UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS – FZEA

JUAN FERNANDO MORALES GÓMEZ

**Efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça
e qualidade de carne de *Bos indicus* (Nelore) confinados**

Pirassununga – SP

2016

JUAN FERNANDO MORALES GÓMEZ

**Efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça
e qualidade de carne de *Bos indicus* (Nelore) confinados**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade
de Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para a
obtenção do Título de Mestre em
Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Saulo da Luz e
Silva

Pirassununga – SP

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G633e Gómez, Juan Fernando Morales
 Efeito da condição sexual sobre o desempenho,
 características de carcaça e qualidade de carne de
 Bos indicus (Nelore) confinados / Juan Fernando
 Morales Gómez ; orientador Saulo da Luz e Silva. --
 Pirassununga, 2016.
 65 f.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
 em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e
 Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

 1. Imunocastração. 2. Castração. 3. Carne. 4.
 bovinocultura de corte. 5. Produção animal. I.
 Silva, Saulo da Luz e, orient. II. Título.

GÓMEZ J.F.M. EFEITO DA CONDIÇÃO SEXUAL SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E QUALIDADE DE CARNE DE *Bos indicus* (NELORE) CONFINADOS. 2016. 65f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Nome completo do 1º Examinador – Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva – FZEA-USP - Orientador

Nome completo do 2º Examinador
Prof. Dr. Arlindo Saran Netto FZEA-USP

Nome completo do 3º Examinador
Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça – UNESP Botucatu

DEDICATÓRIA

*A Deus que me deu a vida e me abençoou com minha família e amigos.
Aos meus Pais, Fernando Morales e Claudia Gómez, pela sua dedicação, apoio,
esforço e amor.*

*Aos meus irmãos Daniel e Alejandra, pelo seu apoio, amor e por ser minha
motivação para sempre vencer.*

A meu avô Tulio, por seu grande exemplo de vida.

A toda minha família, por ser minha motivação para sempre ser o melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser quem guia minha vida e escolhe meus caminhos.

A meus pais Fernando Morales e Claudia Gómez, meus irmãos Daniel e Alejandra, por seu amor, seu exemplo, por serem minha maior motivação para sempre vencer e buscar sempre ser melhor, por me incentivar e apoiar para realizar meu estágio e mestrado em outro país. Meu eterno agradecimento para eles.

Meus avôs e minhas avós, meus tios e tias, primos e primas, e toda minha família, por seu amor, apoio e bons momentos vividos.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio com uma bolsa de mestrado, a qual tornou possível a realização dessa etapa.

A Universidad de Cundinamarca e professores que ajudaram na minha formação pessoal e profissional, por todos os aprendizados e momentos inesquecíveis.

A meu orientador o Professor Saulo da Luz e Silva por ter me aceitado sem me conhecer chegando de outro país, pela orientação, correções, ensinamentos, apoio, paciência, conselhos e confiança no meu trabalho. Minha admiração e eterno agradecimento.

Aos professores Paulo Leme, Luciane Martello e em especial ao professor Arlindo Saran Netto por seu apoio e confiança depositada em mim.

A meus irmãos da República Caipira Fabio, Guilherme e Salsicha, pelos conselhos, companheirismo, risadas, churrascos e grandes momentos vividos e por ser minha família aqui no Brasil.

A minha namorada e amiga Nathalia pelo seu amor, compreensão, conselhos, ajuda e apoio incondicional todos os dias.

A meus amigos de CEBER Madeline Mazon, Keni Nubiato, Henrique Bueno, Juliana Silva, Guilherme Sene, Juliana Balage, Danielle Martarim, Tiago Ronimar, Nara Consolo, Anderson Cabral, Fabiane Costa, Vicente Buarque, Mariane Beline, Rosana Corte pela sua amizade, apoio e bons momentos, e em especial ao Dan por seu apoio, ajuda, conselhos, parceria e grande amizade.

Os meus grandes amigos Henrique Hooper, Lina, Dione, Ricardinho, Aninha, Robertinha, Marcela, Mauricio, Oscar, Andrea, Claudio e Sebastian, pela sua amizade, conselhos e bons momentos.

A meus amigos e estagiários Taco, Giovanna, Luisa, Tam, Paloma, Laranjada, Bianca, Cintia e toda equipe do LAAQC pela ajuda no experimento e bons momentos vividos.

A todos meus amigos colombianos que já ficaram ou ficam no Brasil, pela ajuda, os conselhos, as festas e bons momentos.

Aos funcionários da USP, Ricardinho, Dione, João, Vitinho, Cláudio e todo o pessoal da fábrica de rações, e ao Elso e todo o pessoal do abatedouro, pela ajuda sempre que precisei.

A todos os mencionados, meus sinceros agradecimentos!!!

"Tudo é questão de despertar a sua alma"

Gabriel Garcia Márquez

RESUMO

GÓMEZ, J.F.M. **Efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de *Bos indicus* (Nelore) confinados.** 2016. 67f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

Este trabalho foi conduzido para avaliar o efeito da condição sexual sobre o desempenho, concentração de testosterona, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados. Cinquenta e oito machos bovinos (430 ± 36 kg; 24 meses de idade), foram divididos em três grupos em um delineamento inteiramente casualizado. Foi realizado, em 15 animais, o procedimento de castração cirúrgica (CC), aos 12 meses de idade, enquanto que 21 animais receberam duas doses da vacina de imunocastração (IC), dentro de um intervalo de 30 dias, e 22 animais permaneceram não-castrados (NC). Os animais foram alocados em baias individuais e alimentados com uma dieta contendo 70% concentrado e 30% volumoso durante noventa dias precedidos por um período de adaptação de vinte e um dias. Foi avaliado o desempenho e características de carcaça a cada 28 dias. Os animais foram abatidos e foi avaliada a qualidade da carne. Animais NC apresentaram maior ganho de peso, eficiência alimentar, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça comparado com animais CC e IC ($P < 0.05$). Animais castrados apresentaram maiores valores de cor L^* , a^* , b^* e perda por cocção que animais NC ($P < 0.05$). A imunocastração diminuiu o desempenho dos animais, comparado com animais CC ou NC. Porém, é uma alternativa à castração cirúrgica pois possui as mesmas características de carcaça e qualidade da carne. A imunocastração melhora a cor da carne e diminui a frequência de carnes DFD comparado com animais NC.

Palavras-chave: Bopriva, castração cirúrgica, imunocastração, touro.

ABSTRACT

GÓMEZ, J.F.M. **Effect of gender on performance, carcass traits and meat quality of feedlot finished *Bos indicus* (Nellore) cattle.** 2016. 67f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

This study was carried out to evaluate the effect of the sexual condition on performance, testosterone concentration, carcass traits and meat quality of feedlot Nellore cattle. Fifty-eight males (430 ± 36 kg BW; 24 mo old) were divided into three groups in a randomized complete design. Surgical castration (SC) procedure was performed in 15 animals at 12 months old, whereas 21 animals received two doses of immunocastration vaccine (IM), within an interval of 30 days. In addition, 22 animals remained intact (NC). The animals were allotted in individual pens and daily fed a diet containing 70% concentrate and 30% roughage during ninety days preceded by an adaptation period of twenty one days. Performance and carcass characteristics were evaluated every 28 days. The animals were slaughtered and the meat quality was evaluated. The NC animals showed greater average daily gain, feed efficiency, hot carcass weight and carcass yield compared with SC animals and IM ($P < 0.05$). Castrated animals had higher color values L^* , a^* , b^* and cooking loss than NC animals ($P < 0.05$). Immunocastration decreased performance when compared to SC or NC animals. However, it is an alternative tool to surgical castration because it has the same carcass characteristics and meat quality. Immunocastration improves the color of the meat and reduces the frequency of DFD meat compared to NC animals.

Keywords: Bopriva, surgical castration, immunocastration, bull.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal	19
Figura 2. Ficha de avaliação sensorial por teste afetivo.....	38
Figura 3. Concentração sérica de testosterona Dos animais de acordo com a condição sexual e o tempo de confinamento.	39
Figura 4. Valores de cor de carne fresca e maturada.....	48
Figura 5. Valores de força de cisalhamento de acordo com a condição sexual.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual da dieta a ser utilizada (na matéria seca).	33
Tabela 2. Medias, erro-padrão da media (EPM) e probabilidade das características de desempenho e carcaça no abate, de acordo com a condição sexual.....	40
Tabela 3. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade do peso e características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, de acordo com a condição sexual e o tempo de confinamento.	44
Tabela 4. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade das características de qualidade de carne, de acordo com a condição sexual.....	46
Tabela 5. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade das características sensoriais da carne avaliada por teste afetivo de aceitação do consumidor, de acordo com a condição sexual.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
AMP	Adenosina monofosfato
AMPK	Adenosina monofosfato kinase
AOL	Área de olho de lombo
CC	Castrado cirurgicamente
DFD	Dark, firm and dry
EA	Eficiência alimentar
EGP	Espessura de gordura na picanha
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EPM	Erro padrão da media
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FSH	Hormônio folículo estimulante
GMD	Ganho médio diário
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
GRPI	Gordura renal, pélvica e inguinal
IGF-1	Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1
IMS	ingestão de matéria seca
IC	Imunocastrado
LH	hormônio luteinizante
MAPA	Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento
MS	Matéria seca
NC	não castrado
NDT	Nutrientes digestíveis totais
PCQ	Peso de carcaça quente
pH	Potencial de Hidrogênio
RC	Rendimento de carcaça
RCQ	Rendimento de carcaça quente
USDA	United States Department of Agriculture
WBSF	Warner-Bratzler shear force

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Justificativa	16
1.2. Objetivo.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Confinamento.....	17
2.2. Condição sexual e função testicular	18
2.2.1. Castração	20
2.2.2. Castração cirúrgica	21
2.2.3. Imunocastração	22
2.3. Bem-estar animal.....	24
2.4. Efeito da condição sexual sobre a qualidade da carne	25
2.4.1. Cor	25
2.4.2. pH e carne com cortes escuros (<i>Dark cuts</i>)	26
2.4.3. Maciez	28
2.4.4. Teor de lipídeos e oxidação lipídica da carne	31
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Animais e alimentação.....	32
3.2. Avaliações nos animais vivos	33
3.3. Concentração sérica de testosterona	34
3.4. Características de carcaça e qualidade de carne	34
3.4.1. Avaliação do pH.....	35
3.5. Cor da carne	35
3.5.1. Perdas por exsudação, cocção e força de cisalhamento	36
3.5.2. Comprimento de sarcômero	36
3.5.3. Avaliação de lipídios totais e oxidação da carne.....	37
3.5.4. Análise Sensorial	37
3.6. Análises estatísticas	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Concentração sérica de testosterona	39
4.2. Desempenho.....	40
4.3. Características de carcaça avaliadas por ultrassom.....	42

4.4. Qualidade da carne.....	45
4.4.1. Temperatura, pH e carne DFD.....	45
4.4.2. Avaliação da cor	46
4.4.3. Perda por exsudação, por cocção, comprimento de sarcômero e força de cisalhamento	48
4.4.4. Lipídios totais e tbars	52
4.4.5. Análise sensorial.....	53
5. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

A demanda de produtos de origem animal está crescendo constantemente com o aumento de população mundial. Além do aumento da demanda, os consumidores estão procurando um alimento de qualidade produzido de acordo dos padrões de bem-estar animal. O Brasil tem um grande potencial de produzir alimentos para suprir a demanda mundial e atualmente é uns dos principais países produtores e exportadores de carne. Porém tem um grande desafio para suprir essa crescente demanda, tendo que aumentar sua produtividade sem aumentar área de produção.

Estratégias como o confinamento com dietas com alta proporção de concentrado têm sido utilizadas para aumentar a eficiência produtiva. Além disso, a produção de carne do Brasil é baseada em animais Nelore e principalmente com uma crescente utilização de machos não-castrados, por serem mais eficientes pelos efeitos anabólicos da testosterona.

A condição sexual dos animais é um fator importante que tem um efeito direto no desempenho dos animais e na qualidade da carne. Normalmente animais castrados apresentam menor desempenho, maior deposição de gordura e melhores características de qualidade da carne em comparação aos animais não-castrados. Por outro lado, além do efeito anabolizante, a testosterona possui um efeito secundário, sobre o temperamento dos animais causando uma maior susceptibilidade ao estresse pré-abate, produzindo carne com pH elevado, cortes escuros e com menor maciez.

A castração é uma estratégia utilizada para reduzir a frequência de cortes escuros e melhorar a qualidade da carne, porém, o processo cirúrgico causa dor e pode causar problemas pós-cirúrgico. Uma alternativa a castração tradicional é a imunológica, que atua bloqueando a produção de GnRH gerando uma diminuição nos níveis de testosterona, obtendo o mesmo resultado da castração cirúrgica sem comprometer o bem-estar do animal. Porém a imunocastração é uma técnica relativamente nova em bovinos, com poucas informações disponíveis e, dessa forma, são necessários maiores estudos para fornecer informações mais consistentes sobre o desempenho e qualidade da carne dos animais, em comparação aos animais castrados cirurgicamente ou não-castrados.

1.1. Justificativa

São escassos trabalhos que tenham avaliado o efeito da imunocastração em bovinos Nelore confinados, sobre características de desempenho, de carcaça avaliadas por ultrassonografia, qualidade da carne fresca e maturada e análise sensorial de aceitação do consumidor. Desta forma, é importante que estudos sejam desenvolvidos para avaliar o efeito da condição sexual sobre essas características do sistema de produção.

1.2. Objetivo

Avaliar o efeito da condição sexual sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de *Bos indicus* (Nelore) confinados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com dados da FAO (2011), em 2050 o crescimento da população mundial e o aumento de receita implicarão em um aumento no consumo de proteína de origem animal de aproximadamente 2/3 em relação ao que é consumido atualmente. Segundo as projeções da FAO em 2014 a produção mundial de carne para 2050 se deveria duplicar e se prevê que a maior parte do crescimento se terá em países em desenvolvimento. O aumento da produção de carne nos últimos 40 anos, ocorreu, em grande parte, pelo aumento do número de animais produzidos (FAO, 2011). Porém, é praticamente impossível atender a demanda futura, com base nesse mesmo princípio, indicando que essas metas só podem ser atingidas com ganhos na produtividade do sistema. Segundo Millen et al. (2011) o ciclo de produção tem a necessidade de ser mais eficaz para suprir as exigências internas e externas no futuro.

Em 2015 o Brasil foi o segundo maior produtor de carne no mundo superado pelos Estados Unidos e o terceiro maior exportador de carne bovina do mundo sendo superado pela Índia e Austrália (USDA, 2015). O Brasil tem uma grande importância na produção de carne no mundo, além disso, tem potencial para suprir as demandas futuras por ser um país em desenvolvimento, ter condições climáticas favoráveis, um custo baixo de mão de obra, profissionais no setor pecuário e novas tecnologias para tornar a produção mais eficiente. Uma estratégia que está sendo utilizada para aumentar a eficiência do sistema é confinar animais na fase de terminação com uma alimentação de alto concentrado, obtendo maiores ganhos de peso e acabamentos dos animais (PRESTON, 1998; MILLEN et al., 2009, 2011; OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

2.1. Confinamento

O confinamento é um sistema para intensificar a produção animal, buscando uma maior eficiência na produção com a utilização de uma área menor. No Brasil, os bovinos são mantidos em confinamento, principalmente, durante a estação seca, quando a disponibilidade de pasto é reduzida. Esta estratégia é usada para manter um fornecimento constante de carne (MILLEN

ET AL. 2009; MILLEN ET AL., 2011). Em contrapartida, o gado brasileiro passa a maior parte de sua vida em pastagens, o que aumenta a idade de abate dos animais por aumentar o ciclo de produção, que em média é de aproximadamente 36 meses (OLIVEIRA et al. 2006).

Além de suprir a falta de alimentos e diminuir o ciclo de produção, os confinamentos são utilizados a fim de maximizar o ganho de peso e conseguir um mínimo de gordura de cobertura na carcaça para atingir as exigências da indústria brasileira. (BASARAB et al., 1999; SILVA S. L. et al., 2004; MILLEN et al., 2011)

Outra prática que tem sido bastante utilizada para o confinamento de animais é a utilização de dietas com altas proporções de concentrado. De acordo com Preston (1998) o fornecimento de dietas com elevadas proporções de concentrado, fornecidas *ad libitum*, é uma prática bastante comum na indústria de gado de corte norte-americana. De acordo com uma pesquisa de Oliveira & Millen (2014) realizada com 33 nutricionistas que assessoram confinamentos em todo o Brasil, o milho foi a maior fonte primária de grãos usadas em dietas de confinamento (87,9%). A relação média da inclusão de concentrado e volumoso nas dietas na fase de terminação em confinamento foi de 79,0% e 21,0%, respectivamente. Segundo os mesmos autores a maioria dos bovinos alimentados em confinamento brasileiros são machos não-castrados (84,5%), com um período curto de confinamento (87,7 dias) o que representa cerca de 7% do ciclo de produção, desde o nascimento até o abate. O ganho médio diário nos confinamentos atendidos pelos 33 nutricionistas foi de 1,40, 1,50, 1,40, 1,23 e 1,25 kg para vitelos, machos não-castrados, machos castrados, novilhas e vacas de descarte, respectivamente.

2.2. Condição sexual e função testicular

Um fator importante do sistema de produção bovina é a condição sexual dos animais utilizados. A condição sexual do animal é um dos principais aspectos relacionados ao desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne, pois ela exerce um efeito direto sobre o crescimento dos tecidos, bem como sobre a distribuição dos mesmos na carcaça (D'OCCHIO; ASPDEN; TRIGG, 2001).

A utilização de animais não-castrados para aumentar a eficiência do sistema produtivo é uma prática que tem sido frequentemente utilizada, pois apresentam maior deposição muscular (ARNOLD; PERALTA; THONNEY, 1997) ganham mais peso e são mais eficientes em relação a animais castrados (WORRELL; CLANTON; CLAKINS, 1987). Entretanto, animais não-castrados são mais tardios quanto à deposição de gordura, retardando o abate em função do maior tempo necessário para a deposição da gordura exigida pela indústria e necessária para a manutenção da qualidade da carne, quando submetida ao processo de resfriamento da carcaça. Por este motivo, os animais castrados são superiores em grau de qualidade e palatabilidade da carne comparado aos animais não castrados (WORRELL; CLANTON; CLAKINS, 1987).

As principais funções dos testículos são a secreção de testosterona e outros hormônios esteroides pelas células de Leydig, e a produção de espermatozoides, sendo que estas são controladas basicamente por hormônios da glândula pituitária anterior. A secreção de testosterona é responsável pela libido do touro e por controlar a ação do hormônio luteinizante. (BALL, 2006). Uma vez atingida a puberdade, as liberações pulsáteis de LH pituitário continuam a estimular as células de Leydig a produzirem testosterona, cujos altos níveis exercem um efeito de *feedback* negativo no hipotálamo, suprimindo a produção de GnRH e, portanto, de LH. (BALL, 2006) (Figura 1)

Figura 1. Eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal

Fonte: Modificado HAFEZ (2004)

A testosterona é um andrógeno produzido pelas células intersticiais (células de Leydig) dos testículos, sendo uma pequena quantidade produzida pelo córtex adrenal. A testosterona desenvolve e mantém as glândulas sexuais acessórias, estimula as características sexuais secundárias, o comportamento sexual e a espermatogênese, além que possui efeitos anabólicos (HAFEZ, 2004).

2.2.1. Castração

Animais não-castrados apresentam um maior ganho de peso, uma melhor eficiência alimentar, uma menor deposição de gordura, e um comportamento agressivo, além de uma maior tendência a apresentar carne mais escura e com menor maciez em comparação com animais castrados. No entanto, há comprometimento do bem-estar animal com o processo da castração (SEIDEMAN et al., 1982; RESTLE et al., 2000; RIBEIRO et al., 2004; ÍTAVO et al., 2008; ANDREO et al., 2013).

Seideman et al. (1982) informaram que animais castrados têm maior grau de marmoreio, mais gordura subcutânea, menor área do músculo *Longissimus*, mais gordura renal e um maior grau de qualidade USDA que animais não-castrados. Segundo o mesmo autor animais não-castrados precisam mais dias de alimentação para atingir o mesmo acabamento que os animais castrados. Além disso, carcaças de animais não-castrados com mais de 12 meses de idade são fisiologicamente mais maduros, apresentando maior ossificação que animais castrados com a mesma idade cronológica (H. A. GLIMP et al., 1971; ARTHAUD et al., 1977).

Vários estudos revisados por Field (1970) e Seideman et al. (1982) demonstram que carne de animais não-castrados é um pouco menos macia, apresentando maiores valores de força de cisalhamento que animais castrados. Os mesmos autores reportam que carne de touros é de cor mais escura que carne de animais castrados. Segundo o Field (1970) animais não-castrados têm um temperamento mais agressivo e podem ser facilmente estressados, resultando em menores reservas de glicogênio muscular e, por consequência, carnes mais escuras.

Nos animais não-castrados, a testosterona desenvolve as características secundárias do macho, como a deposição muscular e também a atividade das calpastatinas (síntese muscular), que promove o aumento da inibição das calpaínas (degradação muscular), complexo relacionado com a maciez da carne (ANDREO et al., 2013). Segundo Morgan et al, (1993) incremento a força de cisalhamento de carne de animais não-castrados está associado a uma maior atividade das calpastatinas 24 horas após o abate.

2.2.2. Castração cirúrgica

A castração cirúrgica convencional é um método que por inibir a produção de testosterona, promove aumento na deposição de gordura na carcaça. No entanto, proporciona grandes desafios à sanidade, bem como a produtividade dos animais, caso seja realizada com descaso ou por profissionais não treinados. O período pós-cirúrgico do animal é traumático e faz com que o animal não apresente o desempenho esperado, além de ser um procedimento questionável com relação à ética e ao bem-estar animal (BONNEAU; ENRIGHT, 1995).

Segundo Roça et al. (2011) em bovinos de corte, a castração é uma prática que tem como objetivo obter animais mais dóceis, facilitando o manejo, e a redução de problemas de casco e monta indesejada, assim reduzindo o estresse do animal e, conseqüentemente, o risco do desenvolvimento de cortes DFD (*dark, firm and dry*), além de apresentar maior deposição de gordura e marmorização da carne.

Destefanis et al. (2003) e Lazzaroni & Biagini (2008) avaliaram o efeito de diferentes idades de castração (precoce - 5 meses; tardia -13 meses ou não castrados) no desempenho e qualidade da carne em machos da raça Piemontês. Os autores indicaram que houve diferença na deposição de gordura entre os animais castrados e não-castrados, mas não houve diferença entre as idades de castração, bem como na conformação das carcaças. Os mesmos autores maturaram por 11 dias amostras do *Longissimus thoracis* para avaliar composição, cisalhamento e análise sensorial da carne e relataram que os animais castrados apresentaram menor teor de água e maiores teores de proteína e extrato etéreo em comparação com machos não-castrados. Porém,

não foi observada diferença significativa entre a castração precoce e tardia para nenhuma característica avaliada, com exceção das perdas por cocção.

De acordo com Freitas et al. (2008), avaliaram o efeito de duas idades de castração ou não-castração em animais da raça Nelore terminados em confinamento, observaram maior desempenho em animais não-castrados, mas uma menor deposição de gordura comparado com os animais castrados. Além disso, não encontraram diferenças nas características de desempenho e deposição de gordura entre as duas idades de castração.

2.2.3. Imunocastração

O eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal é responsável pelo ciclo de produção dos hormônios sexuais. O eixo tem início no hipotálamo, onde há a secreção de GnRH, que estimula a hipófise a liberar o hormônio luteinizante (LH) e o hormônio folículo estimulante (FSH), os quais estimulam as gônadas produzirem testosterona (machos) e progesterona (fêmeas). A vacina de imunocastração inibe a secreção de GnRH do hipotálamo e, conseqüentemente, inibe todo o eixo de produção dos hormônios sexuais (D'OCCHIO et al., 2001)

Desde 2007, uma nova vacina (Bopriva®, Pfizer, Saúde Animal) desenvolvida especificamente para bovinos, registrada na Nova Zelândia e Austrália, foi produzida para reduzir os níveis séricos de testosterona em touros, nas fases púberes. Atualmente, Bopriva® é a única vacina anti-GnRH disponível no mercado para bovinos e tem demonstrado boa segurança e eficácia na supressão da testosterona sérica (JANETT et al., 2012a).

Segundo Roça et al.(2011) a vacina de imunocastração é uma alternativa imunológica à castração cirúrgica, facilitando o manejo dos bovinos por controlar o comportamento sexual, promovendo maior bem-estar animal e aumentando o potencial de produtividade, com melhora da qualidade da carne.

Amatayakul-Chantler et al. (2013) compararam duas técnicas de castração, cirúrgica e imunológica, em animais da raça Nelore de 20 meses de idade alimentados em pasto. Os animais imunocastrados tiveram maior ganho de peso vivo, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça em comparação com o grupo castrado cirurgicamente. Além disso, observaram que a concentração sérica de testosterona 24 dias após a segunda dose da vacina não

diferiu entre os métodos de castração. Segundo os mesmos autores, 8% dos animais castrados cirurgicamente tiveram várias complicações após a castração cirúrgica, por outro lado não se constatou efeitos adversos, sistêmicos ou localizados, na castração imunológica.

Observou-se em vários estudos (Amatayakul-Chantler et al., 2012; Ribeiro et al., 2004; LOWE et al., 2014, 2014) que a imunocastração promove a deposição de gordura na carcaça, pois a vacina inibe a secreção de GnRH do hipotálamo e, conseqüentemente, inibe todo o eixo de produção de testosterona, não expressando algumas características secundárias do macho. Desse modo, os animais castrados passam a se comportar, fisiologicamente, como fêmeas, pois particionam a energia para deposição de tecido muscular com a deposição de tecido adiposo. Segundo Andreo et al. (2013), animais imunocastrados apresentaram menor ganho diário de peso vivo, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, área de olho de lombo e força de cisalhamento. Entretanto, obtiveram maior espessura de gordura subcutânea e grau de cobertura da carcaça, quando comparado com animais não castrados.

Ribeiro et al. (2004) avaliaram as características de crescimento e de carcaça de bovinos *Bos indicus* em três grupos (imunocastrados, castrados e não-castrados) e observaram que animais não-castrados apresentaram maior peso corporal, ganho médio diário, peso de carcaça e porcentagem de músculo em comparação com animais imunocastrados e castrados cirurgicamente. Porém, os animais castrados e imunocastrados tiveram maior deposição de gordura e marmorização em relação aos não-castrados. Miguel et al. (2014) avaliaram os efeitos da imunocastração sobre as características de carcaça e qualidade de carne de bovinos machos Nelore e cruzados Nelore x Aberdeen Angus. Foram utilizados animais castrados cirurgicamente, imunocastrados, e intactos terminados em confinamento por 90 dias. Os animais imunocastrados demonstraram maior rendimento de carcaça quente e rendimento de carcaça fria que os seus homólogos castrados cirurgicamente. Amatayakul-Chantler et al. (2013) não encontraram efeitos negativos sobre as características de carcaça ou qualidade de carne entre animais imunocastrados e não-castrados.

2.3. Bem-estar animal

Na bovinocultura de corte, a docilidade é importante por razões de bem-estar animal, por segurança das pessoas envolvidas no manejo dos animais, além de razões econômicas. O hormônio testosterona é muitas vezes mencionado no contexto com agressões e docilidade (GEBURT et al., 2015). Porém todos os métodos físicos utilizados para a castração têm efeitos secundários e causam dor (STAFFORD; MELLOR, 2005).

Price et al.(2003) concluiu que a imunização ativa contra a GnRH é uma alternativa eficaz à castração cirúrgica para reduzir a incidência de comportamento agressivo em bovinos machos. Porém, as técnicas de imunização devem ser melhoradas para atingir uma redução constante na função testicular em touros, com o fim de diminuir o comportamento agressivo. (PRICE et al., 2003)

A redução do comportamento agressivo aumenta o retorno econômico ao produtor, diminuindo a incidência de lesões e de cortes escuro no momento do abate, enquanto conserva energia para aumentar o crescimento. De acordo com Price et al. (2003) a castração cirúrgica de bovinos machos reduz comportamentos agressivos em relação aos animais não-castrados, mas a intervenção cirúrgica associada pode colocar em risco o bem-estar dos animais. A imunização machos de corte contra GnRH fornece uma alternativa à castração cirúrgica e oferece muitas das mesmas vantagens à produção de carne oferecida pelos animais castrados cirurgicamente e animais não-castrados (PRICE et al., 2003).

Segundo Marti et al. (2015) o comportamento sexual e agressivo foi reduzido em animais imunocastrados comparado com não-castrados, além disso, concluíram, que a imunocastração pode ser usada como alternativa amigável ao bem-estar animal comparada a castração por anel elástico em bovinos.

2.4. Efeito da condição sexual sobre a qualidade da carne

2.4.1. Cor

A cor é uma experiência subjetiva, pois as sensações de cor não podem existir sem um observador a percebê-los. A cor pode ser descrita nos conceitos psicológicos de luminosidade, tonalidade e saturação. A sensação de cor por um observador com visão normal pode ser igualada por uma mistura apropriada de estímulos de três cores primárias. Isso significa que, embora a cor seja psicológica, ela pode ser medida em quantidades físicas, desde que as cores primárias e a luminosidade sejam definidas em relação a uma visão do observador normal (MACDOUGALL, 1982).

A cor pode ser medida utilizando o sistema CIELab, onde L^* é o croma associado à luminosidade ($L^*=0$ - preto, 100 - branco), a^* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+), e b^* , que varia do azul (-) ao amarelo (+), a partir do qual pode ser calculado o ângulo de tonalidade (H°) e a saturação (S). (CIE, 1986).

Os consumidores usam rotineiramente a cor do produto e aparência para selecionar ou rejeitar produtos, os fornecedores de carne e produtos cárneos também devem criar e manter os atributos de cor desejados. (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 2012). A cor da carne é influenciada pelo conteúdo e estado físico-químico da mioglobina e pela estrutura da carne, sendo que este último está diretamente relacionado com o pH final da carne, pois a taxa de declínio do pH *post mortem* tem um efeito direto com as reações bioquímicas e com características estruturais do músculo, influenciando a cor da carne. (GAGAOUA et al., 2015)

A cor da carne está diretamente relacionada com a mioglobina, o pigmento mais importante da carne vermelha. A pigmentação da carne ocorre devido à associação do átomo de ferro com o núcleo de porfirina mioglobina, que tem como função principal armazenar oxigênio no músculo. O estado oxidativo do ferro pode variar para deoximioglobina (Fe^{+2}) apresentando cor vermelha púrpura e seu estado oxidado é conhecido como metamioglobina (Fe^{+3}) apresentando cor castanho claro (SUMAN; JOSEPH, 2013).

No entanto, a cor percebida ao final é afetada por muitos fatores, como a espécie, a condição sexual, a genética, o plano nutricional, as mudanças *post mortem* no músculo (especialmente a dinâmica do pH e declínio da temperatura da carne), além dos efeitos inter e intramuscular, temperaturas de armazenamento pós-morte e do tempo, e toda uma série de processamento (incluindo intervenções antimicrobianas), embalagem e exposição e variáveis de iluminação (AMSA, 2012).

Segundo Mckeith et al. (2016) carcaças classificadas como cortes escuros mais graves tem maior abundância mitocondrial e maiores concentrações de mioglobina que carcaças com cortes escuros mais leves, além disso, carcaças com cortes escuros apresentam diminuição na eficiência mitocondrial comparada com carcaças normais do mesmo lote de produção. Os mesmos autores sugerem que a presença de cortes escuros na carcaça é favorecida pelo metabolismo oxidativo e não só pela depleção do glicogênio devido a ocorrência dos estímulos ante-mortem. O metabolismo oxidativo, juntamente com a produção de energia menos eficiente pela respiração pode predispor os animais para a depleção do glicogênio, resultando em condição de corte escuro, pois uma maior quantidade do glicogênio teria que ser utilizada para fornecer o ATP necessário para abastecer a resposta ao estresse.

De acordo com Page; Wulf; Schwotzer, (2001) parece haver uma espessura de gordura limiar de aproximadamente 0,76 cm, na qual, abaixo desse valor as carcaças têm valores de pH mais elevados e músculo de cor mais escura. Além disso, concluíram que a cor e pH da carne são sujeitas a condição sexual e raça.

Segundo Miguel et al. (2014), carnes de animais castrados cirurgicamente e imunocastrados exibiu maior luminosidade e tons de vermelho do que carnes de animais não-castrados, indicando possível vantagem no varejo, sugerindo a utilização da imunocastração para melhorar características de carcaça e cor da carne de machos Nelore e Nelore x Aberdeen Angus.

2.4.2. pH e carne com cortes escuros (*Dark cuts*)

O potencial de hidrogênio (pH) é uma importante característica de qualidade da carne, pois influência direta e indiretamente outras características

que são percebidas pelos consumidores tais como a cor e maciez da carne, entre outras. O pH do músculo é, normalmente, ao redor de 7 e depois da transformação em carne (24 horas), ele abaixa para valores entre 5.4 e 5.8 para ser considerado normal (MILLER, 2007).

A queda do pH está determinada em maior parte pelo glicogênio e a glicólise, que gera piruvato e em estado anaeróbico é transformado em lactato, fazendo que o hidrogênio resultante da glicólise anaeróbia ajude na queda do pH. Além desse mecanismo, a queda do pH é influenciada por fatores *ante mortem*, *post mortem*, pela fosfofrutoquinase, AMP deaminase, fluxo glicolítico, capacidade tampão, capacidade glicolítica, tipo de fibra, quantidade e atividade mitocondrial (OUALI et al., 2006; ENGLAND et al., 2014, 2015, 2016; MUROYA et al., 2014; SCHEFFLER et al., 2015; WARNER et al., 2015; MCKEITH et al., 2016).

Carne DFD também pode ser chamada de carne "pH elevado", como resultado do esgotamento das reservas de glicogênio muscular do animal antes do abate. O glicogênio é usado como fonte de energia para a contração muscular e relaxamento. O ácido láctico é um subproduto da utilização de glicogênio pelo músculo, quando usa a energia num evento de estresse. O músculo aparece escuro devido a maior quantidade de água intracelular, o que reflete menos luz. O pH elevado resulta numa menor desnaturação da mioglobina e facilita um nível mais alto do metabolismo aeróbico na superfície. O músculo é firme devido à alta capacidade de retenção de água, e a superfície fica seca porque a água fica dentro do músculo (MILLER, 2007).

O músculo que é deficiente em glicogênio por causa do exercício ou estresse antes do abate produz uma carne escura, firme, seca (DFD). Essa carne é caracterizada por ter um pH final alto (> 5,8) e deficiências de glicose e intermédios glucolíticos. Estes fatores podem resultar na deterioração bacteriana tornando-se evidente numa fase precoce do crescimento da flora de carne. (NEWTON; GILL, 1981; ENGLAND et al., 2014) Segundo Rosa et al. (2016), a carne de bovinos mestiços no Brasil tem uma considerável presença de DFD, que afetam negativamente a cor da carne e a decisão de compra do consumidor.

Resultados encontrados por Apaoblaza et al. (2015) comparando carcaças com pH normal e maior a 5.9, reforçam a ideia de que as diferenças de *post mortem* poderiam ser explicadas não só pelos níveis de reserva de glicogênio inicial, mas também por uma maior e sustentada atividade da AMPK

post mortem, além de um aumento da atividade do glicogênio fosforilase após o processo.

Em pesquisa realizada por England et al. (2016) reportaram que músculo oxidativo em presença de excesso de glicogênio produz carne de alto pH final. Anteriormente o maior pH final em músculos oxidativos era atribuído a falta de glicogênio *ante mortem*, mas pelo contrário, o músculo oxidativo pode e para o declínio do pH *post mortem* na presença de excesso de glicogênio, porém a capacidade glicolítica do musculo influencia o pH final.

Purchas (1990) concluiu que os efeitos do pH muscular final sobre valores de força de cisalhamento foram semelhantes para a carne de animais castrados e não-castrados, com uma força de cisalhamento maior em carnes com um pH entre 6,0 e 6,2. O efeito de endurecimento no pH até 6,2, em parte é devido a uma diminuição em comprimento sarcômero. A menor maciez da carne bovina de machos não-castrados em relação aos novilhos pode ocorrer a partir de maiores valores de pH, embora outros fatores parecem estar envolvidos também (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993).

Machos não-castrados podem apresentar maior susceptibilidade ao estresse pelo efeito da testosterona (BEAVER; AMOSS, 1982), diminuindo as reservas de glicogênio muscular e, conseqüentemente, diminuindo a produção de lactato *post mortem*, resultando em carnes com maior pH final (KALSTRUP; CROSS, 1984). Amatayakul-Chantler et al. (2013) não encontraram diferença no pH final entre animais castrados cirurgicamente e imunocastrados. Andreo et al. (2013) reportaram que animais não-castrados tiveram um maior pH final comparado com animais imunocastrados e, de acordo com os autores, animais imunocastrados tiveram maior concentração de lactato no sangue em comparação aos animais não-castrados.

2.4.3. Maciez

A maciez da carne é considerada uma das características qualitativas mais importantes, que tem um alto impacto sobre a aceitação e satisfação do consumidor (MILLER et al., 2001; VOGES et al., 2007; DESTEFANIS et al., 2008). A maciez é uma característica muito variável que depende de fatores intrínsecos e extrínsecos do animal e suas interações (DESTEFANIS et al.,

2008), tais como a genética dos animais, o manejo nutricional, a condição sexual, a idade do animal, o tipo de fibra ou músculo, fatores *ante e post mortem* que podem afetar as reservas de glicogênio, a queda normal do pH, comprimento do sarcômero, sistema calpaina-calpastatina entre outros fatores.

De acordo com Pond e Pond (2000), a carne de animais jovens e machos não-castrados são menos macias que animais castrados e fêmeas em idades semelhantes. Segundo Amatayakul-Chantler et al. (2012) e Andreo et al., (2013) animais imunocastrados apresentaram carne com menor força de cisalhamento que animais não-castrados alimentados em confinamento. Por outro lado, Amatayakul-Chantler et al. (2013) não reportaram diferenças na maciez da carne entre animais castrados cirurgicamente e imunocastrados terminados em pastagem. Do mesmo modo, Miguel et al. (2014) não encontraram diferenças na maciez da carne de animais castrados cirurgicamente, imunocastrados e não-castrados terminados em confinamento.

Purchas; Burnham; Morris,(2002), ao avaliarem o efeito da taxa de crescimento sobre a maciez da carne em animais castrados e não-castrados, concluíram que a maciez da carne bovina é determinada mais pela idade de abate do que pelas taxas de crescimento inicial, independente da condição sexual.

De acordo com Lomiwes et al. (2014) o pH final influencia a maciez da carne. O pH final alto (maior a 6.2) pode estar relacionada à degradação precoce de proteínas miofibrilares maiores, tais como titina e filamina, devido à ativação imediata da μ -calpaína, resultando em carnes mais macias com menor tempo *post mortem*. Além disso, o pH final tem um efeito sobre a capacidade de retenção de água, sendo que a carne com pH final acima de 6.2 tem maior retenção de água, diminuindo a perda de água no cozimento, consequentemente uma determinada área transversal da amostra irá conter mais água e menos componentes estruturais, melhorando a maciez da carne (PURCHAS, 1990).

As diferenças de comprimento sarcômero podem representar alterações e influenciar a integridade de filamentos grossos e finos e o número de pontes cruzadas dentro de cada sarcômero. Quando os músculos sofrem um encurtamento pelo frio, ocorre uma diminuição do comprimento do sarcômero e

a carne apresenta uma menor maciez (HERRING; CASSENS; RRISKEY, 1965; PEARCE et al., 2011).

A testosterona desenvolve as características secundárias do macho, tais como a deposição muscular atuando como anabólico natural, e também aumenta a atividade das calpastatinas, que promove o aumento da inibição das calpaínas, complexo relacionado com a maciez da carne (ANDREO et al., 2013). O sistema de calpaína influencia a proteólise *post mortem* e o inibidor específico da calpaína tem um papel importante no amaciamento e atua como um marcador para a qualidade da carne (KEMP et al., 2010).

O sistema de calpaina é composta de várias isoformas da calpaína e de seu inibidor endógeno, chamado calpastatina. As duas isoformas mais bem caracterizados são μ -calpaína e m-calpaína. Estas isoformas requerem a presença de cálcio para serem ativadas e são nomeadas em referência à quantidade de cálcio necessário para a ativação de cada. Estas duas enzimas clivam as mesmas proteínas miofibrilares que são degradadas durante a maturação pós-morte sem degradar uma grande quantidade de actina ou miosina (HUFF LONERGAN; ZHANG; LONERGAN, 2010).

A maturação é uma estratégia para melhorar a maciez da carne. Durante o armazenamento das carcaças *post mortem*, uma série de modificações ocorrem no músculo esquelético, algumas das quais resultam na perda de integridade do tecido que é traduzido para a melhoria da maciez da carne. (KOOHMARAIE, 1994). Essas alterações incluem o enfraquecimento ou degradação Z-disco e da desmina, que leva a fragmentação de miofibrilas, (KOOHMARAIE, 1994) a degradação dos filamentos de titina e da nebulina durante o *póst-mortem* causa enfraquecimento da força miofibrilar, portanto, melhora a maciez da carne (HUFF LONERGAN; ZHANG; LONERGAN, 2010; WU et al., 2014).

A degradação e oxidação de proteínas *post mortem* podem ter efeitos significativos sobre a integridade da miofibrila e da fibra muscular. A μ -calpaína tem a capacidade de catalisar a degradação da titina, nebulina, filamina, desmina e troponina T, durante o processo de maturação. Sendo a μ -calpaína um catalisador responsável por algumas alterações que ocorrem no músculo pós-morte (HUFF LONERGAN; ZHANG; LONERGAN, 2010). Durante o *post*

mortem ocorrem todas essas alterações dentro da fibra muscular aumentando a maciez da carne, processo conhecido como maturação.

2.4.4. Teor de lipídeos e oxidação lipídica da carne

A oxidação lipídica é um dos fatores principais que tem um efeito direto na qualidade e aceitabilidade da carne, principalmente na redução da vida útil das mesmas (BRAGAGNOLO; DANIELSEN; SKIBSTED, 2005; HUR; PARK; JOO, 2007). O processo de oxidação leva a descoloração e perdas de líquidos, além da formação de odores e sabores desagradáveis e de compostos potencialmente tóxicos (MORRISSEY et al., 1998). A oxidação lipídica da carne é particularmente indicada pela estabilidade da cor e a susceptibilidade a rancidez (POUZO et al., 2016).

Segundo Rodas-González et al. (2011) a oxidação lipídica gera compostos secundários tais como aldeídos, carbonil e hidrocarbonetos, que ajudam na formação de aromas e sabores estranhos na carne, conhecidos como rancidez. De acordo com os mesmos autores a descoloração das carnes se deve ao acúmulo de compostos carbonílicos provenientes da oxidação dos AGI e dos fosfolipídios provenientes da oxidação da mioglobina.

A oxidação dos lipídeos pode ser avaliada por meio da identificação de produtos secundários da oxidação, como aldeídos, carbonil e hidrocarbonetos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A análise do índice de TBARS é um método baseado na determinação espectrofotométrica do malonaldeído comumente utilizado para avaliar a oxidação lipídica em alimentos (RODAS-GONZÁLEZ et al., 2011)

Greene, & Cumuze, (1981) reportaram que o sabor oxidado em carne bovina foi detectado através de uma ampla gama de TBARS de 0,6 até 2,0 mg/kg, indicando uma grande variação no limiar dos panelistas. É de se esperar que carnes em condições de varejo tenham valores de TBARS elevados, pois elas estão expostas à luz e ao oxigênio, que são fatores catalizadores da oxidação lipídica. Segundo Campo et al. (2006) uma concentração de 2 mg MDA/kg de tecido é o limite de TBARS, para que a carne seja aceita sem ter a presença do sabor rancificado, típico de oxidação lipídica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos de cuidados e manipulação de animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (protocolo nº 6453160216) e para análise sensorial através do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (protocolo nº 50896115.3.0000.5422), ambos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

3.1. Animais e alimentação

Foram utilizados cinquenta e oito bovinos Nelore machos, com um peso médio inicial de 430 ± 36 kg e idade média de 24 meses, em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos. Quinze animais foram castrados cirurgicamente (CC) aos 12 meses de idade, enquanto que 21 animais receberam duas doses da vacina de imunocastração (IC; Bopriva®, Zoetis Indústria de Produtos Veterinária LTDA, São Paulo, SP, Brasil), a primeira vacina aplicada 30 dias antes do início do confinamento e uma segunda vacina no primeiro dia de confinamento (intervalo de 30 dias), enquanto outros 22 animais permaneceram sem castrar (NC). Os animais foram alojados no confinamento experimental do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – FZEA/USP, em Pirassununga/SP em baias individuais com piso de concreto, cocho coberto e bebedouros automáticos.

A alimentação foi realizada diariamente duas vezes ao dia, com uma dieta contendo 70% de concentrado e 30% de volumoso (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual da dieta a ser utilizada (na matéria seca).

Ingredientes ²	% da matéria seca
Silagem de milho	30.32
Milho Grão Seco	57.43
Farelo de Soja 45%	9.10
Ureia	1.15
Núcleo Mineral ¹	1.00
Sal Comum	0.50
Calcáreo calcítico	0.50
NUTRIENTES	
Proteína Bruta, %	15.82
Proteína Degradável no Rúmen, %.	3.69
NDT, %	77.92

¹ Minerthal 160MD (Minerthal) Cálcio, 208 g; cobalto, 148 mg; cobre 2664 mg; enxofre, 64 g; flúor (Max), 1600 mg; fosforo, 160 g; iodo, 141g; manganês, 2200 mg; selênio, 37 mg; zinco, 7992 mg; monensina sódica, 4000 mg.

² Formulação realizada no software RLM 3.2 - Programa de Formulação de Rações de Lucro Máximo. Desenvolvido pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP)

Os animais foram submetidos a um período de adaptação às dietas de 21 dias. A cada dois dias as sobras foram retiradas, pesadas e amostradas para determinação da matéria seca. O ajuste da oferta de alimento foi realizado a cada dois dias com base na avaliação das sobras do dia anterior, com uma oferta de matéria seca 10% superior ao consumo observado para assegurar que não houvesse falta ou excesso de alimento no cocho.

3.2. Avaliações nos animais vivos

Durante o período de confinamento os animais foram pesados e avaliados por ultrassonografia a cada período de 28 dias. Todas as pesagens foram realizadas após jejum de sólidos de aproximadamente 14h. A partir dos dados de consumo foi calculada a ingestão de matéria seca (IMS) e com base nas

informações de consumo e ganho de peso foi calculada a eficiência alimentar (EA).

As características de carcaça foram avaliadas por ultrassonografia, utilizando um equipamento de ultrassom, marca Aloka, modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 MHz e 172 mm de comprimento. Foram colhidas imagens para determinação da área de olho de lombo (AOLU) e da espessura de gordura subcutânea (EGSU) entre a 12ª e a 13ª costelas, uma segunda imagem sobre o músculo *Bíceps femoris* entre o ílio e o ísquio, para a determinação da espessura de gordura sobre este ponto (EGPU) utilizando o software Lince® (M & S Consultoria Agropecuária Ltda. Pirassununga, SP, Brasil)

3.3. Concentração sérica de testosterona

As coletas de sangue, para avaliação da concentração sérica de testosterona dos animais, foram realizadas através de venopunção jugular de 5 ml de sangue em tubos vacutainer com anticoagulante EDTA, nos dias 1, 28 e 87 após a entrada dos animais no confinamento. Logo após a coleta, as amostras foram centrifugadas a 2500 rpm por 20 minutos para separar o soro. Posteriormente, a concentração de testosterona foi quantificada através do método de quimiluminescência. O intervalo da concentração de testosterona foi de 0 até 16 ng ml⁻¹, com um limite de detecção de 0.035 ng ml⁻¹.

3.4. Características de carcaça e qualidade de carne

No dia anterior ao abate os animais foram transportados 108 km até o frigorífico Angelelli Ltda na cidade de Piracicaba-SP, onde todos os animais foram submetidos a jejum de sólidos por aproximadamente 16h. O abate foi realizado de acordo com procedimentos humanitários, conforme exigido pela legislação brasileira. Os animais foram insensibilizados através da insensibilização com pistola pneumática penetrante e imediatamente após foi realizada a sangria pela secção dos grandes vasos do pescoço. Em seguida foi realizada a esfolagem, evisceração e lavagem das carcaças. Durante o processo de abate dos animais, foram colhidas e pesadas as gorduras renal, pélvica e inguinal (GRPI). Em seguida, as meias-carcaças foram identificadas e pesadas

individualmente para determinar o peso de carcaça quente (PCQ) e colocadas em câmara fria por 24h (0-2 °C).

Em seguida foi realizada a secção do músculo *Longissimus* na região entre a 12ª e a 13ª costelas de onde foram retiradas de 4 amostras (2,5 cm de espessura), no sentido caudocranial, para realização de análise sensorial (n=1), análises de lipídios totais e Tbars (n=1) e instrumental e comprimento de sarcômero (n=2). Para a realização de análises instrumentais, foram utilizadas duas amostras, onde uma foi maturada por 14 dias numa câmara fria (0 a 2°C) e a segunda não teve maturação. O comprimento do sarcômero foi realizado com a amostra sem maturação após a realização das análises instrumentais. Para análises de lipídeos totais e TBARS foi utilizada uma amostra não maturada e para análise sensorial da carne foi usada uma amostra maturada por 14 dias em câmara fria (0 a 2°C).

3.4.1. Avaliação do pH

Após 24 horas de resfriamento (0 a 2°C), foi mensurado o pH (pH₂₄) e a temperatura das carcaças (T₂₄) no músculo *Longissimus* na região entre a 12ª e a 13ª costela, utilizando um peagâmetro digital portátil (Hanna Instruments model HI99163, São Paulo, Brasil).

Com base nos dados de pH, as amostras foram classificadas como pH alto (pH $\geq$ 6.2), intermediário (pH $\geq$ 5.8 e $<$ 6.2) e normal (pH $<$ 5.8).

3.5. Cor da carne

Foi realizada uma avaliação objetiva da cor da carne fresca e maturada por 14 dias, após 30 minutos refrigeração utilizando o sistema CIELab (CIE, 1986), onde L* é o croma associado à luminosidade (L*=0 - preto, 100 - branco), a* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+), e b*, que varia do azul (-) ao amarelo (+). A medida da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra, utilizando um espectrofotômetro modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30mm. Os valores de cor foram considerados como a média das três leituras. (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 2012)

3.5.1. Perdas por exsudação, cocção e força de cisalhamento

A perda por exsudação foi calculada pela diferença entre a amostra maturada embalada a vácuo e a amostra sem o exsudato junto com a embalagem a vácuo. As amostras foram pesadas, e logo após foi inserido um termômetro no centro geométrico de cada amostra e as mesmas foram colocadas em forno elétrico industrial (Modelo F130/L – Fornos Elétricos Flecha de Ouro Ind. e Com. Ltda, São Paulo, Brasil) a 170°C até atingirem temperatura interna de 40°C, quando foram viradas e permaneceram até atingirem a temperatura interna de 71°C. Em seguida as amostras foram retiradas do forno e pesadas para determinação das perdas por cocção. As amostras foram refrigeradas (4-6°C) por doze horas, logo depois foram retirados 6 a 8 cilindros (1.27 de diâmetro) de cada amostra no sentido da fibra para determinação da força de cisalhamento usando o equipamento TMS-PRO texture analyzer (Food Technology Corporation, Sterling, Virginia, USA), conforme recomendação da American Meat Science Association (AMSA, 2015).

3.5.2. Comprimento de sarcômero

O comprimento do sarcômero foi avaliado de acordo com o método descrito por (CROSS; WEST; DUTSON, 1981). Foram usados os seis cilindros utilizados para determinação da força de cisalhamento, onde foram selecionadas duas fibras por cilindros e foram medidos três sarcômeros por fibra, para um total de trinta e seis sarcômeros medidos por amostra. As medidas foram realizadas através do equipamento Helium Neon Laser -Melles Griot - Model 05-LHR-021 (com um comprimento de onda de 632-8nm) que foi montado sobre uma bancada com um dispositivo de retenção da amostra. As fibras individuais foram colocadas numa lâmina de microscópio com uma gota de solução. A lâmina foi então colocada horizontalmente no caminho de um feixe de laser orientado verticalmente para dar uma variedade de bandas de difração.

3.5.3. Avaliação de lipídios totais e oxidação da carne

A análise dos lipídios totais e oxidação de lipídica foram realizadas em amostras não maturadas. Para análises de lipídios totais foram usadas as amostras cruas totalmente trituradas em um processador (Modelo Mixer Walita RI1364 com microprocessador – Philips do Brasil LTDA, Divisão Walita – Varginha, Minas Gerais). Em seguida, foram pesados 3 gramas de cada amostra e colocados em um erlenmeyer, no qual foram adicionados os reagentes para extração dos lipídios totais, de acordo com a metodologia de Bligh & Dyer (1959).

A oxidação lipídica foi quantificada em 5 gramas de cada amostra, as quais foram trituradas e homogeneizadas em um ultra turraz e analisadas para substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), conforme metodologia proposta por Vyncke et al. (1975) e analisada por Sørensen e Jørgensen (1996). As leituras das absorbâncias foram realizadas em 530 e 632 nm. Foi preparada uma curva padrão com 5 pontos utilizando-se uma solução de tetraetoxipropano (TEP) de concentração conhecida. Para obter a concentração de malonaldeído nas amostras e foi utilizada na equação fornecida pela curva. O resultado é expressado em mg de malonaldeído em um quilo de amostra.

3.5.4. Análise Sensorial para aceitação do consumidor

A análise sensorial foi realizada em cabines individuais, com utilização de iluminação vermelha para avaliação da suculência, textura, aroma, sabor e qualidade global. Foi aplicado o teste afetivo de aceitação em 100 consumidores, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei muitíssimo” (nota 1) a “gostei muitíssimo” (nota 9). Foram oferecidas três amostras para cada provador, as amostras utilizadas no teste foram maturadas por 14 dias.

As amostras foram entregues aos provadores de forma monódica em copos plásticos brancos, codificados com números de três dígitos, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal, para ser consumido pelo provador entre as amostras a fim de limpar o paladar, de acordo com a metodologia da AMSA (2015)

Figura 2. Ficha de avaliação sensorial por teste afetivo.

Nome: _____ Data: _____ Ficha: _____

Você está recebendo uma amostra de CARNE BOVINA. Por favor, avalie o produto e marque na escala o quanto você gostou ou desgostou das seguintes características:

Número da amostra: _____

ESCALA		NOTA	
1- Detestei 2- Desgostei muito 3- Desgostei moderadamente 4- Desgostei ligeiramente 5- Nem gostei/nem desgostei 6- Gostei ligeiramente 7- Gostei moderadamente 8- Gostei muito 9- Adorei	AROMA		Comentários
	TEXTURA		Comentários
	SUCULÊNCIA		Comentários
	SABOR		Comentários
	QUALIDADE GLOBAL		Comentários

Fonte: Própria Autoria.

3.6. Análises estatísticas

O efeito da condição sexual sobre as características obtidas foi avaliado por análise variância, utilizando o procedimento MIXED do software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). As características avaliadas ao longo do tempo (testosterona, características de carcaça por ultrassom e tempo de maturação) foram avaliadas como medidas repetidas no tempo. As matrizes de covariância foram testadas para cada característica e a que apresentou melhor ajuste foi utilizada (Crowder e Hand, 1990).

Foram realizadas análises de regressão para as características de carcaça avaliadas por ultrassonografia utilizando o procedimento MIXED.

Os resultados das classes de pH foram analisados utilizando o procedimento GENMOD. As médias dos tratamentos foram obtidas por LSMeans e comparadas utilizando o Teste T de Student com um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Concentração sérica de testosterona

Foi observada uma interação entre a condição sexual e o tempo de confinamento ($P < 0.0001$) para os níveis de testosterona sérica (Figura 3). No início do confinamento os animais NC apresentaram maior concentração de testosterona ($3,9 \text{ ng ml}^{-1}$) em relação aos CC ($0,6 \text{ ng ml}^{-1}$; $P < 0.0001$), porém ambos não diferiram dos animais IC ($2,1 \text{ ng ml}^{-1}$). As concentrações de testosterona dos animais NC aumentaram rapidamente até os 28 dias ($9,1 \text{ ng ml}^{-1}$) e continuou aumentando, em ritmo menor, até 87 dias de confinamento. Nos animais CC bem como nos IC, os valores mantiveram-se estáveis durante todo o período, com médias abaixo de 2 ng/ml .

De modo geral, os resultados da concentração de testosterona neste estudo foram similares aos reportados em diferentes estudos com bovinos avaliados em condições de pasto e confinamento (Amatayakul-Chantler et al., 2012, 2013; Janett et al. 2012 (a), Janett et al. 2012 (b)), indicando a efetividade da vacina em reduzir os níveis de testosterona.

Figura 3. Concentração sérica de testosterona dos animais de acordo com a condição sexual e o tempo de confinamento.

Fonte: Própria Autoria.

4.2. Desempenho

Os animais castrados cirurgicamente tiveram peso vivo inicial inferior comparado aos animais imunocastrados e não-castrados ($P=0.0195$), sem diferença entre animais imunocastrados e não-castrados (Tabela 2). Os animais castrados cirurgicamente foram submetidos ao procedimento de castração aos 12 meses de idade, portanto após esse procedimento, estes animais perderam o efeito anabólico da testosterona produzida pelos testículos, diminuindo seu ganho de peso justificando o menor peso vivo desses animais no início do experimento em comparação com os outros tratamentos. Resultados similares foram encontrados por (WORRELL; CLANTON; CLAKINS, 1987; BRANDSTETTER et al., 2000; FREITAS et al., 2008).

Tabela 2. Medias, erro-padrão da media (EPM) e probabilidade das características de desempenho e carcaça no abate, de acordo com a condição sexual.

Características	Condição sexual			Valor P
	CC	IC	NC	
Peso inicial (kg)	410 ± 8.8 ^b	443 ± 7.5 ^a	434 ± 7.3 ^a	0.0195
Peso final (kg)	530 ± 10.2 ^b	543 ± 8.6 ^b	572 ± 8.4 ^a	0.0061
Ingestão de matéria seca (kg dia ⁻¹)	9.6 ± 0.26	10.1 ± 0.22	10.0 ± 0.21	0.4167
Ganho médio diário (g dia ⁻¹)	1361 ± 72.7 ^b	1133 ± 61.4 ^c	1571 ± 60.0 ^a	<0.001
Eficiência alimentar (g kg MS ⁻¹)	140.1 ± 5.63 ^b	112.0 ± 4.76 ^c	157.2 ± 4.65 ^a	<0.001
Gordura interna (% de PCQ)	3.9 ± 0.14	3.6 ± 0.12	3.5 ± 0.11	0.0632
Gordura interna (kg)	12.2 ± 0.52	11.5 ± 0.44	11.9 ± 0.43	0.6034
Peso de carcaça (kg)	300 ± 6.8 ^b	307 ± 5.8 ^b	332 ± 5.6 ^a	0.0010
Rendimento de carcaça quente (%)	56.7 ± 0.44 ^b	56.5 ± 0.37 ^b	58.0 ± 0.36 ^a	0.0085

^{a, b} Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T ($P<0,05$).

CC: castrado cirurgicamente, IC: imunocastrado, NC: Não castrado

Fonte: Própria Autoria.

Os animais NC apresentaram maior ganho médio diário (GMD) ($P<0.001$), peso de abate ($P=0.0061$) eficiência alimentar (EA) ($P=<0.0001$), peso ($P=0.0010$) e rendimento ($P=0.0085$) de carcaça em relação aos CC e IC. Não houve diferença entre os grupos IC e CC em relação aos pesos de abate e de carcaça e rendimento de carcaça. Por outro lado, animais CC tiveram maior

ganho de peso ($P=0.0204$) e foram mais eficientes ($P=0.0004$) que os IC. Não houve diferença entre as condições sexuais para a IMS e gordura interna expressa em peso ou percentagem da carcaça.

Maiores valores de ganho médio diário, peso final, eficiência alimentar, peso de carcaça quente e rendimento de carcaça quente dos animais NC são devido aos efeitos secundários da testosterona como anabólico natural e sua ação na síntese e degradação da proteína. Segundo Hernandez et al. (2005) a diminuição ou remoção da função testicular em bovinos influencia negativamente a taxa de crescimento do animal. Os andrógenos atuam diretamente, através da promoção da síntese de proteínas e a inibição da degradação proteica, enquanto que os estrógenos atuam indiretamente através da indução da liberação de IGF-1 do fígado, por sua vez, estimulando a síntese de proteínas (CLAUS; WEILER, 1994).

Os animais NC e IC chegaram ao confinamento com peso semelhante. No entanto, após a segunda dose da vacina nos animais IC, os animais NC apresentaram maiores níveis de testosterona total durante o confinamento, além de apresentaram maiores ganhos de peso e eficiência alimentar, porém sem diferenças na ingestão de matéria seca em relação aos demais tratamentos.

Resultados similares para o GMD, peso final e EA foram reportados por (BRANDSTETTER et al., 2000; FREITAS et al., 2008; ANDREO et al., 2013). Cavalieri & Wang (2015) usando animais *Bos indicus* com peso de 400 a 650 kg, reportaram que animais com nível de testosterona igual ou maior a 1 ng ml^{-1} apresentam maior ganho de peso comparado aos animais com testosterona menor que esse valor. Animais CC, apresentaram maior GMD e EA que animais IC, possivelmente devido ao nível de testosterona dos animais IC, que foi inferior em comparação aos animais CC durante a maior parte do confinamento. Constatado no dia 28 que animais CC tiveram 1.5 ng ml^{-1} comparado com animais IC com 0.3 ng ml^{-1} . Amatayakul-Chantler et al. (2013) informaram que níveis baixos a moderados de testosterona podem ter sido suficientes para exercer efeitos benéficos sobre a taxa de crescimento, peso vivo final e peso de carcaça quente.

Em adição, além da maior deposição muscular por efeito da testosterona, o maior peso e rendimento de carcaça dos animais NC pode ser explicado por este tecido ser mais denso e pesado do que a gordura. Resultados similares

para peso de carcaça quente (PCQ) foram encontrados por Miguel et al. (2014) em animais Nelore NC, CC e IC. Entretanto, os mesmos autores reportam que animais NC não apresentaram diferença no rendimento de carcaça (RC) comparado com animais CC e IC. Andreo et al. (2013) também reportaram que animais NC apresentam maior PCQ e RC que animais IC. Em contraste, Amatayakul-Chantler et al. (2013) encontraram diferença no PCQ e RC entre animais IC e CC em condições de pasto.

Resultados de gordura interna observados neste trabalho foram inesperados, pois de acordo com Dunshea et al. (2005) e Muller et al. (1991) animais CC depositam gordura mais facilmente e rapidamente em comparação aos animais NC, consequentemente podem apresentar maior gordura interna.

No entanto, a deposição de gordura corporal é inicialmente incrementada e se mantém constante após a maturidade, contrariamente a deposição de proteína, que tende a cessar após o animal atingir o peso adulto (OWENS et al., 1995).

Por outro lado, os resultados encontrados neste estudo são coerentes com os encontrados na avaliação de gordura subcutânea por ultrassonografia, onde não foi observada diferença entre os tratamentos. É possível que isso tenha ocorrido em função do alto teor de energia na dieta, favorecendo para uma maior deposição de gordura. A utilização de níveis elevados de concentrado nas dietas de terminação no Brasil faz a deposição de gordura ocorrer de forma mais fácil e rápida, além disso, animais NC normalmente apresentam maior eficiência alimentar (OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

4.3. Características de carcaça avaliadas por ultrassom

Não houve interação entre condição sexual e o tempo de confinamento para AOL, EGS e EGP avaliadas por ultrassom (Tabela 3). Os animais CC apresentaram menor AOL comparado aos IC e NC ($P < 0.0001$), sem diferença entre os demais tratamentos. Não houve diferença entre as condições sexuais para EGS e EGP.

Nos animais CC, a castração foi realizada aos 12 meses de idade, retirando a função testicular e seu efeito anabólico, e por isso os animais castrados cirurgicamente apresentaram menor peso vivo e AOL do início até o

fim do confinamento. Resultados similares foram encontrados por Adams & Adams (1992), reportando que animais NC e IC confinados apresentaram maior AOL do que animais CC, sem diferença entre NC e IC. Segundo Cook et al. (2000) animais NC e IC terminados em confinamento não apresentaram diferença na AOL e na EGS.

Resultado contrário foi reportado por Amatayakul-Chantler et al. (2013), onde animais CC não apresentaram diferença na AOL em comparação a animais IC. Do mesmo modo, Ribeiro et al. (2004) não observaram diferença na AOL e EGS entre animais NC, IC e CC terminados a pasto. Entretanto, esse resultando pode ocorrido porque nesses estudos o procedimento de castração foi realizado no mesmo dia da aplicação da vacina, diferentemente deste estudo, onde os animais do grupo CC foram castrados aos 12 meses.

Tabela 3. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade do peso e características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, de acordo com a condição sexual e o tempo de confinamento

Características	Condição sexual	Tempo de confinamento, dias				Média geral $\pm$ EPM	Valor P		
		1	28	56	87		Condição sexual	Tempo	Condição sexual x Tempo
Peso (kg)	Castrado cirurgicamente	410	455	494	530	472 ^b $\pm$ 4.8	<0.0001	<0.0001	0.3996
	Imunocastrado	443	479	514	542	495 ^a $\pm$ 4.0			
	Não castrado	434	485	530	572	505 ^a $\pm$ 3.9			
	Média geral $\pm$ EPM	429 $\pm$ 4.9	473 $\pm$ 4.9	513 $\pm$ 4.9	548 $\pm$ 4.9				
Área de olho de lombo (cm ²)	Castrado cirurgicamente	60.1	65.0	68.9	72.4	66.6 ^c $\pm$ 0.68	<0.0000	<0.0001	0.9295
	Imunocastrado	66.0	68.8	73.1	76.6	71.1 ^b $\pm$ 0.57			
	Não castrado	66.8	70.2	75.1	79.7	73.0 ^a $\pm$ 0.56			
	Média geral $\pm$ EPM	64.1 $\pm$ 0.78	67.5 $\pm$ 0.74	72 $\pm$ 0.80	77.8 $\pm$ 0.88				
Espessura de gordura subcutânea (mm)	Castrado cirurgicamente	0.7	1.6	3.0	5.8	2.8 $\pm$ 0.23	0.6855	<0.0001	0.9135
	Imunocastrado	0.8	2.0	3.0	4.7	2.7 $\pm$ 0.20			
	Não castrado	0.9	2.1	3.2	5.3	2.9 $\pm$ 0.19			
	Média geral $\pm$ EPM	0.8 $\pm$ 0.17	1.9 $\pm$ 0.20	3.1 $\pm$ 0.22	5.3 $\pm$ 0.33				
Espessura de gordura na picanha (mm)	Castrado cirurgicamente	1.7	4.4	6.1	7.7	5.0 $\pm$ 0.34	0.3057	<0.0001	0.8723
	Imunocastrado	2.7	4.4	5.8	7.0	5.0 $\pm$ 0.28			
	Não castrado	2.7	5.1	6.7	7.7	5.5 $\pm$ 0.28			
	Média geral $\pm$ EPM	2.3 $\pm$ 0.35	4.6 $\pm$ 0.35	6.2 $\pm$ 0.35	7.5 $\pm$ 0.35				

^{a,b} Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste T (P<0,05).

Fonte: Própria Autoria.

As características de carcaça avaliadas por ultrassonografia aumentaram de forma linear com o tempo de confinamento, independente da condição sexual ($P < 0.0001$). Foi gerada uma equação geral para todos os tratamentos e para cada característica ($AOL = 64.5974 + 0.1405 x$, $R^2 = 0.3828$; $EGS = 0.6048 + 0.05045 x$, $R^2 = 0.4478$; $EGP = 2.7070 + 0.05788 x$, $R^2 = 0.3393$).

Alguns trabalhos não observaram efeito na deposição de gordura nas carcaças avaliadas por ultrassonografia em animais terminados em confinamento entre as três condições sexuais (COOK et al., 2000; RIBEIRO et al., 2004; AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2013; MIGUEL et al., 2014). Porém, independente da condição sexual, os animais apresentaram crescimento linear na deposição de gordura subcutânea nas duas regiões avaliadas e atingiram mais de 4 mm de espessura de gordura, caracterizando um acabamento uniforme das carcaças.

4.4. Qualidade da carne

4.4.1. Temperatura, pH e carne DFD

Animais NC apresentaram maior pH 24h ($P = 0.0150$) em relação aos animais CC e IC, que por sua vez não diferiram em nenhuma dessas características (Tabela 4). Animais NC podem apresentar maior susceptibilidade ao estresse pelo efeito da testosterona (BEAVER; AMOSS, 1982), diminuindo as reservas de glicogênio muscular e, conseqüentemente, diminuindo a produção de lactato *post mortem*, resultando em carnes com maior pH muscular final (KALSTRUP; CROSS, 1984). Os resultados relatados por Crouse et al. (1983) indicam que os animais NC têm uma maior frequência de cortes escuros do que novilhos.

Resultados similares foram encontrados por Amatayakul-Chantler et al. (2013), que não encontraram diferença entre animais CC e IC. Andreo et al. (2013) reportaram que animais NC tiveram maior pH final comparado com animais IC, e explicam que animais IC tinham maior concentração de lactato no plasma em comparação aos NC.

O pH final da carne pode ser influenciado por diversos fatores, como a glicólise, glicogênio, nucleotídeos, capacidade tampão e mitocôndrias no

músculo. O aumento de hidrogênios faz com que haja a queda do pH *post mortem* (APAOBLAZA et al., 2015).

Miguel et al. (2014) comentaram que animais NC apresentam maior pH final comparando com CC e IC, sem encontrar diferença entre os dois últimos grupos. O pH final da carne pode ser influenciado por diversos fatores, como a glicólises, reservas de glicogênio, perda de nucleotídeos, capacidade buffer e número e atividade das mitocôndrias no músculo, parâmetros que não foram avaliados neste estudo.

Tabela 4. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade das características de qualidade de carne, de acordo com a condição sexual.

Características	Condição sexual			Valor P
	CC	IC	NC	
pH 24 horas	5.4 ± 0.08 ^b	5.5 ± 0.07 ^b	5.7 ± 0.7 ^a	0.0150
Temperatura 24 horas	7.1 ± 0.17	6.6 ± 0.14	6.6 ± 0.14	0.0540
Dark cutting (%)	6.7	4.8	22.7	0.1532
Cor L*	41.3 ± 0.67 ^a	41.3 ± 0.59 ^a	38.2 ± 0.58 ^b	<0.0001
Cor a*	14.5 ± 0.48 ^a	14.9 ± 0.43 ^a	13.0 ± 0.42 ^b	0.0007
Cor b*	13.6 ± 0.47 ^a	13.7 ± 0.41 ^a	11.4 ± 0.40 ^b	<0.0001
Perda por Cocção (%)	25.0 ± 0.83 ^a	23.9 ± 0.70 ^a	21.9 ± 0.49 ^b	0.0111
Comprimento de Sarcômero (µm)	1.66 ± 0.03	1.66 ± 0.03	1.64 ± 0.03	0.8590
Lipídios totais (%)	3.6 ± 0.34 ^a	3.6 ± 0.29 ^a	2.5 ± 0.28 ^b	0.0191
Tbars (mg MDA Kg tecido ⁻¹)	0.289 ± 0.0323	0.321 ± 0.0273	0.252 ± 0.268	0.2007

^{a, b} Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T (P<0,05).

CC: castrado cirurgicamente, IC: imunocastrado, NC: Não castrado

Fonte: Própria Autoria.

4.4.2. Avaliação da cor

Animais NC apresentaram menores valores de L* (<0.0001), a* (P=0.0007), b* (P<0.0001) em relação aos animais CC e IC, que por sua vez não diferiram em nenhuma dessas características. Page, Wulf, & Schwotzer (2001) reportam uma correlação negativa entre o pH final e a cor da carne, além disso, relataram que animais NC têm menores valores de L*, a* e b* comparado com animais castrados, sendo explicado por um maior pH final desses animais.

No nosso estudo, valores L^* , a^* e b^* da cor da carne com pH maior a 6.2 foi 33,4; 9,2 e 7,8, respectivamente. Com base nesses resultados, é possível que animais NC apresentaram menores valores de L^* , a^* e b^* , devido a maior percentagem de carne *dark cutting*. Porque o consumo de oxigênio mitocondrial é mantido em carnes com pH final elevado, aumentando a concentração de mioglobina desoxigenada que resulta em carnes escuras. (C. R. Ashmore et al., 1973; C. R. Ashmore et al., 1972; Lawrie, 1958)

Os resultados encontrados no nosso estudo, foram similares aos observados por Miguel et al. (2014), onde animais NC apresentaram menores valores de L^* comparado com animais IC, porem, animais CC não diferiram dos demais tratamentos, enquanto que os valores de a^* e b^* foram menores em animais NC comparado com animais CC e IC.

Em adição, Andreo et al. (2013) não encontraram diferença nos valores de L^* entre animais IC e NC, mas observaram maiores valores de a^* e b^* na carne de animais de IC. Amatayakul-Chantler et al. (2013) não encontraram diferença entre os animais CC e IC terminados à pasto para os valores de L^* e a^* , no entanto, reportam maiores valores de b^* na carne de animais CC comparado com IC.

A carne maturada por 14 dias apresentou maiores valores L^* ($P = 0.0374$), a^* ($P = 0.0227$) e b^* ($P = 0.0043$) comparado com carne fresca (Figura 4). Segundo Mancini & Ramanathan (2014) a maturação pode influenciar a intensidade e a estabilidade da cor, mais especificamente, a diminuição do consumo de oxigênio mitocondrial associado com maior tempo de maturação irá aumentar a intensidade da cor inicial. Lindahl (2011) observou um aumento no valor de L^* e b^* da carne maturada comparada com a carne fresca, devido ao fato de que o desenvolvimento da cor inicial do *Longissimus* aumentar com o tempo de maturação, por causa das mudanças no consumo de oxigênio.

Figura 4. Valores de cor de carne fresca e maturada.

Fonte: Própria Autoria.

4.4.3. Perda por exsudação, por cocção, comprimento de sarcômero e força de cisalhamento

No presente estudo, as menores perdas por cocção das carnes de animais NC pode ser devido a carnes desses animais apresentam menores perdas de água devido a sua maior percentagem de carnes com pH alto. Segundo Purchas (1990) carne de touros apresenta menor perda por cocção comparado com animais castrados. O autor explica que touros apresentam pH final maior que animais castrados, consequentemente aumentando a retenção de água. Resultados similares foram encontrados por Amatayakul-Chantler et al. (2013), Miguel et al. (2014) e Ribeiro et al. (2004) que não encontraram diferença entre as condições sexuais.

Para comprimento de sarcômero, não houve diferença entre as condições sexuais. O comprimento do sarcômero tem um efeito direto sobre a maciez da carne (PURCHAS; AUNGSUPAKORN, 1993; WHEELER; KOOHMARAIE, 1999), pois músculos com sarcômero mais longo têm menor resistência a força de cisalhamento (HERRING; CASSENS; RRISKEY, 1965). Além disso, o comprimento do sarcômero tende a aumentar com a diminuição do pH da carne.

Purchas (1990) reportam que o comprimento de sarcômero aumentou de 1.51 a 1.64 μm , quando o pH diminuiu de 6.2 até 5.4. Segundo o mesmo autor o efeito do pH na faixa de 5.4 a 6.2 sobre valores de cisalhamento foi mediado, pelo menos em parte, pelo efeito do comprimento de sarcômero, suportado a relação negativa significativa entre o pH e o comprimento sarcômero. Resultados similares foram encontrados por Purchas; Burnham; Morris (2002) e Purchas & Aungsupakorn (1993) que não observaram diferença no comprimento do sarcômero entre as duas condições sexuais.

Figura 5. Valores de força de cisalhamento de acordo com a condição sexual.

Fonte: Própria Autoria.

Foi observada uma interação entre a condição sexual e o período de maturação para a força de cisalhamento ($P=0.0404$). Em carnes frescas, os animais NC apresentaram menores valores na WBSF em relação aos CC ($P=0.0079$), enquanto que animais IC apresentaram valores intermediários de WBSF e não diferiram de CC e NC (Figura 5).

Nas amostras maturadas não foi observada diferença entre as condições sexuais. Não houve diferença entre as condições sexuais na percentagem de carnes dark cutting (pH alto= acima de 6.2), porém animais NC ($n=5$) apresentaram maior percentagem de carnes com pH alto ($n=5$; 22.7 %),

enquanto que nos grupos IC e CC houve apenas 4.8% e 6.7% animais com pH alto, respectivamente. As diferenças encontradas na cor da carne, perda por cocção e maciez entre os tratamentos foi relacionada com o número e percentagem de carnes *dark cutting* dentro de cada tratamento e sua influência em cada variável

Resultados observados neste trabalho para carne fresca, onde os animais NC tiveram menor WBSF quando comparado com os métodos de castração foram inesperados. Segundo Pond e Pond (2000), a carne de animais jovens e machos NC são menos macias e têm menor deposição de marmoreio que animais castrados e fêmeas em idades semelhantes. Entretanto, de acordo com Purchas (1990) e Lomiwes et al. (2014) carcaças com pH maior de 6,2 usualmente são associadas com um incremento na maciez da carne, que poderia levar a touros ter carne mais macia se o pH é esta acima desse valor.

Neste estudo, animais NC apresentaram maior valor de pH final do que CC ($P=0.0068$) e IC ($P=0.0290$). Entretanto, quando foi agrupado o pH final por classes (pH normal < 5.7 ; pH intermediário 5.8 à 6.2 ; pH alto >6.2), foi observado que 22.7% ($n=5$) dos animais não castrados tiveram pH₂₄ maior a 6.2, com uma força de cisalhamento média de 34.4 N, enquanto no grupo imunocastrados e castrado cirurgicamente houve apenas um animal dentro de cada grupo (pH₂₄ maior de 6.2). Além disso, o pH final tem um efeito sobre a capacidade de retenção de água, sendo que a carne com pH final alto tem maior retenção de água, diminuindo a perda de água no cozimento, consequentemente uma determinada área transversal da amostra irá conter mais água e menos componentes estruturais, melhorando a maciez da carne (PURCHAS, 1990), portanto, o menor valor de WBFS observada para machos não castrados neste estudo pode ser devido a um alto pH final.

Resultados similares foram encontrados por Amatayakul-Chantler et al. (2013) e Miguel et al., (2014) que não observaram diferença na maciez da carne fresca em função da condição sexual e tipo de castração. Por outro lado, alguns estudos observaram que animais não castrados apresentam maiores valores de WBSF na carne fresca comparado com animais imunocastrados (AMATAYAKUL-CHANTLER et al., 2012; ANDREO et al., 2013)

Após 14 dias de maturação, a WBSF foi menor comparada com carne fresca ($P < 0.0001$) independente do tratamento. Possivelmente devido a proteólise que ocorre durante os dias de maturação, proporcionando o amaciamento das carnes pela ação principalmente das calpaínas, cuja a atividade pode ser influenciada por diferentes fatores, sendo o pH um dos fatores mais importantes (SMITH; CULP; CARPENTER, 1978; MORGAN et al., 1993; KOOHMARAIE, 1994; EILERS et al., 1996).

Segundo o Wu et al. (2014) o pH final da carne desempenha um papel crítico na degradação de proteínas miofibrilares durante o armazenamento pós morte. Segundo os mesmos autores não foi encontrada diferença na maciez da carne depois de 7 dias de maturação entre pH final alto e normal. Segundo Morgan et al. (1993) os animais não-castrados tiveram maior atividade da calpastatina que os animais castrados nas 24 horas após o abate. Os animais CC apresentaram uma diminuição de 33,3% na força de cisalhamento 14 dias após o abate. No entanto, animais NC castrados diminuíram 33,3%, sendo esta a menor diminuição da força de cisalhamento dos animais NC explicada por uma maior atividade das calpastatinas. Porém, com 14 dias de maturação não foi determinada diferença na maciez entre animais castrados e não-castrados (MORGAN et al., 1993).

Neste mesmo estudo, foi observado que animais castrados cirurgicamente diminuíram 48,1% a força de cisalhamento após 14 dias de maturação, enquanto animais IC e NC diminuíram 36,5% e 28,6%, respectivamente. Possivelmente a menor diminuição nos animais NC é por uma maior atividade de calpastatina.

A interação encontrada entre a condição sexual e o tempo de maturação para WBSF, pode ser explicada possivelmente pelo efeito do pH final, por não ser encontrada diferença no comprimento do sarcômero. Tornando a carne fresca de animais NC mais macias, porém, a não diferença entre tratamentos após 14 dias de maturação, pode ser explicada possivelmente por uma maior ação das calpainas nos animais CC e IM e um não efeito do pH em carnes maturadas (WU et al., 2014).

Carne de animais nelore CC após 14 dias de maturação podem ser consideradas macias (valor de WBSF é menor que 43.1 N), de acordo com

ASTM (2013). Além disso, carnes de animais NC e IC estão perto do valor de WBSF para se considerar macias (44.1 e 46.1 N, respectivamente).

Resultados similares para WBSF em carne fresca e com 14 dias de maturação foram reportados por Mazon et al. (2014) em carne de machos Nelore não castrados e imunocastrados confinados. Morgan et al. (1993) e Mberema et al. (2016) não observaram diferença na WBSF com 14 dias de maturação em carne de animais não-castrados e castrados.

4.4.4. Lipídios totais e Tbars

Os animais dos grupos CC e IC não diferiram em relação e a percentagem de lipídeos totais, mas apresentaram maiores valores que os animais NC ($P=0.0191$). Não houve diferença entre as condições sexuais com relação ao comprimento de sarcômero e TBARS.

Resultados similares foram reportados por Allen (1971), que encontrou maiores valores de lipídios totais em animais castrados comparado com não-castrados. Ruiz et al. (2005), reportaram maiores valores de lipídios totais em animais CC, seguido por IC e um menor valor para NC. Além disso, Andreo et al. (2013, 2016) encontraram maior valor de extrato etéreo na carne de animais IC comparado aos NC.

A oxidação lipídica é um dos principais fatores que influencia a qualidade e aceitabilidade da carne (BRAGAGNOLO; DANIELSEN; SKIBSTED, 2005), afinal, esse processo leva a descoloração, perdas de líquidos, formação de compostos tóxicos e compostos secundários da oxidação que contribuem para a formação de aromas e sabores estranhos (rancidez) na carne (MORRISSEY et al., 1998; RODAS-GONZÁLEZ et al., 2011). Segundo Campo et al. (2006) 2 mgMDA kg^{-1} de tecido é o limite de tbars para que a carne seja aceita sem sabor de rancificado. A maior percentagem de lipídios totais dos animais CC e IC não influencia na oxidação lipídica, a condição sexual não influencia a oxidação lipídica da carne.

4.4.5. Análise sensorial para aceitação do consumidor

Não houve efeito da condição sexual para as características de aroma, suculência e sabor da carne (Tabela 6). No entanto, animais CC apresentaram maiores (melhores) valores de textura que os animais IC e NC ($P=0.0089$). De maneira semelhante, CC apresentaram maiores valores para qualidade global em relação aos NC ($P=0.0427$), enquanto que o grupo IC apresentou valores intermediários, sem diferir dos demais.

Tabela 5. Medias, erro padrão da media (EPM) e probabilidade das características sensoriais da carne avaliada por teste afetivo de aceitação do consumidor, de acordo com a condição sexual.

Características	Condição sexual			Valor P
	CC	IC	NC	
Aroma	6.7 $\pm$ 0.15	6.7 $\pm$ 0.14	6.6 $\pm$ 0.13	0.5172
Textura	7.2 $\pm$ 0.14 ^a	6.8 $\pm$ 0.14 ^b	6.7 $\pm$ 0.14 ^b	0.0089
Suculência	7.0 $\pm$ 0.15	6.7 $\pm$ 0.14	6.9 $\pm$ 0.15	0.2632
Sabor	6.9 $\pm$ 0.15	6.9 $\pm$ 0.13	6.6 $\pm$ 0.15	0.1246
Qualidade global	7.1 $\pm$ 0.13 ^a	7.0 $\pm$ 0.11 ^{ab}	6.8 $\pm$ 0.13 ^b	0.0427

^{a, b} Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste T ($P<0,05$).

CC: castrado cirurgicamente, IC: imunocastrado, NC: Não castrado

Fonte: Própria Autoria.

Apesar de não se ter observado diferença significativa na WBSF com 14 dias de maturação, os consumidores indicaram que animais CC apresentaram melhor textura em relação a IC e NC. No mesmo sentido, animais CC tiveram maior aceitabilidade global em relação aos NC, sendo que ambos não diferiram dos IC.

O que pode ser explicado pelos valores de força de cisalhamento menor a 42.87 N, que foi percebida pela maioria dos consumidores como carne macia (Destefanis, Brugiapaglia, Barge, & Dal Molin, 2008). Neste estudo, a carne de animais CC apresentou valores médios de WBSF de 41.19 N comparado com 44.13 e 46.09 N na carne de NC e IC, respectivamente.

Segundo Voges et al. (2007), a maciez é um fator importante e contribuindo para a percepção do gosto dos consumidores. Vários fatores

influenciam a maciez da carne como a condição sexual dos animais, maturação da carne, pH e carnes DFD, entre outros fatores. A condição sexual pode influenciar a maciez da carne, a carne de animais não castrados apresentam menor maciez avaliada no WBSF e por consumidores, quando compara com carne de animais castrados (FIELD, 1970; PURCHAS; BURNHAM; MORRIS, 2002). Voges et al. (2007) encontraram carnes mais macias comparado com estudos anteriores, eles concluíram que pode ser devido ao efeito e tempo de maturação.

Resultados similares foram encontrados por Andreo et al.(2013), animais NC não tiveram diferença no odor, suculência e maciez da carne comparados com animais IC. Segundo Roça et al. (2011) animais IC não apresentaram diferença no sabor, aroma e suculência comparado com animais CC. Em outro estudo, animais CC apresentam maior valor de aceitação na maciez da carne e não tiveram diferença na suculência e sabor da carne comparado com animais NC (KALSTRUP; CROSS, 1984). Voges et al. (2007) relatam que a maciez, suculência e sabor são os atributos que determinam a palatabilidade. Carne de animais CC foi superior nos atributos que são determinantes para a palatabilidade em relação a carne de animais NC, e por isso carne de animais CC apresentou maior qualidade global.

5. CONCLUSÕES

A imunocastração diminui o desempenho dos animais quando comparada com animais castrados cirurgicamente ou não-castrados. Porém, é uma alternativa à castração cirúrgica, pois resulta em características de carcaça e qualidade da carne semelhantes.

A imunocastração melhora a cor da carne e diminui a frequência de carnes DFD quando comparada com animais não-castrados, os quais são mais susceptíveis a apresentar carnes DFD, que tem um efeito direto na qualidade da carne, especialmente na maciez e na cor.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, T.; ADAMS, B. Feedlot performance of steers and bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 70, n. 6, p. 1691–1698, 1992.
- ALLEN, E. Influence of sex and postmortem aging on intramuscular and subcutaneous bovine lipids. **Journal of Food Science**, Hoboken, NJ, v. 36, p. 786–790, 1971.
- AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of Bos indicus bulls raised on pasture in Brazil. **Meat Science**, Amsterdam, v. 95, n. 1, p. 78–84, 2013.
- AMATAYAKUL-CHANTLER, S. et al. Immunocastration of bos indicus x brown swiss bulls in feedlot with gonadotropin-releasing hormone vaccine bopriva provides improved performance and meat quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 90, n. 11, p. 3718–3728, 2012.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat color measurement guidelines**. [s.l.:] Champaign, IL, 2012
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Second Edition. [s.l.:] Champaign, IL, 2015
- ANDREO, N. et al. Fatty acid profile of beef from immunocastrated (BOPRIVA®) Nellore bulls. **Meat Science**, Amsterdam, v. 117, p. 12–17, jul. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174016300468>>. Acesso em: 1 mar. 2016.
- ANDREO, N. et al. Influência da imunocastração (Bopriva®) no ganho de peso, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6 Supl 2, p. 4121, 2013.
- APAOBLAZA, A. et al. Glycolytic potential and activity of adenosine monophosphate kinase (AMPK), glycogen phosphorylase (GP) and glycogen debranching enzyme (GDE) in steer carcasses with normal (<5.8) or high (>5.9) 24h pH determined in M. longissimus dorsi. **Meat science**, Amsterdam, v. 101, p. 83–9, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014004951>>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- ARNOLD, A. M.; PERALTA, J. M.; THONNEY, M. L. Effect of testosterone on differential muscle growth and on protein and nucleic acid concentrations in muscles of growing lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 75, p. 1495–1503, 1997.

ARTHAUD, V. H. et al. Carcass composition, quality and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 44, n. 1, 1977.

ASHMORE, C. R., et al. Experimental prevention of dark-cutting meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 36, n. 1, p. 33–36, 1973.

ASHMORE, C. R., PARKER, W., AND DOERR, I. Respiration of mitochondria isolated from dark-cutting beef: postmortem changes. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 32, n. 1, p. 46–48, 1972.

ASTM INTERNATIONAL. Standard Specification for Tenderness Marketing Claims Associated with Meat Cuts Derived from Beef. p. 1–3, 2013. Disponível em: <www.astm.org>.

BALL P. J. H., P. A. R. **Reprodução em bovinos**. Terceira ed. [s.l: s.n.]

BASARAB, J. A. et al. Sorting feeder cattle with a system that integrates ultrasound backfat and marbling estimates with a model that maximizes feedlot profitability in value-based marketing. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, ON v. 79, p. 327–334, 1999.

BEAVER, B. V.; AMOSS, M. S. Aggressive behavior associated with naturally elevated serum testosterone in mares. **Applied Animal Ethology**, Amsterdam v. 8, n. 5, p. 425–428, jun. 1982. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304376282900554>>. Acesso em: 21 maio. 2016.

BONNEAU, M.; ENRIGHT, W. J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 42, n. 2-3, p. 193–200, jun. 1995.

BRAGAGNOLO, N.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L. H. Effect of rosemary on lipid oxidation in pressure-processed, minced chicken breast during refrigerated storage and subsequent heat treatment. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 221, n. 5, p. 610–615, 2005.

BRANDSTETTER, A M. et al. Effects of muscle type , castration , age , and compensatory growth rate on androgen receptor mRNA expression in bovine skeletal muscle . A M Brandstetter , M W Pfaffl , J F Hocquette , D E Gerrard , B Picard , Y Geay and H Sauerwein The online version of. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 78, p. 629–637, 2000.

CAMPO, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat science**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 303–11, fev. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174005003001>>. Acesso em: 28 maio. 2016.

CAVALIERI, J.; WANG, M. Chemical sterilisation of Bos indicus bull calves following intratesticular injection of zinc acetate: Effects on growth and concentrations of testosterone. **Animal reproduction science**, Amsterdam, v. 159, p. 163–71, ago. 2015. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432015001438>>.
Acesso em: 25 mar. 2016.

CLAUS, R.; WEILER, U. Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 37, n. 3, p. 245–260, jan. 1994. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301622694901201>>. Acesso em: 11 maio. 2016.

COOK, R. B. et al. The effects of active immunization against GnRH on testicular development, feedlot performance, and carcass characteristics of beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 78, n. 11, p. 2778–2783, 2000.

CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. **Meat Science**, Amsterdam, v. 5, n. 4, p. 261–6, jul. 1981.

D'OCCHIO, M. J.; ASPDEN, W. J.; TRIGG, T. E. Sustained testicular atrophy in bulls actively immunized against GnRH: potential to control carcass characteristics. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 66, n. 1-2, p. 47–58, abr. 2001.

DESTEFANIS, G. et al. E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat science**, Amsterdam, v. 78, n. 3, p. 153–6, mar. 2008. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174007001970>>.
Acesso em: 4 abr. 2016.

DESTEFANIS, G. et al. Effect of castration on meat quality in Piemontese cattle. **Meat Science**, Amsterdam, v. 64, n. 2, p. 215–218, jun. 2003.

DUNSHEA, F. R. et al. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat science**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 8–38, set. 2005. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174005001671>>.
Acesso em: 12 nov. 2015.

E. G. BLIGH, W. J. D. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, ON, v. 37, 1959.

EILERS, J. D. et al. Modification of Early-Postmortem Muscle pH and Use of Postmortem Aging to Improve Beef Tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 74, n. 4, p. 790–798, 1996.

ENGLAND, E. M. et al. Excess glycogen does not resolve high ultimate pH of oxidative muscle. **Meat Science**, Amsterdam, v. 114, p. 95–102, 2016.

ENGLAND, E. M. et al. pH inactivation of phosphofructokinase arrests postmortem glycolysis. **Meat science**, Amsterdam, v. 98, n. 4, p. 850–7, dez. 2014. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917401400240X>>.
Acesso em: 30 mar. 2016.

ENGLAND, E. M. et al. Altered AMP deaminase activity may extend postmortem glycolysis. **Meat Science**, Amsterdam, v. 102, p. 8–14, 2015.

FIELD, R. A. Effect of castration on meat quality and quantity. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 32, n. 5, p. 849–858, 1970.

FREITAS, A. K. et al. Características de carcaças de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicososa, MG, v. 37, n. 6, p. 1055–1062, jun. 2008.

GAGAOUA, M. et al. Understanding Early Post-Mortem Biochemical Processes Underlying Meat Color and pH Decline in the Longissimus thoracis Muscle of Young Blond d' Aquitaine Bulls Using Protein Biomarkers . To cite this version : **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, 2015.

GEBURT, K. et al. Influence of testosterone on the docility of German Simmental and Charolais heifers during behavior tests. **Physiology & behavior**, Philadelphia, PA, v. 141, p. 164–71, 15 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003193841500044X>>.
Acesso em: 29 mar. 2016.

GREENE, B. E., & CUMUZE, T. H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panellists assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**, Hoboken, NJ v. 47, n. 58, p. 52–54, 1981.

H. A. GLIMP et al. Effect of sex condition on growth and carcass traits of male Hereford and Angus cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v. 33, n. 6, p. 1242–1247, 1971.

HAFEZ, B. H. e E. S. E. **Reprodução animal**. Mamole Ltd ed. [s.l: s.n.]

HERNANDEZ, J. A. et al. Reproductive characteristics of grass-fed, luteinizing hormone-releasing hormone-immunocastrated Bos indicus bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 83, n. 12, p. 2901–2907, 2005.

HERRING, H. K.; CASSENS, R. G.; RRISKEY, E. J. Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fiber diameter. **Journal of Food Science**, Hoboken, NJ, v. 30, n. 6, p. 1049–1054, 1965. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1965.tb01885.x>>.

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

HUR, S. J.; PARK, G. B.; JOO, S. T. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. **Food Control**, Kidlington, Oxford, v. 18, n. 8, p. 939–947, 2007.

ÍTAVO, L. C. V. et al. Desempenho produtivo, características de carcaça e avaliação econômica de bovinos cruzados, castrados e não-castrados, terminados em pastagens de *Brachiaria decumbens*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, MG, v. 60, n. 5, p. 1157–1165, 2008.

J . D . CROUSE; S . C . SEIDEMAN AND H . R . CROSS. The Effects of Carcass Electrical Stimulation and Cooler Temperature on the Quality and Palatability of Bull and Steer Beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 56, n. 1, p. 81–90, 1983.

JANETT, F. et al. THUN, R. Vaccination against gonadotropin-releasing factor (GnRF) with Bopriva significantly decreases testicular development, serum testosterone levels and physical activity in pubertal bulls. **Theriogenology**, Philadelphia, PA, v. 78, n. 1, p. 182–8, 1 jul. 2012a.

JANETT, F. et al. Effect of vaccination against gonadotropin-releasing factor (GnRF) with Bopriva® in the prepubertal bull calf. **Animal reproduction science**, Amsterdam, v. 131, n. 1-2, p. 72–80, mar. 2012b.

KALSTRUP, S.; CROSS, H. R. Effects of castration and electrical stimulation on beef carcass quality and palatability characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 58, n. 1, p. 75–84, 1984.

KEMP, C. M. et al. Tenderness--an enzymatic view. **Meat science**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 248–56, fev. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174009001673>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat science**, Amsterdam, v. 36, n. 1-2, p. 93–104, jan. 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0309174094900361>>. Acesso em: 26 maio. 2016.

LAWRIE, R. a. Physiological stress in relation to dark-cutting beef. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, West Sussex, v. 9, n. 11, p. 721–727, 1958. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.2740091106>>.

LAZZARONI, C.; BIAGINI, D. Effect of pre- and post-pubertal castration on Piemontese male cattle. II: Carcass measures and meat yield. **Meat Science**, Amsterdam, v. 80, n. 2, p. 442–8, out. 2008.

LINDAHL, G. Colour stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere. **Meat science**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 428–35, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174010004286>>. Acesso em: 2 maio. 2016.

LOMIWES, D. et al. The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH. **Meat science**, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 646–51, jan. 2014. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013005068>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

LOWE, B. K. et al. Effects of feeding ractopamine hydrochloride (Paylean) to physical and immunological castrates (Improvast) in a commercial setting on growth performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 92, p. 3727–3735, 2014.

MACDOUGALL, D. B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 9, n. 1-2, p. 75–88, jul. 1982. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030881468290070X>>. Acesso em: 1 fev. 2016.

MADELINE R. M. et al. Effect of beta agonist and immunocastration on meat characteristics Nellore cattle. In: JAM Joint Annual Meeting, Kansas City, MO. **Anais...** Kansas City, MO: Asas, 2014. Disponível em: <<https://asas.confex.com/asas/jam2014/webprogram/Paper6749.html>>. Acesso em: 26 maio. 2016.

MANCINI, R. A.; RAMANATHAN, R. Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in beef. **Meat science**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 65–70, set. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014001119>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

MARTI, S. et al. Effect of anti-gonadotropin-releasing factor vaccine and band castration on indicators of welfare in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 93, p. 1581–1591, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-8346>>.

MBEREMA, C. H. H.; LIETZ, G.; KYRIAZAKIS, I.; SPARAGANO, O. A. E. The effects of gender and muscle type on the mRNA levels of the calpain proteolytic system and beef tenderness during post-mortem aging. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 185, p. 123–130, mar. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141316300208>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

MCKEITH, R. O. et al. Mitochondrial abundance and efficiency contribute to lean color of dark cutting beef. **Meat science**, Amsterdam, v. 116, p. 165–73, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174016300067>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

MIGUEL, G. Z. et al. Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore×Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. **Meat Science**, Amsterdam, v. 96, n. 2, p. 884–891, fev. 2014.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 2009.

MILLEN, D. D. et al. Current outlook and future perspectives of beef production

in Brazil. **Animal Frontiers**, Champaign, IL, v. 1, n. 2, p. 46–52, 2011.

MILLER, M. Dark, firm and dry beef. **National Cattlemen's Beef Association, Centennial, CO**, 2007. Disponível em: <<http://pdf-release.net/external/1651175/pdf-release-dot-net-Dark, Firm and Dry Beef.pdf>>.

MILLER, M. F. et al. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness . The online version of this article , along with updated information and services , is located on the World Wide Web at : Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 79, p. 3062–3068, 2001.

MORGAN, J. B. et al. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. **Journal of animal science**, Champaign, IL, v. 71, n. 6, p. 1471–1476, 1993.

MORRISSEY, P. A. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, Amsterdam, v. 49, p. S73–S86, jan. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174098900390>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MULLER, A., MICOL, D., PECCATTE, J. R., & DOZIAS, D. Choix de l'âge à la castration en production de viande bovine semi-intensive. **INRA Productions Animales**, Castanet-Tolosan, Cedex, v. 4, n. 4, p. 287 – 295, 1991.

MUROYA, S. et al. MS-based metabolomic profiling revealed characteristic metabolic pathways in postmortem porcine fast and slow type muscles. **Meat Science**, Amsterdam, v. 98, n. 4, p. 726–735, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.018>>.

NEWTON, K. G.; GILL, C. O. The microbiology of DFD fresh meats: A review. **Meat science**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 223–32, maio 1981. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030917408190005X>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

OLIVEIRA, R. L. et al. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de cria. In: Brasília, Brazil. **Anais...** Brasília, Brazil.: SIMBOI, 2nd, 2006.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64–75, nov. 2014.

OUALI, A. et al. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. **Meat Science**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 44–58, 2006.

OWENS, F. N. et al. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 73, n. 10, p. 3152–3172, 1995.

PAGE, J. K.; WULF, D. M.; SCHWOTZER, T. R. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 79, n. 3, p. 678–687,

2001.

PEARCE, K. L. et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review. **Meat Science**, Amsterdam, v. 89, n. 2, p. 111–124, 2011.

POUZO, L. B. et al. Antioxidant status, lipid and color stability of aged beef from grazing steers supplemented with corn grain and increasing levels of flaxseed. **Meat Science**, Amsterdam, v. 111, p. 1–8, 2016.

PRESTON, R. L. et al. Management of high concentrate diets in feedlot. (CBNA, Ed.) In: Simpósio sobre produção intensiva de gado de corte, Campinas. **Anais...** Campinas: 1998.

PRICE, E. O. et al. Aggressive behavior is reduced in bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 81, n. 2, p. 411–415, 2003.

PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 129–140, 1990.

PURCHAS, R. W.; AUNGSUPAKORN, R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. **Meat Science**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 163–178, 1993.

PURCHAS, R. W.; BURNHAM, D. L.; MORRIS, S. T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 80, n. 12, p. 3211–3221, 2002.

RESTLE, J. et al. Desempenho na fase de crescimento de machos bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicosa, MG, v. 29, n. 4, p. 1036–1043, 2000.

RIBEIRO, E. L. de A. et al. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact Bos indicus bulls. **Meat science**, Amsterdam, v. 68, n. 2, p. 285–90, out. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174004000786>>. Acesso em: 14 set. 2015.

ROÇA, R. de O. et al. Imunocastração de bovinos criados em pasto: composição centesimal e propriedades sensoriais da carne. In: Congresso Brasileiro de medicina veterinária, 1, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COMBRAVET, 2011.

RODAS-GONZÁLEZ, A. et al. Evaluation of the storage life of vacuum packaged Australian beef. **Meat science**, v. 88, n. 1, p. 128–38, maio 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174010004432>>. Acesso em: 2 maio. 2016.

ROSA, A. et al. Incidence of DFD meat on Brazilian beef cuts. **Meat Science**, Amsterdam, v. 112, p. 132–133, fev. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015002132>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

RUIZ, M. R. et al. Proximate chemical composition and fatty acid profiles of Longissimus thoracis from pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact Bos indicus bulls. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 35, n. 1, p. 13–18, 2005.

SCHEFFLER, T. L et al. Mitochondria influence postmortem metabolism and pH in an in vitro model. **Meat science**, Amsterdam, v. 110, p. 118–25, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015300516>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

SEIDEMAN, S. C. et al. Utilization of the Intact Male for Red Meat Production : A Review. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 55, p. 826–840, 1982.

SILVA, S. L. et al. Estimativa da gordura de cobertura ao abate, por ultra-som, em tourinhos Brangus e nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vicosa, MG, v. 33, n. 2, p. 511–517, 2004.

SMITH, G. C.; CULP, G. R.; CARPENTER, Z. L. Postmortem Aging of Beef Carcasses. **Journal of Food Science**, Hoboken, NJ, v. 43, n. 3, p. 823–826, 1978.

SORENSEN GITTE; JORGENSEN SOREN STORGAARD. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Z Lebensm Unters Forsch**, v. 202, n. 3, p. 205–210, 1996.

STAFFORD, K.; MELLOR, D. The welfare significance of the castration of cattle: A review. **New Zealand Veterinary Journal**, Abingdon, Oxfordshire, v. 53, n. 5, p. 271–278, 2005. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00480169.2005.36560>>.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, P. Myoglobin chemistry and meat color. **Annual review of food science and technology**, Palo Alto, CA, v. 4, p. 79–99, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23190143>>.

VOGES, K. L. et al. National beef tenderness survey – 2006: Assessment of Warner–Bratzler shear and sensory panel ratings for beef from US retail and foodservice establishments. **Meat Science**, Amsterdam, v. 77, n. 3, p. 357–364, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174007001167>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

VYNCKE, W. Evaluation of the Direct Thiobarbituric Acid Extraction Method for Determining Oxidative Rancidity in Mackerel (*Scomber scombrus* L.). **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 77, n. 6, p. 239–240, 1975.

WARNER, R. D. et al. Altered post-mortem metabolism identified in very fast chilled lamb M. longissimus thoracis et lumborum using metabolomic analysis. **Meat science**, Amsterdam, v. 108, p. 155–64, out. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015300334>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb longissimus and psoas major. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 77, n. 9, p. 2444–2451, 1999.

WILSON G. POND, K. R. P. **Introduction to animal science**. New York: John wiley & sons, 2000.

WORRELL, M. a.; CLANTON, D. C.; CLAKINS, C. . Effect of Weight at Castration on Steer Performance on the Feedlot. **Journal of Animal Science**, Champaign, IL, v. 64, n. 2, p. 343–347, 1987.

WU, G. et al. Effect of beef ultimate pH and large structural protein changes with aging on meat tenderness. **Meat science**, Amsterdam,, v. 98, n. 4, p. 637–45, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014001788>>. Acesso em: 22 abr. 2016.