

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 05/08/2027.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMO A MATURIDADE FISIOLÓGICA PODE
INFLUENCIAR AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE
DA CARNE DE BOVINOS NELORE**

Yasmin Vinhal de Freitas Madio

Zootecnista

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**COMO A MATURIDADE FISIOLÓGICA PODE
INFLUENCIAR AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE
DA CARNE DE BOVINOS NELORE**

Yasmin Vinhal de Freitas Madio
Orientador: Prof. Dr. Welder Angelo Baldassini

Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

M182c	Madio, Yasmin Vinhal de Freitas Como a maturidade fisiológica pode influenciar as características de qualidade da carne de bovinos Nelore / Yasmin Vinhal de Freitas Madio. -- Jaboticabal, 2025 30 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Welder Angelo Baldassini 1. Qualidade da carne. 2. Bovinos. 3. Ciências agrárias. 4. Ossificação. 5. Maciez. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: COMO A MATURIDADE FISIOLÓGICA PODE INFLUENCIAR AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE

AUTORA: YASMIN VINHAL DE FREITAS MADIO

ORIENTADOR: WELDER ANGELO BALDASSINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **WELDER ANGELO BALDASSINI**
Data: 30/09/2025 11:10:20-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. WELDER ANGELO BALDASSINI (Participação Presencial)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ Unesp Botucatu

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO ARANDA DA SILVA COUTINHO**
Data: 30/09/2025 19:12:09-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Pesquisador Dr. MARCELO COUTINHO (Participação Virtual)
Brazil Beef Quality / Piracicaba/SP

Documento assinado digitalmente
 **LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO**
Data: 30/09/2025 18:00:57-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO (Participação Presencial)
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ UNESP Botucatu

Jaboticabal, 05 de agosto de 2025

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão de literatura.....	2
2.1	Fatores que influenciam a qualidade da carne.....	2
2.2	Maturidade fisiológica: métodos de avaliação e implicações.....	3
2.3	Efeito da maturidade sobre a maciez da carne.....	4
2.3.1	Colágeno.....	4
2.3.2	O Componente Miofibrilar e a Maturação <i>Post-Mortem</i>	5
2.4	Efeito da maturidade na composição e qualidade visual	5
2.4.1	Deposição de Gordura: Precocidade e Marmoreio	5
2.4.2	Cor e pH: Estabilidade e Percepção do Consumidor.....	6
3.	Material e Métodos.....	7
3.1.	Animais e características de carcaça	7
3.2.	Coleta de amostras e maturação	7
3.3.	Características de cor.....	8
3.4.	Capacidade de retenção de água.....	8
3.5.	Força de cisalhamento e perdas por cocção.....	8
3.6.	Oxidação lipídica.....	9
3.7.	Índice de Fragmentação Miofibrilar	9
3.8.	Conteúdo Lipídico Intramuscular.....	10
3.9.	Colágeno.....	10
3.9.	Análise estatística	11
4.	Resultados	12
4.1.	Características físico-químicas e instrumentais de qualidade da carne	12
4.2.	Características de carcaça.....	15
4.3.	Teor de colágeno e conteúdo lipídico intramuscular.....	15
5.	Discussão	16
5.1.	Características físico-químicas e instrumentais de qualidade da carne	16
5.2.	Características de Carcaça.....	19
5.3.	Teor de colágeno e conteúdo lipídico intramuscular.....	21
6.	Conclusão	23
7.	Referências	23



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada COMO A MATURIDADE FISIOLÓGICA PODE INFLUENCIAR AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE, registrada com o nº 000.097, sob a responsabilidade de Yasmin Vinhal Freitas Madio e do(a) Prof(a). Dr(a) Welder Angelo Baldassini - que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA, e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, em reunião de 17/06/2024.

Finalidade	Pesquisa Científica
Vigência da Autorização	24/06/2024 a 24/06/2025
Espécie/linhagem/raça	-
Número de animais	-
Sexo	-
Origem	-

Fábio Sossai Possebon
Presidente da CEUA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Botucatu

Dados curriculares do autor

Yasmin Vinhal de Freitas Madio, nascida em Ribeirão Preto, em 6 de outubro de 1998, filha de Liamar Vinhal Freitas e Fabio Madio. Em 2018, iniciou a graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), campus Bambuí com duas bolsas de iniciação científica: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC- CNPq) e Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI - CNPq). Em 2023, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Animal na Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Jaboticabal/Botucatu, com ênfase em nutrição animal e qualidade da carne, com Bolsa de Pesquisa da CNPq.

Dedico

Dedico aos meus maiores amores, minha mãe Liamar Vinhal Freitas e ao meu
pai Fabio Madio.

Ao meu pai, que vive em meu coração e em cada lembrança. Sua ausência física
se transformou em uma força que me inspirou a ir além, a ser forte. A saudade é grande,
mas o amor que sinto é ainda maior.

E à minha mãe, meu porto seguro e a minha maior inspiração. Com sua força e
determinação, ela me ensinou que a vida é feita de superação, e que o amor pode nos
levar a lugares inimagináveis. Sua presença foi a luz que iluminou o meu caminho até
aqui.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o apoio incondicional das pessoas que amo e Deus por permitir esse caminho.

Aos meus pais Lia e Fabio, que me incentivaram a iniciar este sonho e a nunca desistir. Todo o meu esforço é uma forma de retribuir o amor e a confiança que sempre depositaram em mim. Amo vocês com todo coração.

Ao meu orientador, Welder Baldassini, pela confiança no meu potencial e por guiar meus passos com sabedoria e paciência durante toda esta jornada.

A toda a minha família, pelo apoio constante. Em especial, a Ton e Ana Madio, que foram fundamentais no início de tudo. Aos meus irmãos Welson Junior, Lucas Madio e Lilian Freitas, por estarem sempre presentes, mesmo na distância.

Ao meu namorado Leonardo Henriques e à sua família, que se tornaram a minha, por todo o carinho e por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e não me deixando desistir.

À minha irmã, Catarina Eulasya, por todo o carinho, pelas palavras de apoio e pelos choros que compartilhamos na jornada.

Às minhas grandes irmãs de alma, Isadora Marquez e Iasmin Toro, que me acompanham desde a infância. E às queridas Alice Djinan, Gabriela Clarindo, Tainara Fonseca, Laysa Fontes, Elen Kaline, Inara Nascimento, Cecília Ortiz e Marcela Martins, que sempre me incentivaram e fizeram a minha mais leve.

À minha querida Fernanda Henriques, por todas as palavras de carinho e por me transmitir boas energias.

A Pâmela Gracioli, que se tornou uma grande amiga durante um período muito complicado dessa jornada, com muita calma e carinho me guiou para o melhor caminho.

Aos meus colegas do MeatLab que contribuíram para que essa pesquisa fosse possível.

A empresa privada JBS e a CNPq que contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa, muito obrigada!

A grande UNESP, pela oportunidade e suporte, foi minha segunda casa e me inspirou a ter sonhos ainda maiores.

COMO A MATURIDADE FISIOLÓGICA PODE INFLUENCIAR AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE

RESUMO -

O estudo investigou a influência da idade e maturidade fisiológica, avaliadas pelo número de dentes incisivos permanentes (DIP) e escore de ossificação (OSS) respectivamente, nas características de qualidade da carne de bovinos Nelore. Foram utilizados 164 bovinos machos inteiros, divididos em dois lotes, com peso de carcaça quente (PCQ) médio de 165,77 kg. Amostras do músculo *Longissimus thoracis* foram maturadas a vácuo por 12, 21 ou 28 dias. As análises incluíram características de carcaça (ossificação – OS; espessura de gordura subcutânea – EGS; área de olho-de-lombo - AOL), qualidade da carne (coloração; capacidade de retenção de água – CRA; pH; força de cisalhamento – FC; perdas por cocção – PPC; índice de fragmentação miofibrilar – MFI; oxidação lipídica - TBARS) e composição química (conteúdo de colágeno e conteúdo lipídico intramuscular – CLI). Por fim, a avaliação do colágeno total e solúvel, assim como do conteúdo lipídico intramuscular, não indicou diferenças entre os grupos experimentais. Bovinos Nelore abatidos com 6 ou 8 DIP foram semelhantes em relação as características de carcaça e qualidade da carne, especificamente, acabamento, maciez, proteólise post-mortem, oxidação lipídica, conteúdo de colágeno e teor de lipídios intramusculares. As diferenças em características de carcaça entre os grupos experimentais foram relacionadas a variáveis de crescimento (PCQ e AOL) e maturidade fisiológica (OSS). Já com relação a qualidade da carne, diferenças ocorreram em pH final, retenção de água e cor da carne, sendo essas dependentes do tempo de maturação utilizado.

Palavras-chave: *Bos indicus*, carcaça, cor da carne, maciez, ossificação.

HOW PHYSIOLOGICAL MATURITY CAN INFLUENCE THE QUALITY CHARACTERISTICS OF NELORE CATTLE

ABSTRACT -

A study was conducted to investigate the influence of age and physiological maturity, measured by the number of permanent incisors (DIP) and ossification score (OSS), respectively, on the meat quality characteristics of Nellore cattle. A total of 164 non-castrated male Nellore cattle, with an average hot carcass weight (HCW) of 165.77 kg, were used and divided into two lots. Samples of the *Longissimus thoracis* muscle were vacuum-aged for 12, 21, or 28 days. The analyses included carcass characteristics (ossification – OSS; backfat thickness – BFT; ribeye area – REA), meat quality (color; water-holding capacity – WHC; pH; shear force – FC; cooking loss – CL; myofibrillar fragmentation index – MFI; lipid oxidation – TBARS), and chemical composition (collagen content and intramuscular lipid content – ILC). Finally, the evaluation of total and soluble collagen, as well as intramuscular lipid content, did not indicate differences between the experimental groups. Nellore cattle slaughtered with 6 or 8 permanent incisors were similar in terms of carcass and meat quality characteristics, specifically fat cover, tenderness, post-mortem proteolysis, lipid oxidation, collagen content and intramuscular lipid content. Differences in carcass characteristics between the experimental groups were related to growth variables (HCW and REA) and physiological maturity (OSS). Regarding meat quality, differences occurred in ultimate pH, water-holding capacity, and meat color, and these were dependent on the aging time used.

Keywords: *Bos indicus*, carcass, meat color, tenderness, ossification.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a^*	Intensidade da cor vermelha
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AOL	Área de Olho de Lombo
ATP	Adenosina Trifosfato
b^*	Intensidade da cor amarela
C	Celsius
CT	Colágeno Total
CS	Colágeno Solúvel
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
<i>Chr</i>	Chroma (saturação de cor)
CIELab	Sistema de cores (L^* , a^* , b^*)
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DFD	Dark, Firm, Dry
DIP	Dentes Incisivos Permanentes
EDTA	Ácido Etilenodiaminotetraacético
EGS	Espessura de Gordura Subcutânea
FC	Força de Cisalhamento
FGV	Fundação Getúlio Vargas
g	Grama
HCl	Ácido Clorídrico
<i>Hue</i>	Ângulo de Tonalidade (cor real)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CLI	Conteúdo Lipídico Intramuscular
kg	Quilograma
KCl	Cloreto de Potássio
L^*	Luminosidade
<i>LT</i>	<i>Longissimus thoracis</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	Malonaldeído
MFI	Índice de Fragmentação Miofibrilar
mg	Miligrama
MgCl ₂	Cloreto de Magnésio

min	Minuto
mm	Milímetro
mmol/L	Milimol por Litro
MSA	Meat Standards Australia
N	Normal
NaN ₃	Azida Sódica
NaOH	Hidróxido de Sódio
nm	Nanômetro
OSS	Ossificação
PCQ	Peso de Carcaça Quente
PEPV	Perda por Evaporação
pH	Potencial Hidrogeniônico
PGOT	Perda por Gotejamento
PIT	Permanent Incisor Teeth (inglês para DIP)
PPC	Perdas por Cocção
RS	Rio Grande do Sul
SBB	Sociedade Brasileira de Bubalinos
SBD	Serviço de Biblioteca e Documentação
TEC	Toneladas Equivalente Carcaça
TBARS	Substâncias Reagentes ao Ácido Tiobarbitúrico
U.K.	United Kingdom
UFPe	Universidade Federal de Pernambuco
Unesp	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
USDA	United States Department of Agriculture
v/p	Volume por peso
WHC	Water Holding Capacity (Capacidade de Retenção de Água)
WBSF	Warner-Bratzler Shear Force
x G	Força G (relativa à gravidade)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis de cor (L^* , a^* , b^* , cromaticidade e ângulo de matiz), perdas por cocção (PPC), perda por gotejamento (PGOT), perda por evaporação (PEVP), força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (MFI), pH, capacidade de retenção de água (CRA) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em bovinos Nelore abatidos com 6 e 8 dentes incisivos permanentes (DIP) submetidos a diferentes períodos de maturação (21 e 28 dias) nos lotes 1 e (12 e 21 dias) lote 2.pg 13

Tabela 2. Variáveis de carcaça de bovinos Nelore, comparando-se animais abatidos com 6 versus 8 dentes incisivos permanentes (DIP) no ano de 2023 (lote 1) e 2024 (lote 2).....pg 15

Tabela 3. Teores de colágeno total (CT), colágeno solúvel (CS) e conteúdo lipídico intramuscular (CLI) em bovinos Nelore abatidos com 6 e 8 dentes incisivos permanentes (DIP) nos lotes 1 e 2.....pg 16

1. Introdução

A produção de carne bovina desempenha um papel fundamental na economia e na alimentação em diversas regiões do mundo. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores desse importante recurso alimentar (IBGE, 2016). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, o Brasil apresentou um crescimento de 3,3%, sendo um rebanho bovino de cerca de 202 milhões de cabeças, em 2022. Cerca de 71,48% de toda a carne dos animais abatidos, foi consumida pelos brasileiros, perfazendo um consumo per capita de 36,73 kg por habitante, e as exportações foram correspondentes a 3,02 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), que representaram 27,96% de toda a carne produzida no país (ABIEC, 2023).

Gradativamente produtores e exportadores, valorizam mais indicadores precisos de qualidade nos produtos adquiridos. Contudo, para a garantia da qualidade desses produtos, deve haver métodos seguros para entregar indicadores reais para diversos mercados consumidores como forma de manter e ampliar a competitividade bem como maximizar a lucratividade no sistema de produção.

Com o avanço das exigências do mercado, os consumidores também buscam cada vez mais carnes de qualidade, com destaque para a palatabilidade, que engloba maciez, sabor e suculência (Warner et al. 2021). Para alcançar essas qualidades, diversos fatores são cruciais, como a idade do animal, a composição da carcaça e o teor de gordura (Webb et al., 2005). Contudo, a carne proveniente do gado Zebu (*bos indicus*), predominante no Brasil, frequentemente não atinge esses padrões de maciez desejados. Isso ocorre devido ao maior número de ligações cruzadas termoestáveis no colágeno de seus músculos, o que resulta em menor qualidade (Hadlich et al., 2008). Por essa razão, a busca por aprimoramento dessas características por meio de pesquisas científicas tem se intensificado.

Atualmente os abatedouros utilizam como parâmetro a maturidade dentária (0, 2, 4, 6 e 8 incisivos permanentes), estabelecendo a relação: que animais com a maior quantidade de incisivos permanentes representam animais mais velhos, consequentemente uma qualidade de carne inferior. Isso porque, a idade apresenta forte influência na qualidade da carne bovina, uma vez que determina o grau de acabamento da carcaça, a taxa de marmoreio da carne e o grau de solubilidade do colágeno (Townsend et al., 1988; Quadros, 1994).

Diversos estudos anteriores investigaram como a idade cronológica e a condição da dentição impactaram na qualidade da carne e na composição da carcaça em diversas regiões ao redor do mundo. Isso inclui pesquisas realizadas na África do Sul (Moholisa et al., 2017), na Austrália (Wythes e Shorthose, 1991), nos Estados Unidos (Lawrence et al., 2001), e no Brasil (Duarte et al., 2011 e Santiago et al., 2021).

A falta de conclusões consistentes sobre um indicador mais eficaz e com resultados precisos para a predição da qualidade da carne, especialmente na raça Nelore, motivou esta pesquisa. Entender essa relação é fundamental para guiar práticas de manejo eficientes, seleção genética e processos de produção. Dessa forma, o objetivo é aprimorar a qualidade da carne bovina brasileira, ajudando o setor pecuário a ser mais competitivo e sustentável e a entregar produtos que atendam aos mais altos padrões de qualidade e satisfação do consumidor.

6. CONCLUSÃO

Por fim, a avaliação do colágeno total e solúvel não indicou diferenças entre os grupos experimentais, tanto para as quantidades de colágeno total ou solúvel ($p > 0,05$). Bovinos Nelore abatidos com 6 ou 8 DIP foram semelhantes em relação as características de carcaça e qualidade da carne, especificamente, acabamento, maciez, proteólise post-mortem, oxidação lipídica, conteúdo de colágeno e teor de lipídios intramusculares. As diferenças em características de carcaça entre os grupos experimentais foram relacionadas a variáveis de crescimento (PCQ e AOL) e maturidade fisiológica (OSS). Já com relação a qualidade da carne, diferenças ocorreram em pH final, retenção de água e cor da carne, sendo essas dependentes do tempo de maturação utilizado.

7. Referências

ABIEC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beff Report: Perfil da pecuária no Brasil 2023**. 2023. 30p. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-04/> Acesso em: 30 out. 2023.

AMENT, H.; TSCHORNY, C.; BIAVA, B.; COUTINHO, M. **Avaliação da Ossificação como Critério para Qualidade da Carne**. 2022. Disponível em: <https://www.brazilbeefquality.com/avaliacao-da-ossificacao-como-criterio-para-qualidade-da-carne/> Acesso em: 01 nov. 2023.

AMSA. ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE CIÊNCIA DA CARNE. Diretrizes de pesquisa para culinária, avaliação sensorial e medições de maciez de carne fresca. Chicago: **National Live Stock and Meat Board**, IL, 1995.

BAILEY, Allen J. The basis of meat texture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 23, n. 8, p. 995-1007, 1972.

BAILEY, A.J., LIGHT, N.D. The Connective Tissue of Meat and Meat Products. Elsevier Applied Science, London, UK, 1989.

BALDASSINI, W. A. et al. Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: a multivariate approach. **Animal Production Science**, v. 57, n. 2, p. 363-370, 2017.

BALDASSINI, W. et al. Bos indicus Carcasses Suspended by the Pelvic Bone Require a Shorter Aging Time to Meet Consumer Expectations Regarding Meat Quality. **Foods**, v. 12, n. 5, p. 930, 22 fev. 2023.

BANKS, W. J. Histology and ultrastructure of meat and meat products. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (ed.). Meat and Products. London: **Chapman & Hall**, 1991. p. 1-27.

BEKHIT, Alaa El-Din A. et al. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 5, p. 565-597, 2013.

BERGMAN, I.; LOXLEY, R. The determination of hydroxyproline in hydrolyzed tissue. **Analytical Chemistry**, v. 35, n. 13, p. 1961-1965, 1963.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction. *Can. J. Biochem. Physiol.*, v. 37, p. 911-917, 1959. Disponível em: <https://doi.org/dx.doi.org/10,1139/cjm2014-0700>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BONNY, S. P. F. et al. Ossification score is a better indicator of maturity related changes in eating quality than animal age. **Animal**, v. 10, n. 4, p. 718-728, 2016.

BRANDSTETTER, Anna M.; PICARD, Brigitte; GEAY, Yves. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls: I. Postnatal differentiation. **Livestock Production Science**, v. 53, n. 1, p. 15-23, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Inspeção sanitária e industrial de alimentos de origem animal. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 1997.

BRIDI, A. M. Fatores que afetam a qualidade e o processamento dos produtos de origem animal. **Londrina**, 2019.

CAMPO, M. M. et al. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. **Meat Science**, v. 51, p. 383-390, Barking, 1999.

COSTA, Eduardo Castro da et al. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo Longissimus dorsi de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 417-428, 2002.

CROSS, H. R.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C. Efeitos do colágeno intramuscular e da elastina na sensibilidade muscular bovina. **Journal of Food Science**, v. 38, n. 6, p. 998-1003, 1973.

CROUSE, J. D. et al. Comparisons of Bos indicus and Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal Animal Science**, v. 67, p. 2661-2668, Champaign, 1989.

CULLER, R. D. JR.; F.C.P.; SMITH, G. C.; CROSS, H. R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **J. Food Sci.**, v. 43, p. 1177-1180, 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x>. Acesso em: 27 jun. 2025.

DARREL, E. C. et al. Effect of marbling and maturity on beef muscle characteristics. **Food Technology**, v. 163, n. 845, p. 163-167, Chicago, 1965.

DRANSFIELD, E. Eating quality of DFD beef. **Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science**, v. 10, p. 344-361, 1981.

DUARTE, M. S. et al. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nelore bulls. **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 441-446, 2011.

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista et al. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de Brachiaria decumbens submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 470-481, 2001.

FAUSTMAN, C.; CASSENS, R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. **Journal of muscle Foods**, v. 1, n. 3, p. 217-243, 1990.

FEIJÓ, G. L. D. Noções de ciência da carne. In: CONHECENDO A CARNE QUE VOCÊ CONSOME: **Qualidade da carne bovina**. Curso, I. EMBRAPA 2011 CNPQC. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc77/03nocoescarne.html>. Acesso em: 22 jun. 2025.

FIELD, R.; MCCORMICK, R.; BALASUBRAMANIAN, V.; SANSON, D.; WISE, J.; HIXON, D.; RILEY, M.; RUSSELL, W. Variação de maciez entre bifes de lombo de carcaças de maturidade A e C de novilhas semelhantes em idade cronológica. **Journal de Ciência Animal**, v. 75, p. 693–699, 1997.

GARDNER, G. E. et al. The impact of nutrition on bovine muscle glycogen metabolism following exercise. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 52, n. 4, p. 461-470, 2001.

HADLICH, J. C. et al. A influência do colágeno na textura da carne. **Pubvet**, v. 2, n. 32, 2008.

HADLICH, J. C. et al. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de diversos grupos genéticos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 57-62, 2006.

HAMM, R. Direktmessung der Wasserbindungsfähigkeit von Fleisch. **Fleischwirtschaft**, v. 66, n. 5, p. 614-617, 1986.

HINER, R. L.; HANKINS, O. G. The tenderness of beef in relation to different muscles and age in the animal. **J. Anim. Sci.**, v. 9, p. 347–353, 1950.

HOCQUETTE, Jean-François et al. Glucose-transporter (GLUT4) protein content in oxidative and glycolytic skeletal muscles from calf and goat. **Biochemical Journal**, v. 305, n. 2, p. 465-470, 1995.

HOPKINS, D. L.; LITTLEFIELD, P. J.; THOMPSON, J. M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Sci.**, v. 56, p. 19-22, 2000.

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

HUGHES, J. et al. High pH in beef longissimus thoracis reduces muscle fibre transverse shrinkage and light scattering which contributes to the dark colour. **Food Research International**, v. 101, p. 228-238, 2017.

HUGHES, J. M. et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat science**, v. 98, n. 3, p. 520-532, 2014.

HUNT, M. C.; HEDRICK, H. B. Chemical, physical and sensory characteristics of bovine muscle from four quality groups. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 3, p. 716-720, 1977.

IBGE. Produção pecuária 2016. **Produção Pecu.** Munic., 2016.

Latorre, M. E., Iezzi, S., Christensen, S., & Purslow, P. P. (2017). Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo. **RIA. Revista de investigaciones agropecuarias**, 43(1), 72-77.

LAWRENCE, T. E. et al. Influência da classificação da maturidade da carcaça dentária nas características e maciez da carcaça de bifes longissimus de bovinos alimentados comercialmente. **J Anim Sci.**, v. 79, p. 2092–2096, 2001. doi: 10.2527/2001.7982092x.

LAWRIE, R. A. Ciência da carne. 6. ed. Porto Alegre, RS: **Artmed Editora**, 2005. 384 p.

LEHNINGER, A. L. Princípios de Bioquímica. São Paulo: **Ed. Savier**, 1986. p. 111-125.

LI, Xiyang et al. Meta-analysis of the relationship between collagen characteristics and meat tenderness. **Meat Science**, v. 185, p. 108717, 2022.

MALTIN, C. et al. Determination of meat quality: tenderness. **Rouett Institute of Nutrition and Health**, v. 62, p. 337-347, Aberdeen, U.K., 2003.

MAPA. Instrução Normativa nº 9, de 04 de maio de 2004. Aprova os requisitos sanitários e técnicos para a importação de sêmen bovino. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 04 maio 2004.

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

MAXIMIANO, M. R. de A. et al. Qualidade da carne bovina e a influência genética: uma revisão da literatura. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, p. 204, 2021.

MCGILCHRIST, P. et al. The meat standards Australia index indicates beef carcass quality. **Animal**, v. 13, n. 8, p. 1750-1757, 2019.

MCGILCHRIST, Peter et al. Beef carcasses with larger eye muscle areas, lower ossification scores and improved nutrition have a lower incidence of dark cutting. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 474-480, 2012.

MOHOLISA, E. et al. Os efeitos da idade do animal, regime alimentar e um beta-agonista dietético na maciez de três músculos bovinos. **J Sci Alimentos Agrícolas**, v. 97, p. 2375–2381, 2017. doi: 10.1002/jsfa.8049.

MOUNIER, L.; DUBROEUCQ, H.; ANDANSON, S. AND VEISSIER, I. 2006. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter. **J Anim Sci**, 84: 1567-1576

O'CONNOR, T. P. Post-mortem muscle biochemistry and meat quality. In: INTERNACIONALLSYMPOSIUM ON MEAT SCIENCES AND TECHNOLOGY, 1., 1997, Beijing. Proceedings... Beijing: **China Agricultural University**, 1997. p. 183-192.

OFFER, Gerald et al. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. **Food structure**, v. 8, n. 1, p. 17, 1989.

PAULINO, Pedro Veiga Rodrigues et al. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2516-2524, 2009.

PETHICK, D. W.; ROWE, J. B.; MCINTYRE, B. Effect of diet and exercise on glycogen levels in the muscle of cattle, **Meat Science**. 1994.

PFLANZER, S. B.; DE FELÍCIO, P. E. Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. **Meat Science**, v. 83, n. 4, p. 697-701, 2009.

POLKINGHORNE, R. et al. Development of a commercial system to apply the Meat Standards Australia grading model to optimise the return on eating quality in a beef supply chain. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 11, p. 1451-1458, 2008.

PULFORD, D. J. et al. Variation in bull beef quality due to ultimate muscle pH is correlated to endopeptidase and small heat shock protein levels. **Meat Science**, v. 83, p. 1-9, Barking, 2009.

QUADROS, A. R. B. Avaliação de duas fontes de proteína na alimentação de bovinos de diferentes idades em regime de confinamento. 1994. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.

ROBINS, Simon P.; SHIMOKOMAKI, Massami; BAILEY, Allen J. The chemistry of the collagen cross-links. Age-related changes in the reducible components of intact bovine collagen fibres. **Biochemical Journal**, v. 131, n. 4, p. 771-780, 1973.

ROTTA, P. P. et al. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. Asian-Australas. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 1718-1734, 2009.

SALIM, M. et al. Effect of breed type and ageing time on meat quality and water-holding capacity of beef. **Meat Science**, v. 148, p. 95-103, 2019.

SANTIAGO, B. M. et al. Comparison of Dental Carcass Maturity in Non-Castrated Male F1 Angus-Nellore Cattle Finished in Feedlot. **Food Sci Anim Resour.**, v. 41, n. 3, p. 554-562, 2021. doi: 10.5851/kosfa.2021.e16. Epub 2021 May 1. PMID: 34017961; PMCID: PMC8112317.

SAUCEDO-URIARTE, José Américo et al. Texture and physicochemical analysis of Creole beef at different aging times: Differences between sex and age. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 21, p. 101807, 2025.

SCHEFFLER, J. M. et al. Efeito da administração repetida de uma combinação de acetato de trembolona e implantes de estradiol no crescimento, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Holandeses alimentados por muito tempo. **Jornal de Ciência Animal**, v. 81, p. 2395–2400, 2003.

SCHONFELDT, H. C.; STRYDOM, P. E. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. **Meat Science**, v. 87, p. 206–218, 2011.

SHACKELFORD, S. D. et al. Evaluation of factors affecting beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 11, p. 3010-3016, 1999.

SHORTHOSE, W. R.; HARRIS, P. V. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1–8, 1990.

SORENSEN, G.; JORGENSEN, S. T. Um exame crítico de algumas variáveis experimentais capazes no teste do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) para oxidação lipídica em produtos cárneos. *Z. Leb. Unters. Forsch.*, v. 202, p. 205–210, 1996. doi: 10.1007/BF01263541.

SWATLAND, H. J.; IRVING, T. C.; MILLMAN, B. M. Fluid distribution in pork, measured by X-ray diffraction, interference microscopy and centrifugation compared to paleness measured by fiber optics. **Journal of Animal science**, v. 67, n. 6, p. 1465-1470, 1989.

TARRANT, P.V. 1989. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition. In: Proceedings of an Australian Workshop. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corp. **Sydney South**, p.8-18.

TOWNSEND, M. R.; RESTLE, J.; SANCHEZ, L. M. B. Desempenho de animais com diferentes idades em regime de confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1988, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1988. p. 283.

TUMA, H. J. et al. Relationship of marbling and maturity to tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, v. 22, n. 4, p. 1109-1113, 1963.

USDA. Padrões dos Estados Unidos para qualidades de carcaça bovina. **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos**, Washington, DC, EUA, 1997.

VEISETH, E. et al. Technical note: comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb longissimus. **J. Anim. Sci.**, v. 79, p. 904-06, 2001.

VERBEKEN, D. et al. Influence of κ -carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. **Meat Sci.**, v. 70, p. 161–166, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.007>. Acesso em: 27 jun. 2025.

WAGONER, A. W. et al. Desempenho, carcaça, cálcio da cartilagem, características sensoriais e de colágeno dos músculos longissimus de novilhas abertas versus novilhas de 30 meses de idade que produziram um bezerro. **J. Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2380–2386, 1990.

WARNER, R. et al. Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. **Meat Science**, p. 108657, 2021.

WATSON, R. et al. Consumer assessment of eating quality—development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 11, p. 1360-1367, 2008a.

WATSON, R.; POLKINGHORNE, R.; THOMPSON, J. M. Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 11, p. 1368-1379, 2008b.

WEBB, E. C.; CASEY, N. H.; SIMELA, L. Goat meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 60, p. 153–166, 2005.

WESTON, A. R.; ROGERS, R. W.; ALTHEN, T. G. Review: the role of collagen in meat tenderness. **Professional Animal Scientist**, v. 18, p. 107–111, 2002.

WHEELER, T. L. et al. Effect of postmortem aging on beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 1015-1025, 1996.

WHEELER, T. L. et al. Evaluation of the Warner-Bratzler shear force procedure for measuring beef tenderness. **Meat Science**, v. 38, n. 2, p. 303-316, 1994.

WOESSNER, J. F. A determinação de hidroxiprolina em amostras de tecidos e proteínas contendo pequenas proporções deste iminoácido. **Arquivos de Bioquímica e Biofísica**, v. 93, n. 2, p. 440-447, 1961.

WULF, D. M. et al. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 569–576, 1996.

WULF, D. M. et al. Relationship among glycolitys potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palability. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1895-1903, Albany, 2002.

WYTHES, J. R.; SHORTHOSE, W. R. Efeitos da idade cronológica e da denteição na qualidade da carcaça e da carne de bovinos no norte da Austrália. **Aust J Exp Agric.**, v. 31, p. 145–152, 1991. doi: 10.1071/EA9910145.

YOUNG, O. A. et al. A method for the early determination of meat ultimate pH. **Meat Science**, v. 66, p. 493-498, Barking, 2004.