação e na produção por área das fazendas, ademais, verifica-se uma redução no ciclo de produção do rebanho e na idade de abate, um maior giro decapital, e um melhor acabamento das carcaças. Como resultado, esse sistema estabelece melhores oportunidades de remunerações na arroba produzida, além de possibilitar a introdução do uso de grãos e de subprodutos da agroindústria na formulação das rações, o que reduz o passivo ambiental e gera ainda mais rentabilidade.

No Brasil, os bovinos confinados são, em sua maioria, animais anelhorados em fase de acabamento, de idade média entre 2 a 3 anos, de porte médio a grande, e com peso vivo de entrada que varia entre 350 a 400 kg. Porém, nos últimos anos se observou um crescente número de animais cruzados utilizados nesse sistema, principalmente bovinos com grau de sangue taurino, uma vez que há uma tendência de se confinar animais mais pesados, com o objetivo de diminuir o tempo necessário de confinamento bem como a produção de bovinos que apresentem melhor acabamento de gordura. Estima-se que o total de animais em sistema de confinamento no Brasil esteja entre 4,5 e 5 milhões de animais, além disso, aproximadamente 17% dos bovinos abatidos no país em 2017 foram terminados nesse sistema (IBGE, 2018).

Devido à expansão dos sistemas de confinamento e, conseqüentemente, com a elevação nas taxas de desfrute e produtividade, o Brasil encerrou o ano de 2018 com recorde no volume de carne bovina exportada, com um total de 1,6 milhão de toneladas embarcadas, um crescimento de 11% ante o registrado em 2017. O valor das exportações alcançou US\$ 6,5 bilhões, aumento de 7,9% em comparação ao ano anterior. Estes dados representaram o maior volume já obtido entre todos os países exportadores, e consolidou a liderança alcançada pelo país nesse segmento ao longo dos últimos anos. Também, em 2018, foi registrado um crescimento de 6,9% no número de abates, que chegaram a 44,2 milhões de cabeças. Ainda mais, houve um crescimento no volume de carne bovina produzida, com um total de 10,9 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), 12,8% acima de 2017, enquanto o consumo per capita de carne bovina atingiu o equivalente a 42 kg/ano (ABIEC, 2019).

Mais uma vez, foram alcançados melhores indicadores na carcaça dos animais abatidos, sendo o peso médio de carcaça obtido próximo de 244,7 kg e o rendimento médio de carcaça (para animais de raças zebuínas) entre 51,3% e 54,3%. A taxa de desfrute real do rebanho foi de

20,5 %, sendo que cerca de 5,6 milhões de cabeças (17 % do abate total) abatidas foram provenientes da terminação em confinamento (IBGE, 2018). O valor movimentado pela pecuária de corte, que inclui desde os insumos utilizados na produção do gado, investimento em genética, faturamento dos animais, até o total comercializado pelas indústrias e varejos, é o maior já registrado nos últimos dez anos, atingindo o expressivo montante de R\$ 597,22 bilhões (ABIEC, 2019).

Por fim, no ano de 2019 o rebanho bovino brasileiro cresceu 2,5% e alcançou 238,1 milhões decabeças, o que representou um novo recorde para o país. A produção brasileira de carne bovinasuperou pela primeira vez na história a marca de 10,9 milhões de toneladas equivalente de carcaça. O consumo de carne no mercado interno, em termos absolutos, ultrapassou as 8,0 milhões de toneladas e o Brasil, novamente, apresentou crescimento das exportações (MAPA,2018).

Diante deste cenário é possível avaliar que o futuro para a pecuária de corte nacional traz boasperspectivas para todo o setor, como também uma série de desafios que exigirão empenho constante de toda a cadeia produtiva para garantir, não apenas a qualidade do produto final, bem como atender à exigência crescente do mercado consumidor.

### **1.3 Cruzamentos na bovinocultura de corte**

Segundo Restle et al. (1999) a heterose e o grupo genético são capazes de afetar as características relacionadas com o desempenho de machos confinados. Entre os benefícios que os cruzamentos são capazes de proporcionar à bovinocultura de corte, o aumento do peso final e a melhoria da qualidade das carcaças estão entre os principais atributos buscados que podem ser alcançadas imediatamente.

Em um sistema de confinamento de bovinos de corte, as instalações, os animais e os alimentossão os principais elementos, em termos de estrutura, responsáveis para a obtenção do sucesso do empreendimento. Entre estes, no entanto, os animais constituem o fator mais importante, uma vez que representam o pilar fundamental do sistema de exploração (Moletta; Restle, 1992).

A contribuição dos cruzamentos à melhoria das características de carcaça ocorre por meio da exploração de diferenças genéticas aditivas entre raças, através da exploração da heterose. A heterose é caracterizada como uma expressão de superioridade de indivíduos cruzados em relação à média dos desempenhos de seus pais, provenientes de raças puras. Esse fenômeno setorna possível devido ao aumento da heterozigose, o que faz com que as ações

gênicas não aditivas se expressem de maneira mais evidente. Esta heterose proporcionada por cruzamentos entre indivíduos de raças diferentes consegue promover a ocorrência de ganhos consideráveis (ganhos de 5 a 30%, dependendo da característica e da distância genética entre as raças utilizadas) em termos de produtividade. Os maiores ganhos são obtidos quando se utilizam, preferencialmente, raças mais distantes genealogicamente, como quando se cruzam raças zebuínas com taurinas, já que espera-se maior efeito da heterose e, conseqüentemente, maior ganho produtivo de desempenho animal em comparação à cruzamentos de raças de genética zebuínas ou taurinas entre si (Rosa et al, 2013).

Sabe-se que a raça Nelore é popularmente a mais criada no Brasil em virtude de suas boas características de adaptação ao ambiente tropical. No entanto, Perotto, Moletta e Cubas (2000) avaliaram que o uso de cruzamentos conduzidos pode melhorar os índices produtivos dos rebanhos e as características de carcaça e da carne. Segundo os autores, ao avaliarem as características quantitativas das carcaças de machos bovinos inteiros dos grupos Nelore e Red Angus x Nelore, os animais resultantes do cruzamento entre Nelore e Red Angus apresentaram maior rendimento de carcaça (RC), espessura de gordura (EGS) e área de olho de lombo (AOL). Além disso, esse grupo genético apresentou menor porcentagem de ossos e maior porcentagem de músculo na carcaça.

Nos cruzamentos industriais usados no Brasil, utiliza-se com frequência, como linhagem paterna, raças europeias, que apresentam bom ganho de peso e boas qualidades de carcaça e de carne. Em relação à linhagem materna, as raças zebuínas têm sido as mais utilizadas, por apresentarem melhor adaptação ao ambiente tropical, rusticidade e menores exigências de manutenção (De Souza et al., 2010). Segundo Leme et al. (2000) e Restle et al. (2000), ao analisarem as características de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford x Nelore, quanto maior grau de sangue Nelore, maior o RC. Porém, esses animais apresentaram carcaças mais leves, e uma diminuição na maciez da carne não maturada. Leme et al. (2000) encontraram que animais provenientes de cruzamento das raças Aberdeen Angus X Nelore obtiveram valores superiores em rendimento de cortes do dianteiros (41,6 vs 40,8%) e de ponta de agulha (13,8 vs 12,8%) em comparação aos animais Nelore. Além disso, também encontraram maiores porcentagem de musculatura na carcaça (68,1 vs 64,5%) e peso de carcaça fria (PCF) (261 vs 239 kg) para os cruzados. Quanto ao rendimento de cortes traseiros, não houve diferença entre os grupos genéticos avaliados.

Silva et al. (2015) avaliaram características de carcaça de bovinos mestiços de Aberdeen Angus e de Nelore alimentados em confinamento e constataram que os tourinhos com predominância genotípica Aberdeen Angus apresentaram valores significativamente superior

para peso ao abate (507,6 vs 453,3 kg), peso de carcaça quente (PCQ) (269,6 vs 249,3 kg) e AOL (65,34 vs 56,83 cm<sup>2</sup>), porém, foram inferiores quanto ao RC (53,2 vs 55,0 %). Mesquita et al. (2016) analisaram o desempenho e as características da carcaça de dois grupos genéticos de bovinos mestiços, ½ Nelore x ½ Angus e ¼ Nelore x ¼ Angus x ½ Guzerá recriados a pasto e terminados em confinamento. O ganho médio de peso diário na fase de sobreano foi maior no grupo mestiço ½ Nelore x ½ Angus. Os animais ¼ Nelore x ¼ Angus x ½ Guzerá obtiveram maior ganho médio diário no confinamento e maior peso ao abate. Porém, os bovinos ½ Nelore x ½ Angus exibiram maior RC e maior EGS.

Zamboni (2010) avaliou as características de carcaça de animais ½ sangue Nelore x Aberdeen Angus e Nelore, todos submetidos ao mesmo regime de criação, terminados em confinamento e abatidos aos 24 meses de idade. Em relação ao acabamento de carcaça, os animais cruzados apresentaram resultado significativamente superior, tendo os animais ½ Nelore x Angus o melhor grau de acabamento (2,90 mm) em comparação aos Nelore (1,88 mm). Carmo et al. (2016) apresentaram resultados semelhantes ao analisarem as características de carcaça para conformação e acabamento de animais Zebuínos puros e animais ½ sangue Zebu x Aberdeen Angus terminados em confinamento. Para a característica de acabamento, os animais cruzados foram superiores (4,15 mm) aos zebuínos puros (3,17 mm), porém sem diferença estatística.

Já Dias et al. (2016) compararam os desempenhos pré-desmama e avaliaram as características de carcaças entre dois grupos genéticos: Nelore, e F1 ½ sangue Angus-Nelore, abatidos sem castração. O grupo F1 foi superior ao grupo Nelore com diferença significativa para peso ao nascer (34,33 vs 31,05 kg), peso ajustado aos 205 dias (202,16 vs 171,61 kg), peso ao desmame (272 vs 232 kg), e ganho de peso diário entre o nascimento e os 205 dias (0,821 vs 0,683 kg). Quanto às características de carcaças, não houve diferença estatística entre os grupos, sendo que, ambos atingiram a exigência do frigorífico para o mínimo de EGS.

Dessa forma a literatura possui dados que justificam a utilização de animais cruzados quando o intuito é aumentar os índices produtivos e melhorar a qualidade dos produtos finais, como a carcaça e a carne. Porém, há necessidade de se realizar um rigoroso processo de seleção, em que alguns indivíduos são escolhidos por apresentarem material genético superior. Dessa forma, o cruzamento deverá sempre ser direcionado para a utilização de raças adaptadas a tais ambientes, sendo as raças cruzadas consideradas de alta produtividade e precocidade, tanto sexual quanto de crescimento (Mattos et al., 2000).

## 1.4 Tipificação de carcaça

Segundo Perotto, Moletta e Cubas (2000), as características da carcaça de bovinos de corte apresentam cada vez mais importância no cenário nacional, principalmente em função do aumento nas exportações e da crescente exigência do mercado internacional. Mercados estrangeiros importadores investem cada vez mais no controle de qualidade, e as exigências estão voltadas para carcaças que contenham músculos com o maior peso possível, sejam uniformes e apresentem uma boa qualidade sensorial ao consumidor final. Devido a esses fatores, o grupo genético escolhido para o confinamento se torna ainda mais importante, uma vez que existem diferenças marcantes nas carcaças de diferentes genótipos. Neste contexto, a tipificação e, conseqüentemente, a avaliação das características de carcaça dos bovinos abatidos, se torna uma ferramenta importante para mensurar se o país está ou não se adequando às exigências, não apenas dos principais mercados importadores, mas também dos consumidores brasileiros que, a cada dia, exigem carne de melhor qualidade (Bridi, 2002).

Uma carcaça, segundo definição do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2004), é composta pelo animal abatido, sangrado, esfolado, eviscerado, desprovido de cabeça (separada entre os ossos occipital e atlas), patas (seccionadas à altura das articulações carpo-metacarpiana e tarso-metatarsiana), rabada, órgãos genitais externos, gordura peri-renal e inguinal, ferida de sangria, medula espinhal, diafragma e seus pilares (lombinho).

Inicialmente, deve-se diferenciar o conceito de classificação de carcaça e de tipificação de carcaça. A classificação de carcaça é um sistema que visa agrupar em classes aquilo que tem características semelhantes ou iguais, por exemplo: as categorias de sexo, maturidade e peso dos animais (formação de categorias homogêneas). Por sua vez, a tipificação de carcaça consiste em estabelecer a diferenciação de classes em tipos hierarquizados segundo critérios que incluem as categorias de acabamento de gordura e de conformação de carcaça (Bridi, 2002).

No Brasil, os parâmetros utilizados para classificação de carcaças, segundo a Instrução Normativa Nº9 de 4 de maio de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2004) são: classe sexual, idade, peso da carcaça quente e a avaliação subjetiva do grau de acabamento. Temos assim que a classificação é feita quanto a gênero e maturidade, e a combinação das classes de gênero e maturidade, com restrições de conformação, acabamento e demais parâmetros, para enquadramento nos tipos. A Instrução Normativa supracitada estabelece que os parâmetros utilizados para classificação das carcaças no Brasil são:

Sexo e maturidade: o sexo é verificado através da observação dos caracteres sexuais e a maturidade fisiológica pelo exame dos dentes incisivos. Quando necessário, o exame será

completado através da observação da calcificação das cartilagens, especialmente das apófises espinhosas das vértebras torácicas. As categorias de sexo são compostas por Macho (M) englobados neste item os machos inteiros; Machos castrados (C) englobados neste item os machos castrados; e Fêmea (F) englobados neste item as fêmeas bovinas. A maturidade pode ser estimada pela avaliação da dentição, pela observação da presença de dentes incisivos permanentes; animal zero dente (sem queda das pinças da primeira dentição - menos de 24 meses); animal dois dentes (dois dentes definitivos, pinças, sem queda dos primeiros médios - 20 a 24 meses zebuínos e 18 a 24 meses taurinos); animal quatro dentes (quatro dentes definitivos, pinças e primeiros médios, sem queda dos segundos médios - 30 a 36 meses zebuínos 24 a 31 meses taurinos); animal seis dentes (seis dentes definitivos, pinças, primeiros médios e segundos médios sem queda dos cantos - 42 a 48 meses zebuínos e 32 a 43 taurinos); animal oito dentes (oito dentes incisivos definitivos - 52 a 60 meses zebuínos e 36 a 56 meses taurinos); Desgaste dos dentes incisivos - Bovinos com mais de 6 anos.

Acabamento: Expressa a distribuição e a quantidade de gordura de cobertura da carcaça, sendodescrita através de escores que a classificam como sendo uma carcaça magra a carcaça com gordura ausente; gordura escassa, carcaça com 1 a 3 mm de espessura; gordura mediana - acima de 3 e até 6 mm de espessura; gordura uniforme - acima de 6 e até 10 mm de espessura; e gordura excessiva – acima de 10 mm de espessura. A medição da gordura é realizada em três locais diferentes da carcaça (na altura da 6ª costela, sobre o músculo grande dorsal, em sua parte dorsal; na altura da 9ª costela, sobre o músculo grande dorsal, em sua parte ventral; na altura da 12ª costela, sobre o músculo serrátil dorsal caudal). Complementarmente proceder-se-á a verificação da gordura na região lombar e no coxão.

Peso: O peso de carcaça, outro parâmetro para classificação das carcaças no Brasil, deve ser verificado na carcaça quente, sendo assim obtido na sala de matança, logo após o abate.

### **1.5 Peso e rendimento de carcaça**

A redução da idade de abate na bovinocultura de corte deve ser trabalhada conjuntamente com melhorias no desempenho e ganho de peso dos animais, para que esses consigam atingir não apenas um peso adequado de carcaça, mas também um rendimento de carcaça que atenda às exigências dos frigoríficos e promova a melhor remuneração ao pecuarista. Nesse contexto, o contraponto estabelecido na pecuária de ciclo curto está relacionado ao peso de abate que os animais precisam atingir para serem comercializados, pois dos cinco níveis de terminação estabelecidos pelo sistema brasileiro de tipificação de carcaças,

somente três são aceitos pelo mercado. Dentre as características mensuráveis para a avaliação de carcaça, o peso e o rendimento de carcaça são as mais fáceis e precisas de serem obtidas. Segundo estabelecido em lei, o peso mínimo da carcaça para machos inteiros é de 210 kg, sendo o peso de carcaça quente àquele obtido imediatamente após o abate e o de carcaça fria obtido após 24 a 48 horas de refrigeração em câmara fria (Brasil, 2004).

Além de importantes para o mercado consumidor e para os sistemas produtivos, o peso e o rendimento de carcaça são parâmetros fundamentais para determinar a remuneração paga ao produtor. Geralmente o que se observa é que maiores pesos de abate melhoram a conformação, a cobertura de gordura das carcaças e o peso dos respectivos cortes cárneos. Segundo Muller (1980), em carcaças de comprimento e acabamento semelhantes, as de maior peso apresentam maior proporção da porção comestível. De acordo com Perón et al. (1993), animais zebuínos apresentam maior rendimento de carcaça em comparação aos animais de raças europeias puros ou seus cruzamentos, devido à presença de menores pesos relativos de patas e do trato gastrointestinal.

Restle et al. (1999) observaram que maiores pesos de abate podem levar a uma diminuição na porcentagem de traseiro. Os autores consideraram que o aumento no rendimento de carcaça nos animais de peso mais elevado ocorreu principalmente devido ao maior grau de acabamento dos animais, o que resultou em maior deposição de gordura na carcaça. Além disso, também foi observado que o rendimento de carcaça aumentou com o acréscimo de sangue Nelore, sendo 48,91; 52,74; 53,37; e 54,23%, respectivamente para os genótipos Hereford, 5/8 Hereford x 3/8 Nelore, 1/2 sangue Hereford x Nelore e Nelore.

Costa et al. (2002), ao avaliarem novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos, observaram que os pesos de abate crescentes proporcionaram aumentos lineares nos pesos de carcaça fria, o que representou uma correlação positiva. No entanto, não constataram relação significativa entre o peso de abate e o rendimento de carcaça para os animais do experimento. Segundo os autores, o escore de acabamento das carcaças e o ganho de acabamento nas carcaças elevaram linearmente em relação aos aumentos do peso de abate. Os animais abatidos com 340 kg apresentaram um escore de acabamento final de 3,61 (3 = médio e 4 = gordo), ficando acima do limite mínimo exigido pelos frigoríficos. Os animais abatidos com 370 e 400 kg apresentaram escore de acabamento levemente além do estado gordo, acima do limite superior buscado pelos frigoríficos. Já nos animais com peso de abate de 430 kg, o escore de acabamento foi de 4,63, próximo do muito gordo (5), sendo considerado assim muito acima para o padrão de comercialização no mercado interno.

Braz et al. (2014) avaliaram a influência dos dois grupos genéticos Nelore e ½ Nelore x

Angus sobre o peso de carcaça ao abate. Eles utilizaram dados de 16.893 carcaças bovinas e concluíram que os animais da raça  $\frac{1}{2}$  sangue Angus x Nelore apresentaram maior peso de carcaça (278,14Kg) quando comparados aos animais da raça Nelore (274,51Kg) quando terminados em sistemas semelhantes. Watanabe (2016) analisou as características de carcaça de animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Nelore x Angus terminados em confinamento. O autor demonstrou que os animais  $\frac{1}{2}$  sangue Nelore x Angus, quando comparados aos Nelore, apresentaram maior peso vivo final ao abate (466 x 425 kg) e, como consequência, maior peso de carcaça (243 x 228 kg), porém o rendimento de carcaça não diferiu entre os grupos genéticos.

Ao analisar diferentes dados obtidos por diferentes trabalhos na literatura sobre o tema, percebe-se que existe uma correlação linear entre o peso de abate de um animal e o peso final da carcaça obtida, porém o rendimento de carcaça muitas vezes não acompanha esta correlação. Temos assim que o peso final de um animal impacta diretamente o peso final da carcaça sem muitas vezes exercer influência direta sobre o rendimento de carcaça.

## **1.6 Perdas por resfriamento**

O resfriamento de carcaças tem por objetivo retardar as reações químicas e a atividade enzimática, através da desaceleração ou inibição do crescimento dos microrganismos. Esse resfriamento rápido, aliado a um processo de manutenção da cadeia do frio, é capaz de desacelerar ou controlar o crescimento microbiano, retardar a deterioração da carne e prolongar a sua validade comercial (Prata; Fakuda, 2001; Prata; Oliveira, 2011).

O resfriamento de carcaças bovinas no interior das câmaras frias ou câmaras de refrigeração e resfriamento é realizado com ventilação forçada, por um período de 24 horas até 48 horas, em temperaturas entre 0°C e 4°C. Durante este processo de resfriamento podem ocorrer diversas perdas de conteúdo na carcaça, ocasionadas pela evaporação da água, perda de água por gotejamento, exsudação pelos tecidos e evaporação superficial. Todo esse processo resulta em perda de peso pela carcaça e menor rendimento de cortes. Geralmente, quanto mais rápido as carcaças forem resfriadas, menores as perdas de água por gotejamento e evaporação (Gomide; Ramos; Fontes, 2006).

De acordo com James (1996), a perda de peso por evaporação, durante as primeiras 24 horas, é da ordem de 2%. Jones e Robertson (1988) afirmaram que as perdas de peso durante o resfriamento variam de 0,75% a 2%, podendo chegar a uma perda superior de 1,2% a 1,7% devido a diferenças entre os tempos e processos de refrigeração das carcaças.

Já Pardi et al. (2001) citou que as perdas por resfriamento podem variar entre 0,3% a

3%, e a amplitude dessa perda ocorre devido a sua correlação e dependência com a variação dos fatores inerentes à carcaça e ao ambiente da câmara fria. Joaquim (2002) obteve perdas por resfriamento que variaram de 1,75% até 1,83%, segundo o autor, esses valores superiores de perda por resfriamento podem estar relacionados ao menor peso de abate dos animais e, conseqüentemente, menor quantidade de tecido muscular nas carcaças, bem como menor espessura de gordura subcutânea, que tem ação de isolante térmico da carcaça, reduzindo às perdas por resfriamento.

Segundo Roça (2003), a perda de peso das carcaças magras e de menor tamanho é maior do que a de carcaças maiores e com boa cobertura de gordura. Ainda de acordo com o autor, os valores de perdas por resfriamento não deveriam passar de 2,5% do peso da carcaça, uma vez que quanto maiores forem essas perdas no processo ocasionado pelo resfriamento, maiores os prejuízos para a carcaça.

O processo convencional de resfriamento deve ser realizado com a temperatura da câmara fria mantida durante maior período de tempo entre 0 a -4°C, onde a temperatura ambiente não deve exceder 3°C. É possível que durante toda a refrigeração da carcaça as temperaturas possam variar de -1 a 5 °C. Assim, espera-se que as carcaças bovinas atinjam 10°C em 24 horas e permaneçam entre 0 a 4°C nas 48 horas seguintes a sua entrada na câmara. O autor ainda destaca que é possível observar a ocorrência de perdas críticas nas primeiras 4 a 6 horas do resfriamento, sendo estas responsáveis pela quase totalidade das perdas por evaporação e gotejamento da carcaça.

Galvão et al. (1991) avaliaram bovinos pertencentes a três grupos raciais Nelore, F1 Nelore- Limousine e F1 Nelore-Marchigiana. Foram utilizados doze animais, com vinte meses de vida, de cada grupo racial. Quatro animais de cada grupo foram abatidos com pesos equivalentes a 90, 100 e 110 por cento do peso maduro para o respectivo grupo, e os autores verificaram que nesses animais a perda no resfriamento decresceu a medida que o peso adulto dos animais ao abate aumentou, sendo de 2,55, 1,90 e 1,84%, respectivamente. Brondani et al. (2004) avaliaram as características quantitativas da carcaça de bovinos machos não castrados, terminados em confinamento, sendo abatidos aos 13-14 meses de idade. Foram utilizados 16 bezerras com nove meses de idade e peso médio inicial de 220 kg (oito Aberdeen Angus e oito Hereford). Os animais foram abatidos quando, por estimativa, as carcaças apresentaram, na média, um mínimo de 190 kg. Os autores não encontraram diferença entre os grupos genéticos avaliados, com valores de 1,98% de perda para ambos os grupos.

Pacheco et al. (2005) avaliaram as características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e super jovens dos grupos genéticos 5/8 Charolês (CH) x 3/8 Nelore (NE) e 5/8 Nelore x

3/8 Charolês, terminados em confinamento. Segundo os autores, houve interação significativa de categoria e grupo genético para perda ao resfriamento da carcaça. Os novilhos 5/8 Nelore x 3/8 Charolês super jovens apresentaram maior perda por resfriamento (4,63%) que os 5/8 Charolês x 3/8 Nelore (2,74%) de mesma categoria e que os jovens (média de 2,86%). De acordo com os autores, mesmo que menores índices de quebras sejam verificados em carcaças com maior grau de acabamento, uma vez que a espessura de gordura funciona como isolante, isto não se confirmou, pois, os novilhos da categoria superjovem apresentaram carcaças com maior espessura de gordura subcutânea (6,50mm para 5/8 Charolês x 3/8 Nelore e 6,08mm para 5/8 Nelore x 3/8 Charolês vs 2,87mm e 3,57mm respectivamente). Os autores concluíram que, possivelmente, a variação na quebra ao resfriamento pode estar associada a oscilações que ocorrem na câmara fria, como temperatura, velocidade do vento, número de carcaças, e que podem variar em função da data de abate dos animais, como ocorreu no experimento.

### **1.7 Espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo**

A AOL trata-se de uma medida importante para a avaliação do padrão de uma carcaça bovina produzida. Liu e Stouffer (1995) preconizaram que a medida de AOL fosse mensurada entre a 12<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> costelas da carcaça, uma vez que essa região, segundo o autor, por ser de fácil localização, aumentaria a repetitividade da medida e, conseqüentemente, estabeleceria um padrão de aferição com maior acurácia.

A AOL geralmente pode ser associada ao peso, porte, tamanho e, por isso, musculosidade do animal abatido, o que representa também um grande valor para a indústria frigorífica, uma vez que está diretamente relacionada com o rendimento dos cortes cárneos de alto valor comercial (Luchiari Filho, 2000).

Atualmente, a AOL é mensurada entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas da carcaça, sendo essa área padronizada como local ideal para a aferição dessa medida. Dados referentes à mensuração da musculosidade e do grau de acabamento de gordura presente na carcaça são muito importantes para sua avaliação, uma vez que a AOL e a EGS são internacionalmente aceitas como bons indicadores da musculosidade e da quantidade de gordura presente naquela carcaça avaliada (Luchiari Filho, 2000; Oliveira et al., 2011).

Já a EGS revela o padrão de cobertura e acabamento que uma carcaça possui, que impacta diretamente na qualidade da carne que chegará ao consumidor final. Segundo Berg e Butterfield (1979), a gordura representa o tecido de maior variação na carcaça tanto em quantidade quanto em relação aos locais de deposição. Essas variações nos locais de deposição

ocorrem ao longo da vida produtiva do animal, durante suas respectivas fases de crescimento e terminação. Inicialmente, a deposição de gordura no animal inicia-se nos rins, na pelve e na gordura internadurante a fase de crescimento. Durante a terminação, ocorre a deposição de gordura intermuscular, subcutânea e, por último, a formação da gordura intramuscular.

A variação da EGS acontece de acordo com o mercado a ser atendido. Em alguns países valores elevados de EGS são extremamente desejáveis, enquanto em outros mercados pode constituir uma característica indesejável. No Brasil, é necessário que a carcaça possua um nível mínimo de cobertura de gordura de pelo menos 3 mm para que, durante o resfriamento das carcaças nas câmaras frias, não ocorram processos indesejáveis durante a conversão do músculo em carne, com alterações em suas características sensoriais e, conseqüentemente, a desvalorização do produto perante o consumidor final. As diferenças encontradas nos valores de EGS nas carcaças bovinas no país refletem a heterogeneidade racial do rebanho nacional, dos sistemas de produção, das categorias animais, dos pesos finais ao abate e da diversidade dos sistemas nutricionais adotados ao longo de toda a vida produtiva do animal (Luchiari Filho, 2000).

Muller e Primo (1987) afirmaram que a deficiência na gordura de cobertura em uma carcaça prejudica seu aspecto visual ao longo do processo de resfriamento, uma vez que a superfície dos músculos desprotegidos, pela ausência de gordura ou pela baixa cobertura de gordura, expostos ao frio acabam escurecendo ao longo das horas de exposição dentro das câmaras frias, o que pode levar a uma depreciação do valor comercial de toda a carcaça e, como resultado, a seus cortes. Esse processo é denominado “queimadura pelo frio”, ou queimadura pelo resfriamento/congelamento, no qual as áreas afetadas são conhecidas como *requeima* da carne, onde ocorre uma mudança da tonalidade ideal para uma tonalidade amarelo esbranquiçada ou até mesmo escurecida que, na maioria das vezes, se limita apenas a superfície da musculatura da carcaça.

Segundo Berg e Butterfield (1979), independente do mercado a ser atendido, uma carcaça de qualidade superior deve apresentar valores máximos de composição muscular, valores mínimos de composição óssea e valores ideais de composição lipídica, já que a gordura subcutânea presente na carcaça estará diretamente relacionada com o sabor final da carne, seu conteúdo e perfil de ácidos graxos, sua composição de vitaminas lipossolúveis e, conseqüentemente, sua valorização pelo consumidor final. Steiner et al. (2003) ainda sugerem que a EGS tem uma correlação inversamente proporcional ao rendimento de cortes desossados, uma vez que durante o processo de *apara* dos cortes uma parte dessa gordura é descartada e o tempo necessário para realizar o *toalhete* se eleva.

Arrigoni et al. (2004) avaliaram as características de carcaça de 90 bovinos jovens de três grupos genéticos, sendo eles: Angus x Nelore, Canchim x Nelore e Simental x Nelore. Os autores não encontraram diferença entre os grupos para a AOL, porém os animais mestiços com Angus apresentaram maior EGS. Os rendimentos de carcaça e de cortes cárneos, bem como a maciez da carne (7 e 14 dias de maturação), não diferiram entre os grupos genéticos.

Silva et al. (2006) estudaram o efeito do tempo de confinamento e do nível de concentrado na dieta sobre o peso vivo, AOL, e EGS entre a 12<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> costelas. Vinte e quatro tourinhos Nelore foram confinados por 142 dias e receberam dietas contendo diferentes níveis de concentrado. A AOL cresceu linearmente de acordo com o tempo de confinamento e apresentou um crescimento quadrático em relação ao nível de concentrado aos 142 dias de confinamento. Por sua vez, a EGS apresentou um valor crescente linear ao tempo de confinamento e de forma quadrática ao nível de concentrado.

Silva et al. (2015) analisaram as características de carcaça de tourinhos Aberdeen Angus e Nelore alimentados em confinamento com dietas com elevada proporção de concentrado (80%). Foram confinados 45 tourinhos com predominância genética Aberdeen Angus e 44 tourinhos com predominância genética Nelore, com peso médio inicial de 317,8 e 320,7 kg, respectivamente, e 21 meses de idade. Os tourinhos com predominância genotípica Aberdeen Angus apresentaram valores significativamente superior para peso ao abate (507,6 vs 453,3 kg), e área do músculo *Longissimus dorsi* (65,34 vs 56,83 cm<sup>2</sup>), porém não foram encontradas diferenças significativas para EGS (3,99 mm para os Angus x 3,89 mm para os Nelore).

Watanabe (2016) avaliou o desempenho e as características de carcaça de animais Nelore e ½ Nelore x Angus terminados em confinamento e encontrou que os animais ½ sangue Nelore x Angus apresentaram maior AOL (67,76 x 65,20 cm<sup>2</sup>). A EGS, porém, não diferiu entre os grupos genéticos (4,50 mm para ½ Nelore x Angus vs 3,55 mm para Nelore).

## **1.8 Temperatura e ph**

Normalmente, o pH muscular da carcaça recém abatida encontra-se em valores próximo de 7,0. Após o abate, o pH decresce de 7,0 para aproximadamente 5,3 a 5,8 quando o processo de resfriamento chega ao fim, de modo que a redução do pH durante o resfriamento ocorre entre 6 e 12 horas e se completa até 18 a 40 horas após o abate (Savell; Mueller; Baird, 2005).

Segundo Luchiari Filho (2000), a redução do pH ocorre após a utilização e exaurimento das reservas de glicogênio, que gera como substrato o ácido lático, produzido através de processos anaeróbicos celulares durante a fase de quebra da glicose para geração de energia.

Ainda de acordo com o autor, o controle do pH é importante, pois está diretamente relacionado à cor, à maciez, à textura e à capacidade de retenção de água da carcaça.

Roça (2001) relatou que a velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne após 24-48 horas, é muito variável não apenas entre as espécies abatidas, mas também dentro da mesma espécie, uma vez que o tamanho dos animais, o peso final ao abate, a cobertura de gordura subcutânea, o período de jejum e o estresse pré-abate podem impactar diretamente nas alterações de pH ao longo do tempo. A queda do pH na carcaça de ovinos, por exemplo, ocorre em uma velocidade intermediária, em carcaça de aves ocorre de forma rápida, enquanto que nos bovinos essa queda ocorre de forma mais lenta, devido ao fato de que na carcaça desses animais a glicólise acontece de forma mais lenta.

De acordo com Tarrant (1989), quando os bovinos sofrem estresse pré-abate, a reserva de glicogênio muscular pode ser parcialmente ou completamente esgotada. Como consequência, o estabelecimento do *rigor mortis* na carcaça ocorre logo nas primeiras horas após o abate, muitas vezes, antes que sofra o resfriamento adequado no interior da câmara fria. Uma vez que o *rigor mortis* se estabelece de forma precoce, a reserva energética composta pelo glicogênio muscular não é mais suficiente para sustentar o metabolismo anaeróbico, e conseqüentemente não ocorre a formação de ácido láctico capaz de fazer com que o pH chegue a valores desejados próximos a 5,5 nas primeiras 24 horas *post mortem*. Geralmente, carnes resultantes desse processo apresentam um valor de pH maior que 5,8. Nestes valores, as proteínas musculares da carne bovina apresentam uma alta capacidade de retenção de água, e por isso observa-se uma coloração mais escura, (conhecida como DFD) e uma menor vida de prateleira.

Segundo Roça (2003), a temperatura interna das carcaças após o abate varia geralmente entre 30 a 39°C. Como a carcaça de bovinos e demais espécies apresentam-se como um excelente meio de cultivo para o desenvolvimento e proliferação de microrganismos, deve-se realizar o resfriamento das carcaças para retardar a atividade microbiana, bem como reduzir as reações químicas e enzimáticas que causam alterações na carne. Dessa forma, pode-se afirmar que a velocidade das alterações químicas e enzimáticas é diretamente proporcional à temperatura da carne. Com o objetivo de reduzir a temperatura o mais rápido possível, a indústria frigorífica realiza o esfriamento inicial, para que a temperatura interna da carcaça se reduza a aproximadamente 0°C. Ainda segundo Roça (2003), com o objetivo de se ter efetiva refrigeração de carcaças, as câmaras frigoríficas devem ser mantidas em temperaturas compreendidas entre -4 a 0°C. A temperatura ambiente não deve exceder a 3°C. Para refrigerar carcaças bovinas de grande tamanho, o autor salienta que seria conveniente a utilização de antecâmara (pré-resfriamento).

Durante o processo de refrigeração e resfriamento da carcaça deve-se evitar ao máximo a ocorrência do encurtamento pelo frio, também conhecido como *cold shortening*, que talvez seja um dos efeitos mais significativos da temperatura, durante o resfriamento. Esse processo é responsável por provocar um encurtamento excessivo das fibras musculares da carcaça, conseqüentemente, provocando um aumento na dureza da carne, sendo capaz de causar uma elevação de quatro a cinco vezes na força necessária para cisalhar uma amostra desse produto (Marsh, 1977).

O encurtamento pelo frio geralmente ocorre em situações em que se tem um rápido declínio de temperatura do músculo (menos de 14 a 19°C) antes da fase de apresentação do *rigor mortis*. Geralmente, a contração rígida que leva ao encurtamento pelo frio se inicia quando a carcaça atinge 15°C, e torna-se cada vez mais intensa à medida que a temperatura declina para próximo de 0°C. Fatores como a temperatura e o pH durante esse processo de resfriamento acelerado também têm influência considerável no grau de encurtamento sofrido pelas fibras musculares. O fenômeno do encurtamento das fibras musculares pelo frio pode ser minimizado quando as carcaças apresentam um bom padrão de acabamento, ou seja, quando as carcaças apresentam uma boa EGS. A EGS é muito importante durante o processo de resfriamento, uma vez que serve como isolante térmico, por diminuir a velocidade de resfriamento da carcaça e reduzir a ocorrência de um encurtamento excessivo das fibras musculares que compõem os músculos. Percebe-se a importância da cobertura de gordura na carcaça bovina submetida ao resfriamento quando a ocorrência de *cold shortening* apresenta maior prevalência em carcaças com pouco acabamento de gordura, sendo expostas a temperaturas entre 0 e 15°C, antes que ocorra o *rigor mortis* (Luchiari Filho, 2000; Roça, 2003).

Segundo Locker e Hagyard (1963), o tecido muscular sofre maior encurtamento quando se apresenta na fase de *pré-rigor mortis* e sua temperatura se apresenta entre 2 e 37°C. O fenômeno do encurtamento pelo frio ocorre com maior intensidade nas fibras com atividade predominantemente oxidativa ou fibras vermelhas (Olsson; Hertzman; Tornberg, 1994).

De acordo com Felício (1993), para reduzir ou prevenir a ocorrência do encurtamento pelo frio, as carcaças bovinas, independentemente do peso e da cobertura de gordura, devem permanecer numa temperatura acima de 10°C na câmara fria até a ocorrência do início da fase de *rigor mortis*, quando o pH está em torno de 6,0, ou aproximadamente 10 horas após o abate. Dessa forma, a indústria frigorífica, como estratégia mais usual para evitar a ocorrência deste processo, controla a temperatura de arrefecimento das carcaças, de modo a evitar que a carne alcance temperatura igual ou inferior a 10°C nas primeiras 10 horas após o abate dos animais.

Bianchini et al. (2007) avaliaram o efeito das diferentes proporções de sangue Simental e Nelore sobre as características da carcaça e da carne de bovinos superprecoces. Foram utilizados 72 bovinos jovens inteiros (18 Nelore; 18 ½ Simental × Nelore; 18 Simbrasil e 18 Simental), com 8 meses de idade e 250 kg PV médio inicial. Os animais permaneceram confinados durante 150 dias até atingirem o peso de abate, acima de 465 kg. Os autores não encontraram diferença significativa nos valores de pH e temperatura durante o resfriamento das carcaças. Uma possível explicação segundo os autores pode ter sido a alimentação que proporcionou adequando acabamento de gordura bem como correto aporte de glicogênio no tecido muscular.

Bruce (2004), ao monitorar e obter o pH de 371 bovinos das raças Angus, Hereford, Shorthorn, Belmont Red, Santa Gertrudes e Brahman (machos e fêmeas puros e cruzados), verificou que o grupo genético não teve efeito ( $P > 0,05$ ) sobre os valores de pH e temperatura das carcaças ao longo do período de resfriamento na câmara fria.

Aferri et al. (2005) não encontraram diferenças em 1 hora e 24 horas após o abate entre os valores de pH e temperatura no músculo *Longissimus dorsi* de animais cruzados ( $\frac{3}{4}$  taurino, sendo vacas cruzadas Simental x Nelore com touros Brangus). Os autores encontraram temperaturas de 36,6 a 37,5°C e valores de pH de 6,48 a 6,53 1 hora após o abate. Após 24 horas, os valores de temperatura e pH variaram entre 3,0 a 3,6°C e 5,52 a 5,63 respectivamente. Os valores de pH e temperatura, tanto na primeira hora como 24 horas após o abate estão dentro do recomendado, que devem ser de 5,5 a 5,8 para o pH na 24ª hora *post mortem* (Luchiari Filho, 2000) e temperatura da carcaça menor que 5°C (Felício, 1997).

### **1.9 Perfil de ácidos graxos**

Os óleos e as gorduras são compostos de estrutura orgânica originados na sua maioria pela união de três ácidos graxos e um glicerol, que forma a estrutura do triglicerídeo, que compõe aproximadamente 98% da gordura dos alimentos. Estes ácidos graxos podem ser classificados em saturados, monoinsaturados e poliinsaturados (Brandão et al., 2005). O fator determinante para suas diferentes nomenclaturas e classificações se deve a presença de pelo menos uma dupla ligação na estrutura molecular dos ácidos graxos insaturados (Lottenberg, 2009).

Sabe-se que carnes de animais ruminantes possuem maiores teores de ácidos graxos saturados quando comparadas à carnes de outras espécies animais, principalmente peixes. A composição da carne bovina varia em função da raça, peso de abate, grau de acabamento, dieta e do músculo ou corte analisado. Em média, os bovinos apresentam, na carne crua, 21% de

proteína, 70,5% de água, 6,0% de lipídios, 1,02% de cinzas e 144 calorias por 100g de carne, (Macedo et al., 2008).

A composição de ácidos graxos nos produtos de origem animal é um reflexo tanto da síntese de ácidos graxos no tecido quanto na composição de ácidos graxos dos lipídeos ingeridos pelos animais. Essa relação entre o perfil da gordura depositada nos produtos de origem animal e o perfil de lipídeos presentes na dieta é mais forte em monogástricos (suínos e aves domésticas) do que em ruminantes, uma vez que em ruminantes, os lipídeos provenientes da dieta sofrem biohidrogenação no rúmen.

O rúmen fornece o ambiente propício para o crescimento e reprodução de microrganismos que fermentam a glicose e produzem ácidos graxos voláteis (AGV), sendo os AGV a principal fonte de energia para os ruminantes (Berchielli; Pires; Oliveira, 2006). Os principais ácidos graxos voláteis produzidos por microrganismos do rúmen são acetato, propionato, e butirato, e servem como os precursores principais para a glicose e a gordura em ruminantes. Além disso, os ácidos graxos provenientes da dieta ao chegarem ao rúmen são hidrolisados e, em seguida os poli- insaturados são rapidamente hidrogenados pelos microrganismos, resultando na produção de ácidos graxos saturados (principalmente ácido esteárico). Este processo também resulta na formação de ácido linoleico conjugado (CLA) e seus intermediários, que incluem o ácido *cis*- 9, *trans*-11 CLA e ácido vacênico (C18:1 *trans* 11). Devido a esta particularidade na digestão de lipídeos nos ruminantes pelo processo de biohidrogenação, a carne dos bovinos é rica em ácidos graxos saturados (Berchielli; Pires; Oliveira, 2006; Nascimento et al., 2008).

A deposição de gordura em animais ruminantes ocorre principalmente por dois processos: incorporação dos ácidos graxos pré-formados, transportados pelas lipoproteínas do plasma e por meio da síntese de ácidos graxos. Cerca de 90% da síntese de ácidos graxos ocorre no tecido adiposo, onde o principal precursor é o ácido graxo volátil acetato (Christie, 1981; Kozloski, 2011). Os lipídios estão distribuídos na carne entre a gordura subcutânea, intermuscular e intramuscular (intracelular e em adipócitos isolados), sendo a gordura intermuscular o local de maior deposição, representando 45% da gordura da carcaça. Os principais tipos de lipídios encontrados na carne são os triglicerídeos (82%), fosfolipídios (14%), ácidos graxos livres (1,7%) e colesterol (1,6%) (Kozloski, 2011).

A gordura intramuscular e subcutânea na carne bovina é composta basicamente por 20 ácidos graxos, de diferentes graus de saturação, como os ácidos graxos oleico, linoleico, palmítico, esteárico, palmitoleico e mirístico que correspondem juntos a aproximadamente 92% do total dos ácidos graxos (Stipanuk, 2018; Teixeira, 2003).

O consumo de ácidos graxos saturados (AGS) está associado ao aumento dos níveis séricos de colesterol e conseqüentemente do risco de doenças coronarianas. Porém, nem todos os AGS são hipercolesterolêmicos. O ácido esteárico (C18:0), por exemplo, pouco altera os níveis de colesterol sérico em humanos, mesmo que represente 18% do total de ácidos graxos da carne, é pouco armazenado nos tecidos humanos, sendo logo convertido em ácido oleico (C18:1) pela enzima endógena  $\Delta 9$ -dessaturase. Já o ácido láurico (C12:0) e mirístico (C14:0), por sua vez, provocam grande impacto nos níveis de colesterol sérico. No entanto, suas concentrações na carne bovina são muito baixas em relação ao total, sendo menos de 1% para o ácido láurico e de 2 a 3% para o ácido mirístico. Ainda dentro dos ácidos graxos saturados, o ácido palmítico (C16:0) é responsável pelo maior impacto nos níveis de colesterol sérico, principalmente pela sua capacidade de elevação dos níveis de colesterol ruim (LDL – Lipoproteína de baixa densidade), sendo o AGS que possui maior proporção na gordura subcutânea (normalmente próximo de 27%). Entre os ácidos graxos da carne, o palmítico é o que mais aumenta os riscos de aterosclerose, doenças cardiovasculares e de acidente vascular cerebral (Bridi, 2014).

Entre os ácidos graxos insaturados, o ácido graxo que aparece em maior quantidade no músculo é o ácido oleico (normalmente próximo de 33%). Os ácidos graxos essenciais, linolênico (C18:3n-3) e o linoleico (C18:2 n-6), compõem 1,5 e 3,5% do total de gordura, respectivamente. Além disso, a relação de ômega 6: ômega 3 é equilibrada nas carnes de ruminantes, sendo que esta espécie também produz naturalmente o ácido linoleico conjugado (CLA), que pode ter grandes benefícios na promoção da saúde (Scollan et al., 2001; Scollan et al., 2006).

Rossato et al. (2009) avaliaram a composição de lipídeos totais, colesterol e ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* (gordura intramuscular) de bovinos *Bos taurus* e *Bos indicus*, sendo 40 animais de cada grupo genético, ambos com 30 a 36 meses de idade e peso de carcaça entre 240 e 270 kg terminados em confinamento por 90 dias. Os autores demonstraram que a composição de lipídeos totais foi semelhante entre os dois grupos. Já o nível de colesterol foi mais elevado em *Bos indicus* (66,95 mg/100 g) que em *Bos taurus* (37,37 mg/100 g). Os valores médios dos ácidos graxos saturados de C14:0 e C18:0 foram mais elevados nos *Bos indicus* (3,52 e 22,45%) em comparação aos *Bos taurus* (3,08 e 18,67%). O C16:0 nos *Bos taurus* (26,14%) foi maior que nos *Bos indicus* (24,77%). Na análise do perfil de ácidos graxos monoinsaturados (AGM), os animais *Bos taurus* apresentaram percentuais mais elevados de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-9, e os menores de C18:1 *trans* 11. Os animais *Bos taurus* apresentaram maiores percentuais para os ácidos graxos poliinsaturados C18:3 n-3, C20:4 n-6 e C22:5 n-3. Os ácidos graxos C18:2 n-6, CLA total, C20:5 n-3, C22:6 n-3, foram semelhantes

entre grupos genéticos. A razão ômega-6/ômega-3 foi menor nos animais *Bos taurus* em comparação aos animais *Bos indicus*. Os autores concluíram que o grupo genético influenciou o perfil de ácidos graxos e o colesterol na carne de bovinos e esse efeito ocorreu de forma mais evidente nos ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Silva et al. (2014) avaliaram o perfil de ácidos graxos na carne de tourinhos europeus e zebuínos. Em relação aos AGS, os autores não encontraram diferença entre as raças com exceção para o ácido mirístico onde os animais zebuínos apresentaram maior concentração (3,56 vs 3,07) em relação aos animais europeus. Para os AGMI, os autores observaram diferença significativa apenas para os ácidos palmitoleico (C16:1 *cis* 7) e vacênico (C18:1 *trans* 11). No entanto, não foram encontradas diferenças para os AGPI entre os grupos genéticos.

Prado et al. (2011) também avaliaram a composição de ácidos graxos do músculo *Longissimusdorsi* de bovinos de diferentes grupos genéticos, sendo estes grupos compostos por animais Zebu e um cruzamento Angus x Zebu. Os autores não encontraram diferença significativa entre os grupos genéticos para os AGS, AGMI e AGPI.

Segundo Barcellos et al. (2017), ao avaliarem o perfil de ácidos graxos na carne de bovinos Nelore e ½ Nelore x Angus, a carne dos novilhos Nelore apresentou maior percentagem de AGS, menor percentagem de AGI e AGMI sendo que não houve diferença nos teores de AGPI. Entre os AGS, apenas o ácido esteárico (C18:0) apresentou diferença estatística entre as raças (20,0 % Nelore vs 16,6 % Nelore x Angus). Para os AGMI, apenas o ácido oleico (C18:1 *cis*- 9) apresentou diferença entre os grupos genéticos (33,5 % Nelore vs 36,2 % Nelore x Angus).

Reis (2017) avaliou o perfil de ácidos graxos da carne de animais Nelore e ½ Nelore x Angus terminados em confinamento. Entre os AGS, os animais Nelore apresentaram maiores concentrações em relação aos animais cruzados para o ácido mirístico (C14:0) (2,41 vs 1,69%). O ácido esteárico (C18:0), também apresentou diferença significativa, onde a carne dos animais cruzados apresentou maiores concentrações em relação aos animais Nelore (13,75 vs 11,76 %). Entre os AGMI não houve diferença entre as raças para o ácido oleico (C18:1 *cis*-9). Foram encontradas diferenças apenas para os ácidos miristoleico (C14:1) e palmitoleico (C16:1), onde os animais Nelore apresentaram maiores concentração em relação aos animais cruzados (0,77 vs 0,44 %) e (3,45 vs 2,69 %), respectivamente. Para os AGPI houve diferença entre os grupos genéticos apenas para os ácidos  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3), araquidônico (C20:4 n-6) e eicosapentaenoico (C20:5 n-3).

Fernandes et al. (2014) avaliaram o perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Nelore e Canchim terminados em confinamento e

alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta (40% ou 60% da matéria seca). Os autores avaliaram que a gordura subcutânea dos animais Nelore apresentou maior concentração de CLA em comparação aos animais Canchim (0,86 vs 0,59%, respectivamente). No entanto, a gordura subcutânea dos animais Canchim apresentou maior concentração de ácido esteárico (17,1%), linoléico (2,40%) e ácidos graxos poliinsaturados (3,09%) do que a dos animais Nelore, que obtiveram valores de 13,47%, 1,44% e 2,30% respectivamente. Os autores ainda concluíram que as variações nos teores de concentrado na dieta não foram capazes de alterar a composição em ácidos graxos na gordura subcutânea de ambos grupos genéticos.

### **1.10 Maciez da carne e força de cisalhamento**

Koohmaraie (1992) atribuiu 15% da variabilidade na maciez da carne bovina às diferenças na espessura de gordura subcutânea dos músculos e nível de marmoreio, bem como a concentração de colágeno, sendo a maior parte dos 85% restantes às variações nas alterações *post mortem* (processo enzimático que leva à maturação da carne). Talvez uma das maiores influências que a genética tenha sobre a maciez da carne esteja relacionada com a variação na capacidade de deposição de gordura intra e extra muscular na carcaça, sendo essa capacidade ligada não apenas à nutrição do animal ao longo de sua vida produtiva, mas também ligada à herança genética. Essa gordura de acabamento bem como a gordura intramuscular acaba atuando como um isolante térmico da carcaça e das fibras musculares reduzindo assim o impacto negativo do encurtamento pelo frio causado pelas baixas temperaturas no início do processo de estocagem.

Outra grande influência da genética sobre o parâmetro de maciez refere-se ao fato de que a carne de animais zebuínos geralmente se apresenta mais dura, mesmo depois de submetida a um longo período de acondicionamento sob refrigeração em comparação à carne de animais taurinos e seus cruzamentos submetidos ao mesmo processo. A explicação para esse fenômeno é a elevada atividade de calpastatina nos zebuínos. Além de uma elevada atividade de calpastatina, este grupo apresenta reduzida atividade das calpainas, quando comparados à animais de genética taurina (Dabés, 2000; Seabra et al., 2001).

Johnson et al. (1990), ao trabalharem com bovinos Angus e cruzados Angus x Brahman abatidos em estágios similares de deposição de gordura subcutânea, observaram diminuição na maciez e aumento da FC na carne dos animais com maior grau de sangue zebuíno. Os animais Angus apresentaram força de cisalhamento média de 3,40 kgf, enquanto que os animais cruzados Angus x Brahman apresentaram valores de 4,3 kgf, 4,8 kgf e 5,5 kgf para força de

cisalhamento para 25%, 50% e 75% de sangue zebu respectivamente.

Crouse et al. (1989) avaliaram durante 4 anos as características qualitativas da carne de 422 bovinos de cruzamentos de taurinos com zebuínos. As raças taurinas usadas foram Hereford (H) ou Angus (A), e a zebuína Brahman, sendo que os animais cruzados apresentavam diferentes graus de sangue Zebu x Taurino (0:100, 25:75, 50:50 e 75:25). Os animais foram submetidos ao mesmo manejo nutricional, abatidos com idades e acabamento semelhantes. Os autores observaram que conforme aumentou o grau de sangue zebuino nos animais (25, 50 e 75%) houve aumento na FC. Para os animais taurinos, a FC foi de 4,40 kgf, enquanto que para os animais cruzados, a FC foi de 5,16, 5,80 e 6,68 kgf para os graus sanguíneos de 25, 50 e 75% respectivamente.

Rubensam, Felicio e Termignoni (1998) estudaram a influência do genótipo *Bos indicus* na maciez da carne de novilhos. Foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* provenientes de 26 bovinos, sendo 14 bovinos Hereford, 7 bovinos  $\frac{3}{4}$  Hereford x  $\frac{1}{4}$  Nelore e 5 bovinos  $\frac{5}{8}$  Hereford x  $\frac{3}{8}$  Nelore, todos machos castrados, abatidos aos dois anos de idade. As amostras foram coletadas após 24 horas do abate, e analisadas no 1º e no 10º dia. A carne de novilhos  $\frac{5}{8}$  Hereford x  $\frac{3}{8}$  Nelore apresentou, no 1º dia, maior FC do que a carne de novilhos Hereford e  $\frac{3}{4}$  Hereford x  $\frac{1}{4}$  Nelore, porém não foram encontradas diferenças entre os grupos Hereford e  $\frac{3}{4}$  Hereford x  $\frac{1}{4}$  Nelore. Após 10 dias, houve diferença significativa entre os grupos Hereford e  $\frac{5}{8}$  Hereford x  $\frac{3}{8}$  Nelore para FC (3,67 e 5,00 kgf, respectivamente). Os autores concluíram que a participação crescente do genótipo *Bos indicus* resultou em uma carne de pior maciez.

Bianchini et al. (2007) compararam valores para FC entre animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Nelore x Simental. Segundo os autores, os animais Nelore apresentaram maior FC (4,98 kgf) quando comparados aos animais  $\frac{1}{2}$  Nelore x Simental (4,45 kgf). Andrade et al. (2010) ao trabalharem com animais Red Norte e Nelore obtiveram dados semelhantes para a FC, em que os animais Red Norte apresentaram menor FC (3,40 kgf) em comparação aos animais Nelore (4,27 kgf). Pereira et al. (2009) compararam a FC entre animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Nelore x Angus e encontraram resultados em que os animais Nelore apresentaram maior FC (10,02 kgf) em comparação aos animais  $\frac{1}{2}$  Nelore x Angus (8,82 kgf). Brito (2013) também avaliou a FC entre animais Nelore e  $\frac{1}{2}$  Nelore x Angus e, encontraram resultados onde os animais Nelore apresentaram uma carne com maior FC (5,29 kgf) em comparação aos animais  $\frac{1}{2}$  Nelore x Angus (4,97 kgf).

## 1.11 Maturação da carne

Devido ao maior nível de informação e de exigência dos consumidores nos últimos anos, o mercado passou a exigir dos frigoríficos o fornecimento de carnes que apresentassem certas características qualitativas como a maciez, a suculência e a cor desejada. Quando se avalia os principais parâmetros que envolvem a qualidade de carne, a maciez é o fator de maior variabilidade, sendo um dos atributos mais desejados pelo consumidor na carne bovina. Uma alternativa muito difundida e utilizada pela indústria da carne, é a maturação, que tem como objetivo melhorar as características organolépticas da carne sendo as mais importantes, a maciez, o sabor e a suculência (Felício, 1993; Koohmaraie e Geesink, 2006).

O processo de maturação consiste na manutenção da carne bovina em uma temperatura superior ao ponto de congelamento da carne fresca. Este processo é capaz de aumentar a maciez da carne através da ação da atividade enzimática. Geralmente, a maturação na indústria frigorífica ocorre com a manutenção das carcaças após o abate por 8 a 14 dias sob temperaturas de 0 a 21°C. Após a morte do animal, ocorrem reações bioquímicas e biofísicas que levam a alterações na homeostase, na circulação sanguínea, no aporte de oxigênio e na temperatura do músculo. Como consequência destas alterações, ocorre um declínio do pH, do ATP muscular e ocorre uma reação no músculo, que se inicia com a etapa conhecida como *rigor mortis*. A medida que a carne permanece acondicionada sob refrigeração, a rigidez da musculatura causada pelo *rigor mortis* começa a diminuir (Pardi et al., 2001).

O aumento da maciez ocorre devido a degradação de determinadas proteínas miofibrilares por proteases endógenas do músculo. Essas proteases, são responsáveis por um mecanismo de degradação proteolítica de miofibrilas durante a estocagem *post mortem*. As principais enzimas presentes nesse processo são as calpaínas e as catepsinas que são capazes de hidrolisar as proteínas miofibrilares. O principal mecanismo relacionado com o aumento da maciez é o das calpaínas. As calpaínas são enzimas cálcio dependentes e apresentam três componentes principais: calpaína tipo I, que é ativada quando o pH decai de 6,8 para aproximadamente, 5,7; calpaína tipo II, que é ativada quando o pH está próximo de 5,7 e é responsável pela continuidade do processo de amaciamento, pois permanece ativa até próximo de 16 horas *postmortem*; e calpastatina, que tem como principal função inativar as calpaínas (Volpelli et al., 2005).

Os níveis de calpastatina variam consideravelmente entre as espécies e entre os diferentes músculos dos animais. A mensuração após 24 de armazenamento da atividade da calpastatina está diretamente relacionada com a maciez final da carne. Quanto maior a ação da calpastatina, menor a atividade das calpaínas e, conseqüentemente, menor a maciez da carne. Menor temperatura de estocagem durante a maturação também resulta em carne menos macia,

enquanto que maiores temperaturas são capazes de provocar um aumento na intensidade da ação enzimática natural na carne fresca pois acentua e melhora a extensão do amaciamento (Dabés, 2000; Seabra; Gonçalves; Zapata, 2001).

Segundo Rubensam, Felicio e Termignoni (1998), a carne de zebuínos é menos macia que a carne de taurinos em virtude da proteólise reduzida das proteínas miofibrilares associada à alta concentração de calpastatina nos músculos. A participação crescente de genes zebuínos em cruzamentos com taurinos, principalmente à medida que o genótipo zebuíno ultrapassa 25% do grau de sangue, diminui consideravelmente a maciez da carne, devido a maior atividade da calpastatina na carne de animais com grau de sangue zebu e seus cruzados. Essa atividade de calpastatina faz com que a força de cisalhamento da carne aumente o que resulta em carne de pior maciez, sendo esta considerada mais dura, durante avaliação do consumidor.

Além da questão enzimática capaz de afetar a maciez da carne, o músculo também contém uma pequena quantidade de colágeno (de 2 a 10% do peso seco) (Bailey, 1985). Dessa forma, este componente fibroso do tecido conectivo exerce grande influência sobre a dureza da carne, encontrando-se também envolvido no encolhimento e nas perdas de líquido durante o cozimento (Light e Champion, 1984). Temos assim que qualquer modificação observada no colágeno, pode resultar em benefícios significativos em relação a maciez final da carne (Oliveira; Soares; Antunes, 1998).

Segundo Oliveira, Soares e Antunes (1998) e Monsón, Sañudo e Sierra (2004), o processo de maturação da carne bovina é capaz de alterar a quantidade de colágeno solubilizado, devido a redução da sua quantidade nas carnes maturadas, uma vez que sua presença é maior em carnes não maturadas, devido a ação proteolítica das catepsinas, liberadas ao meio extracelular e capazes de quebrar e solubilizar o colágeno insolúvel em fragmentos solúveis. Desta maneira, o processo de maturação da carne bovina aumenta a sua capacidade de retenção de água o que diminui as perdas de peso por cozimento, que podem então estar relacionadas com o grau de gelatinização do colágeno e a exposição do músculo a proteases degradativas. Estas proteases, são capazes de provocar danos no tecido conectivo intramuscular e na membrana básica que envolve os tecidos, que provoca limitação da capacidade do colágeno encolher com o aquecimento e, portanto, diminuindo as perdas por cozimento (Oliveira; Soares; Antunes, 1998).

A fim de modificar esta quantidade de colágeno solubilizado, o processo de maturação trabalha com as variáveis de tempo e temperatura, a fim de que as enzimas naturalmente presentes na carne promovam o amaciamento da carne. Para a realização deste processo existem limites máximos e mínimos de temperatura, uma vez que em temperaturas abaixo de 0°C a

carne começará a congelar e suas enzimas responsáveis pelo processo de maturação serão inativadas. Já temperaturas elevadas durante o processo de maturação podem favorecer o crescimento de microrganismos indesejáveis que causarão uma decomposição do alimento. O limite máximo para este tempo de estocagem é estabelecido a partir do momento em que possam ocorrer mudanças indesejáveis na carne devido a alteração de suas qualidades organolépticas, como cor, sabor e odor. Geralmente modificações indesejáveis na carne começam a ser observados em tempos superiores a 40 dias de maturação (Puga; Contreras; Turnbull, 1999).

Outra questão relevante sobre a maturação de carnes a fim de torna-las mais macias é a necessidade de realizar o processo em embalagens à vácuo, com o objetivo de retardar o desenvolvimento de bactérias putrefativas e favorecer o desenvolvimento de bactérias lácticas, além de evitar perdas de peso por evaporação. A técnica de utilização de embalagens à vácuo, cria uma condição anaeróbica que favorece a predominância de bactérias lácticas em detrimento de microrganismos deterioradores aeróbicos (Newsome et al., 1984).

Em estudo para avaliar o efeito da maturação na carne bovina, Koohmaraie, Whipple e Crouse (1990) observaram redução na força de cisalhamento para carnes maturadas durante 1 e 14 dias, com valores de 8,9 e 5,4 kgf, respectivamente. Da mesma maneira, Moura et al. (1999) e Sales et al. (2011) ao avaliarem os efeitos do tempo de maturação no amaciamento do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos, encontraram valores de força de cisalhamento de 3,65 kgf para carnes maturadas durante 1 dia e 2,55 kgf para carnes maturadas durante 7 e 14 dias.

Andrade et al. (2010) avaliaram a força de cisalhamento na carne de bovinos durante a maturação. Amostras de 22 bovinos Nelore e 22 Red Norte ( $\frac{3}{4}$  taurino  $\frac{1}{4}$  zebuino) machos, com 24 meses de idade, foram analisadas aos 1, 7, 14 e 21 dias de maturação. A força de cisalhamento na carne dos animais Red Norte foi cerca de 0,9 kgf inferior às dos animais Nelore, sendo que a maturação influenciou a força de cisalhamento ao longo dos tempos e proporcionou reduções de 1,09; 0,21 e 0,56 kgf nos períodos de 1 a 7; 7 a 14 e 14 a 21 dias, respectivamente. As reduções na força de cisalhamento para Nelore e Red Norte aos 7 dias foram de 19 e 26%, aos 14 dias de 24 e 30%, respectivamente, e aos 21 dias de 38%, para ambos os grupos genéticos.

Heinemann, Pinto e Romanelli (2003) avaliaram a força de cisalhamento da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin x Nelore em dois tempos de maturação (tempo 0 e 14 dias de maturação) para cinco diferentes pesos ao abate (os animais foram abatidos de forma seriada ao longo de 204 dias de terminação, com o objetivo de obter animais em diferentes faixas de peso). Os animais Nelore apresentaram maior força de cisalhamento em comparação aos cruzados tanto para o tempo 0 de maturação (11,85 kgf vs 10,50 kgf) quanto para o tempo 14

dias (8,50 kgf vs 7,45 kgf), respectivamente. Houve também variação na força de cisalhamento de 12,35 a 9,80 kgf, com diferença significativa entre os grupos de animais para diferentes pesos de abate. Os autores observaram que o grupo mais leve e conseqüentemente com menor peso de carcaça quente (173,8 kg) apresentou maior valor para força de cisalhamento (12,35 kgf) enquanto o grupo mais pesado e com maior peso de carcaça quente (265,4 kg) apresentou a menor valor de força de cisalhamento (9,80 kgf). O valor na força de cisalhamento decresceu em função do maior peso vivo final e conseqüentemente maior peso de carcaça quente. Esses resultados sugerem tendência de decréscimo na FC com o aumento do peso ao abate dos animais, o que segundo os autores pode ser atribuído, principalmente, à menor ocorrência de encurtamento pelo frio nas carcaças mais pesadas.

### 1.12 Cor

A cor da carne trata-se do primeiro critério utilizado pelos consumidores no momento da compra (Muchenje et al., 2009). É comum que estes consumidores associem carnes de coloração mais clara à animais mais jovens, mesmo que seja incorreta essa associação (Kuss et al., 2010).

A cor da carne depende principalmente da natureza e do conteúdo do pigmento mioglobina (Mb). A variação na cor da mioglobina é intrínseca ao músculo e depende de vários fatores como espécie, idade do animal, localização anatômica do músculo e sistemas de alimentação. Outras variáveis como condições pré-abate, estado de oxigenação e oxidação do músculo também interferem na coloração final da carne (Abril et al., 2001).

É importante ressaltar que o processo de desoxigenação da oximioglobina resulta na mioglobina reduzida que é muito instável. As condições que causam essa desoxigenação, também, são responsáveis pela oxidação que forma a metamioglobina, de coloração marrom, indesejável aos olhos do consumidor. A formação desta cor constitui um sério problema para a venda da carne, porque a maioria dos consumidores a associam com um longo período de armazenamento, ou com baixa qualidade microbiológica, embora possa ocorrer essa formação em poucos minutos. De forma semelhante, devido ao processo oximioglobina - metamioglobina ser resultante de uma reação oxidativa, na carne fresca a presença de agentes redutores evita o acúmulo de metamioglobina. Sua formação ainda é favorecida por baixas pressões de oxigênio, altas temperaturas (ativa enzimas que utilizam o oxigênio), sal (oxidante) e bactérias aeróbias (Feijó, 1999).

Segundo Sarcinelli, Venturini e Silva (2007) a atratividade da carne bovina para com o

consumidor final está relacionada com fatores tais como cor e exsudação. A cor vermelha, característica da carne bovina, tem íntima relação com as fibras musculares, bem como a presença do pigmento mioglobina e sua concentração e a hemoglobina presente no sangue. Essas duas proteínas, quando associadas ao ferro, adquirem a possibilidade de reagir com oxigênio, o que pode provocar alteração na cor da carne, como a ocorrência da carne PSE (pálida, flácida e Exsudativa) e a DFD (escura, firme e seca). A carne PSE se origina devido a problemas ocasionados pelo estresse em que os animais foram submetidos no momento do abate. Este estresse faz com que o teor de lactato se eleve e que juntamente com a temperatura elevada do músculo, provoquem um estado em que a carne libera mais água do que em condições normais, e venha a se apresentar com uma textura flácida e com coloração amena. Já a carne DFD está relacionada com problemas ocasionados pelo estresse prolongado sofrido pelo animal em período que antecede o abate, onde se esgota as reservas de glicogênio muscular, causa impedimento na queda do pH, e conseqüentemente apresenta uma retenção exacerbada de água pelo músculo, e torna-se mais fibroso e mais escuro devido à menor refração da luz e maior ação enzimática, com gasto de oxigênio.

A oxidação lipídica e o desenvolvimento da cor nas carnes de ruminantes são influenciados pela composição de ácidos graxos bem como pela concentração de antioxidantes nos tecidos, a exemplo da vitamina E (Scollan et al., 2001). Para avaliação e determinação da cor da carne bovina, geralmente emprega-se o sistema colorimétrico que indica diferenças de cor correspondente à sensibilidade humana. O sistema de avaliação mais utilizado para avaliação deste parâmetro usualmente é o CIELAB e de acordo com Felício (1999), o L\* mede a intensidade luminosa, o a\* mede a intensidade do verde ao vermelho e b\* mede a intensidade do azul ao amarelo. Estes três componentes juntos nos dão uma avaliação do padrão de cor final da amostra avaliada.

Pitombo et al. (2013) avaliaram a qualidade da carne no músculo *Longissimus dorsi* de 10 bovinos F1 Guzerá x Nelore e 10 bovinos Pardo Suíço x Guzerá x Nelore, inteiros, e abatidos precocemente. Os valores médios encontrados para L\*, a\* e b\* nos animais F1 Guzerá x Nelore foram respectivamente 28,9; 22,5 e 15,3 enquanto que para animais Pardo Suíço x Guzerá x Nelore os valores médios encontrados foram de 30,2; 23,4 e 15,3. No entanto, não foram encontradas diferença estatística entre os grupos genéticos. A cor da carne neste estudo foi considerada levemente mais clara quando comparada a outros autores, como Abularach, Rocha e Felício (1998) e Silveira, Fischer e Soares (2006). Segundo os autores, estes resultados ocorreram devido ao fato de os animais terem sido criados em confinamento e abatidos muito jovens.

Costa (2009) avaliou a cor da carne de novilhos Nelore utilizando dietas com inclusão de diferentes níveis (0; 14,35; 27,51 e 34,09%) de caroço de algodão. Foram utilizados 36 novilhos não-castrados (peso vivo médio inicial de 333,5 kg e 20 meses de idade), os quais permaneceram por 94 dias confinados. O autor observou que a  $L^*$  variou entre 32,758 e 33,611; a  $a^*$  entre 13,967 e 14,598; e a  $b^*$  entre -0,226 e 0,071. Não houve diferença da luminosidade, intensidade do vermelho e intensidade do amarelo entre os diferentes tratamentos avaliados. Segundo o autor, a semelhança entre os resultados, pode ser devido ao fato de que os animais tinham idades similares e estavam sob o mesmo regime de confinamento.

Abril et al. (2001) avaliaram carcaças de animais separados em diferentes faixas de pH muscular e concluíram que o pH foi o fator mais importante para explicar as diferenças de coloração da carne encontrada entre os grupos. Segundo os autores, os menores valores de  $L^*$  foram relacionados com o pH mais elevado, acompanhado por carnes com coloração mais escuras.

Da mesma forma, Martins (2017) avaliou os valores de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) na carne de bovinos machos inteiros em diferentes faixas de pH final (pH final < 5,7 vs 5,8 < pH final > 6,0 vs pH final > 6,1). O autor encontrou correlação significativa entre os valores de cor e o pH final das carnes, onde foram observados que os resultados de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  decresceram conforme os valores de pH final se elevavam dentro das faixas supracitadas: 39,2 vs 37,7 vs 35,1, para  $L^*$ ; 19,8 vs 15,4 vs 13,8, para  $a^*$  e 16,3 vs 12,4 vs 10, para  $b^*$ .

Manço (2006), avaliou o efeito de diferentes períodos de maturação sobre as características da carne de bovinos da raça Nelore. Segundo o autor os tempos de maturação (7, 21 e 49 dias) não alteraram os valores de  $a^*$  (7 dias: 13,23 vs 21 dias: 12,66 vs 49 dias: 12,41) mesmo após 49 dias de armazenamento. Porém, a  $L^*$  (7 dias: 39,93 vs 21 dias: 42,72 vs 49 dias: 44,28) e os valores de  $b^*$  (7 dias: 11,80 vs 21 dias: 12,25 vs 49 dias: 12,96) aumentaram durante o período de maturação, o que resultou em carnes mais claras ao longo do tempo.

Segundo Andrade et al. (2010), a maturação da carne durante 4 períodos de tempo (1, 7, 14 e 21 dias) proporcionou alterações crescentes na  $L^*$  (dia 1: 28,8 vs dia 7: 30,67 vs dia 14: 32,95 vs dia 21: 38,95), no  $a^*$  (dia 1: 13,54 vs dia 7: 14,64 vs dia 14: 19,29) e  $b^*$  (dia 1: 1,56 vs dia 7: 2,58 vs dia 14: 6,07), sendo que as alterações mais significativas ocorreram aos 21 dias de maturação. Já Silva (2018) avaliou a cor da carne maturada de novilhos e concluíram que a  $L^*$  e a coloração ( $a^*$  e  $b^*$ ) foram influenciadas pelos tempos de maturação testados (0, 7, 14 e 21 dias). Segundo o autor a  $L^*$  e  $a^*$  sofreu efeito quadrático positivo, em função do tempo de maturação, porém  $b^*$  sofreu efeito quadrático negativo em função dos mesmos tempos de maturação.

### 1.13 Perdas por cocção

Com a utilização de diferentes métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção para o preparo da carne são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar a composição química e o valor nutricional do alimento (García-Arias et al., 2003; Potter; Hotchkiss, 1995).

O processo de cocção da carne é capaz de alterar os teores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca devido à perda de nutrientes e água durante o processo (Rosa et al., 2006). Gokoglu, Yerlikaya e Cengiz (2004) e Steiner-Asiedu, Julshamn e Lie (1991), encontraram que o cozimento realmente é capaz de provocar alterações nos teores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca dos cortes devido à incorporação do meio de cocção e a perda de nutrientes e água para o mesmo.

Segundo Potter e Hotchkiss (1995), a utilização de formas de aquecimento convencionais (chama direta, ar quente, contato direto com chapa quente e outros similares), as fontes de calor fazem com que as moléculas do alimento sejam aquecidas da superfície da peça até o interior da massa muscular, de maneira que o aquecimento ocorre em camadas sucessivas. Isso determina que inicialmente ocorra o cozimento do exterior da peça, o que ocasiona uma coagulação das proteínas das camadas mais externas da peça de carne, e forma um envoltório. Este envoltório é capaz de evitar a perda dos demais componentes da carne para o exterior antes que sua temperatura interna aumente, o que resulta em perdas mais baixas no cozimento.

Em contrapartida, quando a fonte de calor utilizada para o aquecimento da carne se trata de micro-ondas por exemplo, em que a transferência de calor ocorre por meio da irradiação eletromagnética, o calor é gerado de forma muito rápida, sendo distribuído igualmente por toda a peça, o que faz com que as moléculas de água entrem em ebulição no interior do alimento e o vapor formado aquece os sólidos adjacentes por condução que escapa para o meio externo. Por este meio não ocorre a formação de envoltório externo o que ocasiona maiores perdas à cocção (Girard, 1991).

Pitombo et al. (2013) avaliaram as perdas de peso à cocção para as carnes (*Longissimus dorsi*) de 10 bovinos machos inteiros F1 Guzerá x Nelore e 10 bovinos Pardo Suíço x Guzerá x Nelore, abatidos precocemente e não encontraram diferenças entre os diferentes grupos genéticos.

Maggioni et al. (2012) avaliaram o efeito do grupo genético e o grau de acabamento da carcaça nas perdas por cocção do músculo *Longissimus* de bovinos terminados em

confinamento. Foram avaliados animais Nelore;  $\frac{1}{2}$  Limousin x  $\frac{1}{2}$  Nelore e  $\frac{1}{2}$  Red Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore, abatidos com 3 ou 5 mm de EGS. Nos animais com menor grau de acabamento (3,0 mm), os animais Nelore apresentaram as menores perdas de água na cocção em comparação aos grupos  $\frac{1}{2}$  Limousin x  $\frac{1}{2}$  Nelore e  $\frac{1}{2}$  Red Angus x  $\frac{1}{2}$  Nelore (12,9 vs 18,2 vs 21,2 % respectivamente). No entanto, não foram encontradas diferenças entre os grupos genéticos para perdas à cocção no maior grau de acabamento (5 mm).

Kuss et al. (2010) avaliaram as perdas de peso à cocção na carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 meses (superjovens) ou 26 (jovens) meses de idade. Os autores encontraram menor perda à cocção no grupo dos animais superjovens (12,47%) em comparação aos animais jovens (25,95%). Este comportamento, segundo os autores, pode estar associado à menor concentração de colágeno total na carne deste grupo (0,129 vs 0,184 g/100g), pois as fibras de colágeno, quando submetidas ao aquecimento, comprimem as fibras musculares envolvidas por esta proteína, e ocasionam maiores perdas de líquidos da carne (Lawrie, 2005).

## CAPÍTULO 2 – BREED COMPOSITION IMPACTS CARCASS QUALITY AND PROVIDES BEEF WITH POSITIVE HUMANDIETARY FATTY ACID RATIOS

### 2.1 Abstract

The study objective was to determine the impact of breed on carcass traits and fatty acid profiles in the meat of young bulls finished in a feedlot. Nellore (N, BW = 392.6 ± 30 kg, n = 20) and Angus x Nellore crossbreed cattle (AN, BW = 426.5 ± 27 kg, n = 20) were fed *ad libitum* with a concentrate:roughage ratio of 65:35 over 107 and 128 days (AN and N, respectively). After slaughter, the carcasses were evaluated in terms of conformation and finishing and the pH and temperature were monitored for 24 h *postmortem*. Steaks were collected between the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib from the *Longissimus dorsi* muscle 48 h *postmortem* for further analysis. The subcutaneous fat thickness (SFT) and rib-eye area (REA) were measured as well fatty acid profiles. AN had higher final weight than N (637.3 vs. 535.9 kg), average daily gain (1.97 vs. 1.34 kg), average daily carcass gain (1.40 vs. 0.89 kg), hot and cold carcass weight (362.6 vs. 296.4 kg and 358.1 vs. 293.6 kg respectively), and REA (97.1 vs. 79.0 cm<sup>2</sup>) (P < 0.01). However, N had greater SFT than AN (8.3 vs. 5.7 mm, P = 0.02). AN presented better carcass conformation (SC-C vs. R) and homogeneous body fat distribution (3 vs. 1 / 2 degree). Regarding yield cuts, AN presented higher weight of the hindquarter (+16%), forequarter (+20%) and thin flank (+30%). N had higher percentage of hindquarter (P = 0.02) while AN had higher percentage of thin flank (P < 0.01). N had higher levels of lauric acid (P = 0.03), myristic acid (P = 0.02), oleic acid (P = 0.04), and conjugated linoleic acid (CLA) (P = 0.03), and lower levels of palmitic acid (P = 0.04) and stearic acid (P = 0.03) in intramuscular fat. AN had higher levels of saturated fatty acids (P = 0.03), and lower levels of unsaturated (P = 0.03) and monounsaturated (P = 0.04) fatty acids. N had higher activity of  $\Delta^9$  desaturase 18 (P < 0.01) and lower thrombogenicity index (P = 0.04). These data suggest that AN presented quantitative carcass traits superior to those of N, mainly by virtue of their higher performance. Nevertheless, N presented meat with healthier fatty acid profiles for human consumption due to the stage of physiological maturity in which this genetic group was slaughtered.

Keywords: Beef cattle. Conjugated linoleic acid. Crossbreeding. Human health. Lipid profile.

## 2.2 Introduction

The intensification of beef cattle production systems in Brazil, including the use of feedlot in the finishing phase, led to considerable reductions in ages at slaughter and to the heavier slaughter weights. The search for greater biological efficiency, along with greater fast muscle deposition and increase of fat cover, have improved carcass traits and meat quality. There are several other technologies that can be used to improve the productivity and quality of meat, including the use of breeds or different genetic types (Wood et al., 2008).

Compared to European breeds, Zebu have higher carcass yields because of their smaller gastrointestinal tract size, in addition to being more resistant to tropical climates. By contrast, European breeds have higher performance, and greater capacity for depositing intramuscular fat and meat tenderness when compared to Zebu. The crossbreed between Angus and Nelore animals has been frequently used in beef cattle production system in Brazil to explore heterosis and to obtain younger animals at slaughter with good carcass weight, adequate body fat deposition, and high-quality meat (Lopes et al., 2012).

It is in the consumer's interest that meat should have lower content of saturated fatty acids and higher content of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, both of which help prevent cardiovascular diseases. A 2:1 n-6 to n-3 dietary ratio is considered ideal (Simopoulos, 2002); however, typical feedlot diets are estimated to have high n-6:n-3 ratios and consequently high beef ratios (Husted and Bouzinova, 2016).

Although research suggests that conventional meat from finishing diets with high grain content has higher total fat, simply lowering concentrate feed in grain systems and replacing with grass feed stuffs results in lower saturated fatty acids in beef and linearly decreased the n-6:n-3 ratio, which is beneficial to human health (French et al., 2000). Duckett et al. (2013) observed a 6:1 grain-finished beef in Angus crossbreed steers.

There are three factors that can interfere with the fatty acid composition of the meat produced: the feed used, the breed or genetic group, and the age of the animal at slaughter (Pires et al., 2008). Warren et al. (2008) showed that the n-6:n-3 ratio was much lower in steer consuming grass instead grain, but the ratio was not affected by breed (Holstein-Friesian vs. Aberdeen Angus cross steers) at various slaughter ages (14, 19, or 24 mo).

Animals in various genetic groups may present varying lipid compositions in the meat due to the activity of the  $\Delta$ -9 desaturase enzyme in the adipose tissue that varies in terms of saturated and unsaturated fatty acids (Bressan et al., 2011). According to the authors, breed differences can explain 20–31% of the variation of  $\Delta$ -9 desaturase activity while the finished

system explains only 2–8% of this variation.

The objective of this study was to evaluate carcass traits and meat fatty acid profile from Nellore and Angus x Nellore bulls finished in a feedlot.

## 2.3 Materials and methods

### 2.3.1 Treatment, experimental design and feedlot management

All experimental procedures were approved by the Ethics Committee for Animal Use of Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, protocol number 326/2014).

The experiment was conducted at Brazilian Agricultural Research Corporation–Embrapa Maize & Sorghum (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil; 19°28'S; 44°15'W, at 732 m altitude).

We used 40 young bulls of two genetic groups (Nellore (N), BW =  $392.6 \pm 30$  kg, n = 20 and Angus x Nellore crossbreed (AN), BW =  $426.5 \pm 27$  kg, n = 20). At the beginning of the trial, 20 mo old steers from the same property were subjected to the same sanitary and nutritional management.

In the feedlot, the animals were divided into groups according to the breed composition and the animals were allocated to collective pens measuring 20 x 12 m, equipped with feed lanes and drinkers. The pens had sufficient space to ensure adequate animal well-being, with 24 m<sup>2</sup> area per animal. All animals were drenched with an anthelmintic agent prior to the start of feedlot.

The animals received feed composed of corn silage, ground grain corn, soybean grain, and a mineral mixture for feedlot (Table 1), with a concentrate:roughage ratio of 65:35 (DM basis) as total mixed feed provided three times per day *ad libitum* (08:00h; 12:00h and 16:00h). A gain of 200 kg BW during the feedlot period was stipulated as the slaughter criterion. Animals remained in the feedlot for 84 days (AN) and 106 days (NEL).

### 2.3.2 Slaughter and carcass evaluation

Animals were weighed after a 16-hour fasting period at the onset and the end of the trial. A day before slaughter, the animals were shipped 30 km to a federally-inspected commercial slaughterhouse (Mata Bem Slaughterhouse, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil). The slaughter was conducted according to humanitarian procedures required by Brazilian legislation,

following the official rules of RIISPOA (Brasil, 1997). Animals were stunned using the cerebral concussion method (pneumatic-powered stunners), followed by a section of the jugular vein, skin removal, and evisceration.

The average daily carcass gain (ADCG) was calculated according to the following formula:  $ADCG = [HCW - (\text{initial live weight} \times 50\%)] / \text{days in feedlot}$ . Carcass yield was obtained using the following formula:  $CY = (HCW / \text{final live weight}) \times 100$ . The cooling loss was calculated according to the following equation:  $[(HCW - CCW) / HCW] \times 100$  (Gomide et al., 2006).

Carcass conformation (CON) and fat cover scores (FAT) were calculated after skin removal by the same trained professional who assigned scores to the animals according to the National Carcass Typing System model (Brasil, 2004). For CON, development of carcass profiles (such as meat/bone ratio) for particular essential parts were considered and carcasses were classified as follows: R, rectilinear; R-SC, rectilinear-sub convex; or SC-C, sub convex-convex. The FAT was determined by considering the amount of external fat in five parts of the carcass, using a classification range from 1 (low) to 5 (very high).

The temperature and pH were measured on the left side of the carcass between the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib using a Mettler M1120x digital potentiometer equipped with thermometer (Mettler Toledo International Inc., Columbus, OH, USA) at 0 (immediately after the slaughter) 3, 8, 12, and 24 h of refrigeration.

The meat cuts were evaluated 48 h *postmortem* according to Yokoo et al. (2003). Carcasses were divided into forequarter, thin flank, and special hindquarter. The cut weights were used to calculate the percentage of each piece with respect to the total weight of the chilled carcass.

The subcutaneous fat thickness (SFT) and rib-eye area (REA) were measured between the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib on the left side of the cold carcass. For SFT, we used a graduated caliper support, at approximately  $\frac{3}{4}$  of the muscle length (Luchiari Filho, 2000). The REA (cm<sup>2</sup>) was delineated using transparency paper and determined using the Autocad® R14 program as well as by a bench planimeter (Muller, 1987).

### 2.3.3 Fatty acids profile analysis

A sample of the *Longissimus dorsi* muscle (between the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib) was taken from each animal, identified and stored at -18 °C in individual packages for fatty acid profile analysis. Subsequently, they were thawed at 5 °C for 12 hours and subjected to cleaning to

remove subcutaneous fat followed by lipid extraction. The extraction of fatty acids was performed according to the methodology described by Folch et al. (1957).

The fatty acid profile was determined according to Hartman and Lago (1973). A 5-mL sample of lipid extract was concentrated in a water bath at 45 °C with a gentle nitrogen stream followed by saponification with a solution of NaOH in 0.5 M methanol and methylation with NH<sub>4</sub>Cl, methanol, and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

After methylation, 5 mL of hexane was added, and the solution was agitated for 10 s to separate the esterified fatty acids. Three milliliters of the supernatant fraction (hexane and methylated fatty acids) were then removed and again concentrated in a water bath at 45 °C with a gentle nitrogen stream. This extract was diluted with 1 mL of hexane, and 1 µL of this solution was injected into a gas chromatograph with a flame ionization detector (Shimadzu, CG – 2010), equipped with capillary column of 100 m x 0.25 mm x 0.20 µm dimensions (Supleco – SP2560).

The chromatographic conditions were as follows: initial column temperature of 140 °C for 5 minutes and elevation of 4 °C/minute to 240 °C. After reaching 240 °C, the temperature was maintained for 30 minutes. The injector and detector temperatures were maintained at 260 °C.

The several fatty acids were identified by comparison with retention times shown by the C4:0 to C24:0 chromatographic standard 0 (Supelco – TM37 Component FAME Mix, 100 mg Neat). Fatty acid concentrations were determined by the peak areas shown in the chromatogram for each acid concerning fatty acids total area. The data were expressed as a percentage of each fatty acid area.

The atherogenicity index (AI) was calculated using the equation proposed by Ulbricht and Southgate (1991) as an indicator for risk of cardiovascular disease, where:  $AI = [(C12:0) + (4 \times C14:0) + (C16:0)] / (\sum\Omega-6 + \sum\Omega-3 + MUFA)$ .

The thrombogenicity index (TI) was calculated using the equation proposed by Ulbricht and Southgate (1991) as an indicator for onset of coronary thrombosis where:  $TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 \times \sum MUFA) + (0,5 \times \sum\Omega-6) + (3 \times \sum\Omega-3) + (\sum\Omega-3 / \sum\Omega-6)]$ .

The activities of  $\Delta^9$  desaturases and elongase enzymes were determined, according to Malau-Aduli et al. (1997), Kazala et al. (1999) and Pitchford et al. (2002), through mathematical indices, as follows:

$$\Delta^9 \text{ desaturase 16: } 100 [(C16:1 \text{ cis-9}) / (C16:1 \text{ cis-9} + C16:0)].$$

$$\Delta^9 \text{ desaturase 18: } 100 [(C18:1 \text{ cis-9}) / (C18:1 \text{ cis-9} + C18:0)].$$

$$\text{Elongase: } 100 [(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9}) / (C16:0 + C16:1 \text{ cis-9} + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})].$$

### 2.3.4 Statistical analysis

The data for carcass conformation and finishing evaluations were analyzed using Pearson's Chi-Square statistical test ( $\chi^2$ ). Created images showed variations in the diameter and color of the circles that changed according to the results obtained. The circle's diameter represents Pearson's residue; therefore, the largest circle's diameter will be equivalent to the greatest residue value obtained; consequently, it will represent the concentration observations obtained for that score. The color of the circle reveals that the highest value of the expected proportion compared to observed will be closer to the dark red color. On the other hand, the highest value of the observed proportion compared to expected will be closer to the dark blue color.

The initial body weight was used as a covariate in the statistical model for the carcass variables. In the case of non-significance, this parameter was removed from the model and the analysis was performed again, without the covariate.

The statistical design used for characteristics that did not vary over time was a completely random design, following the model:

$$Y_{ij} = \mu + \text{treatment}_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = response variable measured in the genotype  $i$  on repetition  $j$

$\mu$  = mean effect

Treatment  $i$  = genotype (N or AN)

$e_{ij}$  = experimental genotype error  $i$  on repetition  $j$

The statistical design used for characteristics that varied over time (pH and temperature) was a factorial arrangement of plots subdivided over time, following the model:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{genotype}_i + \text{time}_j + \text{time} \times \text{genotype} + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = response variable measured in the genotype  $i$  on time  $j$  on repetition  $k$

$\mu$  = mean effect Genotype  $i$  = N or AN

Times  $j$  = cooling times (0, 3, 8, 12 e 24 hours)

$e_{ijk}$  = experimental genotype error  $i$  on time  $j$  on repetition  $k$

## 2.4 Results

### 2.4.1 Carcass traits

The AN animals presented higher values ( $P < 0.01$ ) for final body weight (+19%), average daily gain (ADG) (+47%), average daily carcass gain (ADCG) (+57%), hot carcass

weight (+22 %), cold carcass weight (+22 %), dressing percentage (56.9 vs. 55.3 %), and REA (+23%) (Table 2). By contrast, N animals had higher STF (8.3 vs. 5.7 mm,  $P = 0.02$ ). There were no differences between breeds with respect to cooling losses ( $P > 0.05$ , Table 2).

Predicted carcass composition is shown in Figures 1 and 2. FAT values were influenced by the genetic groups. There was a higher frequency of observation for the crossbred animal's carcass in score 3. For N animals, a higher frequency of observation was observed in scores 1 and 1/2. Thus, AN visually showed a better carcass finishing pattern (Figure 1).

Carcass conformation was also influenced by genetic groups. It was observed that the AN presented, in general, a convex conformation carcass while N presented a rectilinear carcass pattern (Figure 2).

There was a significant interaction between treatments, with pH and temperature values differing ( $P < 0.05$ ) between genetic groups and cooling times. For both genetic groups, pH and temperature over time showed a linear decrease ( $P < 0.05$ ) (Figure 3).

The AN animals had higher weights of the forequarter ( $P < 0.01$ ), hindquarter ( $P = 0.02$ ), and thin flank ( $P < 0.01$ ) (Table 3). According to cuts yields, although both breed compositions presented higher proportions of hindquarter, AN had higher thin flank yield (14.8 vs 13.6%,  $P < 0.01$ ), and less hindquarter yield (45.7 vs 46.8%,  $P = 0.02$ ). However, there was no significant difference in the forequarter yields between groups ( $P > 0.05$ ).

The rib-eye area showed a significant correlation within weights from the main carcass cuts of both genetic groups ( $P < 0.01$ ) (Table 4).

#### 2.4.2 Fatty acid profile

Meat FA profiles, expressed as % of total FAs, for each genetic group are shown in Table 5. The highest concentrations of FA in intramuscular fat for both genetic groups were oleic (C18:1 *cis*-9), palmitic (C16:0), and stearic (C18:0) acids which represent 78.5% (N) and 80.9 % (AN) of the total FAs. The oleic acid concentration corresponded to half of this portion, although some fatty acids showed proportions between 1% and 5% (C14:0, C16:1*cis*, C18:1*cis*, C18:1*trans*, C18:2*cis*), most of them represent less than 1% of the total FAs, individually.

There were differences between the genetic groups for saturated FA; N had higher lauric and myristic and lower palmitic and stearic acids concentrations.

With respect to MUFA, N showed higher concentrations of myristoleic ( $P = 0.03$ ) heptadecenoic ( $P = 0.04$ ), and oleic acids ( $P = 0.04$ ).

The only difference observed between the genetic groups for PUFA was the conjugated

linoleic acid (C18: 2 cis-9 trans-11, CLA). CLA had higher concentrations in the intramuscular fat of N animals (+ 32%,  $P = 0.05$ ) (Table 5).

AN animals showed higher concentrations of total saturated fatty acids ( $P = 0.03$ ) and lower concentrations of unsaturated ( $P = 0.03$ ) and monounsaturated fatty acids ( $P = 0.04$ ) when compared to N animals. However, there was no significant difference for polyunsaturated fatty acids concentration, unsaturated/saturated ratio,  $\Omega$ -3, and  $\Omega$ -6 fatty acids concentration as  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio between genetic groups (Table 6).

The N animals showed higher value for the  $\Delta^9$  desaturase 18 enzyme activity ( $P < 0.01$ ), whereas AN animals showed a higher value for the thrombogenicity index ( $P = 0.04$ ) (Table 6).

## 2.5 Discussion

### 2.5.1 Carcass traits

The superior slaughter weight and measurements for AN are related to the greater animal performance presented by these animals. The Angus genetics were responsible for the superior carcass traits. AN's advantage is attributable to their European origin, which led to higher final body weights, HCW, and REA. Moreover, AN animals obtained both higher CON and FAT scores.

The higher final body weights in the AN animals is a consequence of their higher growth rate (1.97 vs 1.34 kg d<sup>-1</sup> for AN and N, respectively, Table 2), which also provided greater ADGC. Nellore started the deposition of fat at weights less than the AN, causing a decrease in feed efficiency and ADG in the final finishing stage (data not shown). This explains the higher SFT value in N (8.3 vs. 5.7 mm,  $P < 0.01$ ). Even AN animals had lower SFT (both groups were above 3 mm) which is the lowest value recommended by the Brazilian market for carcasses not to be penalized.

In general, the crossbreed between *B. taurus* and *B. indicus* results in animals with greater weight at slaughter, especially when finished on diets with high energy content. However, smaller genetic groups such as Nellore animals, reach physiological maturity faster, and are slaughtered earlier and at lower weights for the same amount of body fat (Lopes et al., 2012). Goulart et al. (2008) found greater slaughter weight for Angus animals compared to Nellore for the same amount of body fat. The final body weights were similar to those reported in previous experiments using Angus cross and Nellore cattle.

Generally, Zebu have smaller digestive tracts and non-carcass components (paw, head,

leather, among others) that are lighter than those of European animals, favoring higher dressing percentage. However, dressing is also influenced by the degree of finishing at the time of slaughter. Although the animals were slaughtered at the same ages and they were at different physiological points, it can be inferred that AN animals were still in the muscle tissue deposition phase, resulting in higher dressing, while N animals were already in the adipose tissue deposition phase.

Brazilian beef commercialization generally is based on hot carcass weight, so dressing is one of the most important carcasses qualities to be considered. Although AN animals were superior to N from an economic point view, dressing of N achieved 55.3%, which can be considered satisfactory, because many slaughterhouses consider only 50% of carcass yield when buying animals based on their final live body weight (Lopes et al., 2012).

REA was larger for AN than for N animals (97.1 vs 79.0 cm<sup>2</sup>). This can be explained by the AN frame size, which is characterized by weight associated with the degree of maturity and the sex, as well as skeletal size, represented by height and body length as a function of age (Di Marco et al., 2007). Animals with different frame sizes have different growth curves; high frame size animals reach physiological maturity later. Therefore, the higher REA value in the AN animals suggests the positive effect of crossbreeding on the increase of both muscularity and body size.

The FAT scores are calculated according to fat cover observations at different points of the carcass, so the carcass that presents a more homogeneous and uniform pattern will present higher final scores and better classification. Convex carcasses present better deposition of muscle tissue in the rear compared to the concave pattern. These carcasses have greater commercial value owing to the greater quantity of cuts with high economic value. European breeds specialized in meat production enhance these traits to a greater degree as compared to N, because they have greater growth potential and muscle tissue depositing capacity in the hindquarter.

According to Luchiari Filho (2000), the ideal yield values for bovine carcasses are above 48% for the hindquarter, up to 39% for the forequarter, and up to 13% for thin flanks. These values are close to those observed in this study. The demand for higher hindquarter carcass yields is explained by the fact that most of the carcass special cuts are found in this region, providing greater commercial value. Nellore had higher hindquarter yield and lower thin flank yield, possibly due to the physiological maturity difference between the groups. According to Berg and Butterfield (1976), hindquarter muscles have earlier development and, as the weight of hindquarter cuts increases, their growth speed tends to decrease. Also according to the

authors, forequarter performance undergoes fewer changes with the carcass weight increase. The hindquarter yield decrease occurs due increased participation of thin flank in the carcass, because abdominal muscle development is slower than hindquarter development.

Higher weights of the carcass quarter presented by AN animals are explained by the higher slaughter weight and carcass weight shown by this genetic group. Heavier carcass quarters would have higher commercial values than lighter carcasses from Nellore, which would generate greater income from their commercialization. However, the correlation between REA and carcass cuts weights was higher (from moderate to strong) for N animals (from weak to moderate). A possible explanation for the lower correlation found in AN animals is because this genetic group continuing to grow, and this could cause changes in the REA size. By contrast, even with the variation presented between genetic groups, we found that REA can be used to indicate the carcass cuts weight, and the highest REA value will tend toward the greater carcass cut weight.

Fat coverage is related to cooling losses. The greater the subcutaneous fat cover of the carcass, the fewer losses due to cooling during the refrigeration process. No differences were observed between genetic groups, suggesting that, in addition to adequate fat coverage, carcasses were handled and stored correctly in the cold room. Lopes et al., (2012) found 1.49% and 1.46% of loss values due to cooling in  $\frac{3}{4}$  Taurine x  $\frac{1}{4}$  Zebu and Nellore, respectively. The authors confirmed that the similarity between values for both genetic groups may be due to the same subcutaneous fat cover presented between genetic groups (4.0 mm). Thus, lower values found for cooling loss in this study can be explained by the higher values of SFT cover obtained by the genetic groups.

Although a difference in the first pH measurement between genetic groups was observed, the pH drop for both carcasses was as expected. According to Savell et al. (2005), normally, the muscular pH presents values close to 7.0 immediately after slaughter, and subsequently, decreases until approximately 5.3 to 5.8 in a period of 18 to 40 hours after slaughter. We observed that both genetic groups showed carcasses with 24-hour pH within the standard recommended by the slaughterhouse industry, which considers the pH value below 5.8 to be ideal, with 6.0 being the greater allowed value (Figure 3).

Generally, Zebu animals are more susceptible to stress before slaughter, which could contribute to a lower amount of muscle glycogen. Nevertheless, this situation was not found in this genetic group, and both groups had 24-hour pH within the standards described by Roça (2000), suggesting that the muscle tissue glycogen reserve was adequate at the time of slaughter.

These findings suggest taht feedlot finishing system can explain the preservation of

glycogen reserves in the animals. In this system, they are managed intensively in addition to receiving diets with high energy value. This can reduce stress during transport from feedlot to slaughterhouse and contributes to greater reserves of muscle glycogen.

Nellore had higher carcass temperature values ( $P < 0.01$ ) over the refrigeration times, except for 0 hour time, compared to AN animals (Figure 3). According to Laborde et al. (2001) the factors that most influence cooling speed are carcass specific heat, storage chamber temperature, and the carcass amount of fat covering. Fat covering reduces the speed of heat loss of the carcass when exposed to cold, as it works as a thermal insulator, and helps to prevent carcass from getting dark, dehydrate and meat tenderness reduction. The greater SFT presented by Nellore animals (8.25 mm vs 5.66 mm) may have been responsible for the slow temperature drop inside the muscle mass. Nevertheless, even with the difference found in the 24-hour temperature between genetic groups ( $P < 0.01$ ), both results were within the values recommended by Roça (2000) for carcasses with 24 hours of cooling, with values below 10 °C.

### 2.5.2 Fatty acids profile

Some fatty acids in intramuscular fat have the potential to raise serum levels of low-density lipoprotein (LDL) and cholesterol, and to initiate coronary heart disease due to the low amount of liver receptors for these fatty acids in humans. The fatty acids lauric (C12:0), myristic (14:0), and palmitic are considered hypercholesterolemic fatty acids. Thus, the intramuscular fat of N animals showed higher concentrations of lauric ( $P = 0.03$ ) and myristic acids ( $P = 0.02$ ), and lower concentrations of palmitic acid ( $P = 0.04$ ), but no difference was found for other fatty acids saturated in the intramuscular fat between the genetic groups ( $P > 0.05$ ).

Because N animals showed higher SFT, this genetic group has higher lipid synthesis at the time of slaughter. The final lipogenesis product in animal tissues is generally palmitic acid, although this acid constitutes only 20% to 30% of the total fatty acids present in meat (Rule et al., 1995). An explanation for the lower and higher myristic and oleic acids concentrations, respectively, ( $P = 0.04$ ) in the intramuscular fat of N animals is the greater transformation of palmitic acid into oleic acid through elongation and desaturation by the enzyme  $\Delta^9$  desaturase (*stearoyl-CoA desaturase*) (Malau-Aduli et al., 1997).

The higher concentration of CLA found in the intramuscular fat of Nellore animals ( $P = 0.05$ ) may be partly associated with a concentration of vaccenic acid, even with a similar concentration of vaccenic acid between the genetic groups ( $P > 0.05$ ), because the vaccenic acid is converted to CLA (Table 5).

According to Kazama et al. (2008), with the highest concentrations of vaccenic acid in relation to CLA, it is suggested that the first steps of ruminal biohydrogenation occur more quickly than the conversion of vaccenic acid to stearic acid. Therefore, vaccenic acid accumulates in the rumen and becomes more available for absorption after it reaches the intestine and can be converted to CLA. However, according to Griinari and Bauman (1999), in addition to the conversion of vaccenic acid into CLA, CLA concentration in fat tissue can also be influenced by the ruminal escape rate of partially biohydrogenated fatty acids.

Dannenberger et al. (2004) reported that there are ten CLA isomers in beef and that a *cis-9 trans-11* form represents approximately 70% of the total isomers. The authors also found that this isomer has anticarcinogenic and antiteratogenic effects, and is capable of changing lipid metabolism through the enzyme acetyl-CoA carboxylase gene expression related to body lipids synthesis. This suggests that meat with higher CLA content would be more beneficial to human health.

The lower saturated fatty acid levels found in N animals fat are associated with greater desaturation capacity of these fatty acids by desaturases. In the same way, because there was greater saturated fatty acid desaturation for unsaturated fatty acid synthesis, mainly oleic acid synthesis (monounsaturated) (40.9% vs. 35.2%), the sum of unsaturated and monounsaturated fatty acids was higher for N animals than for AN.

The predominance of unsaturated fatty acids in intramuscular fat over saturated fatty acids can also be explained by reasons that go beyond the activity of desaturases. According to Di Marco et al. (2007), diets with contents above 50% of concentrate, reduce ruminal pH, thereby decreasing fatty acids biohydrogenation and favoring their absorption in the small intestine. Jenkins et al. (2008) reported that the highest passage rates of feedlot diets can increase the unsaturated fatty acid escape from the rumen.

These results also accord with those proposed by Huerta-Leidnenz et al. (1993). These authors reported that *B. indicus* animals tended to present less saturated fatty acids in the fat tissue than animals of taurine origin and their crossbreeds. This may be related to lower ruminal volume, consequently affecting the unsaturated fatty acid biohydrogenation.

The  $\Omega$ -6 and  $\Omega$ -3 fatty acids families compete for the same enzymes involved in chain elongation and desaturation reactions. The  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio assumes great importance in human nutrition resulting in several recommendations from various health agencies. According to Martin et al. (2006), there is a trend toward convergence of the  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio for 4:1 to 5:1. However, ratios of 2:1 to 3:1 have been recommended because this allows a greater conversion of  $\alpha$ -linolenic acid into docosahexaenoic acid (DHA), which reaches its maximum conversion

value in a ratio of 2.3:1 (Master, 1996).

Both genetic groups showed values above the proposed recommendations for the  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio. Nevertheless, it should be emphasized that meat is an ingredient of human nutrition; not only should the  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio should be considered, but also the  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 ratio of the consumed diet. Meat consumption should be encouraged, because meat contains several fatty acids that are beneficial to human health, including CLA, which is found only in animal products, especially in ruminant products.

The  $\Delta^9$  desaturase 18 activity is calculated by a mathematical model that considers the levels of tissue oleic acid, which directly influences its result. Because the N animals were slaughtered at more advanced stage of maturity than the AN, there was a greater lipid synthesis in this genetic group, suggesting more of this enzyme activity.

In the same way, there was a tendency ( $P = 0.06$ ) of superiority for  $\Delta^9$  desaturase 16 and elongase values for N animals. This can be explained by the fact that palmitic acid is the final product of lipogenesis, and it is quickly converted to palmitoleic acid by  $\Delta^9$  desaturase 16 or is extended to the stearic acid form by the action of elongase. Stearic acid formed through palmitic acid elongation can be acted upon by  $\Delta^9$  desaturase 18 to form oleic acid. Thus, the lower concentration of palmitic acid and the higher concentration of oleic acid demonstrates that N were performing more fatty acid biosynthesis than were AN animals.

According to Bressan et al. (2011), variations between genetic groups can explain 20–31% in the  $\Delta^9$  desaturases activity variation observed, while the finishing system can explain only 2–8% of the enzyme variation. These differences in lipid profile deposition may be associated with the speed of mechanisms of enzyme action and metabolic pathways of animal metabolism. These characteristics tend to differ between *B. indicus* and *B. taurus* animals and their crossbreeds, mainly due to the evolutionary processes of adaptation to the environmental conditions that they have been exposed over time.

The thrombogenicity index considers the myristic, palmitic, and stearic fatty acids to be thrombogenic, and the mono- and polyunsaturated fatty acids to be anti-thrombogenic. The AN animals had higher palmitic and stearic acid concentrations and lower monounsaturated fatty acids concentrations, contributing to this genetic group having a higher thrombogenic index and consequently associated with a higher probability of platelet aggregation.

Lipids can promote or prevent diseases such as atherosclerosis and coronary thrombosis because they have effects on plasma cholesterol. It is suggested that lower thrombogenicity atherogenicity indexes (better fat lipid profile), strengthen the ability to prevent diseases, especially cardiovascular disease (Turan et al., 2007).

## 2.6 Conclusion

Crossbred cattle showed superior qualitative and quantitative carcass characteristics to those of Nellore cattle, by virtue of their greater performance. Nevertheless, Nellore cattle produced meat with healthier fatty acid profiles for human consumption secondary to the stage of physiological maturity at which this genetic group was slaughtered.

## 2.7 References

- A. P., 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular Berg, R. T., Butterfield, R. M., 1976. New concepts of cattle growth. New York: SidneyUniversity.
- Brasil. Decreto n. 30.691 - 5 jul. 1997. Alterado pelos Decretos n. 1.255 - 25 jun. 1962, n. 1.236 Brasil. Instrução normativa nº 9 de 4 de maio de 2004. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de maio de 2004. - 02 set. 1994, n. 1.812 - 08 fev. 1996 e n. 2.244 - 04 jun. 1997. Approves the industrial and sanitary inspection regulation for products of animal origin (RIISPOA). Diário Oficial da União, seção I, p. 11.555. Brasília, 5 jul. 1997.
- Bressan, M. C., Rossato, L. V., Rodrigues, S. P., Alves, S. P., Bessa, R. J., Ramos, E. M., Gama, Cappelle, E. R., Valadares Filho, S. C., Silva, J. F. C., Cecon, P. R., 2001. Estimates of the energy value from chemical characteristics of the feedstuffs. *Braz. J. Anim. Sci.* 30, 1837-1856. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>.
- Dannenberger, D., Nuernberg, G., Scollan, N., Schabbel, W., Steinhart, H., Ender, K., Nuernberg, K., 2004. Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1 trans fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. *J. Agric. Food Chem.* 52, 6607-6615. <https://doi.org/10.1021/jf049511l>.
- Di Marco, O. N., Barcellos, J. O., Costa, E. C., 2007. Crescimento de bovinos de corte, seconded. Porto Alegre. Nespro.
- Duckett, S. K., Neel, J. P. S., Lewis, R. M., Fontenot, J. P., Clapham, W. M., 2013. Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *J. Anim. Sci.* 91(3), 1454-1467. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5914>.
- E. M., Oliveira, D. M., 2012. Characteristics of carcass and commercial meat cuts from Red Norte and Nellore young bulls finished in feedlot. *Braz. J. Anim. Sci.* 41, 970-977. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400020>.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509. (DOI)
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Moloney, fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78(11), 2849-2855. <https://doi.org/10.2527/2000.78112849x>.
- Gomide, L. A. M., Ramos, E. M., Fontes, P. R., 2006. Tecnologia de abate e tipificação

decarcaças, first ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.

Goulart, R. S., Alencar, M. M., Pott, E. B., Cruz, G. M., Tullio, R. R., Alleoni, G. F., Lanna, D., Huerta-Leidenz, R. O., Cross, H. R., Savell, J. W., Lunt, D. K., Baker, J. F., Pelton, L. S., Smith, Husted, K. S., & Bouzinova, E. V., 2016. The importance of n-6/n-3 fatty acids ratio in the major depressive disorder. *Medicina*, 52(3), 139-147.

<https://doi.org/10.1016/j.medic.2016.05.003>.

Griinari, J. M., Bauman, D. E., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants, in: Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G. (Eds.), *Advances in conjugated linoleic research*. Champaign: AOCS, pp. 180-200.

Hartman, L., Lago, R. C., 1973. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab. Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., Mosley, E. E., 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. J. Anim. Sci.* 86, 397-412. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>.

Kazala, E. C., Lozeman, F. J., Mir, P. S., Laroche, A., Bailey, D. R., Weselake, R. J., 1999. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. *J. Anim. Sci.* 77, 1717-1725. <https://doi.org/10.2527/1999.7771717x>.

Kazama, R., Zeoula, L. M., Prado, I. N., Silva, D. C., Ducatti, T., Matshushita, M., 2008. Quantitative and qualitative carcass characteristics of heifers fed different energy sources on a cottonseed hulls and soybean hulls based diet. *Braz. J. Anim. Sci.* 37, 350-357.

<https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000200023>.

L. T., 2011. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *J. Anim. Sci.* 89, 221-232.

<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2672>.

Laborde, F. L., Mandell, I. B., Tosh, J. J., Wilton, J. W., Buchanan-Smith, J. G., 2001. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 79, 355-365.

<https://doi.org/10.2527/2001.792355x>.

Lopes, L. S., Ladeira, M. M., Machado Neto, O. R., Paulino, P. V. R., Chizzotti, M. L., Ramos, Maciel, I. C. F., Barbora, F. A., Tomich, T. R., Ribeiro, L. G. P., Alvarenga, R. C., Lopes, L. S., Malacco, V. M. R., Rowntree, J. E., Thompson, L. R., LANA, A. M. Q., 2019. Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system? *Plos One.* 14, e0220247.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220247>.

Luchiari Filho, A., 2000. *Pecuária de corte*, first ed. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora.

Malau-Aduli, A. E. O., Siebert, B. D., Bottema, C. D. K., Pitchford, W. S., 1997. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 48, 715-722. <https://doi.org/10.1071/A96083>.

Martin, C. A., Almeida, V. V., Ruiz, M. R., Visentainer, J. E. L., Matshushita, M., Souza, N. E., Visentainer, J. V., 2006. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. *Braz. J. Nutr.* 19, 761-770. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000600011>.

Master, C., 1996. n-3 fatty acids and peroxisome. *Mol Cell Biochem.* 165, 83-93. <https://doi.org/10.1007/BF00229469>.

- Muller, L., 1987. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos. seconded. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- P. D., 2008. Body composition and protein and energy net requirements of steers of four genetic groups finished in feedlot. *Braz. J. Anim. Sci.* 37, 926-935. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500022>.
- P. L., Mourão, D. M., 2008. Centesimal composition and fatty acids profile of veal calves fed protected lipids. *Food Sci. Technol.* 28, 178-183. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500028>.
- Pires, I. S. C., Rosado, G. P., Costa, N. M. B., Monteiro, J. B. R., Oliveira, R. S., Jaeger, S. M. Pitchford, W. S., Deland, M. P. B., Siebert, B. D., Malau-Adulian, A. E. O., Bottema, C. D. K., 2002. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *J. Anim. Sci.* 80, 2825-2832, 2002. <https://doi.org/10.2527/2002.80112825x>. 70, 449-459. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.027>.
- Roça, R. O., 2000. Tecnologia da carne e produtos derivados. First ed. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp.
- Rule, D. C., Smith, S. B., Romans, J. R., 1995. Fatty acids composition of muscle and adipose tissue of meat animals. In: Smith, S. B., Smith, D. R. (Eds.). *The biology of fat in meat animals*. Champaign: American Society of Animal Science. pp. 144-165.
- Savell, J. W., Mueller, S. L., Baird, B. E., 2005. Review: the chilling of carcasses. *Meat Sci.* Simopoulos, A. P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.* 56(8), 365-379. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-3](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-3)
- Turan, H., Sönmez, G., Kaya, Y., 2007. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray from the Sinop coast in the Black Sea. *J. Fish. Sci.* 1, 97-103. <https://doi.org/10.3153/jfscom.2007012>.
- Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet.* 338, 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m). S. B., 1993. Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 71, 625-630. <https://doi.org/10.2527/1993.713625x>.
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., Wood, J. D., 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.* 78(3), 256-269. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.008>.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F. M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat sci.* 78(4), 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>. *Pract.* 22, 475-476.
- Yokoo, M.; Araujo, F., Sainz, R. D., Rocha, G., 2003. Comparison among commercial beef cuts in Brazil, Australia and the United States. p. 189-191. In: *Proceedings of the 49th International Congress Meat Science Technology, Campinas. Brazilian International Congress Meat Science Technology, Campinas, Brazil.*

## 2.8 Tables and figures

**Table 1.** Food and chemical composition of the total mixed diet used in the feedlot

Ingredients	Composition (% DM)
Corn silage	35.0
Ground grain corn	54.0
Soybean grain	5.0
Mineral mix	6.0
Nutrients	
Dry matter	58.3
Ash	4.3
Organic matter	86.8
Crude protein	16.0
Ether extract	4.2
Neutral detergent fiber	27.4
Total digestible nutrients <sup>1</sup>	75.4

<sup>1</sup> TDN estimated according to the equation described by Cappelle et al. (2001), for total mix diet: TDN (%) = 91.0246 – 0.571588 x NDF

**Table 2.** Means and standard errors of the means (SEM) for carcass traits from AN and N finished in feedlot

	AN	N	SEM	P
Final body weight (kg)	637.3	535.9	8.13	<0.01
Average daily gain (kg)	1.97	1.34	0.03	<0.01
Average daily carcass gain (kg)	1.40	0.89	0.02	<0.01
Hot carcass weight (kg)	362.6	296.4	6.88	<0.01
Cold carcass weight (kg)	358.1	293.6	7.21	<0.01
Dressing (%)	56.9	55.3	0.30	<0.01
Subcutaneous fat thickness (mm)	5.7	8.3	0.71	0.02
Rib-eye area (cm <sup>2</sup> )	97.1	79.0	2.40	<0.01
Cooling losses (%)	1.24	0.94	0.11	0.19

**Table 3.** Means and standard errors of the means (SEM) for weight and forequarter, special hindquarter, and thin flank yields of cold carcasses from AN and N finished in feedlot.

	AN	N	SEM	P
Forequarter (kg)	138.5	115.4	3.16	<0.01
Forequarter (%)	39.3	39.4	0.32	0.19
Hindquarter (kg)	160.9	137.4	3.44	<0.01
Hindquarter (%)	45.7	46.8	0.33	0.02
Thin flank (kg)	52.3	40.1	1.13	<0.01
Thin flank (%)	14.8	13.6	0.20	<0.01

**Table 4.** Correlation between rib-eye area (REA) and carcass quarters weight from AN and N finished in feedlot.

Correlation	AN	P	N	P
REA vs hindquarter cut weight	0.30	<0.01	0.91	<0.01
REA vs forequarter cut weight	0.46	<0.01	0.91	<0.01
REA vs thin flank cut weight	0.53	<0.01	0.61	<0.01

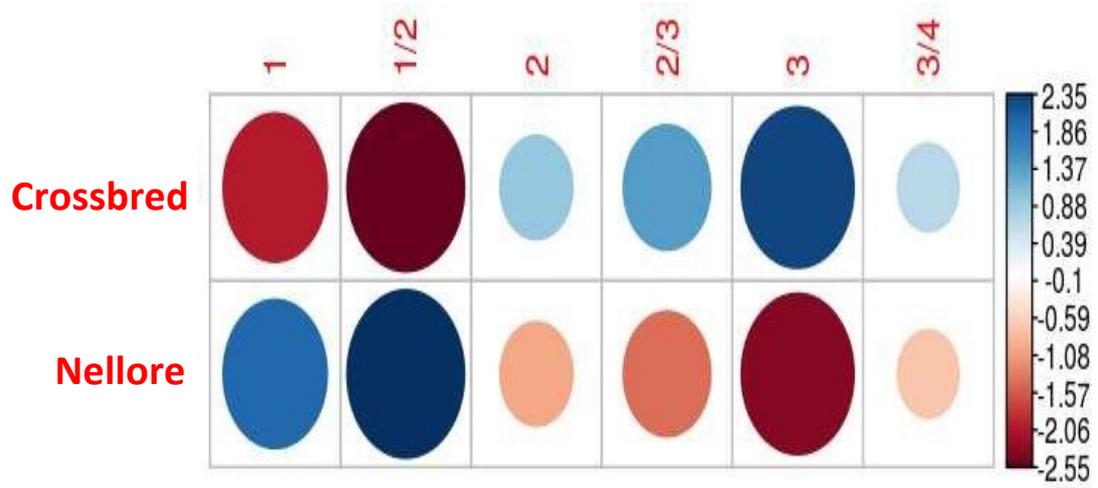
**Table 5.** Means and standard errors of the means (SEM) for *Longissimus dorsi* muscle fatty acids composition of carcasses from AN and N finished in feedlot

Fatty acid (FA) (%)	Carbon	AN	N	SEM	P
<i>Saturated FA (SFA)</i>					
Lauric	C12:0	0.05	0.07	0.005	0.03
Myristic	C14:0	2.26	2.87	0.17	0.02
Pentadecylic	C15:0	0.26	0.27	0.01	0.75
Palmitic	C16:0	27.3	23.3	0.01	0.04
Margaric	C17:0	0.70	0.64	0.03	0.33
Stearic	C18:0	18.4	14.3	0.46	0.03
Arachidic	C20:0	0.09	0.07	0.005	0.15
<i>Monounsaturated FA (MUFA)</i>					
Myristoleic	C14:1 ( <i>cis</i> 9)	0.61	0.86	0.17	0.03
Palmitoleic	C16:1 ( <i>cis</i> 9)	2.79	3.26	0.22	0.16
Heptadecenoic	C17:1 ( <i>cis</i> 10)	0.43	0.55	0.34	0.04
Oleic	C18:1 ( <i>cis</i> 9)	35.2	40.9	0.58	0.04
Octadecenoic	C18:1 ( <i>cis</i> 11,12,13,15)	2.56	2.9	0.10	0.21
Vaccenic	C18:1 ( <i>trans</i> 11)	1.36	1.40	0.12	0.83
<i>Polyunsaturated FA (PUFA)</i>					
Linoleic	C18:2 n-6 ( <i>cis</i> 9,12)	4.25	4.48	0.49	0.76
Conjugated Linoleic (CLA)	C18:2 ( <i>cis</i> 9, <i>trans</i> 11)	0.22	0.29	0.02	0.05
$\alpha$ -Linoleic (ALA)	C18:3 n-3 ( <i>cis</i> 9,12,15)	0.32	0.40	0.03	0.11
Dihomo- $\gamma$ -linoleic	C20:3	0.18	0.19	0.14	0.75
Arachidonic	C20:4 n-6	0.89	0.97	0.02	0.68
Eicosapentaenoic (EPA)	C20:5 n-3	0.15	0.17	0.10	0.57
Docosapentaenoic (DPA)	C22: 5 n-3	0.35	0.39	0.04	0.58
<i>Sum and ratio</i>					
$\Sigma$ Saturated		49.8	42.4	3.11	0.03
$\Sigma$ Unsaturated		50.2	57.6	3.09	0.03

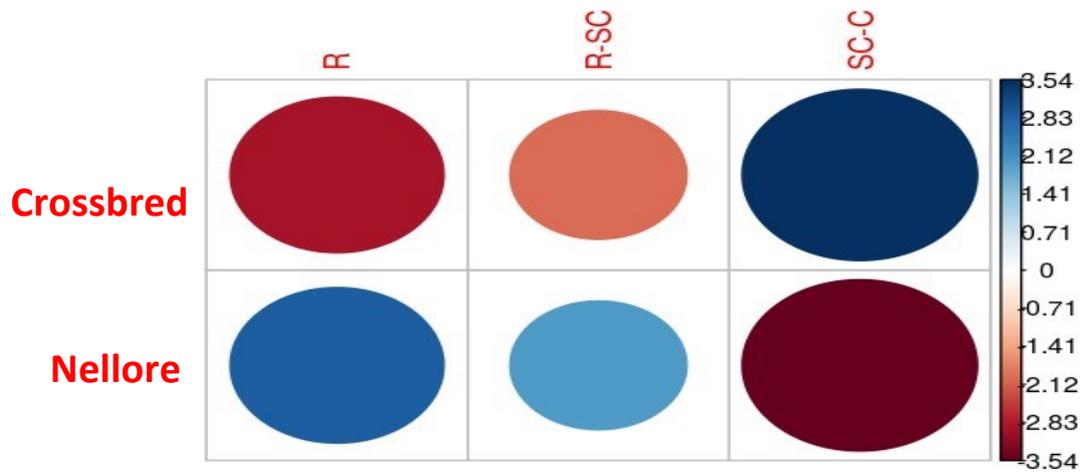
Fatty acid (FA) (%)	Carbon	AN	N	SEM	P
$\Sigma$ Monounsaturated		43.4	50.4	3.20	0.04
$\Sigma$ Polyunsaturated		6.5	7.0	0.77	0.61
Unsaturated/saturated		0.13	0.16	0.02	0.22
$\Omega$ -6		5.35	5.67	0.79	0.74
$\Omega$ -3		0.50	0.61	0.05	0.15
$\Omega$ -6 / $\Omega$ -3		11.4	9.0	2.54	0.37

**Table 6.** Means and standard errors of the means (SEM) for desaturases, elongase, atherogenicity, and thrombogenicity indexes of carcasses from AN and N finished in feedlot

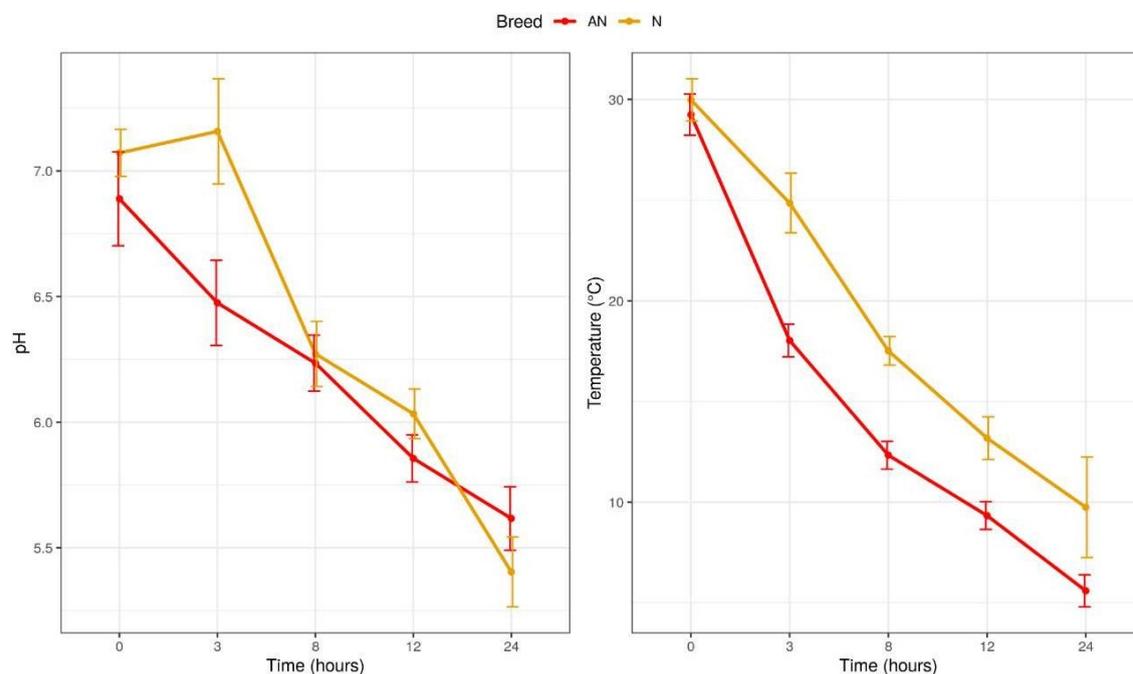
Indexes	AN	N	SEM	P
$\Delta^9$ desaturase 16	9.66	12.3	1.23	0.06
$\Delta^9$ desaturase 18	65.3	74.1	3.81	<0.01
Elongase	64.1	67.5	1.63	0.06
Atherogenicity	0.65	0.70	0.02	0.11
Thrombogenicity	1.97	1.36	0.27	0.04



**Figure 1.** Monteiro et al.



**Figure 2.** Monteiro et al.



**Figure 3.** Monteiro et al.

### Figure captions

**Fig. 1.** Results related to observations of carcasses finishing degree for AN and N animals.

**Fig. 2.** Results related to observations of carcasses conformation for AN and N animals. R: rectilinear; R-SC: rectilinear-sub convex; SC-C: sub convex-convex

**Fig. 3.** pH (left) and temperature (right) decline experimental curves from sampled carcasses from two genetics groups. The bars represent the 95% confidence interval. Average overlapping bars are statistically equal.

## 2.9 Referências bibliográficas

- ARCHIBEQUE, S. L.; LUNT, D. K.; GILBERT, R. K.; *et al.* Fatty acid indices of stearoyl-Coa dessaturase do not reflect actual stearoyl-Coa dessaturase enzyme activities in adipose tissues of beef steers finished with corn-, flaxseed-, or sorghum-based diets. *Journal of Animal Science*, v. 83, p. 1153-1166, 2005.
- ARRIGONI, M. D. B; JÚNIOR, A. A.; DIAS, P. M. A.; *et al.* Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.10, p.1033-1039, 2004.
- BARCELLOS, V. C.; MOTTIN, C.; PASSETTI, R. A. C.; *et al.* Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 39, n. 4, p. 437-448, 2017.
- BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M; *et al.* Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.
- BRASIL. Decreto n. 30.691-5 jul. 1997. Alterado pelos Decretos n. 1.255- 25 jun. 1962, n.1.236- 02 set. 1994, n. 1.812- 08 fev. 1996 e n. 2.244- 04 jun. 1997. Aprova o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA). *Diário Oficial da União*, seção I, p. 11.555. Brasília, 5 jul. 1997.
- BRASIL. Instrução normativa nº 9 de 4 de maio de 2004. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças. *Diário Oficial da União*, Brasília, 4 de maio de 2004.
- BRAZ, M. B. P.; PINTO, A. B. M. R.; GIANGARELI, B. L.; *et al.* Efeito do grupo genético, da classe sexual e da idade no peso da carcaça quente de bovinos, v.1, p.1-4, 2014.
- BRESSAN, M. C.; ROSSATO, L. V.; RODRIGUES, S. P.; *et al.* Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *Journal of Animal Science*, v. 89, n. 1, p. 221–232, 2010.
- BRIDI, A. M.; CONSTANTINO, C.; TARSITANO, M. A. Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto. *Produção Animal a Pasto*, v.1, p.311-332, 2011.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. *Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína*. Londrina: Midiograf, 2006. 120p.
- CARMO, T. F.; FERRO, D. A. C.; SILVA, I. R.; *et al.* Desempenho produtivo, comportamentais e fisiológicos de bovinos Guzerá e ½ Guzerá-Aberdeen Angus confinados. *UEG*, p.1-5, 2016.
- CATTELAM, J.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C; *et al.* Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos confinados em diferentes espaços individuais. *Ciência Animal Brasileira*, v.14, n.2, p.185-198, 2013.
- CHAMPREDONDE, M.; VITROLLES, D.; CASABIANCA, F. Y.; CERDAN, C. La Pampa como indicación geográfica para diferenciar carnes vacunas en Argentina y en Brasil: motivaciones y limitantes. *Agroalimentaria*, v.20, n.38, p.35-52, 2014.

- DALEY, C.A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; *et al.* A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, v.9, p.1-12, 2010.
- DI MARCO, O. N.; BARCELOS, J. O.; COSTA, E. C. Crescimento de bovinos de corte. Porto Alegre: NESPRO, 2007. 276p.
- DIAS, L. L. R.; ORLANDINI, C. F.; STEINER, D.; *et al.* Ganho de peso e características de carcaça de bovinos Nelore e meio sangue Angus-Nelore em regime de suplementação a pasto. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 18, n. 3, 2016.
- FEIJÓ, G. L. D.; FILHO, K. E.; EUCLIDES, V. P. B.; FIGUEIREDO, G. R. Avaliação das carcaças de novilhos F1 Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 3, p. 1015-1020, 2001.
- FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; OLIVEIRA, E. A.; *et al.* Ácidos graxos da gordura de cobertura do contrafilé de bovinos Nelore e Canchim terminados em confinamento e alimentados com diferentes níveis de concentrado nas dietas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35,n.1, p.467-475, 2014.
- FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. Extraction of fatty acid. *J Biol Chem*, v.226, p.497-509, 1957.
- FREITAS, A. K. *Características da carcaça, da carne e perfil de ácidos graxos de Nelore inteiros ou castrados em duas idades*. 2006. 68f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia.
- FRENCH, P.; O'RIORDAN, E. G.; MONAHAN, F. J.; *et al.* Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*, v. 81, p. 307–317, 2003.
- GEESINK, G. H.; BEKHIT, A.-D.; BICKERSTAFFE, R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, v.78, n.11, p.2842- 2848, 2000.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory practice*, v. 22, n. 6, p. 475-6, 1973.
- HOWE, P.; MEYER, B.; RECORD, S.; BAGHURST, K. Dietary intake of long-chain  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. *Nutrition*, v.22, p.47-53, 2006.
- HUERTA-LEIDENZ, R. O.; CROSS, H. R.; SAVELL, J. W.; *et al.* Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *Journal of Animal Science*, v. 71, p. 625-630, 1993.
- KAZALA, E. C.; LOZEMAN, F. J.; MIR, P. S.; *et al.* Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. *Journal of Animal Science*, v. 77, p. 1717-1725, 1999.
- KUSS, F.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; *et al.* Características da carcaça de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 915-925, 2005.
- LABORDE, F. L.; MANDELL, I. B.; TOSH, J. J.; *et al.* Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *Journal of Animal Science*, v. 79, p. 355-365, 2001.

LI, Y.; SCHWABE, R. F.; DEVRIES-SEIMON, T.; *et al.* Free cholesterol-loaded macrophages are an abundant source of tumor necrosis factor- $\alpha$  and interleukin-6: model of NF- $\kappa$ B- and map kinase-dependent inflammation in advanced atherosclerosis. *J Biol Chem*, v.280, n.23, p.21763-21772, 2005.

LIMA, H. L. *Diferentes sistemas de terminação e seus efeitos na carcaça e carne de novilhos angus superprecoces*. 2018. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Produção Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó.

LOPES, L. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R.; *et al.* Características de carcaças e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.4, p.970-977, 2012.

LUCHIARI FILHO, A. *Pecuária da carne bovina*. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000. 134 p.

MALAU-ADULI, A. E. O.; SIEBERT, B. D.; BOTTEMA, C. D. K.; PITCHFORD, W. S. A. Comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Australian Journal Agricultural Research*, v. 48, p. 715-722, 1997.

MANÇO, M.C.W. *Características físico-químicas, sensoriais e higiênicas da carne bovina em duas classes de maturidade e sob influência da maturação*. 2006. 124f. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; *et al.* Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, v.19, p.761-770, 2006.

MELTON, S. L.; AMIRI, M.; DAVIS, G. W.; BACKUS, W. R. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. *Journal of Animal Science*, v. 55, n. 1, p. 77-87, 1982.

MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; *et al.* Distribuição das gorduras intrínsecas de descarte e componentes externos do corpo de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre carcaças Charolês e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.2, p.338-345, 2007.

METZ, P. A. M.; MENEZES, L. F. G.; SANTOS, A. P.; *et al.* Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2009.

MIR, P. S.; MCALLISTER, T. A.; SCOTT, S.; *et al.* Conjugated linoleic acid-enriched beef production. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 79, n. 6, p. 1207-1211, 2004.

MOTA, L. F. M.; PIRES, A. V.; MARIZ, T. M. A.; *et al.* Estrutura corporal (Frame Size) e influências no desempenho produtivo de bovinos de corte. 1ed. Diamantina: PPGZOO Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, 2014. 19p. 2v.

MULLER, L.; PRIMO, A. T. Influência do regime alimentar no crescimento e terminação de bovinos e na qualidade da carne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Veterinária*, v. 21, n.4, p. 445-452, 1987.

PAULINO, M. F.; MORAES, E. H. B. K.; ZERVOUDAKIS, J.T.; *et al.* Terminação

de novilhos mestiços leiteiros sob pastejo, no período das águas, recebendo suplementação com soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.154-158, 2006.

PEREIRA, P. M. R. C.; PINTO, M. F.; ABREU, U. G. P.; LARA, J. A. F. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.11, p.1520-1527, 2009.

PEROTTO, D.; MOLETTA, J. L.; CUBAS, A. C. Características quantitativas da carcaça de bovinos Charolês, Caracu e cruzamentos recíprocos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 1, p. 117-124, 2000.

PITCHFORD, W.S.; DELAND, M. P. B.; SIEBERT, B. D.; *et al.* Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *Journal of Animal Science*, v. 80, p. 2825-2832, 2002.

PRADO, I. N.; MAGGIONI, D.; ABRAHÃO, J. J. S.; *et al.* Composição química e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus* de bovinos de diferentes grupos genéticos alimentados com silagem de sorgo ou cana-de-açúcar e terminados com 3,4 ou 4,8 mm de espessura de gordura de cobertura. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, n.4, p.1461– 1476, 2011.

PRADO, I. N.; PRADO, R. M.; ROTTA, P. P.; *et al.* Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v.17, n.3, p.295–306, 2008.

REIS, R. C. *Qualidade nutricional da carne de tourinhos Nelore e ½ Angus-Nelore terminados em confinamento ou em pastagem com suplementação*. 2017. 96f. Tese (Doutorado em Sanidade Animal, Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; FEIJÓ, G. L. D.; *et al.* Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais Charolês x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1371-1379, 2000.

RODRIGUES FILHO, M.; ANDRADE, I. F.; LADEIRA, M. M.; *et al.* Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.14, n.1, p.54-66, 2013.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F.; SOUSA, J. C. D.; *et al.* Avaliação da composição corporal de bubalinos e bovinos através do ultrassom. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 5, p.1174-1184, 2001.

SAMPAIO, R. L.; SIGNORETTI, R. D.; RESENDE, F. D.; *et al.* Temperatura e pH da carcaça e maciez da carne de novilhos da raça Nelore confinados recebendo dietas com silagem de capim ou de milho. *Ciência e Cultura*, v.2, p.73-81, 2007.

SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. Review: the chilling of carcasses. *Meat Science*, v. 70, p. 449-459, 2005.

SILVA, M. B. *Características pós abate de bovinos terminados em confinamento recebendo ou não restrição alimentar*. 2018. 42f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, R. M. D.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; *et al.* Perfil de ácidos graxos da carne de

novilhoseuropeus e zebuínos alimentados com milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 1, p.63–70, 2014.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomedicine Pharmacotherapy, v.56, n.8, p.365-379, 2002.

SOLIS, J. C.; BYERS, F. M.; SCHELLING, G.T.; *et al.* Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. Journal of Animal Science, v.66, n.3, p.764-773, 1988.

ST. JOHN, L. C.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzymeactivities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. Journal Animal Science, v. 69, n.3, p. 1064-1073, 1991.

TANIGUCHI, M.; UTSUGI, T.; OYAMA, K.; *et al.* Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. Mammalian Genome, v.15, n.2,p.142-148, 2004.

TAPIERO, H.; NGUYEN-BA, G.; COUVREUR, P.; TEW, K. D. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. Biomedicine & Pharmacotherapy, v.56, n.5, p.215-222, 2002.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. The lancet, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.

WATANABE, D. H. M. *Desempenho de bovinos Nelore e 1/2 Angus/Nelore adaptados em confinamento por 9 ou 14 dias.* 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena.

WILLIAMS, C. M. Dietary fatty acids and human health. Annales de Zootechnie, v.49, n.3, p.165-180, 2000.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; *et al.* Effects of fatty acids on meat quality:a review. Meat Science, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2004.

ZAMBONI, V. T. *Correlação entre escores visuais de conformação e indicadores de desempenho, características de carcaça e de carne de novilhos Nelore e cruzados Aberdeen Angus x Nelore.* 2010. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba.

## CAPÍTULO 3 - QUALIDADE DA CARNE MATURADA DE TOURINHOS NELORE E NELORE X ANGUS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

### 3.1 Resumo

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a qualidade da carne maturada de tourinhos Nelore e F1 Nelore x Angus terminados em confinamento. Foram utilizados 40 animais, sendo 20 Nelore e 20 cruzados Nelore x Angus com peso vivo inicial médio de  $392,6 \pm 30$  kg e  $426,5 \pm 27$  kg respectivamente. Os animais receberam alimentação à vontade com relação concentrado:volumoso de 65:35. O período de confinamento foi de 107 e 128 dias para os animais cruzados e Nelores respectivamente sendo os primeiros 21 dias para a adaptação. Os animais foram abatidos com 637,3 kg e 535,9 kg para cruzados e Nelore com 24 meses de idade média. Após o abate foi retirada uma seção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12ª e a 13ª costelas, do lado esquerdo das carcaças, cortados em 3 bifês de 2,5 cm. Foram realizadas análises de pH, temperatura, perdas durante a cocção, força de cisalhamento e dos componentes de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), índice de saturação ( $c^*$ ) e ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) em três tempos de maturação (1, 21 e 42 dias). Foram observadas diferenças entre os grupos genéticos e entre os períodos de maturação para os valores de temperatura e pH ( $P < 0,05$ ). Os animais cruzados apresentaram maiores valores de pH em relação aos animais Nelore nos dias 1 e 21 de maturação. Em relação ao período de maturação, houve tendência de queda do pH ao longo dos dias em ambos grupos genéticos. Houve maior perda por gotejamento com o tempo de maturação, sendo que os dias 21 e 42 apresentaram maiores valores de perda quando comparados ao dia 1 ( $P < 0,05$ ). O grupo genético influenciou na força de cisalhamento ( $P < 0,05$ ), com animais Nelore apresentando uma carne mais macia em relação aos animais cruzados. Além disso, o tempo de maturação também influenciou a força de cisalhamento com os dias 21 e 42 apresentando menores valores quando comparados ao dia 1. Em relação aos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), a carne dos animais Nelore apresentaram uma cor mais clara quando comparada a carne dos animais cruzados ( $P < 0,05$ ). Foram encontradas diferenças entre os índices de saturação ( $c^*$ ) entre os grupos genéticos ( $P < 0,05$ ), entretanto não foram encontradas diferenças nos valores de  $c^*$  ao longo do tempo de maturação para os animais cruzados ( $P > 0,05$ ). Para o ângulo de tonalidade, houve variação entre os grupos genéticos bem como entre o dia 1 e dos dias 21 e 42 de maturação. A carne dos animais Nelore apresentou melhores atributos relacionados a características de cor e maciez quando comparados a carne dos animais cruzados Nelore x Angus. O processo de maturação se mostrou capaz de melhorar a maciez da

carne dos animais Nelore e cruzados aos 21 e 42 dias, como também foi capaz melhorar a luminosidade na carne de ambos os grupos ao longo do tempo de maturação.

Palavras chave: Cor. Cruzamento. Força de cisalhamento. Perda por cocção. pH.

### 3.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the quality of the matured meat of Nelore and F1 Nelore x Angus young bulls finished in feedlots. Forty animals were used, being 20 Nelore and 20 Nelore x Angus crosses with average initial live weight of  $392.6 \pm 30$  kg and  $426.5 \pm 27$  kg, respectively. The animals were fed at will with a concentrate:volume ratio of 65:35. The confinement period was 107 and 128 days for crossbreds and Nellores, respectively, with the first 21 days for adaptation. The animals were slaughtered with 637.3 kg and 535.9 kg for crossbred and Nelore with 24 months of average age. After slaughter, a section of the Longissimus dorsi muscle was removed between the 12th and 13th ribs on the left side of the carcasses and cut into three 2.5 cm steaks. Analyses of pH, temperature, cooking losses, shear force and color components ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), saturation index ( $c^*$ ) and hue angle ( $h^*$ ) were performed at three maturation times (1, 21 and 42 days). Differences were observed between genetic groups and between ripening periods for temperature and pH values ( $P < 0.05$ ). The crossbred animals had higher pH values compared to Nelore animals on days 1 and 21 of maturation. Regarding the maturation period, there was a tendency for the pH to decrease over the days in both genetic groups. There was a greater loss by dripping with the maturation time, and days 21 and 42 showed higher loss values when compared to day 1 ( $P < 0.05$ ). The genetic group influenced the shear force ( $P < 0.05$ ), with Nelore animals presenting softer meat compared to crossbred animals. Furthermore, the maturation time also influenced the shear force with days 21 and 42 presenting lower values when compared to day 1. Regarding the color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), the meat from Nellore animals presented a lighter color when compared to the meat from crossbred animals ( $P < 0.05$ ). Differences were found between saturation indices ( $c^*$ ) between the genetic groups ( $P < 0.05$ ), however no differences were found in the  $c^*$  values along the maturation time for the crossbred animals ( $P > 0.05$ ). For the angle of tone, there was variation between the genetic groups as well as between day 1 and days 21 and 42 of maturation. The meat from Nelore animals presented better attributes related to color and tenderness when compared to the meat from Nelore x Angus crossbred animals. The maturation process was able to improve the tenderness of the meat of Nelore and crossbred animals at 21

and 42 days, and it was also able to improve the luminosity in the meat of both groups throughout the maturation time.

Key-words: Color. pH. Shear force. Cooking loss. Aging. Crossbreed.

### 3.3 Introdução

Na última década a pecuária de corte nacional se consolidou como importante cadeia produtora de alimentos. Além disso, o envelhecimento da população brasileira, associado a um maior nível de instrução e esclarecimento com os cuidados que devem ser dedicados à alimentação, promovem um grande e novo desafio para a cadeia produtiva.

O termo qualidade de carne, está associado a fatores intrínsecos, como raça, idade e sexo dos animais, e extrínsecos, como o manejo, nutrição e ambiente. Todo este grupo de fatores isolados ou em conjunto irão definir a qualidade físico-química e sensorial da carne. Nos bovinos, as diferenças genéticas são significativas para a maioria dos atributos de qualidade da carne, principalmente a maciez, sendo comumente identificadas.

Dessa forma, a escolha da raça é de suma importância para se obter uma carne de qualidade. A raça Nelore e seus cruzamentos representam, aproximadamente, 80% do rebanho nacional de bovinos de corte, no entanto, animais de origem *Bos indicus* podem apresentar uma menor maciez da carne quando comparado a animais *Bos taurus* e seus cruzamentos.

Sendo assim, o cruzamento entre raças zebuínas e taurinas tem sido utilizado para proporcionar maior complementaridade entre as raças, por meio da manifestação da heterose, proporcionando maior taxa de crescimento, que permite aos animais atingirem o peso ideal de abate em menor espaço de tempo além de proporcionarem uma carne com melhores características sensoriais.

No entanto, Wheeler et al., (1990) descreveram que a medida que se aumenta a quantidade de *Bos indicus* no cruzamento, ocorre aumento na força de cisalhamento da carne devido principalmente a maior atividade da enzima calpastatina presente neste grupo genético. Além disso, Koohmaraie et al. (2002), relatou que a maciez é o fator que apresenta a maior variabilidade na carne, sendo esse o atributo mais desejável pelo consumidor. Porém, a qualidade não se resume apenas a maciez, mas também em outras características como cor, suculência, aroma e o sabor da carne.

Dentro deste contexto, um dos principais métodos utilizados para melhorar os atributos sensoriais da carne e, conseqüentemente, aumentar a aceitação pelos consumidores, é a sua

maturação. A maturação é definida como o processo de amaciamento da carne, devido a ação de enzimas proteolíticas do músculo, notadamente as calpaínas, quando armazenado em condições ideais de temperatura em períodos de 14 a 21 dias (Lonergan, Zhang e Lonergan, 2010).

A utilização da maturação pela indústria da carne tem aumentado com o objetivo de melhorar seus atributos sensoriais, como o sabor e sua maciez. Entretanto, as condições proporcionadas durante o processo de maturação devem ser respeitadas como a manutenção de temperaturas entre 0°C – 6°C por um período variável de tempo para que haja o rompimento parcial dos miofilamentos musculares sem comprometer a qualidade microbiológica da carne, o que poderia causar alterações no seu pH, alterações na cor e no aroma além de perdas por exsudato que comprometeria seu valor comercial (Dashdorj et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade da carne maturada de tourinhos Nelore e F1 Nelore x Angus terminados em confinamento.

### **3.4 Materiais e métodos**

O experimento foi realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milhóe Sorgo (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil) durante o período de junho a outubro de 2018.

Foram utilizados 40 tourinhos de dois grupos genéticos, sendo 20 animais Nelore com peso corporal inicial médio de 392,6±30 kg e 20 animais Nelore x Angus com peso corporal inicial médio de 426,5±27 kg. Ambos grupos genéticos apresentavam em média 20 meses de idade no início do experimento sendo provenientes da mesma propriedade e submetidos aos mesmos manejos sanitários e nutricionais previamente a entrada no confinamento.

Os animais foram separados de acordo com o grupo genético e confinados em baias coletivas com área de 24 m<sup>2</sup> por animal. A instalação de confinamento apresentava piso de terra compactado, área próxima ao comedouro em concreto e divisórias de arame liso. Os bebedouros coletivos localizavam-se na divisória de duas baias e o comedouro utilizado era de concreto, disposto transversalmente na parte superior da baia, com 2 metros lineares de cocho para cada animal.

O período de confinamento foi composto de 21 dias de adaptação e 86 dias de período experimental para os animais cruzados e 21 dias de adaptação e 107 dias de período experimental para os animais Nelore. No início do confinamento, foi determinado um ganho de peso total de 200 kg para que os animais fossem abatidos. Tal ganho de peso foi determinado

em função da mensuração da produção de metano durante o período de confinamento (Maciel et al., 2019). No início do confinamento os animais foram tratados contra ecto e endoparasitos.

Os animais foram alimentados com uma dieta composta por silagem de milho, milho grão moído, soja grão e núcleo mineral para confinamento (Tabela 3.1), com uma relação concentrado:volumoso de 65:35, tendo sido fornecida na forma de dieta total, 3 vezes ao dia à vontade (08:00h; 12:00h e 16:00).

TABELA 7. Composição alimentar e química da dieta total utilizada no confinamento.

Ingredientes	Composição (% da MS)
Silagem de milho	35,0
Milho grão moído	54,0
Soja grão	5,0
Núcleo mineral	6,0
Nutrientes	
Matéria seca <sup>1</sup>	58,3
Matéria mineral	4,3
Matéria orgânica	86,8
Proteína bruta	16,0
Extrato etéreo	4,2
Fibra em detergente neutro (FDNcp)	27,4
Fibra em detergente ácido	11,7
Hemicelulose	15,6
Celulose	11,2

Ingredientes	Composição (% da MS)
Lignina	0,6
Conteúdo celular	72,6
Cálcio	0,54
Fósforo	0,37
Nutrientes digestíveis totais*	75,4

1 Base na matéria natural

\* NDT estimado conforme equação descrita por Cappelle et al. (2001), para dieta total:  $NDT (\%) = 91,0246 - 0,571588 \times FDN$

Antes da entrada e da saída do confinamento, os animais foram pesados após jejum alimentar e hídrico de 16 horas, para obtenção do peso vivo inicial e peso vivo final. Um dia antes do abate, os animais foram transportados para um frigorífico industrial, localizado no mesmo município, nas primeiras horas da manhã. No frigorífico os animais foram mantidos em jejum alimentar por 24 horas, com apenas ingestão de água *ad libitum*. Os animais Nelore e cruzados foram abatidos com 535,9 kg e 637,3 kg respectivamente.

Dessa forma, os animais Nelore não atingiram a meta de 200 kg de ganho de peso previamente estabelecida mesmo confinados 21 dias a mais, pois os animais apresentaram baixo desempenho no período final de confinamento que ficou evidenciado pela diminuição do GMD e aumento da deposição de gordura corporal (8,3 vs 5,7 mm de espessura de gordura subcutânea para animais Nelore e cruzados respectivamente).

O abate foi realizado de acordo com os procedimentos humanitários exigidos pela legislação brasileira, seguindo as normas oficiais do RIISPOA (Brasil, 1997), onde os animais foram insensibilizados pelo método da concussão cerebral (pistola pneumática), seguindo-se de secção da veia jugular, remoção do couro e evisceração. As carcaças foram identificadas, lavadas, divididas em duas metades com o auxílio de serra elétrica, sendo então pesadas individualmente e levadas à câmara fria, por aproximadamente 24 horas, à temperatura de 4°C.

Após o período de refrigeração da carcaça no frigorífico foi retirada uma seção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12ª e 13ª costelas, do lado esquerdo de todas as meias carcaças. Da seção do músculo *Longissimus dorsi*, foram retirados três bifês de 2,5 cm de espessura que foram identificados e embalados a vácuo em filme de polietileno termoencolhível de alta resistência para avaliação da maturação.

As amostras submetidas ao processo de maturação foram armazenadas à temperatura constante de 2°C, em geladeira com controle eletrônico de temperatura. As três amostras de cada animal foram distribuídas de forma aleatória nos tempos de avaliação de 1, 21 e 42 dias de maturação. Cada uma das três amostras foi submetida às análises de pH, temperatura, cor, perda por cocção, perda por evaporação, perda por gotejamento e força de cisalhamento (FC).

O pH foi determinado após a retirada das peças das embalagens, para os respectivos tempos de maturação, com auxílio de um potenciômetro digital Mettler M1120x (potenciômetro digital portátil), equipado com eletrodo de inserção com resolução de 0,01 unidades. O aparelho foi calibrado em solução tampão de pH 4,0 e 7,0. Duas leituras de pH foram obtidas para cada amostra. A temperatura também foi determinada no mesmo tempo em que o pH foi medido, sendo obtidas duas mensurações por amostra.

A determinação dos componentes de cor como luminosidade ( $L^*$ ), teor de vermelho ( $a^*$ ) e teor de amarelo ( $b^*$ ) nos tempos de 1, 21 e 42 dias *post mortem* foi realizada na superfície das amostras expostas ao ar atmosférico por 30 minutos após a retirada das embalagens. Foi utilizado o sistema CIE  $L^* a^* b^*$  com a utilização do colorímetro Chroma-Meter Cr-400 (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan), iluminante C2° graus para observação padrão, calibrado para um padrão branco, no qual o  $L^*$  representa o índice de luminosidade que varia de 0 = preto e 100 = branco; o  $a^*$  representa a intensidade da cor vermelha que varia do verde (-) ao vermelho (+); e o  $b^*$  que representa a intensidade de cor amarela que varia do azul (-) ao vermelho (+) (HOUBEN et al., 2000). Para cada amostra, foram realizadas três leituras de cor.

As determinações dos valores de índice de saturação ( $c^*$ ) e ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) foram feitas de acordo com MacDougal (1994), utilizando as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  obtidas nas determinações colorimétricas, com as seguintes fórmulas:

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}, h^* = \arctan(b^*/a^*)$$

As amostras maturadas por 1, 21 e 42 dias, após a análise de cor, foram pesadas individualmente. Além do peso individual de cada amostra, foi realizado o peso de um conjunto (bandeja e grelha) vazio e o peso do conjunto com a amostra. As amostras foram colocadas em forno elétrico comercial, pré-aquecido a 180°C, equipados com termômetros individuais digitais (Tedesco Ltd., Caxias do Sul, Brasil) até atingirem a temperatura interna de 60°C, onde as amostras foram viradas até atingirem a temperatura interna final de 70°C. Após atingirem essa temperatura, os conjuntos com as respectivas amostras foram retiradas do forno para resfriamento em temperatura ambiente e posterior pesagem.

Os conjuntos mais as amostras foram novamente pesados, sendo pesado também apenas a amostra, e apenas o conjunto (bandeja mais grelha). Através da diferença entre os respectivos

pesos iniciais e finais da amostra, do conjunto vazio e do conjunto mais amostra, foram obtidas as perdas totais da cocção e as perdas por gotejamento (líquidos presentes na bandeja após o cozimento, que representam a gordura e demais exsudatos da carne). Já a perda por evaporação (principalmente composta por água) foi calculada como a diferença entre a perda total e a perda por gotejamento.

As amostras usadas na determinação da perda por cocção foram embaladas em sacos plásticos de polietileno e resfriadas em temperatura ambiente para a determinação da FC. De cada amostra, foram retiradas 8 sub amostras na forma de cilindros, com diâmetro de 1,27 cm, com auxílio de uma furadeira elétrica no sentido paralelos às fibras musculares, conforme Wheeler, Koohmaraie e Shackelford. (1995).

A FC foi medida de forma com que cada cilindro fosse colocado no sentido perpendicular às fibras musculares na célula Warner-Bratzler com lâmina de 1,016mm, acoplada ao texturômetro MTA.TX. plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK), com capacidade para 50 kg integrado ao programa Texture Expert. O texturômetro foi calibrado para: velocidade do teste de 200mm/min; velocidade do pós-teste de 240 mm/min; distância de 40 mm para o cisalhamento completo; peso de calibração de 10 kg. A força máxima foi registrada para cada cilindro, na curva do programa Texture Expert e as médias dos valores dos cilindros por animal nos tempos 1, 21 e 42 dias usadas na análise estatística.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com medida repetida no tempo (dias) no qual se utilizou o PROC MIXED do SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2004), onde considerou-se os efeitos de grupo genético, tempo de maturação e a respectiva interação, sendo testadas as estruturas de covariância autoregressiva de 1ª ordem (AR1), não estruturada (NU) e simetria composta (CS), e utilizou-se a que obteve o menor valor para o critério de Akaike corrigido (IACC) para cada variável avaliada. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + GG_i + TM_j + (GG \times TM)_{ij} + e_{ijk}$$

$Y_{ij}$  = valor observado no animal K, do grupo genético i e do tempo de maturação j;  $\mu$  = média geral;

GG = efeito do grupo genético i (1 = Nelore; 2 = cruzados Nelore x Angus);  $TM_j$  = efeito do tempo de maturação (1, 21 e 42 dias);

$GG \times TM_{ij}$  = efeito da interação do grupo genético i com o tempo de maturação j;  $e_{ijk}$  = erro aleatório associado à cada observação.

### 3.5 Resultados e discussão

Os resultados para as variáveis pH e temperatura estão apresentados na Tabela 3.2. As médias de efeito principal foram discutidas quando a interação entre grupo genético e tempo de maturação foi não significativa ( $P > 0,05$ ).

TABELA 8. Médias e erros padrões da média para pH e temperatura do músculo *Longissimus dorsi* de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.

Características	Dias	Cruzados	Nelore	EPM
Temp. (°C)	1	5,37 <sup>bb</sup>	6,61 <sup>aa</sup>	0,80
	21	5,13 <sup>bb</sup>	7,84 <sup>aa</sup>	0,25
	42	7,30 <sup>aa</sup>	7,67 <sup>aa</sup>	0,22
pH	1	5,64 <sup>aa</sup>	5,47 <sup>ba</sup>	0,03
	21	5,70 <sup>aa</sup>	5,38 <sup>bb</sup>	0,05
	42	5,32 <sup>ab</sup>	5,35 <sup>ab</sup>	0,02

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si para  $P > 0,05$

Não foram encontradas interação entre grupo genético e dias de maturação para pH e temperatura. No entanto, foi observada diferença nos valores de temperatura entre os grupos genéticos e também entre os dias de maturação ( $P < 0,05$ ). Um dos fatores que poderia explicar a diferença encontrada na temperatura foi variação das condições climáticas (como por exemplo temperatura ambiente do dia em que foram realizadas as análises) e o tempo decorrido de 30 minutos entre a retirada das amostras da refrigeração e sua mensuração, já que as amostras foram analisadas em diferentes dias, mas mantidas em geladeira com temperatura controlada durante todo período de maturação em uma temperatura de aproximadamente 4 °C.

Em relação ao pH das carnes, ocorreram variações significativas entre os grupos genéticos e entre os períodos de maturação. Observou-se que os animais cruzados apresentaram maiores valores de pH ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais Nelore nos tempos de 1 e 21 dias de maturação (5,64 vs 5,47) e (5,80 vs 5,28) respectivamente. Porém aos 42 dias de maturação não foram encontradas diferenças nos valores de pH entre os grupos genéticos ( $P > 0,05$ ).

Independente da diferença entre os grupos genéticos e do tempo de maturação, os

valores de pH situaram-se no intervalo entre 5,28 a 5,70 que são valores considerados adequados na manutenção da vida de prateleira da carne (Mach et al., 2008). De acordo com King et al. (2006), o valor de pH ao longo dos tempos de maturação é passível de grande variação na carne de bovinos, sendo o fator genético de pouca influência. No entanto, esta variação pode ser relacionada a fatores ambientais como temperatura e período de armazenamento das carnes.

Boakye e Mittal (1993), relataram que carcaças com maior espessura de gordura subcutânea (EGS) tendem a apresentar carnes com menores valores de pH ao longo do período de maturação quando comparados a carcaças com menores EGS. Isso poderia explicar os maiores valores de pH encontrados pelos animais cruzados em relação aos animais Nelore nos tempos de 1 e 21 dias, já que os animais cruzados foram abatidos com menor EGS (5,7 mm) em relação aos animais Nelore (8,3 mm). Os maiores valores de pH encontrados para os animais cruzados podem ser devido a queda de temperatura mais rápida na carcaça devido a menor EGS o que ocasiona mudanças na atividade de enzimas proteolíticas durante a maturação da carne e consequentemente gera alterações nas cargas e solubilidade das proteínas miofibrilares o que ocasiona maiores valores de pH.

Os valores de perda por gotejamento, perda por evaporação, perda por cocção e força de cisalhamento estão apresentados na tabela 3.3. As médias de efeito principal foram discutidas quando a interação entre grupo genético e tempo de maturação foi não significativa ( $P > 0,05$ ).

TABELA 9 Médias e erros padrões da média da perda por gotejamento, perda por evaporação, perda por cocção e força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.

Variável	Grupo Genético		Dia de Maturação	
		EPM		EPM

	Cruzados	Nelore		1	21	42	
PPG (%)	6,0	6,0	0,004	5,0 <sup>A</sup>	7,0 <sup>B</sup>	7,0 <sup>B</sup>	0,003
PPE (%)	23,0	24,0	0,012	23,0	23,0	23,0	0,009
PPC (%)	29,0	30,0	0,011	28,0	30,0	30,0	0,015
FC (kgf)	4,53 <sup>b</sup>	3,91 <sup>a</sup>	0,129	4,45 <sup>B</sup>	3,76 <sup>A</sup>	3,43 <sup>A</sup>	0,138

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas para grupo genético ou letras maiúsculas para dias de maturação diferem entre si para  $P < 0,05$

Não foram encontradas interações entre grupo genético e dias de maturação para as variáveis apresentadas na tabela 3.3 ( $P > 0,05$ ). No entanto a perda por gotejamento foi maior ( $P < 0,05$ ) para os dias 21 e 42 de maturação em relação ao dia 1. Porém, os maiores valores para as perdas por gotejamento nos dias 21 e 42 de maturação não refletiram em diferença significativa para as perdas à cocção e perdas por evaporação ao longo dos tempos de maturação ( $P > 0,05$ ).

Além disso, os animais Nelore apresentaram uma carne com menor FC ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais cruzados. Da mesma forma, a maturação de 21 e 42 dias apresentaram uma menor FC ( $P < 0,05$ ) em relação ao dia 1.

A maior perda por gotejamento encontrado nos 21 e 42 dias de maturação podem estar relacionado a maior degradação da membrana celular do tecido muscular ao longo do tempo onde há grande concentração de lipídeos (Pinto, Ferraz e Balieiro, 2008). Como a perda por gotejamento é composta principalmente por lipídeos, o processo de aquecimento do interior da amostra até 70 °C (temperatura acima do ponto de fusão dos principais ácidos graxos presente na carne) fez com que a gordura do interior da carne se tornasse líquida e fosse perdida por gotejamento, mas não por evaporação.

Segundo Wu et al. (2006), durante o processo de maturação ocorrem mudanças estruturais na carne o que faz com que ela perca sua capacidade de retenção de água ao longo do tempo de cocção devido ao enfraquecimento da estrutura proteica e apresente maiores perdas por evaporação e cocção. No entanto, não ficou evidenciado no presente trabalho, diferenças entre perdas por cocção e evaporação entre os dias de maturação.

A FC dos animais cruzados foi superior à dos animais Nelore. De acordo com Koohmaraie (1996), 46% das variações na maciez da carne decorrem da genética do animal, devido a maior atividade das calpastatinas que, em 24 horas *post mortem*, é maior nos animais *Bos indicus*, o que representaria uma maior FC para animais *Bos indicus* em relação a animais *Bos taurus* e seus cruzamentos.

Por outro lado, Klont et al. (2000), demonstraram que 30% da variação na maciez da carne entrecarças pode ser explicada por fatores genéticos aditivos enquanto que os outros 70% são de consequência do meio ambiente e de efeitos genéticos não aditivos. Dessa forma, a maciez da carne pode ser influenciada por fatores como o estresse dos animais pré-abate, pelo resfriamento das carcaças dentro da câmara fria, pelas condições de cozimento da carne, ou pelo próprio processo de maturação. No entanto, essa diversidade de interações que influenciam a maciez da carne pode ser de difícil separação sendo que cada um desses é influenciado, em maior ou menor grau, pelo genótipo e/ou ambiente (Warner et al., 2010).

Diante disso, um possível fator que justificaria a maior FC para os animais cruzados em relação aos animais Nelore estaria relacionado ao processo de refrigeração das carcaças, devido a queda de temperatura mais acentuada ao longo do tempo que este grupo genético apresentou, o que poderia ter provocado um encurtamento dos sarcômeros pelo frio.

Os animais cruzados e Nelore não apresentaram diferença significativa na temperatura das carcaças no momento de entrada na câmara fria (29,2 °C vs 29,9 °C respectivamente). Porém, 3 horas após o início do processo de resfriamento, os animais cruzados apresentaram uma queda de 12,2 °C em sua temperatura enquanto que os animais Nelore apresentaram apenas 5,1 °C. Dessa forma, segundo Marsh (1977), quedas de temperatura superiores a 10°C durante as primeiras 3 horas de resfriamento, como observado para os animais cruzados, podem proporcionar o encurtamento dos sarcômeros pelo frio e conseqüentemente aumentar a FC.

No entanto, ambos grupos genéticos apresentaram um valor de FC inferior a 5 kgf, o que de acordo com Koohmaraie et al. (2002), estão na faixa aceitável de maciez para carne bovina. E segundo Melody et al. (2004), os baixos valores de FC encontrados para ambos grupos genéticos podem também estar relacionado ao fato de que todos os animais foram abatidos jovens (24 meses de idade), além de terem sido criados e terminados no mesmo ambiente com as mesmas condições.

Ao se comparar os tempos de maturação, verificou-se diminuição da FC aos 21 e 42 dias em relação ao dia 1. Os menores valores de FC em função do tempo de maturação podem ser explicados pelo menor pH apresentado nos 21 e 42 dias, o que segundo Koohmarie et al. (2002), em pH abaixo de 5,7 ocorre aumento da atividade de enzimas calpaínas ativadas por concentração milimolar de cálcio (m-calpaína), pois estas enzimas são ativadas por cálcio livre e são responsáveis pela continuidade do processo de amaciamento, sendo ativadas com aproximadamente 16 horas *post-mortem* e permanecem por longo período de tempo realizando a degradação miofibrilar. Dessa forma, ficou evidenciado que é possível obter ganhos importantes na maciez da carne com período de maturação de 21 dias independente do grupo

genético utilizado.

Os valores médios para as coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), índice de saturação ( $c^*$ ) e ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) de acordo com o grupo genético e os dias de maturação estão apresentados na tabela 3.4. As médias de efeito principal foram discutidas quando a interação entre grupo genético e tempo de maturação foi não significativa ( $P>0,05$ ).

TABELA 10. Médias e erros padrões da média (EPM) por grupo genético e dia de maturação para as características de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), índice de saturação ( $c^*$ ), e ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) do músculo *Longissimus dorsi* de tourinhos Nelore e cruzados Nelore x Angus terminados em confinamento.

Características	Dias	Cruzados	Nelore	EPM
$L^*$	1	42,89 <sup>Bb</sup>	46,59 <sup>Ba</sup>	0,516
	21	44,82 <sup>Ab</sup>	48,45 <sup>Aa</sup>	0,516
	42	46,43 <sup>Aa</sup>	47,63 <sup>Aa</sup>	0,516
$a^*$	1	12,88 <sup>Aa</sup>	13,21 <sup>Aa</sup>	0,468
	21	13,86 <sup>Ab</sup>	15,32 <sup>Aa</sup>	0,468
	42	13,08 <sup>Ab</sup>	16,31 <sup>Aa</sup>	0,468
$b^*$	1	6,19 <sup>Aa</sup>	6,60 <sup>Ba</sup>	0,315
	21	6,75 <sup>Ab</sup>	8,24 <sup>Aa</sup>	0,315

Características	Dias	Cruzados	Nelore	EPM
c*	42	6,72 <sup>Ab</sup>	9,44 <sup>Aa</sup>	0,315
	1	14,29 <sup>Aa</sup>	14,78 <sup>Ba</sup>	0,549
	21	14,71 <sup>Ab</sup>	17,40 <sup>Aa</sup>	0,549
	42	15,16 <sup>Ab</sup>	18,85 <sup>Aa</sup>	0,549
h*	1	25,60 <sup>Ba</sup>	25,93 <sup>Ba</sup>	0,466
	21	26,29 <sup>Ab</sup>	28,27 <sup>Aa</sup>	0,466
	42	27,12 <sup>Ab</sup>	30,05 <sup>Aa</sup>	0,466

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si para  $P > 0,05$

Não foram encontradas interações entre grupo genético e dias de maturação para as variáveis apresentadas na tabela 3.3 ( $P > 0,05$ ).

As médias de L\* nos dias 1 e 21, e de a\* e b\* nos dias 21 e 42 de maturação foram superiores para os animais Nelore ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais cruzados o que indicou uma cor mais clara da carne dos animais Nelore. Os fatores que influenciam a luminosidade das carnes podem estar relacionados a: dieta, idade, atividade física, quantidade de pigmentos de cor (vermelho e amarelo), quantidade de gordura presente na carne e pH final, sendo que carnes mais escuras e com menor intensidade de luminosidade geralmente são carnes com maiores valores de pH final.

Os maiores valores de pH apresentado pelos animais cruzados possivelmente influenciaram em sua luminosidade, pois carne com pH mais elevado promove o aumento do número de cargas positivas nas proteínas. Dessa forma, ocorre aumento da capacidade de ligação de moléculas de água nas proteínas miofibrilares aumentando sua capacidade de retenção de água, o que faz com que pouca luz seja refletida e proporcione um aspecto mais escuro na carne.

Os maiores valores de a\* encontrados na carne dos animais Nelore também pode estar relacionada ao estado da forma química dos pigmentos heme que dependendo do seu estado de oxidação ou redução e a substância ligante na posição 6 de sua estrutura ( $O_2$  ou  $H_2O$ ) produzirá proporções variáveis de mioglobina reduzida, oximioglobina e metamioglobina, que afeta as

características espectrais, e, portanto, a cor da carne. Além disso, os menores valores de  $b^*$  apresentado pelos animais cruzados, pode estar relacionado com a menor capacidade do glicolítica do tecido muscular, o que ficou evidenciado pelos menores valores de pH encontrados neste grupo genético (Mancini e Hunt, 2005).

Abril et al. (2001), avaliaram carcaças de animais separados por grupos de pH muscular e observaram que o pH foi o fator mais importante para explicar as diferenças nos componentes da cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da carne encontrada entre os grupos. Segundo os autores, os menores valores de  $L^*$  foram correlacionados com o pH mais elevado, acompanhado por carnes com coloração mais escuras.

Segundo Andrade et al. (2010) a maturação da carne durante 1, 7, e 21 dias foi capaz de causar alterações no  $L^*$  (dia 1 = 28,8 vs dia 7 = 30,67 vs dia 21 = 38,95), no  $a^*$  (dia 1 = 13,54 vs dia 7 = 14,64 vs dia 21 = 19,29) e no  $b^*$  (dia 1 = 1,56 vs dia 7 = 2,58 vs dia 21 = 6,07), sendo que as alterações mais significativas ocorreram aos 21 dias de maturação. De acordo com os autores anteriormente citados e com dos resultados encontrados no presente estudo, fica evidenciado que as maiores mudanças na cor da carne ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) ocorrem até os 21 dias de maturação, com pouco efeito após este período.

Os valores de  $c^*$  e  $h^*$ , obtidos em funções de  $a^*$  e  $b^*$ , permitem determinar a intensidade da cor, saturação ou estimar um possível escurecimento da carne, geralmente associado ao processo de descoloração das carnes ao longo do tempo (Lee et al., 2005). No estudo, não foram observadas variação nos valores de  $c^*$  ao longo do tempo de maturação para os animais cruzados. No entanto, para os animais Nelore houve diferença entre os dias de maturação, onde o dia 1 apresentou menor em relação aos dias 21 e 42 de maturação.

A diminuição do valor de  $c^*$  pode estar relacionado ao aparecimento de cor marrom na carne, sendo este efeito causado pela transformação da mioglobina em meta-miogloblina. No entanto, os maiores valores de  $c^*$  encontrados nos dias 21 e 42 para os animais Nelore podem estar relacionados a uma melhoria do aspecto visual da carne em direção ao vermelho de maior pureza, o que torna essa carne mais atraente para o consumidor (BERIAIN et al., 2009). Comportamento semelhante foi encontrado por Andrade et al. (2010), em relação aos valores de  $c^*$  ao avaliarem a maturação da carne por 1, 7, 14 e 21 dias (13,66; 14,88; 20,07 e 20,29 respectivamente).

Já os valores de  $h^*$  variaram para os animais cruzados e Nelore em função dos dias de maturação, sendo que o dia 1 apresentou menores valores em relação aos dias 21 e 42 ( $P < 0,05$ ). De acordo com Rodrigues Filho et al. (2014), o aumento dos valores de  $h^*$  ao longo do tempo de maturação, esta relacionado a diminuição dos teores de vermelho e aumento de amarelo com

a aproximação da tonalidade laranja. Da mesma forma que para as características de cor, o  $c^*$  e o  $h^*$  apresentaram maior alteração nos primeiros 21 dias de maturação, com pouca variação aos 42 dias.

### 3.6 Conclusão

A carne dos animais Nelore apresentou melhores atributos relacionados a características de core maciez quando comparados a carne dos animais cruzados Nelore x Angus.

O processo de maturação se mostrou capaz de melhorar a maciez da carne dos animais Nelore cruzados aos 21 e 42 dias, como também foi capaz melhorar a luminosidade na carne de ambos os grupos ao longo do tempo de maturação. Dessa forma, a escolha do tempo de maturação de 21 dias pode ser uma opção viável para se produzir uma carne de qualidade, com maior valor de mercado e com menor custo de armazenamento.

### 3.7 Referências bibliográficas

ABRIL, M.; CAMPO, M. M.; ONENÇ, A.; *et al.* Beef color Evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, v.58, n.1, p.69-78, 2001.

ANDRADE, P. L.; BRESSAN, M. C.; GAMA, L. T.; *et al.* Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.

BERIAIN, M. J.; GOÑI, M. V.; INDURAIN, G.; *et al.* Predicting Longissimus dorsi myoglobinoxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. *Meat Science*, v. 81, p. 439-445, 2009.

BOAKYE, K.; MITTAL, G. S. Changes in pH and water holding properties of Longissimus dorsi muscle during beef ageing. *Meat Science*, v. 34, n. 3, p. 335-349, 1993.

BRASIL. Decreto n. 30.691-5 jul. 1997. Alterado pelos Decretos n. 1.255- 25 jun. 1962, n. 1.236- 02 set. 1994, n. 1.812- 08 fev. 1996 e n. 2.244- 04 jun. 1997. Aprova o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA). *Diário Oficial da União*, seção I, p. 11.555. Brasília, 5 jul. 1997.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. *et al.* Estimates of the energy value from chemical characteristics of the feedstuffs. *Brazilian Journal of Animal Science*, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

DASHDORJ, D.; TRIPATHI, V. K.; CHO, S.; *et al.* Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, v. 58, p. 20-30, 2016.

Houben, J. H.; Van Dijk, A.; Eikelenboom, G.; *et al.* Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipids oxidation in minced beef. *Meat Science*, v. 55, n. 3, p. 331-336, 2000.

KING, D. A.; MORGAN, W. W.; MILLER, R. K.; *et al.* Carcass merit between and among family groups of *Bos indicus* crossbred steers and heifers. *Meat Science*, v. 72, p. 496-502, 2006.

KLONT, R. E.; BARNIER, V. M. H.; VAN DIJK, A.; *et al.* Effects of rate pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v. 78, n. 7, p. 1845-1851, 2000.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat science*, v. 43, p. 193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKELFORD, S. D. *et al.* Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, v. 62, p. 345-342, 2002.

LEE, S.; DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; MANCINI, R. A. The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. *Meat Science*, v. 70, n. 4, p. 683-689, 2005.

LONERGAN, E. H.; ZHANG, W.; LONERGAN, S. M. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, v. 86, n.1, p. 184-195, 2010.

MACIEL, I. C. F.; BARBORA, F. A. TOMICH, T. R. *et al.* Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system? *Plos One*, v. 14, n. 7: e0220247.

MACDOUGAL, D. B. Colour meat. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Eds.). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances in Meat Research Series*. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v. 9, cap. 3, p. 79-93.

MACH, N.; BACH, A.; VELARDE, A.; DEVANT, M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, v. 78, n. 3, p. 232-238, 2008.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. *Meat science*, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005.

MARSH, B. B. Symposium – the basis of quality in muscle foods – the basis of tenderness in muscle foods. *Journal of Food Science*, v. 42, p. 295-297, 1977.

MELODY, J. L.; LONERGAN, S. M.; ROWE, L. J.; *et al.* Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *Journal of Animal Science*, v. 82, n. 4, p. 1195-1205, 2004.

PINTO, L. F. B.; FERRAZ, J. B. S.; BALIEIRO, J. C. C. Qualidade de carne e de carcaça em bovinos da raça Nelore. In: VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2008.

RODRIGUES FILHO, M.; PÉRES, J. R. O.; RAMOS, E. M.; *et al.* Características da carne detourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 15, n. 1, 2014.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEMS - SAS. User's guide: statistic. Cary: SAS

Institute, 2004. 176p.

WARNER, R. D.; GREENWOOD, P. L.; PETHICK, D. W.; FERGUSON, D. M. Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, v. 86, n. 1, p. 171-183, 2010.

WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R. *et al.* Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. Standardized Warner- Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement. *Roman L. H. US Marc*, p.1-7, 1995.

WU, Z.; BERTRAM, H. C.; KOHLER, A.; *et al.* Influence of aging and salting on protein secondary structures and water distribution in uncooked and cooked pork. A combined FT-IR microspectroscopy and <sup>1</sup>H NMR relaxometry study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, n. 22, p. 8589-8597, 2006.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bovinos cruzados apresentaram características qualitativas e quantitativas de carcaça superiores aos bovinos Nelore, em virtude de seu melhor desempenho. No entanto, o gado Nelore produziu carne com perfis de ácidos graxos mais saudáveis para o consumo humano, secundária à fase de maturidade fisiológica em que esse grupo genético foi abatido.

A carne dos animais Nelore apresentou melhores atributos relacionados a características de core maciez quando comparados a carne dos animais cruzados Nelore x Angus.

O processo de maturação se mostrou capaz de melhorar a maciez da carne dos animais Nelore cruzados aos 21 e 42 dias, como também foi capaz melhorar a luminosidade na carne de ambos os grupos ao longo do tempo de maturação. Dessa forma, a escolha do tempo de maturação de 21 dias pode ser uma opção viável para se produzir uma carne de qualidade, com maior valor de mercado e com menor custo de armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. *Perfil da pecuária no Brasil*. 1. ed. São Paulo: ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, 2019. 47p.

ABRIL, M.; CAMPO, M. M.; ONENÇ, A.; *et al.* Beef color Evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, v.58, n.1, p.69-78, 2001.

ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade de contrafilé (músculo *Longissimus thoracis*) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.

AFERRI, G.; LEME, P. R.; SILVA, S. L.; *et al.* Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1651-1658, 2005.

ANDRADE, P. L.; BRESSAN, M. C.; GAMA, L. T.; *et al.* Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 8, p. 1791–1800, 2010.

ARRIGONI, M. D. B; JÚNIOR, A. A.; DIAS, P. M. A.; *et al.* Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.10, p.1033-1039, 2004.

BAILEY, A. J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. *Journal of Animal Science*, v.60, p.1580-1587, 1985.

BARCELLOS, V. C.; MOTTIN, C.; PASSETTI, R. A. C.; *et al.* Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 39, n. 4, p. 437-448, 2017.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. *Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno*. Zaragoza: Acribia, 1979. 297p.

BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M; *et al.* Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007.

BRANDÃO, P. A.; COSTA, F. G.; BARROS, L. R.; NASCIMENTO, G. A. J. Ácidos graxos e colesterol na alimentação humana. *Agropecuária Técnica*, v.26, n.1, p.5-14, 2005.

BRASIL. Instrução normativa nº 9 de 4 de maio de 2004. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de maio de 2004.

BRAZ, M. B. P.; PINTO, A. B. M. R.; GIANGARELI, B. L.; *et al.* Efeito do grupo genético, da classe sexual e da idade no peso da carcaça quente de bovinos, v.1, p.1-4, 2014.

BRIDI, A. M. *Consumo de carne bovina e saúde humana: convergências e divergências*. 2.

ed.Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2014. 723p.

BRIDI, A. M. *Normas de avaliação, classificação e tipificação de carnes e carcaças*. Londrina:Universidade Estadual de Londrina, 2002. 120p.

BRITO, G. F. *Desempenho e características da carcaça e da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos*. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BRONDANI, I. L.; SAMPAIO, A. A. M.; RESTLE, J.; *et al.* Desempenho de bovinos jovens das raças Aberdeen Angus e Hereford, confinados e alimentados com dois níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 6, p. 2308-2317, 2004.

BRUCE, H. L. A note on the suitability of an exponential equation to characterize pH decline corrected for muscle temperature in bovine muscle early post mortem. *Meat Science*, v.66, p.507-512, 2004.

CARMO, T. F.; FERRO, D. A. C.; SILVA, I. R.; *et al.* Desempenho produtivo, comportamentais e fisiológicos de bovinos Guzerá e ½ Guzerá-Aberdeen Angus confinados. *UEG*, p.1-5, 2016.

CHRISTIE, W. W. *Lipid metabolism in ruminant animals*. 1. ed. Oxford: Pergamon Press, 1981. p.279-362.

COSTA, D. P. B. *Características da carne de novilhos Nelore alimentados com caroço de algodão*. 2009. 59f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COSTA, E. C.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; *et al.* Desempenho de novilhos Red Angus superprecoce, confinados e abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n. 1, p. 129-138, 2002.

CROUSE, J. D.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; *et al.* Comparisons of Bos indicus and Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Journal of Animal Science*, v. 67, n. 10, p. 2661-2668, 1989.

DABÉS, A. C. Maturação da carne bovina: alterações estruturais. *Revista Nacional da Carne*, v.24, n.283, p.66-71, 2000.

DE SOUZA, V. L. F.; AYER, I. M.; GASPARINO, E.; *et al.* Cruzamento industrial sobre as características de carcaça e da carne de novilhas precoces. *Animal Sciences*, v. 32, n. 4, p. 447-453, 2010.

DIAS, L. L. R.; ORLANDINI, C. F.; STEINER, D.; *et al.* Ganho de peso e características de carcaça de bovinos Nelore e meio sangue Angus-Nelore em regime de suplementação a pasto. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 18, n. 3, 2016.

FEIJÓ, G. L. D. Qualidade da carne bovina. *Embrapa Gado de Corte*, v.77, p.6-25 1999.

FELÍCIO, P. E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. *Produção de novilho de Corte*, v.1, p. 79-97, 1997.

FELÍCIO, P. E. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, v.30, p. 43-52, 1993.

FELÍCIO, P. E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas.

Sociedade Brasileira De Zootecnia, v. 36, p. 89-97, 1999.

FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; OLIVEIRA, E. A.; *et al.* Ácidos graxos da gordura de cobertura do contrafilé de bovinos Nelore e Canchim terminados em confinamento e alimentados com diferentes níveis de concentrado nas dietas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35,n.1, p.467-475, 2014.

GALVÃO, J. G.; FONTES, C. C. A.; PIRES, C. C.; QUEIRÓZ, A. C. Ganho de peso, consumo e conversão alimentar em bovinos não castrados, de três grupos raciais, abatidos em diferentes estágios da maturidade (estudo I). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 20, p. 494-501, 1991.

GARCÍA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCÍA-LINARES, M. C.; *et al.* Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, v.83, p.349-356, 2003.

GIRARD, J. P. *Tecnología de la carne y los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1991. 300p.

GOKOGLU, N.; YERLIKAYA, P.; CENGİZ, E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, v.84, n.1, p. 19-22, 2004.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. *Tecnologia de abate e tipificação de carcaças*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 370p.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a texturada carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n. 8, p. 939-971, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. v.44. 51p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v.46. 51p.

JAMES, S. The chill chain “from carcass to consumer”. *Meat Science*, v.43, p.203-216, 1996.

JOAQUIM, C. F. *Efeitos da distância de transporte em parâmetros post-mortem de carcaças bovinas*. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D.; WILLIAMS, S. E.; HARGROVE, D. D. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 7, p. 1980- 1986, 1990.

JONES, S. D. M.; ROBERTSON, W. M. The effects of spray-chilling carcasses on the shrinkage and quality of beef. *Meat Science*, v.24, n.3, p.177-188, 1988.

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in post-mortem muscle protein

degradation and meat tenderness. Reciprocal Meat Conference Proceedings, v.45, p.1-12, 1992.

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of post-mortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the capain system. *Meat Science*, v.74, p.34-43, 2006.

KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J. D. Acceleration of post-mortem tenderization in lamb and Brahman-cross beef carcass through infusion of calcium chloride. *Journal of Animal Science*, v.68, n.5, p.1278-1283, 1990.

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2011, p. 11-66.

KUSS, F.; LÓPEZ, J.; RESTLE, J.; *et al.* Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.4, p.924-931, 2010.

LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; VALENTIM, J. F.; *et al.* Intensification of cattleranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *Animal*, v. 8, n. 8, p. 1255-1263, 2014.

LAWRIE, R. A. *Ciência da carne*. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2005. 384p.

LEME, P. R.; BOIN, C.; MARGARIDO, R. C. C.; *et al.* Desempenho em confinamento e características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos em três faixas de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p. 2347-2353, 2000.

LIGHT, N.; CHAMPION, A. E. Characterization of muscle epimysium, perimysium and endomysium collagens. *Biochemical Journal*, v.219, n.3, p.1017-1026, 1984.

LIU, Y.; STOUFFER, J. R. Pork carcass evaluation with an automated and computerized ultrasonic system. *Journal of Animal Science*, v.73, p.29-38, 1995.

LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.14, n.11, p.787-793, 1963.

LOTTENBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v.53, n.5, p.595-607, 2009.

LUCHIARI FILHO, A. *Pecuária da carne bovina*. São Paulo: R Vieira Gráfica e Editora, 2000.134 p.

MACEDO, L. M. A.; PRADO, I. M.; PRADO, J. M.; *et al.* Composição química e perfil de ácidos graxos de cinco diferentes cortes de novilhas mestiças (Nelore vs Charolês). *Semina: Ciências Agrárias*, v.29, n.3, p.597-607, 2008.

MAGGIONI, D.; PRADO, I. N.; ZAWADZKI, F.; *et al.* Grupos genéticos e graus de acabamento sobre qualidade da carne de bovinos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 1, p. 391-402, 2012.

MANÇO, M.C.W. *Características físico-químicas, sensoriais e higiênicas da carne bovina em duas classes de maturidade e sob influência da maturação*. 2006. 124f. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MARSH, B. B. Symposium: the basis of quality in muscle foods, the basis of tenderness in muscle foods. *Journal of Food Science*, v.42, n.2, p.295, 1977.

MARTINS, C. A. *Efeito do pH final sobre a qualidade da carne de bovinos da raça Nelore*. 2017. 73f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Lisboa, Lisboa.

MATTOS, E. C.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P.; *et al.* TOPGEN: um software para definir acasalamentos dirigidos em bovinos de corte. *Melhoramento Animal*, p.1-2, 2000.

MESQUITA, E. E.; CASTAGNARA, D. D.; OLIVEIRA, N. T. E; *et al.* Growth performance and carcass characteristics of Nelore Angus and Nelore Angus Guzera crossbreed cows fed with supplemented pasture during the yearling and feedlot stages. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 4, p. 2701-2710, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Projeções do agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28, projeções de longo prazo*. 9. ed. Brasília:MAPA, 2018. 112p.

MOLETTA, J. L.; RESTLE, J. Desempenho em confinamentos de novilhos de diferentes grupos genéticos. *Ciência Rural*, v.22, n.2, 1992.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on texturalmeat quality. *Meat Science*, v.68, p.595-602, 2004.

MOURA, A. C.; LUCHIARI FILHO, A.; NARDON, R. F.; RAZOOK, A. G. Efeitos da injeção de cloreto de cálcio pós-morte e tempo de maturação no amaciamento e nas perdas por cozimento do músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* selecionados para ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.6, p.1382-1389, 1999.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYOA, M; *et al.* Some biochemical aspects pertainingto beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chemistry*, v.112, n.2, p.279-289, 2009.

MULLER, L. *Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos*. 1. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1980. 31p.

MULLER, L.; PRIMO, A. T. Influência do regime alimentar no crescimento e terminação de bovinos e na qualidade da carne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Veterinária*, v.21, n.4,p.445-452, 1987.

NASCIMENTO, M. L.; ABEL, K. V.; VALENTE, E. L.; BARROS, L. V. Fontes de energia, processamento de grãos e sítio de digestão do amido correlacionados com o acréscimo de gordura nos diferentes depósitos corporais de ruminantes. *Revista Eletrônica veterinária*, v.9, n.4, p.1-17, 2008.

NEWSOME, R. L.; LANGLOIS, B. E; MOODY, W. G.; *et al.* Effect of time and method of aging on the microbiological quality of beef loins and corresponding steaks. *Journal of Food Protection*, v.47, n.2, p.122-125, 1984.

OLIVEIRA, I. M.; PAULINO, P. V. R.; MARCONDES, M. I.; *et al.* Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.12,p.2894–2902, 2011.

OLIVEIRA, L. B.; SOARES, G. J. D.; ANTUNES, P. L. Influência da maturação de carne

bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.4, n.3, p.166-171, 1998.

OLSSON, U.; HERTZMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Science*, v.37, n.1, p.115-131, 1994.

PACHECO, P. S.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; *et al.* Características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1666-1677, 2005.

PARDI, M. C; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R; PARDI, H. S. *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. 2. ed. Goiânia: UFG, 2001. 624p.

PEREIRA, P. M. R. C.; PINTO, M. F.; ABREU, U. G. P.; LARA, J. A. F. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.11, p.1520-1527, 2009.

PERÓN, A. J.; FONTES, C. A. A.; LANA, R. P.; *et al.* Rendimento de carcaça e de seus cortes básicos e área corporal de bovinos de cinco grupos genéticos, submetidos à alimentação restrita “*ad libitum*”. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.2, p.238-247, 1993.

PEROTTO, D.; MOLETTA, J. L.; CUBAS, A. C. Características quantitativas da carcaça de bovinos Charolês, Caracu e cruzamentos recíprocos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 1, p. 117-124, 2000.

PITOMBO, R. S.; SOUZA, D. D. N.; RAMALHO, A. B. A.; *et al.* Qualidade da carne de bovinos superprecoces terminados em confinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.4, p.1203-1207, 2013.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. *Ciência de los alimentos*. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995.667p.

PRATA, L. F.; FAKUDA, R. T. *Fundamentos da higiene e inspeção de carnes*. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 349p.

PRATA, L. F.; OLIVEIRA, L. G. *Inspeção e tecnologia da carne*. Jaboticabal: FUNEP, 2011.163p.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. *Food, Science and Technology*, v. 19, n.1, p.88-96,1999.

REIS, R. C. *Qualidade nutricional da carne de tourinhos Nelore e ½ Angus-Nelore terminados em confinamento ou em pastagem com suplementação*. 2017. 96f. Tese (Doutorado em Sanidade Animal, Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; FEIJÓ, G. L. D; *et al.* Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais Charolês x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1371-1379, 2000.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; QUADROS, A. R. B.; MULLER, L. Características de carcaça e

da carne de novilhos de diferentes genótipos Hereford x Nelore. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 28, n. 6, p. 1245-1251, 1999.

ROÇA, R. O. Modificações post-mortem. Botucatu: Laboratório de Tecnologia dos Produtos

de Origem animal, 2001. Disponível em:

<  
<  
[https://www.researchgate.net/profile/Roberto\\_Roca/publication/267303164\\_MODIFICACOES\\_POST-MORTEM/links/568fab5d08aead3f42f46677.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Roca/publication/267303164_MODIFICACOES_POST-MORTEM/links/568fab5d08aead3f42f46677.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2019.

ROÇA, R. O. Refrigeração. Botucatu: Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem animal, 2003. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/16335522-Refrigeracao-prof-roberto-de-oliveira-roca.html>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

RODRIGUES FILHO, M.; PÉRES, J. R. O.; RAMOS, E. M.; *et al.* Características da carne detourinhos Red Norte suplementados com óleos de fritura e soja terminados em confinamento. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 15, n. 1, 2014.

ROSA, A. N.; MARTINS, E. N.; MENEZES, G. R. O.; SILVA, L. O. C. *Melhoramento genético aplicado em gado de corte: programa geneplus*. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 241p.

ROSA, F. C.; BRESSAN, M. C.; BERTECHINI, A. G.; *et al.* Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.4, p.707-714, 2006.

ROSSATO, L. V.; BRESSAN, M. C.; RODRIGUES, É. C.; *et al.* Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.9, p.1841-1846, 2009.

RUBENSAM, J. M.; FELICIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Effects of the Bos indicus genotype on calpastatin activity and texture of beef from steers slaughtered in the south of Brazil. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.18, n.4, p.405-409, 1998.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Processamento da carne suína. Boletim técnico da Universidade Federal do Espírito Santo, p.1-7, 2007.

SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. Review: the chilling of carcasses. Meat Science, v. 70, p. 449-459, 2005.

SCOLLAN, N. D.; CHOI, N. J.; KURT, E.; *et al.* Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. British Journal of Nutrition, v.85, n.1, p.115-124, 2001.

SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J. F.; NUERNBERG, K.; *et al.* Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Science, v.74, n.1, p.17-33, 2006.

SEABRA, L. M. J.; GONÇALVES, L. A. G.; ZAPATA, J. F. F. O papel das enzimas musculares no processo de maturação de carnes. Higiene de Alimentos, v. 15, p.15-20, 2001.

SILVA, M. B. *Características pós abate de bovinos terminados em confinamento recebendo ou não restrição alimentar*. 2018. 42f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, R. M. D.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; *et al.* Perfil de ácidos graxos da carne de novilhos europeus e zebuínos alimentados com milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 1, p.63–70, 2014.

SILVA, R. M.; PÁDUA, J. T.; PACHECO, P. S.; *et al.* Desempenho de novilhos mestiços Nelore confinados com cana-de-açúcar e diferentes níveis de energia. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.43, 2006.

SILVA, R. M.; RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; *et al.* Características de carcaça e carne de novilhos de diferentes predominâncias genéticas alimentados com dietas contendo níveis de substituição do grão de milho pelo grão de milho, v.36, n.2, p.943-959, 2015.

SILVEIRA, I. D. B.; FISCHER, V.; SOARES, G. J. D. Relação entre o genótipo e o temperamento de novilhos em pastejo e seu efeito na qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 2, p. 519–526, 2006.

STEINER, R.; VOTE, D. J.; BELK, K. E.; *et al.* Accuracy and repeatability of beef carcass *longissimus* muscle area measurements. *Journal of Animal Science*, v.81, n.8, p. 1980-1988, 2003.

STEINER-ASIEDU, M.; JULSHAMN, K.; LIE, O. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: part I proximate composition, fatty acids, minerals trace elements and vitamins. *Food Chemistry*, v.40, p.309-321, 1991.

STIPANUK, M. H. *Biochemical and physiological aspects of human nutrition*. 4. ed. Nova York: Saunders, 2018. 976p.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; *et al.* When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*, v. 28, p.84-97, 2014.

TARRANT, P. V. Animal behavior and environmental in the dark-cutting condition in beef – a review. *Journal of Food Science and Technology*, v.13, p.1-21, 1989.

TEIXEIRA, N. F. *Nutrição clínica*. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2003. 550p.

VOLPELLI, L. A.; FAILLA, S.; SAPULCRI, A.; PIASSENTIER, E. Calpain system in vitro activity and myofibril fragmentation index in fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, v. 69, p.579-582, 2005.

WATANABE, D. H. M. *Desempenho de bovinos Nelore e ½ Angus/Nelore adaptados em confinamento por 9 ou 14 dias*. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena.

ZAMBONI, V. T. *Correlação entre escores visuais de conformação e indicadores de desempenho, características de carcaça e de carne de novilhos Nelore e cruzados Aberdeen Angus x Nelore*. 2010. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba.