

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 05/11/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS SUBMETIDOS A
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DURANTE A RECRIA E
TERMINAÇÃO**

Juliana Akamine Torrecilhas

Zootecnista

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS SUBMETIDOS A
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DURANTE A RECRIA E
TERMINAÇÃO**

Juliana Akamine Torrecilhas

Orientadora: Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli

Coorientador: Dr. Elias San Vito

Coorientador: Dr. Giovanni Fiorentini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia (Nutrição e Produção Animal).

2020

T689q

Torrecilhas, Juliana Akamine

Qualidade de carne de bovinos submetidos a diferentes estratégias durante a recria e terminação / Juliana Akamine Torrecilhas. -- Jaboticabal, 2020

100 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Telma Teresinha Berchielli

Coorientador: Elias San Vito

1. Beef cattle. 2. Intensive system. 3. Meat quality. 4. Ruminant. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DURANTE A RECRIA E TERMINAÇÃO

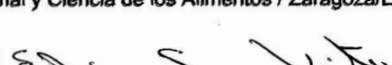
AUTORA: JULIANA AKAMINE TORRECILHAS
ORIENTADORA: TELMA TERESINHA BERCHIELLI
COORIENTADOR: ELIAS SAN VITO
COORIENTADOR: GIOVANI FIORENTINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ELIAS SAN VITO 
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT / Sinop / MT

Prof. Dr. IVANOR NUNES DO PRADO 
Universidade Estadual de Maringá / Maringá/PR

Profa. Dra. ANA GUERRERO BARRADO 
Universidad de Zaragoza, Producción Animal y Ciencia de los Alimentos / Zaragoza/Espanha

Pesquisadora JOSIANE FONSECA LAGE 
Trouw Nutrition Brazil / Campinas/SP

Prof.Dr. FERNANDO SEBASTIAN BALDI REY 
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de maio de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Juliana Akamine Torrecilhas, filha de José Carlos Torrecilhas e Jucimara Akamine Torrecilhas, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 26 de abril de 1988. De 2009 a 2013 desenvolveu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá -UEM, onde foi bolsista de iniciação científica sobre orientação do prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado. Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós Graduação em Zootecnia, em nível mestrado, área de concentração Nutrição e Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá sobre orientação do prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2016. Em fevereiro de 2016, ingressou no Programa de Pós graduação em Zootecnia, em nível doutorado, na Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho – Campus de Jaboticabal sobre orientação da Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli. Em março de 2020 submeteu-se à defesa da tese.

“Tenha coragem. Vá em frente. Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguimos superá-los independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

“Don't let the noise of others' opinions drown out your own inner voice”

“The only way to do great work is to love what you do.”

Steve Jobs

Aos meus pais José Carlos Torrecilhas e Jucimara Akamine Torrecilhas, pelo carinho, pela força, dedicação, amor e contribuição para minha formação, social e pessoal.

Aos meus irmãos, Josiane e Carlos Eduardo, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus avós, Lúdia e José Torrecilhas pelo grande apoio e carinho.

A toda minha família, que mais do que me proporcionaram uma boa infância e formaram os fundamentos do meu caráter.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por ter me iluminado nas decisões mais difíceis e por ter me guiado ao longo do doutorado.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP), a pós graduação em Zootecnia da Unesp e professores do programa que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida no início do doutorado. A Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de pós graduação (processo 2016/10953-3), e ao projeto auxílio (processo 2015/01147-0).

A minha orientadora Telma Teresinha Berchielli, pela confiança em todo o meu doutorado e pelas oportunidades geradas para minha formação.

Aos meus coorientadores Elias San Vito e Giovani Fiorentini, pelas orientações, conselhos, paciência e toda ajuda.

Aos Prof. Terry Engle e Prof. Dr. Joanis Zervoudakis, por toda amizade, apoio e auxílio durante o estágio de pesquisa no exterior.

Aos amigos, Nomaíaci Andrade, Eulalia Pinheiro, Kênia Alves, Karine Vecchia, Pablo Castagnino, Sergio Pereira, Rayanne Costa, Paloma Gonçalves, Geovany Carvalho, Thaís Brito e Iorrano Cidrini pela amizade, pelo apoio e auxílio nos momentos difíceis, paciência, conselhos e amizade.

Aos que participaram do projeto, Tiago Simioni, Giovane Penasso, Thais Ribeiro, Maria Julia Ganga, Breno Maximo, Erick Escobar, Laís Lima, Paulo Colovate, Vladimir, Alinne Oliveira e Conceição Oliveira por toda ajuda.

Aos técnicos de laboratório da Unesp, João Carlos Campanharo, Claudia Fiorillo e Ana Paula Sader por toda ajuda e auxílio durante o desenrolar das análises.

Ao Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado e Dra. Ana Guerrero, pela amizade adquirida no Mestrado e mantida até os dias atuais, pelos ensinamentos e por terem aceitado participar da minha banca de defesa.

A Dra. Josiane Lage por ter participado do projeto, pelos auxílios durante o doutorado e por ter aceitado participar da minha banca de defesa.

Ao Dr. Fernando Baldi, por ter contribuído na qualificação e aceitado participar da banca de defesa.

Ao grupo de pesquisa da professora Telma Berchielli, Juliana Duarte, Yury Granja e grupo todo pelo ensinamento durante o experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
1.1. Suplementação de bovinos durante a fase de recria	2
1.2. Fase de terminação de bovinos	5
1.3. Desenvolvimento do tecido adiposo	7
1.4. Qualidade da carne de bovinos	11
1.5. Perfil de Ácidos graxos intramuscular	15
2. Referências	17
CHAPTER 2 - EFFECTS OF THE SUPPLEMENTATION STRATEGY DURING THE GROWING PHASE ON MEAT QUALITY FROM BULLS FINISHED IN DIFFERENT SYSTEM	24
Abstract.....	24
1. Introduction.....	25
2. Materials and Methods	26
2.1. <i>Animals source</i>	26
2.2. <i>Growing phase (first experimental phase)</i>	26
2.3. <i>Finishing phase (second phase experimental)</i>	27
2.4. <i>Slaughter procedure and muscle sampling</i>	28
2.5. <i>Warner – Bratzler shear force (WBSF)</i>	28
2.6. <i>Myofibril fragmentation index</i>	29
2.7. <i>Sarcomere length</i>	29

2.8. <i>Cooking loss, thawing loss, and water holding capacity</i>	30
2.9. <i>Instrumental fat colour</i>	30
2.10. <i>Malonaldehyde concentration</i>	31
2.11. <i>Myoglobin</i>	31
2.12. <i>Instrumental meat colour</i>	31
2.13. <i>Statistical analysis</i>	32
3. <i>Results</i>	32
3.1. <i>pH, fat thickness, WBSF, sarcomere length, MFI, WHC, thawing loss, and cooking loss</i>	33
3.2. <i>Instrumental fat colour</i>	33
3.3. <i>Lipid oxidation, myoglobin, and display</i>	34
4. <i>Discussion</i>	35
4.1. <i>pH, WBFS, sarcomere length, MFI, WHC, thawing loss, cooking loss</i>	35
4.2. <i>Instrumental Fat colour</i>	37
4.3. <i>Lipid oxidation, myoglobin, and instrumental colour</i>	37
5. <i>Conclusion</i>	40
6. <i>Reference</i>	40
CHAPTER 3. THE EXPRESSION GENE ASSOCIATED IN LIPID METABOLISM OF <i>LONGISSIMUS THORACIS</i> FROM BULLS SUPPLEMENTED DURING THE GROWING PHASE AND FINISHED IN DIFFERENT SYSTEMS	53
Abstract	53
1. <i>Introduction</i>	54
2. <i>Materials and Methods</i>	55
2.1. <i>Animals</i>	55
2.2. <i>Growing phase (first experimental phase)</i>	55

2.3.	<i>Finishing phase (second phase experimental)</i>	56
2.4.	<i>Slaughter procedure and muscle sampling</i>	57
2.5.	<i>Chemical composition of meat</i>	57
2.6.	<i>Fatty acid profile of meat and diet</i>	58
2.7.	<i>Lipogenic enzyme activity</i>	58
2.8.	<i>Gene expression analyses</i>	58
2.9.	<i>Gene set enrichment analysis</i>	59
2.10.	<i>Statistical analysis</i>	60
3.	<i>Results</i>	60
3.1.	<i>Meat composition</i>	61
3.2.	<i>Fatty acid profile</i>	61
3.3.	<i>Lipogenic enzyme activity</i>	62
3.4.	<i>Relative expression of genes relationship with lipid metabolism</i>	62
4.	<i>Discussion</i>	63
5.	<i>Conclusion</i>	68
6.	<i>Reference</i>	69



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 5628/15 do trabalho de pesquisa intitulado "Efeitos de planos nutricionais na recria sobre a fisiologia do crescimento, parâmetros metabólicos e qualidade da carne de tourinhos de diferentes grupos genéticos terminados em pasto ou confinamento", sob a responsabilidade da Prof^a Dr^a Telma Teresinha Berchielli está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 01 de abril de 2015.

Jaboticabal, 01 de abril de 2015.


Prof.^a Dr.^a Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DURANTE A RECRIA E TERMINAÇÃO

RESUMO – Nosso objetivo foi avaliar o efeito da estratégia de suplementação durante a fase de recria na qualidade da carne de bovinos terminados em pasto mais concentrado ou confinamento. Cento e vinte machos não castrados [10 ± 2 meses de idade e $256,54 \pm 28,92$ kg de peso vivo (PC) inicial] foram blocados por peso e aleatoriamente designados para os tratamentos em design fatorial 2×2 , dois suplementos durante a fase de recria: mineral (*ad libitum* – MIN) ou proteína + energia (0,3% PC/ animal/ dia – PRE) e dois sistema de terminação: pasto mais suplementação com concentrado (2% PC/ animal/ dia - PAST); e confinamento (25:75 %; silagem de milho: concentrado - FLOT). Depois de 285 dias os bovinos ($503,89 \pm 56,61$ kg) foram abatidos em frigorífico comercial, a carcaça foi dividida medialmente do esterno e da coluna, resultando em duas metades semelhantes. Amostras (10g) do *Longissimus thoracis* (LT) foram removidas imediatamente depois do abate, entre a 12ª e 13ª costela de cada animal e congeladas (nitrogênio líquido) para: atividade de enzima lipogênica e relativa abundância de RNAm associado com metabolismo de lipídeos, analisados por qRT-PCR os genes alvos incluíram PPAR γ , SREBP1c, SCD1, ACC α LPL, FBP4, CPT2, ACOX e PPAR α . Após 24 horas de resfriamento de carcaça, o pH foi medido entre a 12ª e 13ª costela do LT. A gordura subcutânea e cinco bifes de 2,54 cm do LT (entre a 9ª a 13ª costela) foram coletados para análises: perfil de ácido graxo, composição química, força de cisalhamento, comprimento de sarcômero, índice de fragmentação miofibrilar, perda de descongelamento, perda de cocção, capacidade retenção de água, cor de gordura, mioglobina, oxidação lipídica e parâmetros de cor que foram avaliados nos dias 1, 4, 7, 10, 14 de exposição ao oxigênio a $0 \pm 4^\circ\text{C}$. O sistema FLOT aumentou ($P < 0,050$) a espessura de gordura subcutânea (7,01 vs. 3,07 mm), o comprimento de sarcômero (1,59 vs. 1,42 μm) e diminuiu ($P < 0,050$) a força de cisalhamento da carne (36,29 vs. 43,20 N), enquanto o grupo do PAST mostrou maior ($P < 0,050$) capacidade retenção de água (68,16 vs. 64,32%), gordura amarela (16,66 vs. 14,30), concentração de mioglobina (4,56 vs. 3,95 mg/g de carne). A carne dos bovinos alimentados com MIN durante a fase de crescimento seguidos pela terminação FLOT mostraram aumento ($P < 0,050$) da oxidação lipídica comparado aos bovinos do MIN seguidos do sistema PAST (0,35 vs. 0,27 mg/kg de carne). Durante o tempo de armazenamento, a carne dos bovinos alimentados com MIN seguido pelo sistema PAST mostraram menores ($P < 0,050$) valores de L^* comparados com os outros tratamentos. Nos dias, 4 e 7 de display, o grupo FLOT tiveram aumento ($P < 0,050$) de a^* e C^* na carne comparado ao PAST. Os animais do sistema PAST mostraram menores ($P < 0,050$) valores de b^* comparado ao FLOT (12,17 vs. 13,40, respectivamente). O sistema FLOT aumentou ($P < 0,050$) o conteúdo de lipídeo na carne do que o PAST (2,72 vs. 1,49%, respectivamente). Os animais alimentados com MIN seguidos da terminação FLOT mostraram um aumento ($P < 0,050$) dos ácidos C12:0, C14:0, e C16:0, o que levou a um aumento da concentração do total de ácido graxo saturado. Os bovinos terminados no sistema FLOT tiveram maior ($P < 0,050$) concentração do total de ácido graxo monoinsaturado coincidindo com o aumento ($P < 0,050$) da expressão do gene SCD1 no musculo em comparação ao sistema PAST.

A carne dos bovinos do sistema FLOT mostrou diminuição ($P < 0,050$) de C18:2n6, C20:3n6, C20:4n6, C20:5n3, razão n6/n3, e isocitrato desidrogenase em comparação ao sistema PAST. Além disso, os bovinos alimentados com PRE seguidos pela terminação FLOT tiveram maior ($P < 0,050$) expressão de CPT2 no musculo, enquanto que a suplementação MIN seguido pelo sistema PAST mostraram diminuição ($P < 0,050$) de SREBP1c, aumento ($P < 0,050$) da expressão de CPT2 e PPAR α no musculo. Em geral, esses resultados sugerirem que os atributos relacionados com a maciez da carne não foram afetados pela fase de crescimento. O sistema PAST diminuiu a maciez e luminosidade da carne, mas esses atributos ainda mostraram dentro dos padrões aceitos na indústria de carne. Além disso, o sistema FLOT aumentou o lipídio intramuscular em comparação com o sistema PAST, mas os animais alimentados com MIN durante a fase de crescimento acompanhado do sistema PAST apresentaram maior expressão de genes relacionados à degradação lipídica e menores genes relacionados à síntese de lipídios.

Palavras – chave: Coloração, Expressão de genes, Marmoreio, Suplementação intensiva

MEAT QUALITY OF BULLS SUBMITTED TO DIFFERENT STRATEGY DURING THE GROWING AND FINISHING PHASE

ABSTRACT – Our objective was to evaluate the supplementation strategy during the growing phase on the meat quality of bulls finished in pasture plus concentrate or feedlot. One hundred and twenty young bulls uncastrated males [10 ± 2 month old and 256.54 ± 28.92 kg of body weight (BW)] were blocked by weight and randomly assigned to treatments in 2×2 factorial design, two supplements during the growing phase: mineral (ad libitum - MIN) or Protein + Energy (0.3% BW/ animal/ day - PE) and two finishing system: pasture plus concentrate (2% BW/ animal/ day - PAST) or feedlot (25:75; corn silage: concentrate - FLOT). After 285 days the bulls (503.89 ± 56.61 kg) were slaughtered, the carcasses were divided medially from the sternum and the spine, resulting in two similar halves. The *Longissimus thoracis* (LT) sample (10 g) was removed immediately after slaughtered between 12th and 13th ribs from each animal and frozen (liquid nitrogen) for: lipogenic enzyme activity and relative abundance of mRNA associated with lipid metabolism measured by qRT-PCR, target genes include PPAR γ , SREBP1c, SCD1, ACC α , LPL, FBP4, CPT2, ACOX, and PPAR α . After 24 h carcass chilling, the pH was measured between the 12th and 13th ribs of the LT. The fat thickness and five steaks of 2.54 cm from LT (between the 9th and 13th ribs) were collected for fatty acid profile, chemical composition, shear force, sarcomere length, myofibrillar fragmentation index, thawing loss, cooking loss, water holding capacity, fat color, myoglobin, lipid oxidation and meat color which was measured on days, 1, 4, 7, 10 and 14 storage time exposed to oxygen at $0 \pm 4^\circ\text{C}$. The FLOT system increased ($P < 0.050$) the fat thickness (7.01 vs. 3.07 mm), sarcomere length (1.59 vs. 1.42 μm), and decreased the meat shear force (36.29 vs. 43.20 N), while the PAST group showed higher ($P < 0.050$) water holding capacity (68.16 vs. 64.32%), yellowness fat (16.66 vs. 14.30), myoglobin concentration (4.56 vs. 3.95 mg/g of meat). The meat of bulls fed with MIN during the growing phase following by FLOT finishing showed increased ($P < 0.050$) of lipid oxidation compared to bulls from MIN following by PAST system (0.35 vs. 0.27 mg/kg of meat). During the storage time, the meat of bulls fed with MIN following by PAST system showed lower ($P < 0.050$) L* value compared to the other treatments. On days, 4 and 7 of the display, the FLOT group had increased ($P < 0.050$) of a* and C* in meat compared to PAST. The bulls from PAST system showed lower ($P < 0.050$) b* value compared to FLOT (12.17 vs. 13.40, respectively). The FLOT group had ($P < 0.050$) higher lipid content than PAST (2.72 vs 1.49%, respectively). The bulls fed with MIN following by FLOT system showed an increase ($P < 0.050$) of C12:0, C14:0, and C16:0 which led to greater saturation fatty acid total concentration. The bulls finished in FLOT system had higher ($P < 0.050$) monounsaturated fatty acid total concentration coinciding with the up-regulated ($P < 0.050$) of gene expression of SCD1 compared to PAST system. The meat of bulls from FLOT system showed a decrease ($P < 0.050$) of C18:2n6, C20:3n6, C20:4n6, C20:5n3, n6/n3 ratio and isocitrate dehydrogenase compared to PAST system. In addition, the animals fed with PRE following by FLOT finishing had higher ($P < 0.050$) CPT2 expression, while the MIN supplementation following by PAST

system showed decreased ($P < 0.050$) of SREBP1c, increased ($P < 0.050$) CPT2 and PPAR α expression. Globally, these results suggested which the attributes relationship with tenderness meat was not affected by the growing phase. The PAST system decreased the tenderness and lightness of meat, but these attributes still showed within the acceptable standards of the meat industry. In addition, the FLOT system increased the intramuscular lipid compared to PAST system, but the animals fed with MIN during the growing phase following by PAST showed greater genes expression related to lipid degradation and lower gene expression related with synthesis of lipids.

Keywords: Colour, Gene expression, Marbling, Intensive supplementation

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

O Brasil possui produção de bovinos predominantemente a pasto, a maior parte do território para criação, apresenta característica climática favorável durante a época de verão para produção de gado, devido ao aumento de incidência de chuvas e melhora na quantidade e qualidade de forragem (Moreira et al., 2008). Por outro lado, na época de inverno é caracterizado por limitar o crescimento de forrageiras, que conseqüentemente fornece menor disponibilidade de nutrientes ao animal, que por sua vez pode comprometer seu desempenho (Detmann et al., 2014).

Para obter eficiência nas respostas produtivas na bovinocultura de corte em regime de pasto, tanto na fase de crescimento quanto na terminação, é fundamental estabelecer desde a idade jovem dos animais, um ambiente adequado e uma estratégia de suplementação alimentar eficiente e bem planejada. A fase de recria é um ponto chave para busca de antecipação da idade de abate, cujo os animais apresentarem uma melhor eficiência biológica quanto a deposição de tecidos, devido apresentarem curva de crescimento mais acentuada (Owens et al., 1993). A deposição de proteína é quatro vezes mais eficiente em comparação a deposição de gordura, uma vez que para a deposição de tecido muscular, aproximadamente 78% de água é estocada, enquanto que 10% de água é armazenada para deposição de gordura (Owens et al., 1995).

Dessa forma, a suplementação é uma estratégia de produção que pode ser utilizada para explorar a fase de recria, sendo que o ganho adicional nessa fase é mantido durante a fase de terminação sendo a pasto ou em confinamento, e o tempo necessário para engorda desses animais é reduzido em relação ao uso de sal mineral (Casagrande et al., 2013).

A medida que o animal cresce e se aproxima da maturidade, a intensidade de crescimento muscular é reduzida e a constituição do ganho passa a ser composto pelo crescimento do tecido adiposo (Owens et al., 1993). Assim sendo, na fase de terminação na época de inverno apresenta um entrave devido à escassez de forragem e a baixa oferta de nutrientes para o animal. Por conseguinte, estratégias de dieta com o uso de

alta inclusão de concentrado em relação ao peso corporal animal (1.5 a 2% do peso corporal), seja em sistema de pasto ou confinamento convencional pode reduzir o ciclo de produção e levar a um melhor acabamento de carcaça, aumento do marmoreio da carne, características cada vez mais desejadas pela indústria da carne e mercado consumidor (Carvalho e Smith, 2018).

Dessa forma, a compreensão fisiológica do crescimento animal é de extrema importância, uma vez que a quantidade de cada tecido, a velocidade com que são depositados, e a nutrição animal podem influenciar o ganho de peso animal, na composição do ganho e na qualidade de carne. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da estratégia de suplementação durante a fase de crescimento sobre a qualidade da carne de bovinos jovens terminados em diferentes sistemas de terminação, pasto com suplementação de concentrado (Expresso®) ou em confinamento convencional.

5. Conclusion

Bulls finished in feedlot systems increase the fat thickness and it improves the meat tenderness. On one hand, supplementation with mineral in the growing phase combined with concentrate supplementation in the pasture system during the finishing phase can impair meat colour by increasing dark cutting beef. On the other hand, the pasture system decreased the fat thickness and tenderness in meat without affecting the industry standards of quality.

6. Reference

- AMSA. (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. In A. M. S. Association (Ed.), *American Meat Science Association* (pp. 48). Savoy, IL: National Livestock and Meat Board.
- Apaoblaza, A., Strobel, P., Ramírez-Reveco, A., Jeréz-Timaure, N., Monti, G., & Gallo, C. (2017). Effect of season, supplementation and fasting on glycolytic potential and activity of AMP-activated protein kinase, glycogen phosphorylase and glycogen debranching enzyme in grass-fed steers as determined in Longissimus lumborum muscle. *Livestock Science*, 202, 101-108.
- Battaglia, C., Vilella, G. F., Bernardo, A. P., Gomes, C. L., Biase, A. G., Albertini, T. Z., & Pflanzner, S. B. (2019). Comparison of methods for measuring shear force and sarcomere length and their relationship with sensorial tenderness of longissimus muscle in beef. *Journal of texture studies*.
- Bruce, H., Stark, J., & Beilken, S. (2004). The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. *Meat Science*, 67(2), 261-268.
- Campo, M., Nute, G., Hughes, S., Enser, M., Wood, J., & Richardson, R. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.
- Cañeque, V., Pérez, C., Velasco, S., Di, amp, x, . . . De la Fuente, J. (2004). Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. *Meat Science*, 67(4), 595-605. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.01.002>

- Cierach, M., & Niedźwiedź, J. (2014). Effects of three lighting intensities during display on discolouration of beef semitendinosus muscle. *European Food Research and Technology*, 239(3), 377-383.
- Cross, H., West, R., & Dutson, T. (1981). Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, 5(4), 261-266.
- Culler, R., Smith, G., & Cross, H. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177-1180.
- Detmann, E., Paulino, M. F., de Campos Valadares Filho, S., & Huhtanen, P. (2014). Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4), 2829-2854.
- Duckett, S., Neel, J., Sonon Jr, R., Fontenot, J., Clapham, W., & Scaglia, G. (2007). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: II. Ninth–tenth–eleventh-rib composition, muscle color, and palatability. *Journal of animal science*, 85(10), 2691-2698.
- Dunne, P. G., Keane, M. G., O'Mara, F. P., Monahan, F. J., & Moloney, A. P. (2004). Colour of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of high index dairy and beef dairy cattle slaughtered at two liveweights as bulls and steers. *Meat Science*, 68(1), 97-106. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.010>
- England, E., Matarneh, S., Scheffler, T., & Gerrard, D. (2017). Perimortal muscle metabolism and its effects on meat quality *New aspects of meat quality* (pp. 63-89): Elsevier.
- Fruet, A., De Mello, A., Trombetta, F., Stefanello, F., Speroni, C., De Vargas, D., . . . Nörnberg, J. (2018). Oxidative stability of beef from steers finished exclusively with concentrate, supplemented, or on legume-grass pasture. *Meat Science*, 145, 121-126.
- Gallo, C., & Huertas, S. (2016). Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: a South American view. *Animal*, 10(2), 357-364.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751-766.
- Holman, B. W., van de Ven, R. J., Mao, Y., Coombs, C. E., & Hopkins, D. L. (2017). Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour. *Meat Science*, 127, 57-62.
- Huffman, K., Miller, M., Hoover, L., Wu, C., Brittin, H., & Ramsey, C. (1996). Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of animal science*, 74(1), 91-97.
- Hughes, J., Clarke, F., Purslow, P., & Warner, R. (2017). High pH in beef longissimus thoracis reduces muscle fibre transverse shrinkage and light scattering which contributes to the dark colour. *Food Research International*, 101, 228-238.
- Humada, M., Sañudo, C., & Serrano, E. (2014). Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96(2), 908-915.
- Hunt, M., Sørheim, O., & Slinde, E. (1999). Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *Journal of Food Science*, 64(5), 847-851.
- Koohmaraie, M., Seideman, S., & Crouse, J. (1988). Effect of subcutaneous fat and high temperature conditioning on bovine meat tenderness. *Meat Science*, 23(2), 99-109.

- Liu, Z., Xiong, Y. L., & Chen, J. (2010). Protein oxidation enhances hydration but suppresses water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(19), 10697-10704.
- MacDougall, D. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2), 75-88.
- Maria, G., Villarroel, M., Sañudo, C., Olleta, J., & Gebresenbet, G. (2003). Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science*, 65(4), 1335-1340.
- Moholisa, E., Hugo, A., Strydom, P. E., & van Heerden, I. (2017). The effects of animal age, feeding regime and a dietary beta-agonist on tenderness of three beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2375-2381.
- Moran, L., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., Picard, B., McGee, M., O'riordan, E., & Moloney, A. (2017). Effect of a grazing period prior to finishing on a high concentrate diet on meat quality from bulls and steers. *Meat Science*, 125, 76-83.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P., Hugo, A., & Raats, J. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, 112(2), 279-289.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A., Troy, D., & Kerry, J. (2002). Grass silage versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *Journal of animal science*, 80(6), 1556-1563.
- Owens, F. N., Dubeski, P., & Hanson, C. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of animal science*, 71(11), 3138-3150.
- Patino, H., Medeiros, F., Pereira, C., Swanson, K., & McManus, C. (2015). Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. *Animal*, 9(6), 966-972.
- Pflanzer, S. B., & de Felício, P. E. (2011). Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science*, 87(1), 7-11. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.08.009>
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(5), 1309-1313.
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50(3), 185-200.
- Realini, C., Duckett, S., Brito, G., Dalla Rizza, M., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3), 567-577.
- Roth, M., Resende, F., Oliveira, I., Fernandes, R., Custódio, L., & Siqueira, G. (2017). Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle? *Livestock Science*, 204, 122-128.
- Rotta, P. P., Prado, R. M. d., Prado, I. N. d., Valero, M. V., Visentine, J. V., & Silva, R. R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12), 1718-1734.
- Savell, J., Cross, H., & Smith, G. (1986). Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *Journal of Food Science*, 51(3), 838-839.

- Shackelford, S., Morgan, J., Cross, H., & Savell, J. (1991). Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods*, 2(4), 289-296.
- Silva, L. H., Paulino, P. V., Assis, G. J., Assis, D. E., Estrada, M. M., Silva, M. C., . . . Paulino, M. F. (2017). Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nellore cattle. *Meat Science*, 123, 192-197.
- Tatum, J., Smith, G., & Carpenter, Z. (1982). Interrelationships between marbling, subcutaneous fat thickness and cooked beef palatability. *Journal of animal science*, 54(4), 777-784.
- Therkildsen, M. (2005). Muscle protein degradation in bull calves with compensatory growth. *Livestock Production Science*, 98(3), 205-218.
- Therkildsen, M., Stolzenbach, S., & Byrne, D. V. (2011). Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. *Meat Science*, 87(1), 73-80.
- Valadares Filho, S. d. C., Marcondes, M., Chizzotti, M., & Paulino, P. (2016). Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE. *UFV, Suprema Gráfica Ltda: Viçosa, Brazil*.
- Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L., Andersen, H., & Sejrsen, K. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54(2), 187-195.
- Walker, P., Warner, R., & Winfield, C. (1990). *Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses*. Paper presented at the Proceedings of the Australian Society of Animal Production.
- Warris, P. (1979). The extraction of haem pigments from fresh meat. *International Journal of Food Science & Technology*, 14(1), 75-80.

5. Conclusion

Our results suggest which, the meat of bulls from pasture system plus concentrate supplementation did not have a higher percentage of n-3 fatty acids and a lower and more desirable n6/n3 ratio, which it did not show the meat with fatty acid profile considered more “beneficial” to human health

than feedlot system. In addition, the feedlot system improved the lipid content in meat and, although the growing phase did not affect the content lipid, the mineral supplementation following the pasture system up-regulated the lipolytic genes and down-regulated the lipogenic genes.

6. Reference

ALJohani AM, Syed DN and Ntambi JM 2017. Insights into stearoyl-CoA desaturase-1 regulation of systemic metabolism. *Trends in Endocrinology and Metabolism* 28, 831-842.

Bindea G, Mlecnik B, Hackl H, Charoentong P, Tosolini M, Kirilovsky A, Fridman W-H, Pagès F, Trajanoski Z and Galon J 2009. ClueGO: a Cytoscape plug-in to decipher functionally grouped gene ontology and pathway annotation networks. *Bioinformatics* 25, 1091-1093.

Bionaz M, Chen S, Khan MJ and Looor JJ 2013. Functional role of PPARs in ruminants: potential targets for fine-tuning metabolism during growth and lactation. *PPAR research* 2013.

Bligh EG and Dyer WJ 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37, 911-917.

Botolin D, Wang Y, Christian B and Jump DB 2006. Docosahexaenoic acid [22: 6, n-3] regulates rat hepatocyte sterol regulatory element binding protein-1 (SREBP-1) nuclear abundance by Erk-and 26S proteasome-dependent pathways. *J. Lipid Res* 47, 181-192.

Brownsey R, Boone A, Elliott J, Kulpa J and Lee W 2006. Regulation of acetyl-CoA carboxylase. In Portland Press Ltd.

Bunger M, van den Bosch HM, van der Meijde J, Kersten S, Hooiveld GJ and Muller M 2007. Genome-wide analysis of PPAR α activation in murine small intestine. *Physiological genomics* 30, 192-204.

Christie W 1984. Extraction and hydrolysis of lipids and some reactions of their fatty acid components. *Handbook of Chromatography, Lipids* 1, 33-46.

Delevatti LM, Romanzini EP, Koscheck JFW, de Araujo TLdR, Renesto DM, Ferrari AC, Barbero RP, Mulliniks JT and Reis RA 2019. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. *Animal Feed Science and Technology* 247, 74-82.

Detmann E, Paulino MF, de Campos Valadares Filho S and Huhtanen P 2014. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias* 35, 2829-2854.

Dong G-F, Zou Q, Wang H, Huang F, Liu X-C, Chen L, Yang C-Y and Yang Y-o 2014. Conjugated linoleic acid differentially modulates growth, tissue lipid deposition, and gene expression involved in the lipid metabolism of grass carp. *Aquaculture* 432, 181-191.

Ferrinho AM, Peripolli E, Banchero G, Pereira ASC, Brito G, La Manna A, Fernandez E, Montossi F, Kluska S and Mueller LF 2020. Effect of growth path on carcass and meat-quality traits of Hereford steers finished on pasture or in feedlot. *Animal Production Science* 60, 323-332.

Frank D, Ball A, Hughes J, Krishnamurthy R, Piyasiri U, Stark J, Watkins P and Warner R 2016. Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: influence of intramuscular fat, feed, and breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64, 4299-4311.

French P, Stanton C, Lawless F, O'riordan E, Monahan F, Caffrey P and Moloney A 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science* 78, 2849-2855.

Fruet APB, Stefanello FS, Júnior AGR, de Souza ANM, Tonetto CJ and Nörnberg JL 2016. Whole grains in the finishing of culled ewes in pasture or feedlot: Performance, carcass characteristics and meat quality. *Meat Science* 113, 97-103.

Hertzel AV, Smith LA, Berg AH, Cline GW, Shulman GI, Scherer PE and Bernlohr DA 2006. Lipid metabolism and adipokine levels in fatty acid-binding protein null and transgenic mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 290, E814-E823.

Humada M, Sañudo C and Serrano E 2014. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science* 96, 908-915.

Ingle DL, Bauman D and Garrigus U 1972. Lipogenesis in the ruminant: in vitro study of tissue sites, carbon source and reducing equivalent generation for fatty acid synthesis. *The Journal of nutrition* 102, 609-616.

Kepler CR and Tove S 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids III. Purification and properties of a linoleate Δ^{12} -cis, Δ^{11} -trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Journal of Biological Chemistry* 242, 5686-5692.

Laliotis G, Bizelis I and Rogdakis E 2010. Comparative approach of the de novo fatty acid synthesis (lipogenesis) between ruminant and non ruminant mammalian species: from biochemical level to the main regulatory lipogenic genes. *Current genomics* 11, 168-183.

Lancaster P, Krehbiel C and Horn G 2014. Ameta-analysis of effects of nutrition and management during the stocker and backgrounding phase on subsequent finishing performance and carcass characteristics. *The Professional Animal Scientist* 30, 602-612.

Lee J-H, Go Y, Kim D-Y, Lee SH, Kim O-H, Jeon YH, Kwon TK, Bae J-H, Song D-K and Lee I-K 2020. Isocitrate dehydrogenase 2 protects mice from high-fat diet-induced metabolic stress by limiting oxidative damage to the mitochondria from brown adipose tissue. *Experimental & Molecular Medicine* 52, 238-252.

Obsen T, Faergeman NJ, Chung S, Martinez K, Gobern S, Loreau O, Wabitsch M, Mandrup S and McIntosh M 2012. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases de novo lipid synthesis in human adipocytes. *The Journal of nutritional biochemistry* 23, 580-590.

Owens FN, Dubeski P and Hanson C 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of animal science* 71, 3138-3150.

Patino H, Medeiros F, Pereira C, Swanson K and McManus C 2015. Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. *Animal* 9, 966-972.

Rodríguez-Cruz M and Serna DS 2017. Nutrigenomics of ω -3 fatty acids: Regulators of the master transcription factors. *Nutrition* 41, 90-96.

Roth M, Resende F, Oliveira I, Fernandes R, Custódio L and Siqueira G 2017. Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nelore cattle? *Livestock Science* 204, 122-128.

Sampaio RL, de Resende FD, Reis RA, de Oliveira IM, Custódio L, Fernandes RM, Pazdiora RD and Siqueira GR 2017. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. *Tropical animal health and production* 49, 1015-1024.

Schoonmaker J, Cecava M, Faulkner DB, Fluharty F, Zerby H and Loerch S 2003. Effect of source of energy and rate of growth on performance, carcass characteristics, ruminal fermentation, and serum glucose and insulin of early-weaned steers. *Journal of animal science* 81, 843-855.

Scollan ND, Dannenberger D, Nuernberg K, Richardson I, MacKintosh S, Hocquette J-F and Moloney AP 2014. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 97, 384-394.

Smith S, Blackmon T, Sawyer J, Miller R, Baber J, Morrill J, Cabral A and Wickersham T 2018. Glucose and acetate metabolism in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissues from steers infused with glucose, propionate, or acetate. *Journal of Animal Science* 96, 921-929.

Smith SB, Gill CA, Lunt DK and Brooks MA 2009. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22, 1225-1233.

Smith SB, Lunt DK, Chung KY, Choi CB, Tume RK and Zembayashi M 2006. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Science Journal* 77, 478-486.

Teixeira PD, Oliveira DM, Chizzotti ML, Chalfun-Junior A, Coelho TC, Gionbelli M, Paiva LV, Carvalho JRR and Ladeira MM 2017. Subspecies and diet affect the expression of genes involved in lipid metabolism and chemical composition of muscle in beef cattle. *Meat Science* 133, 110-118.

Valadares Filho SdC, Marcondes M, Chizzotti M and Paulino P 2016. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE*. UFV, Suprema Gráfica Ltda: Viçosa, Brazil.

Vandesompele J, De Preter K, Pattyn F, Poppe B, Van Roy N, De Paepe A and Speleman F 2002. Accurate normalization of real-time quantitative RT-PCR data by geometric averaging of multiple internal control genes. *Genome Biology* 3, research0034. 0031.

Wood J and Enser M 2017. Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. In *New Aspects of Meat Quality*, pp. 501-535, Elsevier.

Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI and Whittington FM 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78, 343-358.