

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DE PROTOCOLOS NUTRICIONAIS PARA MARMOREIO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS E QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE
CONFINADOS

LUANA DORETTO FELIZARI

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
JUNHO/2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DE PROTOCOLOS NUTRICIONAIS PARA MARMOREIO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS E QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE
CONFINADOS

LUANA DORETTO FELIZARI

Orientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen
Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanzer

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.

BOTUCATU-SP
JUNHO/2022

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luana Doretto Felizari, nascida em 1 de fevereiro de 1997, na cidade de Brusque/SC, filha de Rosane Doretto da Silva e Itamar Antonio Felizari, ingressou no curso de zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Campus de Dracena, em agosto de 2015 e graduou-se em janeiro de 2020. Durante o curso de graduação foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e realizou um intercâmbio na University of Nebraska-Lincoln. Em março de 2020 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia da Unesp – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/ CAPES e pela Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, e realizou um intercâmbio na Texas Tech University, Lubbock, Texas.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Rosane, que sempre acreditou no meu potencial e no meu sucesso, além de sempre me ajudar nas decisões mais difíceis e me apoiar incondicionalmente. Mãe, você é a minha heroína e se hoje estou aqui é por você e suas orações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus, pela força e pela coragem de cada dia tornando os meus sonhos possíveis.

À minha querida mãe, pela dedicação e incentivo em todas as etapas da minha vida.

À minha família maravilhosa, que sempre estiveram nessa caminhada comigo me dando muitos conselhos e amor.

Ao meu orientador Dr. Danilo Domingues Millen pela orientação ao longo desses seis anos! Agradeço pela inspiração que você passou para mim desde a graduação sobre a pesquisa, principalmente pelos maravilhosos ruminantes. Obrigada pela oportunidade, amizade e confiança em meu trabalho.

Ao professor Dr. Sérgio Bertelli Pflanzler pela contribuição na condução e elaboração deste trabalho.

A toda equipe do confinamento: Mariana, Antonio, Breno, Thaiano, Leandro, Katia, Lidiane, Daniel, Werner, Vanessa, Carol, Ana Laura e aos funcionários da FCAT, sem vocês não teríamos conseguido. Agradeço em especial a Mariana, que na reta final do meu mestrado me deu valiosos conselhos e não mediu esforços para me ajudar. *Muito obrigada pessoal!!*.

Ao Jonatã e Vitor que me ajudaram nas análises de laboratório! *Fizemos o possível e o impossível para terminar todas elas rsrs*.

Serei sempre grata aos professores Dr. Calkins e Dr. Johnson pela oportunidade de ter realizado os meus intercâmbios na University of Nebraska-Lincoln e na Texas Tech University. E em especial ao Dr. Felipe Ribeiro e Dr. Oscar Benitez por todos os ensinamentos, paciência e amizade ao longo desse período.

Ao Felipe Ribeiro e Thaís, que me inspiraram a ir atrás dos meus sonhos e buscar novas oportunidades nos Estados Unidos.

Aos meus amigos de Salto-SP, Thamires, Yanny, Mohamad, Helo e todos os outros que estiveram ao meu lado nessa trajetória.

Aos meus amigos do Texas, Kaliu, Barbara, Viviana, Oscar, Angelina, George e a todas as outras pessoas que fizeram parte dessa caminhada.

À Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia campus de Botucatu pela oportunidade.

À equipe do ITAL, pela disponibilização do local para rodarmos algumas análises. Minha gratidão principalmente para a Marcia.

À equipe do Brazil Beef Quality pela parceria e ajuda na condução das análises sensoriais.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, processo: 2019/26951-8.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

... Agradeço a todos que não foram citados aqui, mas que de alguma forma fizeram parte dessa minha trajetória...

Muito Obrigada!

“A persistência é o caminho do êxito”.
Charles Chaplin

RESUMO GERAL

Objetivou-se com este estudo avaliar diferentes protocolos nutricionais para marmoreio, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico, na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio na qualidade da carne. Foram utilizados 150 animais, machos, não castrados, da raça Nelore, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e 19 meses de idade, sendo que 30 deles (5 por Bloco) foram abatidos como referência no dia 0 do experimento. Portanto, o estudo prosseguiu com 120 animais, os quais foram alocados em 30 baias ($n = 4$ por baia). Todos os animais tinham pais conhecidos e desta forma estes foram divididos em grupos de alta e baixa DEP para marmorização antes de serem blocados por peso. As dietas de terminação conterão 84% de concentrado e os tratamentos foram arrançados em fatorial $2 \times 2 + 1$: T1) Milho moído fino; T2) Silagem de grão de milho úmido; T3) Milho moído fino + SCAG; T4) Silagem de grão úmido de milho + SCAG; e T5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo orgânico. Foi incluso monensina sódica em todos os tratamentos na dose de 25 ppm. O estudo teve duração de 112 dias, e foram avaliadas variáveis de qualidade da carne, tais como: composição centesimal, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores, perfil lipídico, oxidação lipídica, cor, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização. Não houve efeito de tratamentos para o marmoreio. Animais de baixa DEP obtiveram maior EGS com a adição de ZnCr, diferentemente dos animais de alta DEP que aumentaram a EGS com apenas o processamento do milho ($P=0,03$). Houve interação entre tratamento*DEP para EGS do *Biceps femoris* ($P<0,05$), EE ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), AGS ($P=0,02$) e AGI ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6:n-3 ($P=0,02$) para a carne. Não houve diferença significativa para a FC entre os tratamentos, porém quando aumentou o tempo de maturação a carne ficou mais macia. Portanto, os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: “cromo”, “zinco”, “carne”, “marmoreio”, “maturação”, “Nelore”

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different nutritional protocols including high-moisture corn, rumen-protected fat, zinc and organic chromium in the diets of feedlot Nellore cattle, ranked by estimated progeny difference (EPD) as high and low marbling on meat quality. In this project, were used 150 19-mo-old Nellore bulls ($404,28 \pm 23,14$ kg), which were blocked by EPD and by initial body weight. Thirty bulls (five per bock) were slaughtered at day 0 of the study for carcass baseline measurements. Therefore, this study was carried out with 120 Nellore bulls, which were randomly allocated into 30 pens (n=4 per pen) according to the blocking criteria just described in a $2 \times 2 + 1$ factorial arrangement of treatments: T1) Finely-ground corn; T2) High-moisture corn; T3) Finely-ground corn + rumen-protected fat; T4) High-moisture corn + rumen-protected fat; T5) High-moisture corn + rumen-protected fat + Zn and Cr. The finishing diets contained 84% concentrate and 25 ppm of sodium monensin. This study was last 112 days and meat quality variables were evaluated, such as: proximate composition, pH, tenderness, cooking loss, fatty acid profile, lipid oxidation, retail display, loin eye area, subcutaneous fat thickness, and marbling. There was no effect of treatments for marbling. Low EPD animals had higher backfat thickness with the addition of ZnCr, unlike high EPD animals increased backfat thickness with only corn processing ($P=0,03$). There was an interaction between treatments and EPD for final biceps femoris fat thickness ($P<0,05$), the percentage for fat ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), SFA ($P=0,02$), Unsaturated ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6: n-3 ($P=0,02$) in the meat. No differences were observed in shear force values for the different treatments ($P>0,05$), however, the aging time increases the tenderness. Therefore, the factors tested in the nutritional protocols did not change the percentage of intramuscular fat in the *Longissimus* muscle.

Keywords: “chromium”, “zinc”, “meat”, “marbling”, “aging time”, “Nelore”

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Período de confinamento dos animais Nelore.7
- Figura 2.** Coleta do contrafilé e processamento das amostras após 48 horas de resfriamento do abate final. **1)** 4d Mat: composição centesimal (1,5cm); **2)** 4d Mat: perfil de ácidos graxos (1,5cm); **3)** 7d Mat: sensorial (2,6 cm); **4)** 14d Mat: sensorial (2,6cm); **5)** 4d Mat: cisalhamento (2,6cm) **6)** 7d Mat: cisalhamento, display de cor e TBARS (7,0 cm); **7)** 14d Mat: Força de cisalhamento e display de cor (5,0cm).9
- Figura 3.** Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a AOL inicial dos em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG. 16
- Figura 4.** Interação entre a classificação pelas DEP's para marmoreio e o marmoreio inicial (%) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 16
- Figura 5.** Influência da DEP na AOL final (A), EGS final (B), ganho em EGS (C) e EGS final P8 (D). em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. 17
- Figura 6.** Influência da DEP na gordura (A), proteína bruta (B) e no colágeno (C) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico. .21

Figura 7. Influência da DEP na perda por cocção em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.26

Figura 8. Influência da DEP e dias de display (0, 3 e 6) no croma do músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.32

Figura 9. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L*(A) e b*(B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....32

Figura 10. Influência da DEP e dias de display no a*(A), b*(B) e croma(C) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....33

Figura 11. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L* (A) e Hue (B) no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....34

Figura 12. Influência dos dias de display (0, 3 e 6) do TBARS no músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de

milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....34

Figura 13.Influência da DEP nas porcentagens de AGS(A) e AGI(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.40

Figura 14.Influência da DEP nas porcentagens da MUFA(A) e C18:1 *cis*-9(B) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG +Zinco e cromo orgânico.41

Figura 15.Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre C18:2 *cis*-9, *cis*-12, % do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.41

Figura 16.Influência da DEP nas porcentagens de AGI(A) e MUFA(B) da gordura subcutânea de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.....42

Figura 17.Influência da DEP na aceitabilidade da maciez do painel sensorial das carnes maturadas por 7 dias (A) e 14 dias (B) de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com

baixa DEP para o marmoreio. **MSF**: Grão de milho seco finamente moído; **SGU**: Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG**: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr**: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.46

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Dietas experimentais que foram fornecidas na fase de terminação para bovinos Nelore confinados ranqueados por DEP para marmoreio.....	8
Tabela 2. Características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	15
Tabela 3. composição centesimal e pH da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.	20
Tabela 4. Força de cisalhamento (FC), perda de peso por cocção (PPC) da carne maturada (4, 7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.	25
Tabela 5. Distribuição dos tratamentos conforme parametro de força de cisalhamento (FC) e do marmoreio sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.	26
Tabela 6. Protocolos nutricionais de bovinos Nelore confinados sobre a avaliação instrumental e TBARS (mg MDA/kg) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> maturados (7 e 14 dias) durante 0, 3 e 6 dias de display.....	30
Tabela 7. Avaliação instrumental de luminosidade (L*), coloração vermelha (a*), coloração amarela (b*) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> maturados (7 e 14 dias), sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.	31
Tabela 8. Perfil de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	38
Tabela 9. Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....	39

Tabela 10. Avaliação sensorial do músculo *Longissimus dorsi* maturado (7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.....45

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

a*	Índice de vermelho
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGI	Ácidos graxos insaturados
AGS	Ácidos graxos saturados
AOL	Área de olho de lombo
b*	Índice de amarelo
EGS	Espessura de gordura subcutânea
GP	Gordura protegida
L*	Luminosidade
PB	Proteína bruta
PPC	Perda por cocção
WBSF	Warner-Bratzer Shear Force
FC	Força de cisalhamento
DEP	Diferença esperada na progênie
SCAG	Sais cálcicos de ácidos graxos
EE	Extrato etéreo
MARM	Marmoreio
PUFA	Ácido graxo poliinsaturado
MUFA	Ácido graxo monoinsaturados
CLA	Ácido linoleico conjugado
ADAP	Adaptação
TBARS	Ácido tiobarbitúrico
MSF	Grão de milho seco finamente moído
SGU	Silagem de grão úmido de milho
SCAG	Sais cálcicos de ácidos graxos
ZnCr	Zinco e Cromo
Trat	Tratamentos
MAT	Maturação
LD	<i>Longissimus dorsi</i>

Sumário

CAPÍTULO 1.....	1
Considerações Iniciais	2
1. Revisão de Literatura	3
1.1. Processamento do milho	3
1.2. Gordura Protegida.....	5
1.3. Minerais	6
1.4. Qualidade da Carne bovina.....	7
2. Referências.....	11
CAPÍTULO 2.....	1
“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
1. Introdução	4
2. Material e Métodos	5
2.1. Animais e local do experimento	5
2.2. Delineamento Experimental.....	6
2.3. Manejo, arraçamento e cuidado com os animais	6
2.4. Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização	9
2.5. Coleta das amostras.....	9
2.6. Composição Centesimal e pH.....	10
2.7. Força de Cisalhamento e Perda de peso por Cocção (PPC).....	10
2.8. Oxidação Lipídica.....	10
2.9. Avaliação instrumental da cor	11
2.10. Análise sensorial com consumidores	11
2.11. Perfil lipídico	12
3. Análise de estatística.....	12
4. Resultados e Discussão	13
4.1. Indicadores de carcaça por ultrassom	13
4.2. Composição centesimal e pH.....	18
4.3. Força de cisalhamento e Perda de peso por cocção	22
4.4. Cor e TBARS.....	26
4.5. Perfil de ácidos graxos	35
4.6. Sensorial.....	43
5. Conclusão.....	47
6. Implicações	47
7. Referências.....	47

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

Atualmente o consumo per capita de carne no Brasil está em torno de 34,4kg/habitante/ano, o que reflete diretamente na porcentagem do consumo interno da carne produzida de aproximadamente 74,4%, enquanto 25,5% das carnes são exportadas (ABIEC, 2022). Comparando com outros países, como a Argentina (47,9kg/ano), Estados Unidos (37,8kg/ano) e Canadá (28,6kg/ano), o Brasil se destaca como um dos maiores consumidores de carne mundial (ABIEC, 2022).

O mercado interno e externo vem cada vez mais aumentando o seu grau de exigência em relação a qualidade da carne, entretanto, as indústrias brasileiras possuem problemas com a falta de padronização da idade dos animais, uniformidade das carcaças e quantidade de marmoreio, o que pode afetar diretamente a qualidade da carne e a competitividade no mercado externo. Segundo Lyford et al. (2010), os consumidores estão dispostos a pagar mais por uma carne de qualidade. Em adicional, os parâmetros de suculência, sabor e a maciez determinam a percepção e a aprovação do consumidor pela carne bovina (Wyrwisz et al., 2016).

A raça Nelore é a mais representativa dentro do rebanho brasileiro (Millen et al. 2009), contudo, essa raça é reconhecida por ter baixo escore de marmoreio (Martins et al., 2015). Entretanto, existem estratégias de seleção genética e nutricionais para melhorar as características de qualidade da carne bovina. Neste contexto, a utilização de DEP para marmoreio surge como um grande aliado, pois possui uma tendência ao aumento da gordura intramuscular de animais *Bos indicus*, pelo fato que o marmoreio detém uma característica estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001).

A utilização de confinamento para bovinos está em ascensão no Brasil, sendo que o número de animais confinados em 2017 foi de 5,25 milhões de cabeças e em 2021 6,73 milhões de cabeças (ABIEC, 2022), demonstrando um crescimento na utilização deste sistema. Com isso, torna-se indispensável a utilização de ingredientes concentrados para aumentar o desempenho dos animais. Segundo Silvestre e Millen (2021), o nível de concentrado nas dietas de terminação está em torno de 81 a 90%, sendo o milho o grão mais utilizado entre os nutricionistas. Além disso, a utilização de fontes lipídicas para o adensamento da dieta também está sendo comumente encontradas nos confinamentos, em especial o caroço de algodão e a gordura protegida.

Com o aumento crescente do número de cabeças confinadas e o maior adensamento das dietas de terminação, torna-se necessário estudos sobre diferentes tipos de processamentos de milho e a utilização de gordura protegida como aliados nas estratégias nutricionais para a

qualidade da carne bovina. Ademais, investigar a utilização de minerais nas dietas como o caso do zinco e cromo, cujos quais podem ajudar a estimular uma maior deposição de gordura intramuscular na carne (Anderson, 2003; Oh et al., 2004). Com isso, as utilizações dessas estratégias nutricionais podem ajudar na melhoria da qualidade da carne bovina brasileira, além de melhorar a competitividade com o mercado externo.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

1. Revisão de Literatura

1.1. Processamento do milho

A porcentagem de utilização de grãos nos confinamentos está crescendo a cada ano, e em um levantamento realizado no Brasil com 54 nutricionistas de confinamento relatou que a quantidade mais utilizada de grãos em 2019 foi entre 51 e 80% (Silvestre e Millen, 2021), estando o milho em primeiro lugar como o mais utilizado. A diferença entre os grãos de cereais escolhidos pode estar atribuída as características estruturas. O milho e o sorgo possuem uma matriz proteica mais resistente, dificultando o acesso dos microrganismos do rúmen (Orskov, 1986). Uma forma de minimizar esse efeito da matriz proteica é o processamento do grão, deixando-o mais acessível para os microrganismos, ocasionando em uma diminuição das partículas e o rompimento do pericarpo e da matriz proteica, tornando em um melhor aproveitamento para os microrganismos do amido e uma maior área de adesão (McAllister et al., 1993).

A utilização de diferentes métodos de processamento difere sobre a digestibilidade do amido no trato total, sendo o milho floculado (96,7%), milho ensilado (94,5%), milho moído fino (93,7%), milho laminado (92,8%), milho quebrado (88,9%) e milho inteiro (86,7%) (Owens, 1986). Conforme ocorre uma diminuição no processamento do milho, diminui a fermentação pelos microrganismos no rúmen, sendo assim, um maior aporte de amido segue para ser digerido pelos intestinos, ocorrendo um decréscimo na digestibilidade do amido pelo animal, pois os bovinos possuem uma produção insuficiente da enzima alfa-amilase pancreática (Huntington, 1997).

A utilização de ingredientes concentrados, como a silagem de grão úmido, em termos de qualidade da carne bovina, pode ser uma grande aliada para o aumento da marmorização, já que aumenta a degradabilidade do amido no rúmen e maximizando a capacidade fermentativa. Com isso, produz uma maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o propionato, sendo este o principal precursor gliconeogênese em ruminantes (Rooney e Pflugfelder, 1986). A produção de glicose é de extrema importância para a marmorização, já que está associada na biossíntese dos ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (Smith e Crouse, 1984).

Silva et al. (2009) realizaram um experimento no qual testaram dois tipos de processamento de milho (milho seco vs milho úmido) para animais Nelore, e obtiveram resultados significativos para o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, sendo que animais que consumiram o milho úmido aumentaram as quantidades de CLA e PUFA. Contudo, não obtiveram resultados significativos para o peso de abate, peso de carcaça quente e a gordura intramuscular. Similarmente, Gorocica-Buenfil et al. (2007) alimentaram animais Angus com milho seco ou milho úmido, e não obtiveram diferenças para a quantidade de gordura intramuscular, AOL, composição centesimal e perfil lipídico da gordura subcutânea.

Aliado a nutrição, o melhoramento genético é um dos principais fatores determinantes para a qualidade da carne. Desta forma, a utilização de animais selecionados com diferencial esperado na progênie (DEP) positivos para o marmoreio (Bergfeld et al., 1995), possui uma tendência ao aumento da gordura intramuscular de animais *B. indicus*, pelo fato que o marmoreio detém uma característica estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001). Além disso, a seleção genética para o aumento do marmoreio parece reduzir a deposição de gordura nos outros locais do corpo do animal (Gwartney et al., 1996), o que possibilita redução nas perdas pelo excesso de gordura na carcaça. Segundo Vieselmeyer et al. (1996), relataram que animais *Bos tauros* com DEPs positivas para marmoreio, possuíam uma maior classificação em porcentagem de 74% na classificação do USDA para *choice* em comparação aos animais de baixas DEPs que representavam 47%, sendo que o *choice* possui uma classificação de escore de marmoreio de 2 até 3 pela USDA. Detweiler et al. (2019), observaram que Angus com DEPs altas para marmoreio, obtiveram maiores porcentagens de carcaças “Low Prime” e “Average Prime” em relação aos animais que eram de DEPs baixas, os quais resultaram em porcentagens maiores para “Low Choice”. Além disso, animais de DEP alta apresentaram maiores porcentagens de extrato etéreo no músculo *Longissimus dorsi*.

1.2. Gordura Protegida

A utilização de lipídeos em dietas de confinamento é comumente utilizada para aumentar o aporte energético da dieta do animal sem a necessidade de aumentar os carboidratos fermentáveis no rúmen. Segundo Silvestre e Millen (2021), o caroço de algodão (75,0%), seguido por casca do caroço de algodão (19,4%) e a gordura protegida (2,8%) são as principais fontes lipídicas utilizadas no Brasil. O caroço de algodão pode ter obtido uma maior porcentagem de utilização por ser um produto mais barato para o produtor, e também por possuir características bromatológicas eficientes como extrato etéreo (20%), fibra em detergente neutro (45%) e proteína bruta (22%) (Valadares Filho, Paulino, Magalhães, 2006).

O rúmen por possuir microrganismos que com um aporte grande de lipídeo ingerido pelo animal podem intoxicar-se, e assim diminuir a eficiência de degradação da dieta principalmente a digestibilidade da fibra. O óleo vegetal presente na dieta tem a tendência de diminuir a digestibilidade da fibra por realizar o recobrimento das partículas fibrosas, consequentemente impedindo os microrganismos degradarem a fibra (Valadares Filho e Pina, 2011). Sendo os microrganismos mais susceptíveis são as bactérias Gram positivas, metanogênicas e protozoários (Goel et al., 2009). Desta forma, uma maneira de diminuir a intoxicação dos microrganismos é o processo de biohidrogenação, na qual eles conseguem saturar os ácidos graxos com ligações duplas inserindo hidrogênio da cadeia carbônica, tornando-a simples (Harfoot & Hazlewood, 1988).

A adição de óleos vegetais além de melhorar o desempenho dos animais, pode melhorar também a composição lipídica da carne (Wood et al., 2008). A gordura intramuscular é um dos principais fatores para a qualidade da carne bovina, por ter um efeito na maciez da carne, na qual ajuda a diminuir a tensão entre as camadas de tecido conjuntivos, além de aumentar a palatabilidade. Desta forma, os principais ácidos graxos da gordura intramuscular são os ácidos oleico, palmítico, esteárico, linoleico, palmitoleico e mirístico contribuindo com mais de 92% do total (Duckett, 2001).

Sendo assim, uma estratégia para aumentar o marmoreio da carne é a inclusão na dieta de sais cálcicos de ácidos de óleos vegetais (SCAG), contendo ácido oleico em sua composição. Essa inclusão acarreta um aumento do aporte energético, sem interferir no ambiente ruminal, pois o lipídio passa livremente pelo rúmen sem ocorrer a biohidrogenação, a qual transforma ácidos graxos insaturados em ácidos graxos saturados. Dessa forma, o ácido oleico (C18:1), o qual é um dos responsáveis pelo enchimento dos adipócitos, contribui com a expressão gênica da proteína G nos adipócitos intramusculares (Chung et al., 2016), não seria transformado em saturado e seria absorvido no intestino. Deste modo, na literatura é possível observar maiores

escores de gordura intramuscular, quando os animais consumiram ácidos graxos protegidos por sais de cálcio, contendo uma alta porcentagem de ácido oleico e linoleico em sua composição (Cooke et al., 2011; Mangrum et al., 2016).

Segundo Nascimento et al. (2020), a inclusão de gordura protegida na dieta de animais *Bos indicus* confinados aumentou o desempenho e as características da carne, podendo destacar-se o aumento da AOL, EGS, EE e os ácidos graxos palmitoleico e linoleico em relação aos animais não suplementados. Silva et al. (2009) também encontraram maiores quantidades de extrato etéreo em animais suplementados com SCAG. Entretanto, Ramirez-Zamudio et al. (2022) não encontraram diferenças para a inclusão de sais cálcicos de ácidos graxos para a AOL, EGS e EE.

Deste modo, a inclusão de SCAG pode melhorar a qualidade da carne do Nelore, principalmente por influenciar no aumento da deposição de gordura intramuscular e modificar o perfil lipídico da carne.

1.3. Minerais

Os minerais desempenham papel fundamental em várias reações no metabolismo animal, podendo influenciar diretamente sobre o desempenho bovino (Moraes, 2001). A suplementação de zinco e cromo orgânico tem proporcionado respostas positivas para a produção bovina, principalmente em melhorias nas características da carcaça e em funções imunológicas (Greene et al., 1988; Spears e Kegley, 2002; Budde et al. 2020).

Embora não se tenha elucidado o mecanismo de ação na adipogênese, Oh et al. (2004) relataram que a suplementação com zinco estimula a atividade da glicerol-3-fosfato desidrogenase em pré-adipócitos intramusculares, e está presente na proteína ligante de zinco (ZFP423), que está envolvida no estímulo da expressão do fator de transição receptor gama ativado por proliferador de peroxissoma (PPAR γ ; Gupta et al., 2010). Greene et al. (1988) relataram que o acabamento de bovinos alimentados com 360 mg de Zn/d aumentou o escore de marmoreio em comparação com bovinos alimentados com uma dieta contendo 81 mg de Zinco/kg. Entretanto, Genter-Schroeder et al. (2018) não encontraram efeitos sobre o desempenho dos animais e na maciez da carne quando os bovinos foram suplementados com zinco, além disso observaram um decréscimo no escore de marmoreio. Com isso, são necessárias mais pesquisas sobre a ação do zinco na qualidade da carne e seu mecanismo de ação na adipogênese.

Sabe-se que o cromo é um mineral importante em dietas animais por causa de seu papel no metabolismo da glicose, pois potencializa a ação da insulina (Mertz, 1993), tendo um

aumento na capacidade da insulina para se ligar a sítios receptores, ocorrendo uma maior captação de glicose em tecidos sensíveis à insulina (Anderson, 1998; Anderson, 2003). Tendo em vista este ponto, as células adiposas intramusculares possuem como principal substrato para a lipogênese a glicose (Moody and Cassens, 1968), podendo então o cromo potencializar a captação de glicose por dentro destas células. Além disso, a absorção de cromo ocorre principalmente no intestino delgado, e as formas inorgânicas possuem uma baixa absorção em comparação as formas orgânicas (Anderson, 1998). Baggerman et al. (2016) suplementaram Cr para bovinos com 0,30 ou 0,45 mg/kg por um período de 147 dias, e observaram um aumento no ganho de peso diário e no peso de carcaça quente.

Da mesma forma, não há relatos na literatura sobre a combinação de protocolos nutricionais com cromo, zinco orgânico e SCAG no intuito de aumentar o marmoreio da carne bovina. Entretanto, Edenburn et al. (2016) relataram que a adição de cromo e zinco na dieta e a combinação de ractopamina não melhorou o desempenho ou a qualidade da carne de novilhas. Entretanto, Vellini et al. (2020) suplementaram os animais com Zn e Cr e observaram uma melhora na maciez e uma maior área de olho de lombo no músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore. Com tudo, são necessárias maiores investigações sobre a combinação de zinco e cromo orgânico para a melhoria da qualidade da carne bovina.

Logo, usar diferentes combinações de tecnologias nas dietas de bovinos de corte em confinamento, que tenham altas ou baixas DEPs para marmoreio, surge como um novo campo de pesquisa para melhorar a qualidade da carne do Nelore no Brasil.

1.4. Qualidade da Carne bovina

A qualidade da carne está relacionada diretamente com o indivíduo (idade, raça, sexo), ambiente (dieta, pré-abate) e o *post mortem* (Moczkowska et al., 2015). Sendo assim, sabe-se que a idade do bovino está correlacionada com a maciez, pois animais mais velhos tendem a ser mais propensos as dificuldades de desnaturação do colágeno, sendo por tratamentos térmicos ou por digestão enzimática, pelo fato das ligações cruzadas intramoleculares e intermoleculares do colágeno se tornarem mais estáveis em níveis moleculares em relação aos animais jovens (Coró et al., 1999), tornando a carne menos atrativa para o consumidor por não ser macia.

De maneira geral, as raças bovinas também possuem relações com a qualidade da carne, já que animais *Bos indicus*, bem como seus cruzamentos, tendem a ser mais tardios quando comparadas aos animais *Bos taurus* (Baker et al., 1989), o que pode levar as ligações dos colágenos mais estáveis. Além disso, animais *Bos indicus* apresentam maiores concentrações

de calpastatina no músculo, podendo afetar a maciez da carne, já que a calpastatina pode inibir a calpaína, a qual é responsável pelo maior amaciamento da carne (Wheeler et al. 1990). Crouse et al. (1989), utilizaram animais cruzados apresentando diferentes graus de sangue zebu:taurino (0:100, 25:75, 50:50 e 75:25), e observaram que conforme aumentava-se o grau de sangue zebu, ocorria maior força de cisalhamento e conseqüentemente desfavorecendo a comparação entre as duas raças sobre qualidade da carne.

A força de cisalhamento (FC) é um indicativo da maciez da carne e influência diretamente o consumidor, sendo assim o *United States Department of Agriculture* (USDA) estabeleceu padrões de FC para a certificação de maciez, certificando carnes com valor de 4,4kg ou inferior como “macias” e 3,9kg e inferior como “muito macias” (ASTM, 2011).

Segundo Oliveira et al. (2012), Costa et al. (2020) e Nascimento et al. (2020), a inclusão de SCAG em dietas de confinamento para animais Nelore não apresentam efeitos positivos para a FC, sendo observados valores acima de 4,4kg. De acordo com Vellini et al. (2020), a adição de zinco e cromo também não alterou a FC da carne de animais *Bos indicus*. Entretanto, quando os autores realizaram a maturação das carnes por um período de 28 dias, foi possível observar FC de 2,86kg para animais que consumiram zinco e cromo.

Andrade et al. (2010) realizaram um experimento com bovinos Nelore e Red Norte, sendo encontrados respectivamente os valores de 4,27 kg e 3,40 kg para FC. Nesse mesmo estudo, foi realizado a maturação das carnes de 1,7,14 e 21 dias, tendo os valores respectivos de 4,90 kg, 3,81 kg, 3,60, kg e 3,04 kg. Sendo assim, é possível notar que o tempo de maturação interfere diretamente na força de cisalhamento. Desta forma, independente da idade, sexo ou raça, o período de maturação diminui os valores da força de cisalhamento (Hadlich, 2004).

Segundo Costa (2009), bovinos da raça Nelore apresentam aproximadamente no contrafilé 75% de água, 22% de proteína, 1% de gordura e 1% de minerais. A composição centesimal é um fator importante para a qualidade da carne, sendo assim existem diversos trabalhos relatando as porcentagens encontrada em diferentes raças e sistemas de criação. Padre et al. (2006) encontraram em animais ½ Nelore x ½ Aberdeen Angus terminados em sistema de pastagem com porcentagens de umidade, cinzas, proteínas e gordura respectivamente de 73,73%, 1,03%, 21,45% e 1,71% e Oliveira et al. (2012) relataram 65,10%, 1,60%, 31,92%, 3,41%, para animais Nelore confinados consumindo gordura protegida. A quantidade de extrato etéreo reportado na literatura em bovinos é inversamente proporcional a umidade, quanto menor a umidade maior a porcentagem de EE na carne (Lawrie, 2005).

À medida que o animal cresce e se desenvolve, ocorre simultaneamente as deposições de gordura, sendo a primeira deposição visceral, seguida por intermuscular, subcutânea e

intramuscular (Due et al., 2013). A gordura intramuscular, mais conhecida como marmoreio, está correlacionada com suculência, maciez e palatabilidade da carne, sendo mais aceitas pelos consumidores (Hunt et al., 2014). Dietas ricas em grãos na terminação podem obter maiores valores de MARM e EGS do que animais terminados em pasto (George, 2002). Segundo Costa et al. (2002), a espessura de gordura esperada pelos frigoríficos brasileiros é de 3 mm, prevenindo o encurtamento das fibras pelo frio. De acordo com Nascimento et al. (2020), animais suplementados com gordura protegida apresentaram maiores valores para AOL (72,9 vs 67,8cm²) e EGS final (4,43 vs 3,18mm). Entretanto, outros estudos não observaram efeito da SCAG ou do processamento do milho para AOL, EGS e MARM (Gorocica-Buenfil et al., 2007; Costa et al., 2020; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além disso, à medida que o marmoreio aumenta, as perdas de gotejamento e cozimento diminuem no músculo *Longissimus dorsi* (Nam et al., 2009), sendo um atributo satisfatório para o consumidor. Rodrigues et al. (2004) encontraram valores de perda de peso por cocção de 30,7% para animais Nelore, e em relação as condições sexuais, animais castrados obtiveram menores porcentagens (29,5%) em comparação aos animais inteiros (34%).

Outro fator importante para a qualidade da carne de bovinos é a cor, pois os consumidores muitas vezes compram pela aparência visual, com base para rejeição ou aceitação do produto, sendo vermelho-cereja mais desejada, e o roxo ou marrom rejeitados pelo consumidor (Cruz, 2001). Um dos métodos para observar a cor da carne é utilização de um colorímetro com o sistema CIELAB, que utilizam o espaço L*, indicando luminosidade, e as coordenadas de cromaticidade a* e b*, sendo a* o eixo verde a vermelho e b* azul a amarelo. A faixa encontrada na literatura em carnes bovinas são respectivamente de 33,2 a 41; 11,1 a 23,6 e 6,1 a 11,3 (Muchenje et al., 2009). Segundo Tullio (2004), animais provindos de sistema de manejo consumindo maiores quantidade de concentrado na dieta, apresentam carne com coloração vermelho-cereja, brilhantes e com gordura mais clara.

Outro ponto importante para os consumidores atualmente é o perfil de ácidos graxos (AG) da carne, pois os consumidores estão cada vez mais em busca de uma alimentação mais saudável e balanceada. O perfil de AG pode variar conforme o animal, principalmente entre as raças e a alimentação. Estudos demonstram que animais alimentados com pasto produzem carne bovina com 30 a 70% menos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), em relação a carne de animais terminados com grãos (Van Elswyk e McNeill, 2014). Sabe-se que teores maiores de MUFA podem aumentar o colesterol HDL e diminuir o LDL plasmático entre os consumidores de carne bovina, consequentemente reduzir os riscos de doenças

cardiovasculares (Gilmore et al., 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010).

Os ácidos graxos podem alterar tanto a dureza da carne, sabor, aroma quanto o tempo de prateleira por acelerarem o processo de oxidação lipídica da carne (Wood et al., 2003). Conforme aumenta-se a concentração de ácido graxo poliinsaturado (PUFA) na carne, ocorre um maior processo de degradação, refletindo em uma maior rancificação da carne bovina crua (Gandemer, 1998). Silva et al. (2009) realizaram um experimento com animais Nelore na qual encontraram diferenças para o perfil lipídico de bovinos alimentados com milho seco ou milho úmido, em que a relação entre o ômega 6: ômega 3 foi maior para o milho úmido (5,1 e 6,9) e PUFA (2,55 e 3,27). Contudo, a recomendação ideal de consumo de n-6:n-3 seria de 4,0 em uma dieta balanceada, pois essa relação é considerada um fator de risco para câncer e doenças cardiovasculares (Wood et al., 2003). Da mesma maneira, Oliveira et al. (2012) testaram diferentes fontes lipídicas (protegidas/ não protegidas) para animais Nelore, e encontraram que a adição de lipídio na dieta aumentou a deposição de AGI e a diminuição de AGS no músculo *Longissimus dorsi*. Em contrapartida, Vellini et al. (2020) não encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos da carne de animais *Bos indicus* quando foi adicionado na dieta ZnCr em comparação com os animais não suplementados.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

A primeira hipótese que foi testada é se o consumo de silagem de grão úmido de milho aumentaria a quantidade de gordura subcutânea e intramuscular da carne de bovinos Nelore, comparado ao milho moído fino. Já a segunda hipótese foi avaliar se o fornecimento de sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG) na dieta aumentariam as concentrações de ácidos graxos insaturados no tecido adiposo subcutâneo e intramuscular, consequentemente aumentando o marmoreio da carne. E por fim, a terceira hipótese testada foi se a adição de zinco e cromo orgânicos na dieta com silagem de grão úmido de milho e SCAG aumentariam os escores de marmoreio e a qualidade da carne de bovinos Nelore confinados. O capítulo a seguir será redigido conforme as normas do periódico *Meat Science*, exceto pelo idioma e posição de tabelas.

2. Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2022. Exportações brasileiras de carne bovina. Disponível:< <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>>. Acesso em: 17 de junho de 2022.
- AMSA - American Meat Science Association. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p, 1995
- Anderson, R.A. Chromium, glucose intolerance and diabetes. **J. Amer. Coll. Nutr.** 17:6, 548-555, 1998.
- Anderson, R.A. Chromium and insulin resistance. **Nutrition Research Reviews.** 16: 267-275, 2003.
- Andrade, P.L.; Bressan, M.C.; Gama, L.T.; Gonçalves, T.M.; Ladeirs, M.M.; Ramos, E.M. Aged meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 39: 8, 2010. Doi: 10.1590/S1516-35982010000800023
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC. Estatísticas. Disponível:<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard specification for tenderness marketing claims associated with meat cuts derived from beef. Designation F2925-11. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf>. Acesso em: Junho de 2022)
- Baggerman, J. O.; Smith, Z.K.; Thompson, A.J.; Kim, J.K.; Rounds, W.; Johnson, B.J. Chromium propionate supplementation alters feedlot performance and GLUT4 activity in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 94: 369-370, 2016. Doi: 10.2527/jam2016-0768
- Baker, J.F.; Long, C.R.; Posada, G.A. et al. Comparison of cattle of a five-breed diallel: Size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **J. Anim. Sci.** 67: 1218-1229, 1989.
- Bertrand, J. K.; Green, R. D.; Herring, W. O. et al. Genetic evaluation for beef carcass traits. **J. Anim. Sci.** 79, 2001.
- Bergfeld, E. G. M.; Rasby, R. J.; Nielsen, M. K. et al. Heifers sired by bulls with either high or low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. **Anim. Reprod. Sci.** 40, 253-259, 1995.
- Budde, A.M.; Sellins, K.; Lloyd, K.E.; Wagner, J.J.; Heldt, J.S.; Spears, J.W.; Engle, T.E. Effect of zinc source and concentration and chromium supplementation on performance and carcass characteristics in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 97:1286–1295, 2019. doi: 10.1093/jas/skz016
- Chung, K. Y.; Smith, S. B.; Choi, S. H. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. **J. Anim. Sci.** 2016.94:1875–1883, 2016.
- Cooke, R.F.; Bohnert, D.W.; Moriel, P.; Hess, B.W.; Mills, R.R. Effects of polyunsaturated fatty acid supplementation on ruminal in situ forage degradability, performance, and physiological responses of feeder cattle. **J. Anim. Sci.** 89, 3677–3689, 2011.
- Coró, F.A.G.; Youssef, E.Y.; Shimokomaki, M. Carne do zebu: o que está atrás da sua textura? **Revista Nacional da Carne.** 271: 28-34, 1999.

- Costa, E.C.; Restle, J.; Vaz, F.N. et al. Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoce abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31(1): 119-128, 2002.
- Costa, C.; Rizzieri, R.; Melo, G.; Müller, L.; Estevan, D.; Pacheco, R.; Millen, D.D.; Angélica Pereira, A.; Zanatta, M.; Cappellozza, B.; Cervieri, R.; Martins, C.; Arrigoni, M. Effects of fatty acid profile of supplements on intake, performance, carcass traits, meat characteristics, and meat sensorial analysis of feedlot *Bos indicus* bulls offered a high-concentrate diet. **Transl. Anim. Sci.** 4:1-20, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa142
- Crouse, J.D.; Cundiff, L.V.; Koch, R.M. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **J. Anim. Science**. 67: 10, 2661-2668, 1989.
- Cruz, G.M. Efeito do peso de abate sobre a qualidade da carcaça e o rendimento de cortes cárneos comerciais de bovinos jovens cruzados. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. São Pedro. **Anais**. Campinas: CTC:ITAL, 92-93, 2001.
- Detweiler, R.A.; Pringle, T.D.; Rekaya, R.; Wells, J.B.; Segers, J.R. The impact of selection using residual average daily gain and marbling EPDs on growth, performance, and carcass traits in Angus steers. **J. Anim. Sci.** 97:2450–2459, 2019. Doi: 10.1093/jas/skz124
- Duckett, S.K. Effect of nutrition and management practices on marbling deposition and composition, University of Georgia, **Technical bulletin**, 2001.
- Edenburn, B.M.; Kneeskern, S.G.; Bohrer, B.M.; Rounds, W.; Boler, D.D.; Dilger, A.C.; Felix, T.L. Effects of supplementing zinc or chromium to finishing steers fed ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. **J Anim Sci.**, 2016. Doi: 10.2527/jas.2015-9979.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Fats and fatty acids in human nutrition: A report of an expert consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.
- Gandemer, F. Lipids and meat quality. Lypolysis oxidation and flavour. In: Proceedings **44th ICoMST**, Barcelona, 106-119, 1998.
- Genther-Schroeder, O. N.; Branine, M.E.; Hansen, S.L. Effects of increasing supplemental dietary Zn concentration on growth performance and carcass characteristics in finishing steers fed ractopamine hydrochloride. **J. Anim. Sci.** 96:1903–1913, 2018. Doi:10.1093/jas/sky094
- Gilmore, L. A.; Walzem, R. L.; Crouse, S. F.; Smith, D. R.; Adams, T. H.; Vaidyanathan, V.; Cao, X.; Smith, S. B. Consumption of high-oleic acid ground beef increases HDL-cholesterol concentration but both high- and low-oleic acid ground beef decrease HDL particle diameter in normocholesterolemic men. **Journal of Nutrition**, 141, 1188–1194, 2011.
- Goel, G.; Arvidsson, K.; Vlaeminck, B.; Bruggeman, G.; Deschepper, K.; Fievez, V. Effects of capric acid on rumen methanogenesis and biohydrogenation of linoleic and α -linolenic acid. **Animal**, 3(6), 810-816, 2009.
- Greene, L.W.; Lunt, D.K.; Byers, F.M.; Chirase, N.K.; Richmond, C.E.; Knutson, R.E.; Schelling G.T. Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or zinc methionine. **J. Anim. Sci.** 66: 1818-1823, 1988.
- Gorocica-Buenfil, M.A.; Fluharty, F.L.; Bohn, T.; Schwartz, S.J.; Loerch, S.C. Effect of low vitamin A diets with high-moisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty acid composition of beef steers. **J. Anim. Sci.** 85, 3355–3366, 2007.

- Gupta, R. K.; Arany, Z.; Seale, P. et al. Transcriptional control of preadipocyte determination by Zfp423. **Nature** 464, 619–623, 2010.
- Gwartney, B. L.; Calkins, C. R.; Rasby, R. J.; et al. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: II. Carcass and Palatability Traits. **J. Anim. Sci.** 74:1014–1022, 1996.
- Harfoot, C.G.; Hazlewood, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, H.D. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem** New York: Elsevier Science, 285-322, 1988.
- Hunt, M. R.; Garmyn, A. J.; O'Quinn, T.G.; Corbin, C.H.; Legako, J.F.; Rathmann, R.J.; Brooks, J.C.; Miller, M.F. Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA choice and select graded carcasses. **Meat Sci.** 98:1–8, 2014. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.04.00
- Huntington, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to bulk. **J. Anim. Sci.** 75: 852-867, 1997.
- Lawrie, R.A. **Ciência da carne**. Sexta edição. Porto Alegre: Artmed, 384, 2005.
- Lyforda, C.; Thompsonb, J.; Polkinghornec, R.; Millerd, M.; Nishimurae, T.; Neathf, K.; Alleng, P.; Belasco, E. Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? **Australasian Agribusiness Review**. v18, 2010.
- Martins, T. S.; Sanglard, L. M. P.; Silva, W.; Chizzotti, M.L.; Rennó, L.N.; Serão, N.V.L.; Silva, F.F.; Guimarães, S.E.F.; Ladeira, M.M.; Dodson, M.V.; Du, M.; Duarte, M.S. Molecular factors underlying the deposition of intramuscular fat and collagen in skeletal muscle of Nellore and angus cattle. **PLoS One**, 10:1–13, 2015. doi: 10.1371/journal.pone.0139943
- Mangrum, K.S.; Tuttle, G.; Duckett, S.K.; Sell, G.S; Krehbiel, C.R.; Long, N.M. The effect of supplementing rumen undegradable unsaturated fatty acids on marbling in early-weaned steers. **J. Anim. Sci.**, 94, 833–844, 2016.
- McAllister, T.A.; Phillippe, R.C.; Rode, L.M. et al. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **J. Anim. Sci**, 71: 205-212, 1993.
- Mertz, W. Chromium in human nutrition: a review. **J. Nutr.** 123 (4): 626-633, 1993.
- Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Arrigoni, M. D. B. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **J. Anim. Sci.** 87:3427-3439, 2009.
- Moczowska, M.; Póltorak, A.; Wierzbicka, A. Impact of the ageing process on the intensity of post mortem proteolysis and tenderness of beef from crossbreeds. **Bull Vet Inst Pulawy**. 59:361–367, 2015.
- Moody, W.G.; Cassens, R.G. Histochemical differentiation of red and white muscle fibers. **J Anim Sci**. 27(4):961-8, 1968. doi: 10.2527/jas1968.274961x.
- Moraes, S. S. Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**, 2001.
- Muchenjea, V.; Dzamac, B.K.; Chimonyoa, M. et. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, 112: 279-289, 2009.
- Nascimento, F.A.; Silva, N.C.; Prados, L.F.; Pacheco, R.D.L.; Johnson, B.J.; Cappelozza, B.I.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Calcium salts of fatty acids with varying fatty acid profiles in diets of feedlot-finished *Bos indicus* bulls: impacts on intake, digestibility, performance, and carcass and meat characteristics. **J. Anim Sci.** 98: 382, 2020. doi: 10.1093/jas/skaa382

- Ramírez-Zamudio, G.D.; Cruz W.F.G.; Schoonmaker, J.P.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R.; Machado Neto, O.R.; Gionbelli, T.R.; Teixeira, P.D.; Rodrigue, L.M.; Gionbelli, M.P.; Ladeira, M.M. Effect of rumen-protected fat on performance, carcass characteristics and beef quality of the progeny from Nellore cows fed by different planes of nutrition during gestation. **Livestock Science**. 258.104851, 2022. doi:10.1016/j.livsci.2022.104851
- Rodrigues, V.C.; Andrade, I.F. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **R. Bras. Zootec.** 33: 1839-1849, 2004.
- Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on shorghum and corn. **J. Anim. Sci.**, 63(5):1607-1623, 1986.
- Silva, S.L.; Leme, P.R.; Putrino, S.M.; Pereira, A.S.C.; Valinote, A.C.; Filho, J.C.M.N.; Duarte Lanna, D.P.D. Fatty acid composition of intramuscular fat from Nellore steers fed dry or high moisture corn and calcium salts of fatty acids. **Livestock Science**. 122: 290–295, 2009. doi:10.1016/j.livsci.2008.09.013
- Silvestre, A.M.; Millen, D.D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists **R. Bras. Zootec.**, 50: e20200189, 2021.
- Smith, S.B.; Crouse, J.D. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **J. Nutr.** 114: 792–800, 1984.
- Spears, J. W.; Kegley, E.B. Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. **J. Anim. Sci.** 80:2747–2752, 2002.
- Tullio, R.R. Estratégias de manejo para produção intensiva de bovinos visando à qualidade da carne (**tese**). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2004.
- Valadares Filho, S.C.; Magalhães, K.A.; Rocha Junior, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. CQBAL 2.0 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica Ltda. 329p, 2006.
- Valadares Filho, S. C.; Pina, D. S. Fermentação ruminal. In. Berchielli, T. T.; Pires, A.V.; Oliveira, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p. 161-189, 2011.
- Van Elswyk, M.E.; McNeill, S.H. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. **Meat Science**. 96: 535–540, 2014.
- Vieselmeier, B. A.; Rasby, R. J.; Gwartney, B. L. Use of Expected Progeny Differences for Marbling in Beef: I. Production Traits. **J. Anim. Sci.** 74:1009–1013, 1996.
- Vellini, B.L.; Prados, L.F.; Monção, F.P.; Fireman, A.K.; Resended, F.D.; Siqueira, G.R. Zinc amino acid complex in association with chromium methionine improves the feed efficiency of finished Nellore cattle in the feedlot. **Animal Feed Science and Technology**. 262: 114430, 2020.
- Oh, Y. S.; Smith, S.B.; Choi, C.B. Zinc increases differentiation of bovine intramuscular adipocytes by suppressing nitric oxide production. **J. Anim. Sci.** 82(Suppl. 1):42. (Abstr.), 2004.
- Oliveira, E.A.; Sampaio, Henrique, A.A.M.; Pivaro, W.T.M.; Rosa, B.L.; Fernandes, A.R.M.; Andrade, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science** 90 28–35, 2012.

- Orskov, E.R. Starch Digestion and Utilization in Ruminantes. **Journal of Animal Science**, Champaign, 63 (5): 1624-1633, 1986.
- Owens, F.N.; Zinn, R.A.; Kim, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, 63: 1634-1648, 1986.
- Wheeler, T.L.; Savell, J.W.; Croos, H.R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **J. Anim Sci.**, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.
- Wood, J.D.; Richardson, R.I.; Nute, G.R.; et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Sci.** 60: 21-32, 2003.
- Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V.; Nute, G. R.; Sheard, P. R.; Richardson, R. I.; Hughes, S. I.; Whittington, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Sci.** 78 (4): 343-358, 2008.
- Wyrwisz, J.; Moczowska, M.; Kurek, M.; Stelmasiak, A.; Półtorak, A.; Wierzbicka, A. Influence of 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef semimembranosus. **Meat Sci.** 122:48–54, 2016.

CAPÍTULO 2

“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”

“Efeito de protocolos nutricionais para marmoreio sobre as características e qualidade da carne de bovinos Nelore confinados”

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar diferentes protocolos nutricionais para marmoreio, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos de ácidos graxos (SCAG), zinco e cromo orgânico, na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados por diferença esperada na progênie (DEP) para alto e baixo marmoreio na qualidade da carne. Foram utilizados 150 animais, machos, não castrados, da raça Nelore, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e 19 meses de idade, sendo que 30 deles (5 por Bloco) foram abatidos como referência no dia 0 do experimento. Portanto, o estudo prosseguiu com 120 animais, os quais foram alocados em 30 baias ($n = 4$ por baia). Todos os animais tinham pais conhecidos e desta forma estes foram divididos em grupos de alta e baixa DEP para marmorização antes de serem blocados por peso. As dietas de terminação conterão 84% de concentrado e os tratamentos foram arrançados em fatorial $2 \times 2 + 1$: T1) Milho moído fino; T2) Silagem de grão de milho úmido; T3) Milho moído fino + SCAG; T4) Silagem de grão úmido de milho + SCAG; e T5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo orgânico. Foi incluso monensina sódica em todos os tratamentos na dose de 25 ppm. O estudo teve duração de 112 dias, e foram avaliadas variáveis de qualidade da carne, tais como: composição centesimal, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores, perfil lipídico, oxidação lipídica, cor, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização. Não houve efeito de tratamentos para o marmoreio. Animais de baixa DEP obtiveram maior EGS com a adição de ZnCr, diferentemente dos animais de alta DEP que aumentaram a EGS com apenas o processamento do milho ($P=0,03$). Houve interação entre tratamento*DEP para EGS do *Biceps femoris* ($P<0,05$), EE ($P=0,03$), TBARS ($P=0,03$), AGS ($P=0,02$) e AGI ($P=0,04$), MUFA ($P<0,01$), PUFA ($P=0,01$), n-6:n-3 ($P=,02$) para a carne. Não houve diferença significativa para a FC entre os tratamentos, porém quando aumentou o tempo de maturação de 4 para 14 dias, houve uma maior maciez na carne. Portanto, os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: “cromo”, “zinco”, “carne”, “marmoreio”, “maturação”, “Nelore”

“Effects of nutritional protocols for marbling on meat traits and beef quality of Nellore cattle finished in feedlot”.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different nutritional protocols including high-moisture corn, rumen-protected fat, zinc and organic chromium in the diets of feedlot Nellore cattle, ranked by estimated progeny difference (EPD) as high and low marbling on meat quality. In this project, were used 150 19-mo-old Nellore bulls (404,28±23,14kg), which were blocked by EPD and by initial body weight. Thirty bulls (five per block) were slaughtered at day 0 of the study for carcass baseline measurements. Therefore, this study was carried out with 120 Nellore bulls, which were randomly allocated into 30 pens (n=4 per pen) according to the blocking criteria just described in a 2 × 2 + 1 factorial arrangement of treatments: T1) Finely-ground corn; T2) High-moisture corn; T3) Finely-ground corn + rumen-protected fat; T4) High-moisture corn + rumen-protected fat; T5) High-moisture corn + rumen-protected fat + Zn and Cr. The finishing diets contained 84% concentrate and 25 ppm of sodium monensin. This study was last 112 days and meat quality variables were evaluated, such as: proximate composition, pH, tenderness, cooking loss, fatty acid profile, lipid oxidation, retail display, loin eye area, subcutaneous fat thickness and marbling. There was no effect of treatments for marbling. Low EPD animals had higher backfat thickness with the addition of ZnCr, unlike high EPD animals increased backfat thickness with only corn processing (P=0,03). There was an interaction between treatments and EPD for final *Biceps femoris* fat thickness (P<0,05), the percentage for fat (P=0,03), TBARS (P=0,03), SFA (P=0.02), Unsaturated (P=0,04), MUFA (P<0,01), PUFA (P=0,01), n-6: n-3 (P=0.02) in the meat. No differences were observed in shear force values for the different treatments (P>0,05), however, the aging time increases the tenderness. Therefore, the factors tested in the nutritional protocols did not change the percentage of intramuscular fat in the *Longissimus* muscle.

Keywords: “chromium”, “zinc”, “meat”, “marbling”, “aging time”, “Nellore”

1 **1. Introdução**

2 O agronegócio brasileiro está em crescimento a cada ano, destacando-se pelo PIB em
3 2019, no qual dos R\$ 8,7 trilhões do PIB a pecuária de corte foi responsável por 10,5% do total
4 (ABIEC, 2022). Além disso, o número de bovinos abatidos em 2021 foram de 39,1 milhões de
5 cabeças, sendo 15,4% do abate total são de animais provindos do sistema de confinamento
6 (ABIEC, 2022). Desta forma, a pecuária de corte está diretamente ligada ao consumo interno
7 da carne e a exportação para o mercado mundial, sendo que o Brasil se destacou com 25,5%
8 do total de exportação da carne bovina produzida no país (ABIEC, 2022).

9 Em vista disso, houve um aumento da competitividade no mercado nacional e
10 internacional de carne bovina de qualidade. O consumidor antigo possuía como prioridade o
11 preço na gôndola do supermercado da carne, o que atualmente essa prioridade mudou, já que
12 os consumidores estão mais exigentes em relação a qualidade da carne, principalmente em
13 relação a maciez, suculência, sabor e cor (Wyrwisz et al., 2016).

14 A suculência, maciez e palatabilidade da carne bovina estão diretamente
15 correlacionadas a marmorização (Wheeler, Cundiff e Koch, 1994), destacando-se por uma
16 maior aceitabilidade pelos consumidores (Hunt et al., 2014).

17 Assim, o uso do confinamento é uma ótima alternativa, já que a alimentação é
18 controlada, os animais atingem maior desempenho e são abatidos mais jovens (Restle e Vaz.,
19 2003). Sabe-se que a raça Nelore é a mais representativa dentro do rebanho brasileiro (Millen
20 et al. 2009), sendo um animal tardio e com uma menor deposição de gordura intramuscular em
21 comparação aos *Bos tauros* (Baker et al., 1989). Consequentemente, a seleção genética e as
22 estratégias nutricionais vem sendo utilizadas cada vez mais para ocorrer o encurtamento do
23 período de abate, padronização das carcaças e aumento da quantidade de gordura intramuscular
24 dos animais.

25 A seleção de animais com Diferencial Esperado na Progênie (DEP) positivo para
26 marmoreio pode ser uma alternativa para os *Bos indicus*, pois o marmoreio detém uma
27 característica de estimativa de herdabilidade de moderada a alta (Bertrand et al., 2001),
28 podendo aumentar a deposição de gordura intramuscular nos bovinos.

29 Aliado á genética, a alimentação animal é um dos principais fatores determinantes da
30 qualidade da carne. Em termos de marmorização da carne bovina, uma das ferramentas é a
31 utilização de ingredientes concentrados, como a silagem de grão úmido, com a qual se aumenta
32 a degradabilidade do amido no rúmen, maximizando a capacidade fermentativa e

33 consequentemente produzindo maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o
34 propionato, o principal precursor gliconeogênese em ruminantes (Rooney e Pflugfelder., 1986).
35 A produção de glicose é de extrema importância para a marmorização, já que está associada na
36 biossíntese dos ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (Smith e Johnson, 2016).

37 Sabe-se que o consumo de energia líquida excedente é um fator importante para a
38 deposição de marmoreio, a utilização de sais cálcicos de ácidos de óleos vegetais (SCAG),
39 contendo ácido oleico (C18:1) em sua composição podem ajudar a aumentar o aporte
40 energético da dieta. O ácido oleico é um dos responsáveis pelo enchimento dos adipócitos e
41 contribui com a expressão gênica da proteína G nos adipócitos intramusculares (Chung et al.,
42 2016), ajudando assim a aumentar o marmoreio da carne.

43 Outro fator que pode melhorar a qualidade da carne é a suplementação com zinco e
44 cromo, estando ligados na regulação da deposição da gordura intramuscular. O zinco
45 desempenha um papel vital na síntese de DNA, ácidos nucleicos e metabolismo de proteínas
46 (Underwood, 1981), além disso, estimula a atividade da glicerol-3-fosfato desidrogenase em
47 pré-adipócitos intramusculares (Oh et al., 2004), podendo potencializar a deposição de lipídio
48 dentro das células. Já o cromo potencializa a ação da insulina nos tecidos sensíveis à insulina
49 (Budde et al., 2019) e afeta o sistema imunológico (Spears, 2000). Contudo, não há relatos na
50 literatura sobre a combinação de zinco e cromo orgânico, SCAG e milho úmido no intuito de
51 aumentar o marmoreio e a qualidade da carne bovina.

52 Por tanto, objetivou-se avaliar diferentes protocolos nutricionais para o aumento do
53 marmoreio da carne bovina, com inclusões de silagem de grãos úmidos de milho, sais cálcicos
54 de ácidos graxos, zinco e cromo orgânico na dieta de bovinos Nelore confinados, ranqueados
55 por diferença esperada na progênie para alto e baixo marmoreio, sobre a qualidade da carne.

56

57 **2. Material e Métodos**

58 *2.1. Animais e local do experimento*

59 O estudo foi conduzido no confinamento experimental da Faculdade de Ciências
60 Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de
61 Dracena. Foram utilizados 150 animais, machos, inteiros, da raça Nelore, provindos de sistema
62 de recria em pastejo contínuo, com peso vivo médio inicial aproximado de $404,28 \pm 23,14$ kg e
63 19 meses de idade, sendo que 30 deles (1 por baía) foram abatidos como referência no dia 0 do
64 experimento. Portanto, o estudo procedeu com 120 animais, os quais foram alocados em 30
65 baias (n = 4 por baía).

66 2.2. *Delineamento Experimental*

67 O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em arranjo
68 fatorial 2x2+1. O critério utilizado para formação dos blocos foi a DEP dos pais para alto ou
69 baixo marmoreio (foram utilizados 18 pais), e dentro dos grupos das DEPs os animais foram
70 blocados pelo peso vivo inicial. Ou seja, houve uma estratificação por DEP e depois blocagem
71 por peso. Os animais foram pré-adaptados ao local, e para a uniformização da população
72 ruminal, receberam feno de Tifton por 7 dias. Posteriormente, os animais foram alocados nas
73 baias dividindo-os aleatoriamente, dentro de cada bloco, em cinco tratamentos de acordo com
74 a associação do processamento do milho e a inclusão de SCAG: 1) Grão de milho seco
75 finamente moído; 2) Silagem de grão úmido de milho; 3) Grão de milho seco finamente
76 moído+SCAG (NutriGordura; Nutricorp Nutrição Animal; Araras, SP); 4) Silagem de grão
77 úmido de milho + SCAG; 5) Silagem de grão úmido de milho + SCAG + zinco e cromo
78 orgânico (Zinpro Animal Nutrition; Piracicaba, SP). A monensina sódica (Rumensin 200;
79 Elanco Saúde Animal, São Paulo, SP) foi utilizada em todos os tratamentos na dosagem de 25
80 ppm. Cada tratamento foi composto por 6 repetições (baias), as quais respeitaram os critérios
81 de blocagem.

82

83 2.3. *Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais*

84 Todos os animais foram submetidos ao mesmo tipo de fornecimento de dietas,
85 alojamento e manejo. O programa de recebimento dos animais foi da seguinte forma: todos
86 foram pesados, tratados com anti-helmínticos, e vacinados contra doenças virais e bacterianas
87 (rota e coronavírus, tétano, botulismo e sete tipos de Clostridium spp; “Cattlemaster, Pfizer
88 Animal Health, New York, NY”). O arraçãoamento foi feito duas vezes ao dia: às 09:00 (45%
89 do total) e 16:00 (55% do total). As baias foram parcialmente concretadas com lotação de 4
90 animais por baia (18 m² e 1,5 m linear de cocho por animal), sempre com água à vontade
91 disponível em bebedouro automático.

92 O estudo teve duração de 112 dias, com período de adaptação (Adap) de 14 dias. O
93 protocolo de adaptação foi feito em escada (*step-up*), ou seja, foram fornecidas três dietas de
94 adaptação, iniciando com 69% de concentrado, com acréscimos de 5% entre elas, sendo que a
95 quantia de volumoso retirado foi em sua totalidade de feno. A transição das dietas de adaptação
96 para a dieta de terminação foi feita da seguinte forma: 5 dias da adaptação 1, 4 dias da adaptação
97 2 e 5 dias da adaptação 3 (Figura 1). A dieta de terminação foi composta por 84% de
98 ingredientes concentrados (Tabela 1). As rações experimentais foram formuladas segundo o
99 LRNS (Large Ruminant Nutrition System, Fox et al. 2004), nível 2, cujos níveis estão

100 apresentados na Tabela 1. As rações foram fornecidas ad libitum e submetidas a ajustes de
101 quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra nos cochos, a qual foi mantida em
102 5% da quantidade oferecida

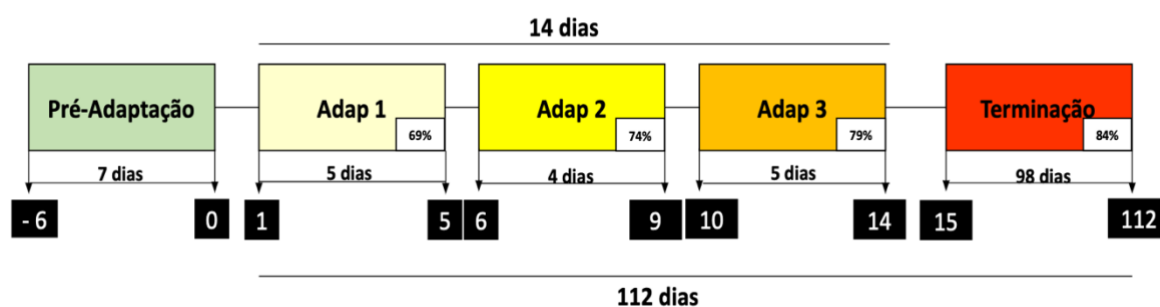


Figura 1. Período de confinamento dos animais Nelore.

103 **Tabela 1.** Dietas experimentais que foram fornecidas na fase de terminação para bovinos
 104 Nelore confinados ranqueados por DEP para marmoreio.

Tratamentos	1	2	3	4	5
Nível de Concentrado (%)	84,00	84,00	84,00	84,00	84,00
Ingredientes (% MS)					
Feno	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Bagaço de cana	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Farelo de soja	10,71	10,01	10,81	10,41	10,41
Silagem de grão umido de milho		51,00		48,00	48,00
Milho grão moído fino	70,30	20,00	67,60	20,00	20,00
Urea	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Núcleo mineral	0,98	0,98	0,98	0,98	0,86
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Gordura protegida ²			3,20	3,20	3,20
Calcário Dieta	0,60	0,60			
Calcário	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Availa Zn120					0,075
Availa Cr1000					0,045
Rumensin	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
Conteúdo Nutricional					
Matéria Seca (MS)	84,00	76,00	85,00	77,00	77,00
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	75,00	79,00	79,00	82,00	82,00
Proteína Bruta (% MS)	14,30	14,20	14,10	14,10	14,10
Fibra em Detergente Neutro (% MS)	24,10	21,10	23,80	20,90	20,90
Carboidratos não fibrosos (% MS)	56,00	59,00	54,00	57,00	57,00
Extrato Etéreo (% MS)	3,00	3,60	5,50	6,10	6,10
peFDN ¹	13,00	14,00	13,00	14,00	14,00
Elg (Mcal/ kg MS) ³	1,17	1,27	1,26	1,35	1,35
Ca (% MS)	0,56	0,54	0,56	0,55	0,57
P (% MS)	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40
Cr (mg/kg)					0,45
Zn (mg/kg)	63,99	52,68	63,47	52,94	143,35

105 T1: Milho finamente moído; T2: Milho com alta umidade; T3: Milho finamente moído +
 106 gordura protegida no rúmen (Nutri Gordura; Nutricorp Nutrição Animal; Araras, São Paulo,
 107 Brasil); T4: Milho de alta umidade + gordura protegida no rúmen; T5: Milho de alta umidade
 108 + gordura protegida no rúmen + Zn e Cr (Zinpro Animal Nutrition; Piracicaba, São Paulo,
 109 Brasil). ¹Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; ²Nutri Gordura Terminação: SFA total
 110 (46,81%), C8:0 (0,29%), C10:0 (0,22%), C12:0 (2,04%), C14:0 (1,18%), C15:0 (0,07%),
 111 C16:0 (37,17%), C17:0 (0,14%), C18:0 (4,64%), C20:0 (0,36%), C22:0 (0,16%), C24:0 (0,54),
 112 MUFA total (36,69%), C16:1 cis-9 (0,19%), C17:1 cis-10 (0,08%), C18:1 cis-9 (36,21%),
 113 C20:1 (0,21%), PUFA total (15,66%), C18:2 cis-9, cis-12 (14,8%), C18:3 cis-9,cis-12,cis 15
 114 (0,86%), AGI total (52,35%), MUFA:AGS (0,78%), PUFA:AGS (0,33%) e AGI:AGS
 115 (1,12%);³Energia líquida disponível para ganho.

116 2.4. *Área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e marmorização*

117 Os animais foram submetidos a avaliações de ultrassonografia no início e no final do
 118 período de confinamento segundo a metodologia proposta por Perkins et al. (1992), utilizando-
 119 se unidades de ultrassom veterinário “Aloka – 500 SSD”, com sonda “linear de 3,5Mhz”
 120 (Aloka Co. Ltd., Tokyo, Japão), óleo vegetal como acoplante acústico e a equipe para a
 121 avaliação (DGT Brasil, Presidente Prudente, SP Brasil). Foi verificado o desenvolvimento do
 122 tecido adiposo subcutâneo (EGS), área de olho de lombo (AOL) e marmoreio do músculo
 123 *Longissimus dorsi* (contrafilé) entre as 12^a e 13^a costelas; e espessura de gordura da garupa
 124 (EP8) sobre o músculo *Biceps femoris* (picanha). Para a mensuração destas variáveis, foram
 125 utilizados 4 animais por baia (n =120), juntamente com os referencias (n=120+30).

126
 127 2.5. *Coleta das amostras*

128 Após o resfriamento das carcaças (por período de 48 horas), as mesmas foram
 129 direcionadas a desossa. Após a desossa, o contrafilé (*Longissimus thoracis et lumborum*) de
 130 cada meia carcaça esquerda foi coletado, identificado, embalado a vácuo e enviado ao
 131 Laboratório de Carnes da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. No laboratório
 132 o contrafilé foi cortado em bifés de diferentes espessuras (Figura 2), e os bifés do dia 4 foram
 133 destinados para análises de composição centesimal, pH, força de cisalhamento, perda de peso
 134 por cocção e perfil lipídico, ou maturados (Mat) por 7 ou 14 dias (2°C) para análises de cor,
 135 força de cisalhamento, perda de peso por cocção, análise sensorial com consumidores e
 136 oxidação lipídica.

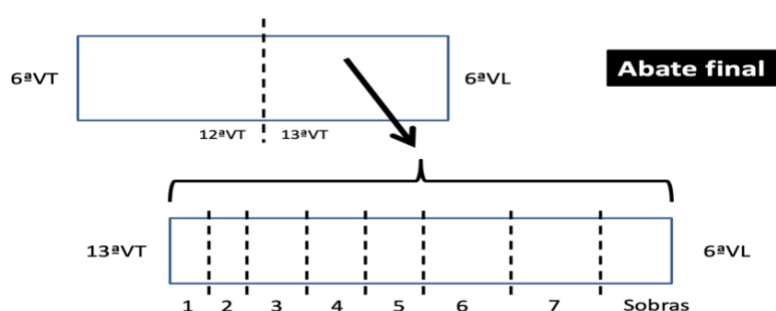


Figura 2. Coleta do contrafilé e processamento das amostras após 48 horas de resfriamento do abate final. **1)** 4d Mat: composição centesimal (1,5cm); **2)** 4d Mat: perfil de ácidos graxos (1,5cm); **3)** 7d Mat: sensorial (2,6 cm); **4)** 14d Mat: sensorial (2,6cm); **5)** 4d Mat: cisalhamento (2,6cm) **6)** 7d Mat: cisalhamento, display de cor e TBARS (7,0 cm); **7)** 14d Mat: Força de cisalhamento e display de cor (5,0cm).

137 2.6. *Composição Centesimal e pH*

138 Foi utilizado o FOSS FoodScan™ (FOSS North America, 8091 Wallace Rd, Eden
139 Prairie, MN 55344, USA) para a determinação da composição centesimal, as amostras foram
140 homogeneizadas por trituração de acordo com AOAC 983.18. Aproximadamente 180 g de
141 amostra de carne foi colocada em um prato de amostras redondo 14cm, e o prato foi colocado
142 no FoodScan. O ID do operador foi inserido, o perfil do produto de carne dentro do software
143 foi selecionado, e o processo de digitalização foi iniciado pressionando o botão "start". Os
144 resultados foram exibidos em porcentagem (g / 100 g) de gordura, umidade, proteína, cinzas,
145 sódio, colágeno, segundo a metodologia de AOC 2007.04.

146 Para a medição do pH foi utilizado o pHmetro de espeto Sentron (SI600), com sensor
147 de temperatura acoplado. Foi inserido o eletrodo do pHmetro diretamente na carne segundo a
148 metodologia de Olivo et al. (2001). Para estas avaliações, foram utilizados 3 animais por baia
149 (n =90), juntamente com os referencias (n=90+30).

150

151 2.7. *Força de Cisalhamento e Perda de peso por Cocção (PPC)*

152 No laboratório, os bifes foram descongelados por 24 h a 2°C, separados em um bife
153 para o display de cor e outro para a força de cisalhamento e perda por cocção. Os bifes
154 destinados para a força de cisalhamento e PPC foram pesados inicialmente e assados até uma
155 temperatura interna final de 71 ° C, medida por um termopar colocado no centro geométrico
156 de cada bife. Depois de atingir a temperatura interna desejada, cada bife foi pesado e resfriado
157 à temperatura de 4 °C por 24 horas. Seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro foram removidos de
158 cada bife paralelo à fibra muscular e uma única medida de força de cisalhamento foi obtida
159 para cada cilindro de acordo com a metodologia proposta por AMSA (1995) usando um
160 dispositivo de força de cisalhamento Warner-Bratzler. As medições da força de cisalhamento
161 do pico dos cilindros coletados de cada bife foram calculadas para determinar o valor médio
162 da força de cisalhamento para o bife. A PPC foi determinada pela diferença de peso antes e
163 após o cozimento do bife (AMSA, 1978). Para estas avaliações, foram utilizados 3 animais por
164 baia (n =90), juntamente com os referencias (n=90+30).

165

166 2.8. *Oxidação Lipídica*

167 A oxidação lipídica foi determinada com o protocolo das substâncias reativas ao ácido
168 tiobarbitúrico (TBARS), em duplicata, medidos após 0, 3 e 6 dias de armazenamento sob
169 refrigeração, simulando a venda em expositores, conforme descrito por Ordóñez et al. (2001).
170 Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por kg de tecido. Foi utilizado apenas

171 o músculo *Longissimus dorsi* com maturação de 7 dias. Para a mensuração da oxidação
172 lipídica, foram utilizados 1 animal por baía (n =30), juntamente com os referências (n=30+6).

173

174 2.9. Avaliação instrumental da cor

175 Os bifes foram descongelados por 24 h a 2°C e foram colocados em uma bandeja de
176 isopor, cobertos com um filme de policloreto de vinila e resfriados a 4°C, por 6 dias. A cor foi
177 determinada pelo sistema CIELab (CIE, 1986), utilizando um espectrofotômetro, modelo
178 CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com padrão de iluminação D65, ângulo
179 de observação de 10° e 30mm de abertura do obturador. A avaliação da cor foi realizada em
180 três pontos distintos da amostra todos os dias, e a média das três leituras foram consideradas
181 valores de cor nos quais L* é o cromo associado à luminosidade, a* é o cromo que varia de
182 verde (-) a vermelho (+) e b* é o cromo que varia de azul (-) a amarelo (+) para cada dia. O
183 croma e o ângulo hue foram calculados usando os valores CIE L*, a* e b*, de acordo com as
184 seguintes fórmulas: Croma = $(a^*2 + b^*2)^{1/2}$ e Hue = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ (AMSA, 2012). O delta E
185 foi calculado usando as leituras de cor iniciais feitas no dia 1 de display e as leituras finais
186 feitas no dia 7 de display para cada bife segundo Hunt et al. (2012). Para estas avaliações,
187 foram utilizados 3 animais por baía (n =90), juntamente com os referências (n=90+30).

188

189 2.10. Análise sensorial com consumidores

190 A análise sensorial foi realizada em cabines individuais com carnes maturadas em 7 e
191 14 dias de acordo com o método proposto por Meilgaard et al. (1990). Foi utilizada uma escala
192 hedônica semi-estruturada, onde os atributos para cada amostra foram classificadas em um
193 tablet com escala de linha contínua de 100 mm para maciez, suculência, sabor/aroma e
194 satisfação em geral. Os pontos zeros foram designados como não macias, não suculentas,
195 desgostei extremamente do sabor e desgostei extremamente em geral; o ponto 100 mm foram
196 rotulados como muito macias, muito suculentas, gostei extremamente do sabor e gostei
197 extremamente em geral. Além disso, o consumidor classificou cada amostra em: (1)
198 insatisfatório, (2) qualidade boa para o dia a dia, (3) qualidade muito boa e (4) qualidade
199 excelente. As amostras foram assadas conforme metodologia descrita para força de
200 cisalhamento, mudando apenas a temperatura final para 63°C. Após assadas, as amostras foram
201 apresentadas aos provadores (n = 140) metodicamente. Foi servido um copo de água para o
202 provador limpar o palato entre as amostras. Para avaliação do painel consumidor, foram
203 utilizados 2 animais por baía (n =60).

204

205 2.11. Perfil lipídico

206 Foi realizado o perfil lipídico, tanto de amostras da gordura subcutânea quanto da
 207 intramuscular, do músculo *Longissimus dorsi*. Os ácidos graxos foram extraídos conforme
 208 descrito por Folch et al. (1957) e foram quantificados via cromatografia gasosa como detalhado
 209 por Morrison e Smith (1964) e Metcalfe et al. (1966). A cromatografia foi realizada utilizando
 210 uma coluna Chromopack CP-Sil (0,25mm x 100m) com temperatura de injeção de 270°C e
 211 temperatura de detector de 300°C (Sistema Hewlett-Packard 6890 FID GC; Agilent
 212 Technologies, Santa Clara, CA). Os ácidos graxos foram identificados por seus tempos de
 213 retenção em relação aos padrões comerciais conhecidos (#GLC-68D, GLC-79, GLC-87, GLC-
 214 455 e GLC-458; NU-ChekPrep, Inc., Elysian, MN) e a porcentagem de ácidos graxos foi
 215 determinada pelas áreas de pico no cromatógrafo. Para a mensuração do perfil lipídico, foram
 216 utilizados 2 animais por baía (n =60), juntamente com os referências (n=60+12).

217

218 3. Análise de estatística

219 O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em função das DEPs e do
 220 PVI, em que as baias foram consideradas as unidades experimentais para todas as variáveis
 221 deste estudo. Foram realizados testes de normalidade dos resíduos e de heterogeneidade de
 222 variâncias antes de se proceder a análise de variância, e quando necessário, os dados foram
 223 transformados. O efeito dos tratamentos, e a interação entre DEPs e tratamentos foram
 224 considerados como fixo. Por outro lado, o efeito do bloco e das DEPs foram considerados
 225 aleatórios. Os dados deste estudo foram analisados pelo PROC MIXED do SAS (2003),
 226 considerando o nível de 5% de significância, de acordo com o modelo:

$$227 Y_{ijkl} = \mu + T_i + DEP_j + T*DEP_{ij} + B_k + e_{ijkl};$$

228 em que: Y_{ijkl} = observação relativa à l-ésima unidade experimental (baía) do i-ésimo
 229 tratamento da j-ésima DEP no k-ésimo bloco; μ = média geral; T_i = efeito do i-ésimo
 230 tratamento, sendo $i = 1$: Grão seco sem SCAG, 2: Grão úmido sem SCAG, 3: Grão seco com
 231 SCAG, 4: Grão úmido com SCAG e 5: Grão úmido com SCAG, zinco e cromo; DEP_j = efeito
 232 da j-ésima DEP, sendo $j = 1$: alta DEP, 2: baixa DEP; $T*DEP_{ij}$ = efeito de interação entre
 233 tratamentos e DEP; B_k = efeito do j-ésimo bloco (8 blocos); e_{ijkl} = erro experimental referente
 234 à l-ésima unidade experimental do i-ésimo tratamento da j-ésima DEP no k-ésimo bloco
 235 ($0; \sigma^2$). Para as variáveis de TBARS e avaliação instrumental de cor foi adotado medida repetida
 236 no tempo, na qual para TBARS foi de 0,3 e 6 dias e de cor de 0,1,2,3,4,5 e 6 dias. O efeito do
 237 display foi incluso no *repeat* do SAS, assim como foi adicionado no modelo a interação entre

238 Display*TRAT e DEP*TRAT*Display. Vale informar que os dados de força de cisalhamento
239 e do marmoreio (ultrassom e composição centesimal), além de terem sido analisados iguais os
240 dados acima, também foi realizado uma distribuição conforme faixas acumulativas (0-2%, 0-
241 3%, 0-4%) para o marmoreio e foi considerado para a FC as baias que obtiveram valores iguais
242 ou abaixo de 4,4kg. Assim, esses dados foram analisados pelo procedimento PROC FREQ do
243 SAS com teste qui-quadrado.

244 Foram aplicados os seguintes contrastes: no caso do teste F ser significativo para os
245 tratamentos: silagem de grão úmido de milho vs. milho moído fino, presença ou ausência de
246 SCAG, interação entre tipo de processamento e presença de SCAG, silagem de grão úmido de
247 milho + SCAG vs. silagem de grão úmido de milho + SCAG + Zinco + Cromo.

248

249 **4. Resultados e Discussão**

250 *4.1. Indicadores de carcaça por ultrassom*

251 Foi observado interação entre Milho x Gordura Protegida (P=0,01) para a variável
252 AOL inicial em cm² (Tabela 2), como apresentado na Figura 2. Houve interação entre
253 Tratamentos x DEP para as características de marmoreio inicial expresso em % (P<0,05;
254 Figura 3), AOL final (P=0,04), EGS final (P=0,03), P8 final (P<0,05) e EGS ganho (P=0,03;
255 Figura 4).

256 As médias obtidas neste estudo para a área de olho de lombo e espessura de gordura
257 subcutânea estão de acordo com a literatura para animais Nelore. Além disso, os valores
258 obtidos para EGS foram acima de 3mm, o que é exigido pelos frigoríficos para não ocorrer
259 danificações na carcaça no momento do resfriamento. De acordo com Nascimento et al.
260 (2020), animais suplementados com gordura protegida apresentaram maiores valores para
261 AOL (72,9 vs 67,8cm²) e EGS final (4,43 vs 3,18mm). Entretanto, outros estudos não
262 observaram efeito da SCAG ou do processamento do milho para AOL, EGS e MARM
263 (Gorocica-Buenfil et al., 2007; Costa et al., 2020; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além
264 disso, foi relatado que a combinação de ZnCr com ractopamina não afetam a deposição de
265 gordura intramuscular, AOL e EGS no contrafilé (Edenburn et al., 2016). Baggerman et al.
266 (2020) alimentaram o gado com adição de Cr na dieta e não encontraram maiores valores
267 para a gordura intramuscular no LD, estando de acordo com este trabalho. Segundo Vellini
268 et al. (2020), não foi possível encontrar diferenças para a EGS e AOL quando os animais
269 foram alimentados com a combinação de zinco e cromo, mesmo o cromo podendo aumentar
270 a disponibilidade de glicose na corrente sanguínea.

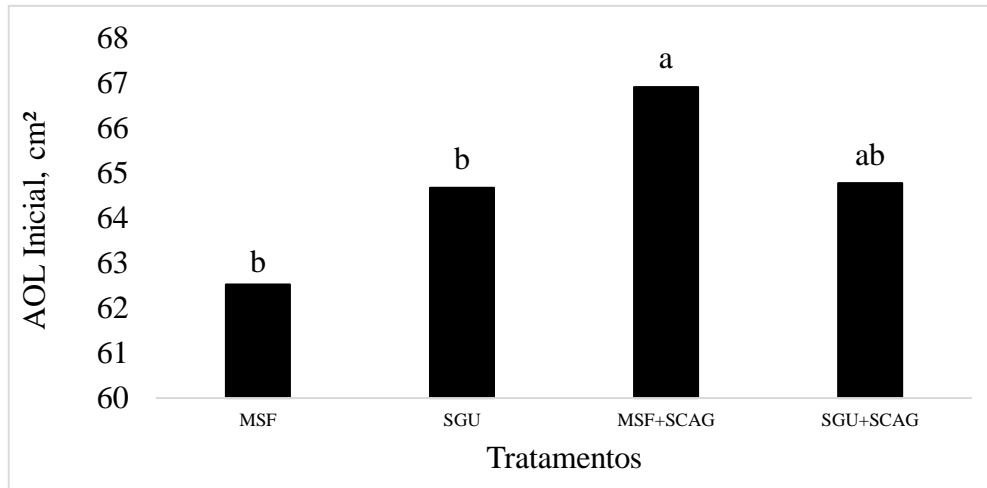
271 Os resultados obtidos sobre as diferenças entre a EGS final e a EGS da P8 eram
272 esperadas para os tratamentos. Animais que receberam apenas MSF tenderam a ter menores
273 quantidades de deposição de gordura em relação aos outros tratamentos. Além disso, animais
274 de alta DEP apresentaram um aumento na deposição de gordura ao realizar apenas o
275 processamento do milho (MSF para SGU). Contudo, animais de baixa DEP necessitaram
276 maiores tecnologias como a inclusão de ZnCr para aumentar a EGS do contrafilé. Em relação
277 a P8, a inclusão de gordura protegida já tendeu a aumentar a deposição adiposa. Utilizar
278 maiores tecnologias na dieta, seja pelo processamento do milho ou a adição de gordura
279 protegida, pode ser alcançado o objetivo de aumentar a deposição de gordura subcutânea
280 independente da DEP, contudo, não houve diferença sobre a deposição de marmoreio. Para
281 o presente estudo, um fator importante foi a genética (*Bos indicus*) dos animais e por eles não
282 serem castrados, o que pode ter influenciado sobre a deposição da gordura subcutânea e
283 intramuscular. A intensificação da deposição do tecido adiposo do animal inicia-se
284 primeiramente na visceral, intermuscular e por fim na subcutânea e intramuscular (Sainz,
285 2004), tendo em vista este ponto, talvez se aumentássemos os dias de confinamento destes
286 animais seria possível favorecer uma maior deposição de tecido adiposo, por haver um maior
287 período para deposição.

288 As porcentagens de marmoreio inicial foram como esperados, já que houve a
289 separação dos animais no início dos experimentos por baixa e alta DEP, podendo ser
290 comprovado a eficiência de separação. Contudo, a hipótese de que a suplementação com
291 ZnCr na dieta fosse aumentar a deposição de gordura intramuscular nos animais não foi como
292 esperado. Mesmo o cromo aumentando sensibilidade à insulina em bovinos de corte,
293 consequentemente diminuindo a glicose da circulação (Anderson, 2003), e o zinco com a
294 ação na enzima gliceraldeído-3-fosfato facilitando a formação de gordura dentro do adipócito
295 (Gupta et al., 2010), não foi possível observar alterações no marmoreio. Com isso, são
296 necessários mais estudos com a utilização de zinco e cromo na dieta de animais *Bos indicus*
297 sobre as características de carcaça.

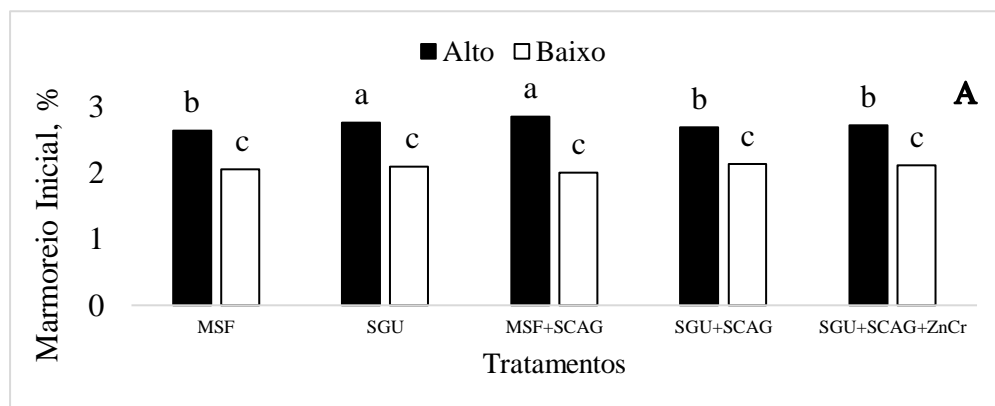
298 **Tabela 2.** Características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com
 299 ou sem gordura protegida + ZnCr.
 300

Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AOL ⁶ inicial, cm ²	62,53	66,91	64,67	64,78	63,24	0,67	1,00	0,01	0,01	0,16	
AOL final, cm ²	82,58	85,28	82,91	83,69	82,17	1,09	0,57	0,15	0,43	0,27	0,04
AOL ganho, cm ²	0,155	0,174	0,159	0,168	0,158	0,01	0,92	0,19	0,62	0,45	
EGS ⁷ inicial, mm	2,70	2,64	2,91	2,86	2,88	0,08	0,02	0,49	0,99	0,86	
EGS final, mm	5,57	6,18	5,96	6,09	6,58	0,18	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
EGS ganho, mm	0,024	0,029	0,027	0,028	0,033	<0,01	0,43	0,06	0,22	0,05	0,03
P8 ⁸ inicial, mm	4,34	4,11	4,39	4,48	4,63	0,113	0,12	0,59	0,23	0,21	
P8 final, mm	8,34	9,25	9,11	9,16	9,58	0,243	0,28	0,13	0,17	0,42	<0,05
P8 ganho, mm	0,034	0,044	0,040	0,041	0,044	0,0026	0,50	0,05	0,10	0,38	
Marmoreio inicial, %	2,34	2,42	2,43	2,41	2,41	0,04	0,52	0,54	0,34	0,84	<0,05
Marmoreio final, %	3,27	3,32	3,36	3,32	3,27	0,06	0,56	0,98	0,54	0,56	

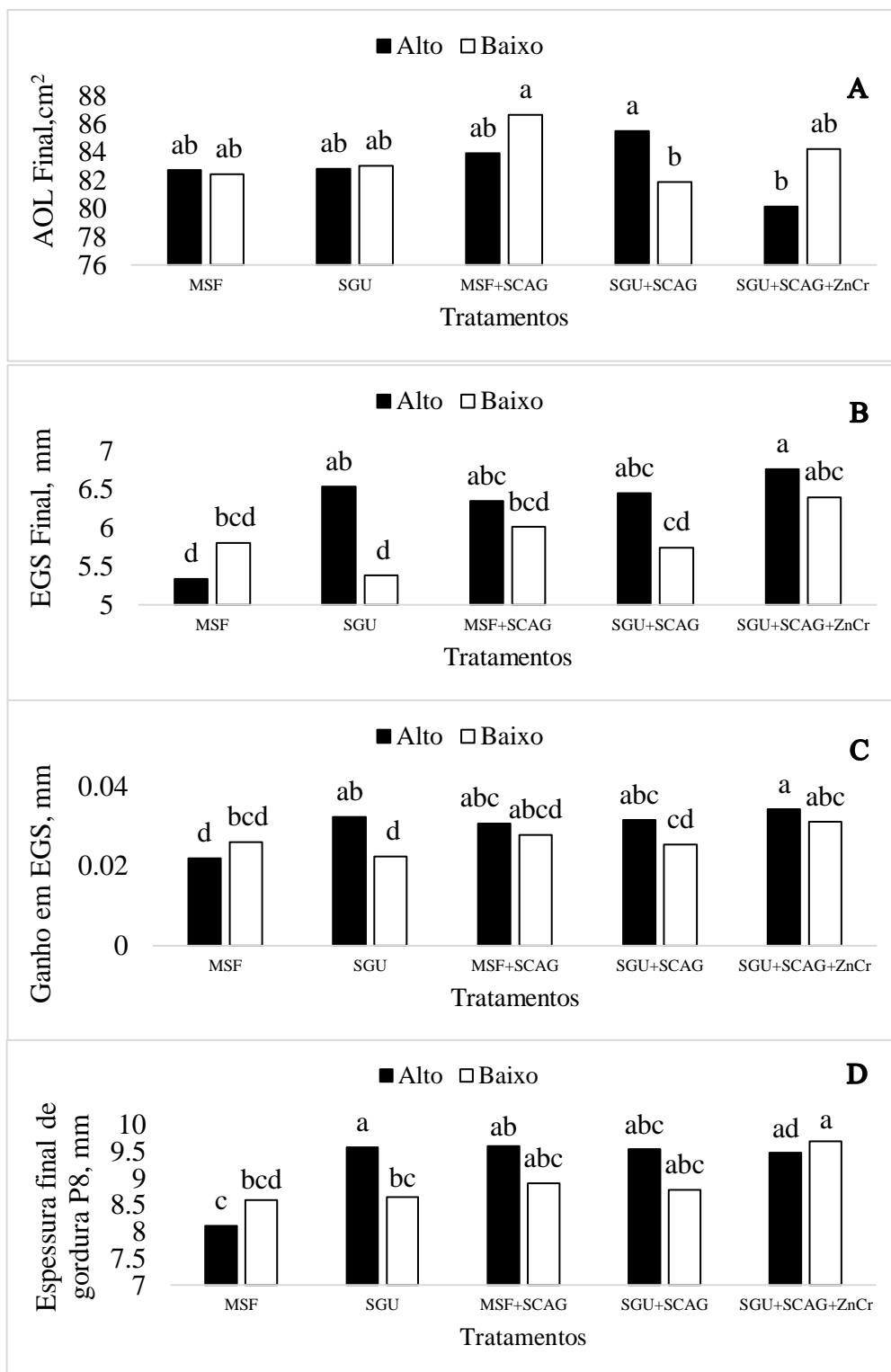
Nota. ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre Milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Área de olho de lombo; ⁷Espessura de gordura subcutânea; ⁸Espessura de gordura na P8.



301 **Figura 3.** Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre a AOL inicial
 302 dos em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de milho seco finamente
 303 moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente
 304 moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG.
 305
 306



307 **Figura 4.** Interação entre a classificação pelas DEP's para marmoreio e o marmoreio inicial
 308 (%) em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em
 309 alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:**
 310 Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:**
 311 Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido
 312 + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
 313 orgânico.



314 **Figura 5.** Influência da DEP na AOL final (A), EGS final (B), ganho em EGS (C) e EGS final
 315 P8 (D). em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados
 316 em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio.
 317 **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF +**
 318 **SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de
 319 milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco
 320 e cromo orgânico.

321 4.2. Composição centesimal e pH

322 Não foi verificada interação entre Milho x Gordura e DEP x Tratamentos ($P>0,05$) para
323 a umidade, cinzas, sódio e pH (Tabela 3). O processamento do milho, a inclusão de SCAG e
324 a adição de zinco e cromo não afetaram a umidade, cinzas, sódio e pH da carne ($P>0,05$).
325 Houve uma interação significativa para a gordura ($P=0,03$), colágeno ($P<0,01$) e PB
326 ($P<0,01$) sendo apresentados na Figura 4.

327 A composição centesimal é um fator importante para a qualidade da carne, podendo ser
328 afetada por fatores como raça, ambiente, dieta e sexo (Sanū et al., 2000). De acordo com
329 Roça (2001), o músculo LD de animais Nelore possuem aproximadamente 75% de água,
330 22% de proteína, 1% de gordura e 1% de minerais. No presente estudo, foram encontradas
331 médias de 72,7% de umidade, 23% de proteína, 2,1% de gordura e 0,73% de cinzas, estando
332 próximos aos valores encontrados na literatura.

333 A medida que o animal envelhece as ligações intermoleculares do colágeno tornam-se
334 mais estáveis e resistentes ao calor, podendo acarretar em carnes menos macias (Ramos e
335 Gomide, 2007). Em relação ao colágeno deste trabalho, animais que consumiram
336 SGU+SCAG apresentaram menores quantidades de colágeno para ambas as DEP's. Deste
337 modo, essa menor porcentagem pode estar relacionada com a diluição maior do colágeno em
338 relação a AOL, pois mesmo com menores porcentagens de colágeno na carne não houve
339 diferença sobre a FC. Contudo, mesmo variando as porcentagens de colágeno nos
340 tratamentos, os valores estão de acordo com a literatura, já que Ramírez-Zamudio et al.
341 (2022) encontraram uma média de 1,40% de colágeno para animais Nelore alimentados com
342 ou sem gordura protegida.

343 A palatabilidade geral da carne bovina foi estabelecida dentro de uma janela de
344 aceitabilidade entre 3 e 7,5% de gordura intramuscular (Savell e Cross, 1988). Esses valores
345 equivalem na classificação do USDA para a carne bovina em “Select” (3% de gordura IM) e
346 “High Choice” (8% de gordura IM). Neste estudo, a média de extrato etéreo na carne foi de
347 2,1%, estando abaixo da janela de aceitação da carne bovina, e por sua vez podendo interferir
348 na palatabilidade e na qualidade da carne.

349 Silva et al. (2009) compararam o processamento do milho (milho seco vs milho úmido)
350 com a inclusão de gordura protegida para animais Nelore confinados, não obtendo resultados
351 significativos para o extrato etéreo em relação ao processamento do milho. Costa et al.
352 (2020), relataram que animais que consumiram gordura protegida apresentaram maiores
353 valores de EE em relação os que não consumiram (2,72% vs 3,10%), divergindo com as
354 médias obtidas neste estudo que foram mais baixas. Ramírez-Zamudio et al. (2022) também

355 testaram a inclusão de gordura protegida em Nelore confinados, não obtendo diferença
356 significativa em níveis de extrato etéreo (média 2,2%), estando similar aos valores
357 encontrados neste estudo que variaram de 1,95 até 2,23% de EE.

358 O aumento da deposição de EE no músculo LD em animais alimentados com
359 SGU+SCAG para alta DEP pode ser explicado pelos animais terem uma maior disposição de
360 deposição de gordura intramuscular, e maior quantidade de glicose disponível. Aumentou-se
361 a entrada de glicose dentro dos adipócitos, podendo ter aumentado o EE da carne. A
362 disponibilidade de glicose pode ter sido obtida através do incremento da dieta com SGU e
363 consequentemente o maior aporte de propionato dentro do rúmen. É possível observar
364 também que a resposta dos animais de baixa DEP quando o SCAG é adicionado ao MSF, há
365 uma tendência de ocorrer o aumento do marmoreio.

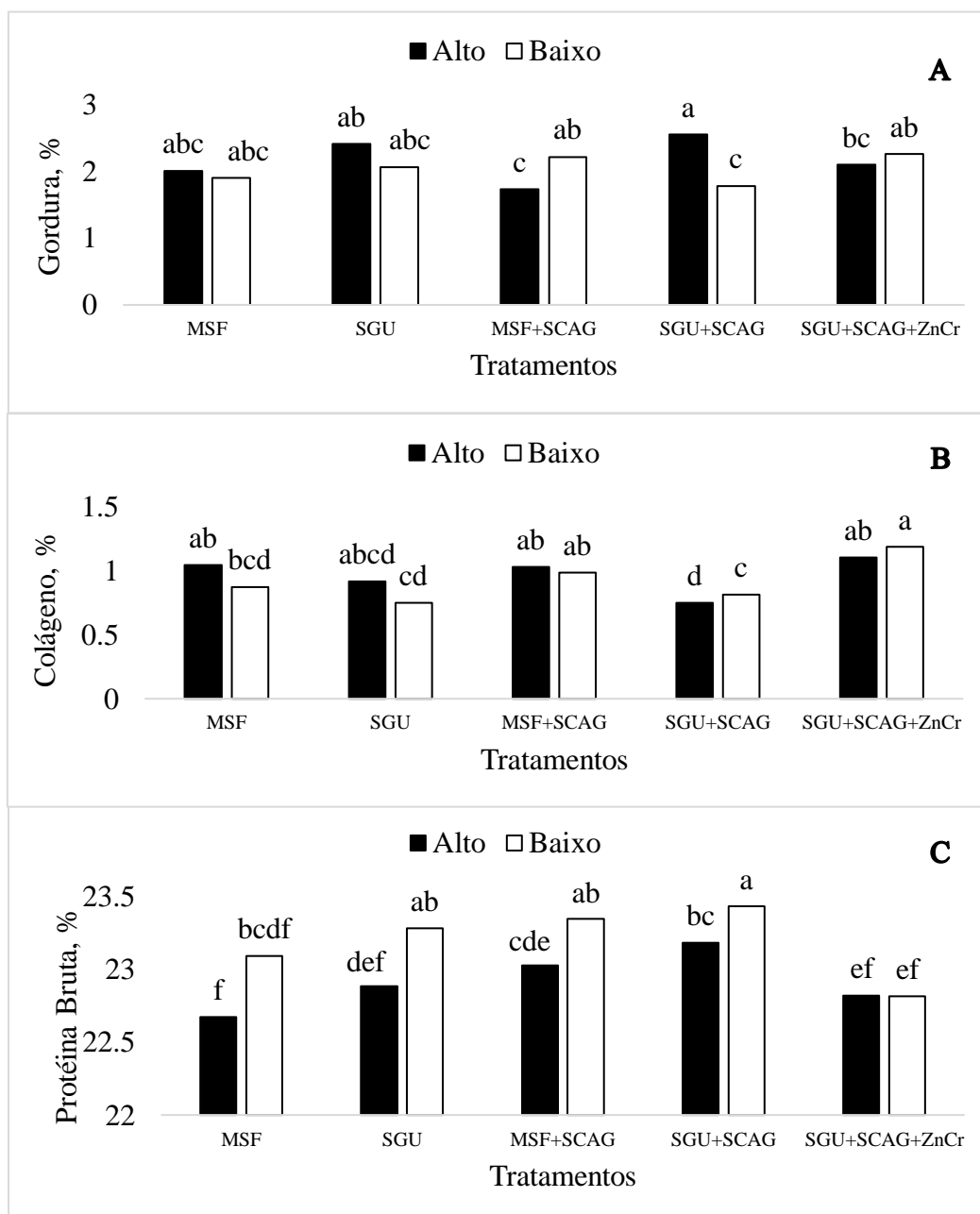
366 É necessário enfatizar que mesmo com a seleção genética de animais de alta e baixa
367 DEP, não foi possível atingir valores mais altos para a gordura IM, contudo, estudar a junção
368 entre genética e a nutrição é um caminho que poderá ser seguido para melhorar a qualidade
369 da carne bovina, além disso, a suplementação gestacional vem como um grande aliado para
370 a qualidade da carne e para o melhor entendimento sobre o aumento do marmoreio.

371 A suplementação gestacional pode afetar positivamente a adipogênese da prole, já que
372 a diferenciação de células adipogênicas ocorre durante o estágio fetal e pós-natal. No estágio
373 fetal em bovinos, ocorre o processo de hiperplasia, sendo a formação de adipócitos enfatizada
374 mais no terço final da gestação e após 250 dias de vida (Uezumi et al., 2011). No segundo
375 estágio, a partir dos 250 dias de idade, começa a ocorrer a hipertrofia, o qual será o processo
376 de enchimento do adipócito, aumentando assim a deposição da gordura IM e seguirá nesse
377 processo até o abate do animal (Du et al., 2010; Du et al., 2013). Neste estudo não foi possível
378 ter o controle sobre as genitoras, porém Ramírez-Zamudio et al. (2022) estudaram plano
379 nutricional materno (suplementação proteica de 1kg/vaca/dia) a fim de observar o
380 desempenho e a qualidade de carne da prole. Contudo, não houve diferenças para o
381 desempenho, deposição de gordura intramuscular e qualidade da carne para os novilhos
382 Nelore.

Tabela 3. composição centesimal e pH da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
Gordura, %	1,95	1,97	2,23	2,17	2,18	0,15	0,16	0,88	0,79	0,93	0,03
Umidade, %	72,86	72,65	72,59	72,76	72,77	0,17	0,68	0,92	0,35	0,95	0,08
PB ⁶ , %	22,89	23,19	23,08	23,31	22,82	0,06	0,02	<0,01	0,54	<0,01	<0,01
Colágeno, %	0,96	1,00	0,83	0,78	1,14	0,05	<0,01	0,98	0,27	<0,01	<0,01
Cinzas, %	0,72	0,74	0,75	0,72	0,72	0,02	0,90	0,73	0,14	1,00	0,53
Sódio, %	0,43	0,41	0,46	0,39	0,38	0,02	0,80	0,06	0,38	0,70	0,25
pH	5,64	5,64	5,62	5,65	5,59	0,04	0,85	0,65	0,71	0,14	0,53

Nota. ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Proteína Bruta.



384 **Figura 6.** Influência da DEP na gordura (A), proteína bruta (B) e no colágeno (C) em animais
 385 Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o
 386 marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho
 387 seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho
 388 seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG;
 389 **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

390 4.3. Força de cisalhamento e Perda de peso por cocção

391 Não foi verificada interação entre Milho x Gordura, DEP x Tratamentos, Tratamento x
392 Maturação e Tratamento x Dep x Maturação ($P > 0,05$; Tabela 4) para FC. O processamento do
393 milho, a inclusão de SCAG e a inclusão de zinco e cromo não afetaram a FC ($P > 0,05$). Por
394 outro lado, carnes maturadas por 14 dias foram mais macias que as maturadas por 4 e 7 dias,
395 as quais não diferiram entre si ($P < 0,01$; Tabela 4).

396 Não foi verificada interação entre Milho x Gordura, Tratamentos x Maturação e
397 Tratamentos x Dep x Maturação ($P > 0,05$) para PPC (Tabela 4). O tempo de maturação não
398 afetou a PPC ($P > 0,05$). Interação significativa foi verificada entre DEP x Tratamentos para
399 PPC ($P < 0,05$; Figura 5).

400 Na tabela 5, foi verificada interação entre Milho x Gordura para a FC. Além disso, a
401 marmorização tanto em relação ao ultrassom, quanto para a composição centesimal houve
402 efeito da adição do zinco e cromo.

403 Neste estudo foram obtidos valores dentro da faixa preconizada para a PPC, sendo entre
404 13,1 a 34,5% (Muchenje et al. 2009). Segundo Grayson et al. (2014), conforme aumenta-se o
405 pH da carne, ocorre uma diminuição de perda de peso por cocção e da maciez, contudo, neste
406 experimento não houve diferença do pH em relação aos tratamentos.

407 A maciez da carne é o atributo mais desejável pelo consumidor, sendo assim, o *United*
408 *States Department of Agriculture* (USDA) estabeleceu padrões de FC para a certificação de
409 maciez, certificando carnes com valor de 4,4kg ou inferior como “macias” e 3,9kg e inferior
410 como “muito macias” (ASTM, 2011). Entretanto, neste experimento não foram encontrados
411 valores de FC que atendessem aos critérios do USDA para carne macia, contudo, os animais
412 apresentaram acabamento de carcaças uniforme (média de 6 mm) evitando assim problemas
413 relacionados com o encurtamento pelo frio. Similarmente, outros autores testaram a adição de
414 gordura protegida na dieta de animais Nelore e mestiços (1/4Nelore × 1/4Santa Gertrudis ×
415 1/2Braunvieh), porém não obtiveram diferenças significativas para a FC e PPC (Fiorentini et
416 al., 2012; Santana et al., 2014; Ramírez-Zamudio et al., 2022). Além disso, os mesmos autores
417 não encontraram carnes com força de cisalhamento abaixo de 4,4kg.

418 Vários fatores podem influenciar a maciez da carne, como a raça, idade, reserva de
419 glicogênio, *rigor mortis*, gordura intramuscular, pH e maturação. Valores mais altos para a
420 força de cisalhamento encontrados neste estudo (5,43kg) podem ser atribuído por alguns fatores
421 como a raça e a condição sexual dos animais. Tendo em vista que os *Bos indicus* podem atingir
422 maiores quantidades de ligações cruzadas de colágeno e possuem maiores atividades da enzima
423 calpastatina, pode estar diretamente ligado ao comprometimento do amaciamento da carne. As

424 concentrações mais elevadas de calpastatina no músculo retardam o início da proteólise *post-*
425 *mortem*, o que confere maior dureza à carne nos primeiros dias de *post-mortem*. (Baker et al.,
426 1989; Wheeler et al. 1990). Ademais, a condição sexual influencia na maciez, já que animais
427 inteiros possuem maiores quantidades de testosterona endógena no organismo, acarretando um
428 aumento nas atividades das calpastatinas, e também maior crescimento muscular (Koochmarai,
429 1990). Desta forma, diversos estudos na literatura encontraram que animais castrados possuem
430 carnes mais macias em relação aos animais inteiros (Costa et al., 2007; Amatayajul-Chantler
431 et al., 2013; Andreo et al., 2013).

432 Com relação a distribuição da FC, quando foi adicionado a SCAG para os MSF e SGU,
433 ou a adição de ZnCr na dieta, houve o aumento da frequência de animais com valores iguais
434 ou menores de FC de 4,4kg. No entanto, existem poucos relatos na literatura sobre o efeito de
435 ZnCr na qualidade da carne. Vellini et al. (2020), relataram um aumento na maciez das carnes
436 (2,86kg) maturadas por um período de 28 dias, quando foi adicionado ZnCr na dieta de bovinos
437 Nelore. Contudo, Genther-Schroeder et al. (2018), adicionaram zinco e ractopamina na dieta
438 de bovinos Angus, e não encontraram diferenças para a FC. Edenburn et al. (2016) não
439 encontraram diferença de FC para o músculo LD de animais alimentados com ZnCr e
440 ractopamina.. Contudo, são necessários mais estudos sobre a suplementação de zinco e cromo
441 na dieta de bovinos em relação a qualidade da carne.

442 Ressalva-se que no presente estudo, à medida que aumentou o período de maturação do
443 contrafilé, ocorreu uma diminuição da FC, demonstrando a eficiência do processo de degradação
444 das proteínas miofibrilares. A maturação é importante para a padronização das carnes em
445 relação á maciez, como demonstrado neste estudo comparando 4 e 14 dias de maturação,
446 encontrou-se FC respectivamente de 5,70kg e 4,72kg tendo o último valor uma diminuição em
447 0,98kg, aproximando-se mais do nível aceitável de maciez (4,4 kg). Aroeira et al. (2016)
448 reportaram FC de 6,83kg, 5,71kg, 5,4kg e 4,88kg para maturações de 0,7,14 e 21 dias para
449 animais *Bos indicus*. Vellini et al. (2020) observaram médias de 4,0kg, 3,52kg e 3,14kg
450 respectivamente para carnes maturadas por 0, 14 e 28 dias. Similarmente, Ferrinho et al. (2021)
451 encontraram valores para a maturação de 1, 7, 14 e 21 dias de 7,79kg, 5,49kg, 4,78kg e 4,72kg.
452 É possível observar uma tendência de que conforme aumenta-se o tempo de maturação a carne
453 torna-se mais macia, até chegar em um ponto em que a atividade proteolítica diminui, sendo
454 desnecessário aumentar ainda mais os dias de maturação.

455 O tempo mínimo de maturação para carne de Nelore é de 7 dias para torná-la mais
456 macia (Bianchini et al., 2007). Entretanto, é possível notar no presente estudo que se
457 adicionássemos um período maior para a maturação das carnes, poderia ser possível diminuir

458 o valor obtido de 4,7kg (14 dias de MAT) para 4,4kg ou menor, enquadrando as carnes do
459 experimento segundo o USDA como “macias”. Desta forma, o período de maturação afeta
460 positivamente os valores de força de cisalhamento, destacando-se para a melhoria da qualidade
461 de carne de animais Nelore.

462 **Tabela 4.** Força de cisalhamento (FC), perda de peso por cocção (PPC) da carne maturada (4, 7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados
 463 alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹		FC (kg)	PPC (%)
Milho Seco	GP-	5,62	30,40
	GP+	5,49	29,50
Milho Úmido	GP-	5,49	29,31
	GP+	5,34	30,78
Milho Úmido	GP+ZnCr	5,09	27,96
Maturação	4	5,70	28,65
	7	5,79	30,23
	14	4,72	29,90
Valor de P	EPM ²	0,14	0,68
	Milho	0,40	0,89
	GP	0,38	0,69
	Milho*GP ³	0,95	0,10
	+ZnCr ⁴	0,23	0,01
	Dep*Trat ⁵	0,08	<0,01
	Mat ⁶	<0,01(L)	0,07
	Trat*Mat ⁶	0,27	0,31
Trat*Dep*Mat ⁸	0,67	0,26	

464 **Nota.** ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco
 465 finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho
 466 úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre Milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + GP
 467 + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Tempo de maturação; ⁷Interação entre tratamentos e tempo de
 468 maturação; ⁸Interação entre tratamentos, DEP e tempos de maturação.

Tabela 5. Distribuição dos tratamentos conforme parametro de força de cisalhamento (FC) e do marmoreio sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.

Tratamentos ¹		Marmoreio (ultrassom) ³		Marmoreio (C.C) ⁴		
		FC (4,4kg) ²	0% - 3%	0% - 4%	0% - 2%	0% - 3%
Milho Seco	GP-	0,0%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
	GP+	16.7%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
Milho Úmido	GP-	16.7%	0,0%	100,0%	50,0%	100,0%
	GP+	50,0%	16.7%	100,0%	50,0%	100,0%
Milho Úmido	GP + ZnCr ⁵	50,0%	0,0%	100,0%	16.7%	100,0%
Valor de P	Milho	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	GP	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	Milho*GP ⁶	<0.01	1,00	1,00	1,00	1,00
	+ZnCr	1,00	<0.01	1,00	<0.01	1,00

Nota. ¹MSF (T1): Grão de milho seco finamente moído; ²SGU (T2): Silagem de grão úmido de milho; ³MSF + SCAG (T3): Grão de milho seco finamente moído + SCAG; ⁴SGU + SCAG (T4): Silagem de grão de milho úmido + SCAG; ⁵SGU + SCAG + ZnCr (T5): Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ⁶Força de cisalhamento abaixo de 4,4kg; ⁷Porcentagem de marmoreio pela análise do ultrassom; ⁸Porcentagem de marmoreio pela análise da composição centesimal; ⁹Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ¹⁰Interação entre milho e gordura protegida.

469

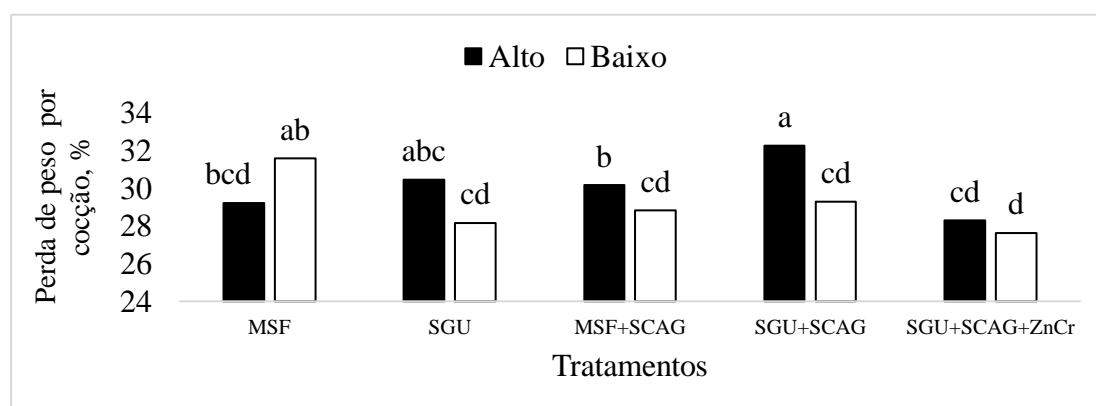


Figura 7. Influência da DEP na perda por cocção em animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

476

4.4. Cor e TBARS

Para a maturação de 7 dias (Tabela 7), foi verificada interação entre Tratamentos x Dep x Display para Hue ($P < 0,01$; Figura 6). Houve interação Tratamento x Display para L* ($P = 0,04$) e a* ($P < 0,01$), apresentados na Figura 7. Foi encontrada interação para os dias de Display ($P < 0,01$; Tabela 6) para todas as variáveis mensuradas. Não foi observado interação

481

482 de Dep*Tratamentos e Dep*Tratamentos*Display para o TBARS. Todavia, houve uma
483 interação entre Tratamentos*Display ($P=0,03$). Houve também um efeito da inclusão de ZnCr
484 para o delta E ($P=0,03$).

485 Para carnes maturadas em 14 dias (Tabela 7), foi verificado interação entre Tratamentos
486 x Dep x Display para L^* ($P=0,05$), a^* ($P<0,01$), b^* ($P<0,01$) e croma ($P<0,01$; Figura 7).
487 Houve também interação entre Tratamentos x Display para Hue ($P=0,05$; Figura 8). Foi
488 observada interação para os dias de Display ($P<0,01$; Tabela 6) para todas as variáveis
489 mensuradas. A inclusão de SCAG ($P<0,01$) e a adição de zinco e cromo ($P<0,01$) na dieta
490 afetaram os valores de delta E .

491 A cor é um dos principais parâmetros para o consumidor escolher a carne na gôndola
492 do supermercado. Em geral neste estudo, os valores de L^* aumentaram e os valores de a^* e b^*
493 diminuíram à medida que aumentou os dias de display, independente dos tratamentos, tempo
494 de maturação ou da classificação das DEP's. Muchenje et al. (2009), descreveram às médias
495 de cor para bovinos, nas quais as médias de L^* variam de 33,2 a 41,0, a^* de 11,1 a 23,6 e b^*
496 variam de 6,1 a 11,3. Segundo Abularach, Rocha & Felício (1998), as carnes são classificadas
497 como escuras quando $L^* \leq 29,68$ e as claras quando $L^* \geq 38,51$; em relação à intensidade do
498 vermelho, consideram $a^* \leq 14,83$ como baixa e $a^* \geq 29,27$ como alta; para intensidade amarela,
499 $b^* \leq 3,40$ como baixa e $b^* \geq 8,28$ como alta. As médias de L^* , a^* e b^* dos tratamentos deste
500 estudo estão de acordo com os dados encontrados na literatura.

501 Segundo Ramírez-Zamudio et al. (2022), a inclusão de gordura protegida na dieta de
502 animais Nelore não alterou os valores de L^* (média 41,1), a^* (média 18,1) e b^* (média 10,5).
503 Similarmente, Vellini et al. (2020) não encontraram diferenças no músculo LD para as
504 variáveis L^* , a^* e b^* quando foi adicionado na dieta dos animais a combinação de Cr e Zn.
505 Estando estes resultados de acordo com o estudo atual.

506 A maturação prolongada pode melhorar a intensidade da cor vermelha dos bifes quando
507 expostos ao oxigênio (Mancini e Ramanathan, 2014), pois possui uma relação entre
508 esgotamento dos substratos disponíveis para funções mitocondriais e também as mudanças
509 estruturais (Tang et al., 2005). Com isso, havendo uma menor competição por oxigênio entre
510 as mitocôndrias e a mioglobina, resulta em uma formação de oximioglobina mais significativa
511 (McKenna et al., 2005). Além disso, conforme aumenta-se o tempo de maturação, as células
512 da estrutura muscular apresentam menores capacidades de retenção de água. Assim, ocorre a
513 exsudação da água para o espaço extracelular, afetando a reflexão da luz e tornando a carne
514 com uma coloração mais clara (Lee et al., 2008). No estudo atual, no dia 0 de display, pode-se
515 observar que bifes maturados por 14 dias tenderam a ter valores de a^* mais elevados do que os

516 bifes de 7 dias de maturação, contudo, os valores de L^* não foram maiores para a maturação
517 de 14 dias.

518 Segundo Holman (2017), existe uma relação entre a aceitação do consumidor e os
519 valores de a^* , onde valores iguais ou superiores a 14,5 são mais aceitos pelos consumidores no
520 momento de escolherem as carnes nas gôndolas. Além disso, bifes maturados a úmido
521 atingiram valores inferiores a 14,5 entre o dia 5 e 6 dias de display. De acordo com isso, os
522 bifes deste estudo atingiram valores inferiores a 14,5 de a^* no dia 5, independente dos dias de
523 maturação. Ou seja, talvez o indicado seria ofertar a carne maturada para o consumidor na
524 gôndola do supermercado até o dia 5, pois após esse período o consumidor já conseguirá notar
525 a diferença da cor e poderá rejeitá-la.

526 Os valores de croma e Hue permitem determinar a intensidade da cor, saturação ou
527 estimar o real escurecimento da carne. Segundo Ramos & Gomide (2007), os valores de h^*
528 descrevem o desenvolvimento da cor do vermelho ao amarelo, onde maiores ângulos indicam
529 menor tonalidade de vermelho, o que está relacionado à menor estabilidade da cor da carne.
530 Geralmente o processo de descoloração da carne é acompanhado pelo aumento dos valores h^*
531 e c^* conforme passam os dias de display (Lee et al., 2005). Neste experimento, conforme
532 foram aumentando os dias de display, os valores de hue foram aumentando e a saturação
533 diminuindo, independente do tratamento, classificação das DEP's ou tempo de maturação.
534 Sendo assim, houve uma descoloração da carne conforme foram aumentando os dias de
535 display.

536 Às variações globais no comportamento da cor (ΔE) são avaliadas pelas diferenças nas
537 coordenadas de cor entre o tempo estimado de armazenamento e o tempo inicial da avaliação,
538 sendo essas alterações de cor perceptíveis ao olho humano (Luciano et. al., 2009). Segundo
539 Mokrzycki e Tatol (2011), valores de delta E acima de 3,5 já é possível notar a diferença da
540 cor da carne pelos olhos humanos. Com isso, podemos notar que neste estudo na maturação de
541 7 e 14 dias, o ΔE obteve uma média de 5. Sendo perceptível a mudança de cor pelos
542 consumidores. Andrade et al. (2010), em carnes de Nelore e Red Norte, observaram que à
543 medida que foi aumentando o tempo de maturação das carnes de 7 (média 3,37), 14 (média
544 11,95) e 21 (12,81) dias, as médias de ΔE foram aumentando linearmente.

545 Controlar a exposição da carne ao oxigênio é indispensável para alcançar o atrativo da
546 cor brilhante, entretanto, quando a exposição é prolongada faz com que a oxidação da carne
547 aumente e diminua o frescor (Ramanathan et al., 2020). O processo de oxidação lipídica pode
548 ser afetado por maiores concentrações de oxigênio, afetando a estabilidade oxidativa de lipídios

549 no músculo e alterando os atributos sensoriais pelo desenvolvimento de ranço na carne
550 (Jeremiah, 2001).

551 Segundo Campo et al. (2006), valores de TBARS superiores a 2,28 mg de MDA/ kg
552 de carne apresentam qualidade inferior, pelo fato de apresentarem o sabor rancificado, típico
553 da oxidação lipídica. Correa et al. (2014), em carnes de animais Nelore, observaram que
554 conforme foram passando os dias de display ocorreu um aumento da oxidação lipídica, na qual
555 nos dias 0 e 3 os valores de TBARS foram respectivamente (0,12 e 0,16). Além disso, à medida
556 que aumentou o tempo de maturação da carne, ocorreu também um aumento nos valores de
557 TBARS, o que já é esperado pelo fato de existirem processos metabólicos que geram radicais
558 livres responsáveis pela oxidação lipídica, independente da presença de oxigênio.

559 Os valores de TBARS do presente estudo foram inferiores aos encontrados na literatura,
560 podendo demonstrar que mesmo ao passar do tempo nos dias de display, a oxidação lipídica foi
561 menor, podendo estar ligado a uma menor quantidade de gordura intramuscular na carne.
562 Esperava-se que com o passar do tempo da carne no display, ocorresse um aumento nos valores
563 de TBARS, entretanto, não foi possível observar esse aumento dos valores do TBARS nos
564 tratamentos, apenas no tratamento com a adição de ZnCr.

565 Animais alimentados com ZnCr apresentaram maiores oxidações lipídicas entre o dia 0
566 e 6 dias, em relação aos outros tratamentos. Além disso, foi possível notar que os valores de
567 ΔE foram maiores em comparação a inclusão de SGU+SCAG para ambas as maturações.
568 Entretanto, não há estudos sobre o efeito da suplementação de Zn e Cr na oxidação lipídica em
569 bovinos. Sendo assim, mesmo havendo esse aumento na oxidação lipídica pelo período de
570 display, é possível notar valores inferiores ao 2,28 mg de MDA/kg de carne, dificultando o
571 consumidor a sentir o sabor rancificado da carne.

Tabela 6. Protocolos nutricionais de bovinos Nelore confinados sobre a avaliação instrumental e TBARS (mg MDA/kg) do músculo *Longissimus dorsi* maturados (7 e 14 dias) durante 0, 3 e 6 dias de display.

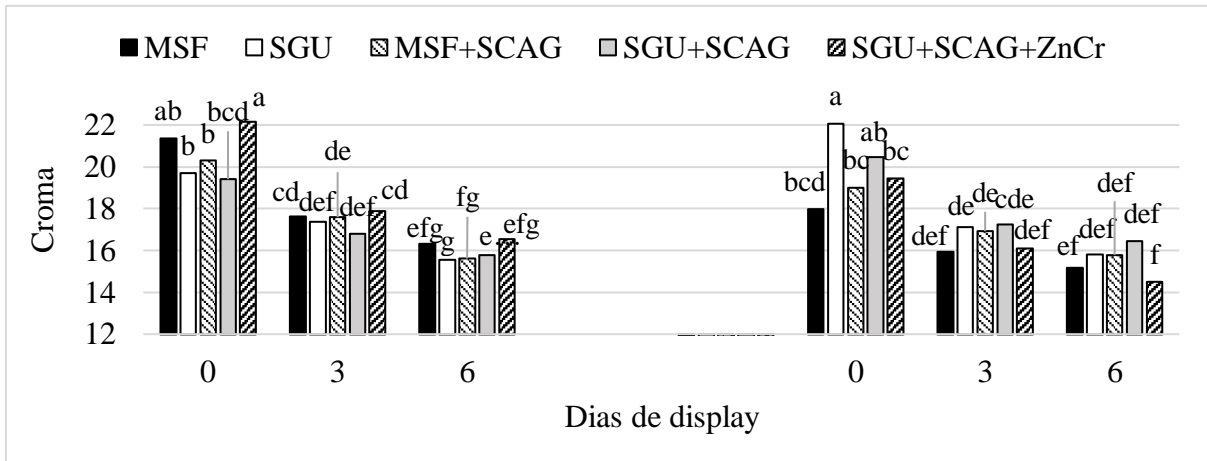
Tratamentos ¹	7 dias de maturação								14 dias de maturação					
	TBARS	L* ²	a* ³	b* ⁴	Croma	Hue	ΔE ⁵	L*	a*	b*	Croma	Hue	ΔE	
Milho Seco	GP-	0,06	41,54	15,16	7,75	17,07	27,10	5,18	40,22	16,07	8,48	18,24	27,79	5,90
	GP+	0,06	40,92	15,58	7,86	17,44	26,85	4,38	40,15	15,78	8,01	17,66	27,00	3,18
Milho Úmido	GP-	0,04	41,88	15,69	8,01	17,63	27,11	5,53	41,46	15,66	8,21	17,71	27,70	5,84
	GP+	0,10	42,03	15,55	8,10	17,53	27,47	4,36	40,61	15,83	8,32	17,83	27,81	4,41
Milho Úmido	GP+ZnCr	0,09	41,65	15,41	8,13	17,42	27,84	5,85	41,11	15,52	8,13	17,54	27,72	6,08
Valor de P	EPM ⁶	0,02	0,43	0,34	0,29	0,47	0,26	0,60	0,79	0,26	0,25	0,42	0,30	0,40
	Milho	0,58	0,10	0,50	0,35	0,56	0,08	0,83	0,12	0,55	0,95	0,69	0,19	0,24
	GP	0,11	0,59	0,71	0,71	0,80	0,75	0,22	0,38	0,84	0,49	0,63	0,22	<0,01
	Milho*GP ⁷	0,10	0,37	0,45	0,98	0,68	0,09	0,81	0,45	0,45	0,28	0,45	0,10	0,20
	+ZnCr ⁸	0,80	0,54	0,80	0,94	0,87	0,43	0,03	0,30	0,21	0,33	0,25	0,78	<0,01
	Dep*Trat ⁹	0,40	0,60	0,12	0,29	0,09	0,15	0,14	0,03	0,15	0,08	0,10	0,24	0,10
	Display ¹⁰	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-
	Trat*Display ¹¹	0,03	0,04	0,08	<0,01	0,09	0,07	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	-
	Trat*Dep*Display ¹²	0,06	0,12	0,37	0,24	0,01	0,32	-	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	-

Nota. ¹MSF (T1): Grão de milho seco finamente moído; ²SGU (T2): Silagem de grão úmido de milho; ³MSF + SCAG (T3): Grão de milho seco finamente moído + SCAG; ⁴SGU + SCAG (T4): Silagem de grão de milho úmido + SCAG; ⁵SGU + SCAG + ZnCr (T5): Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ⁶Cor L* = luminosidade; ⁷Cor a* = coloração vermelha; ⁸Cor b* = coloração amarela; ⁹Variações globais no comportamento da cor; ¹⁰Erro Padrão Médio; ¹¹Interação entre Milho e gordura protegida; ¹²Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ¹³Interação entre DEP e tratamentos; ¹⁴Os dados de display estão localizados na Tabela 7. ¹⁵Interação entre tratamentos e dias de display; ¹⁶Interação entre tratamentos, DEP e dias de display.

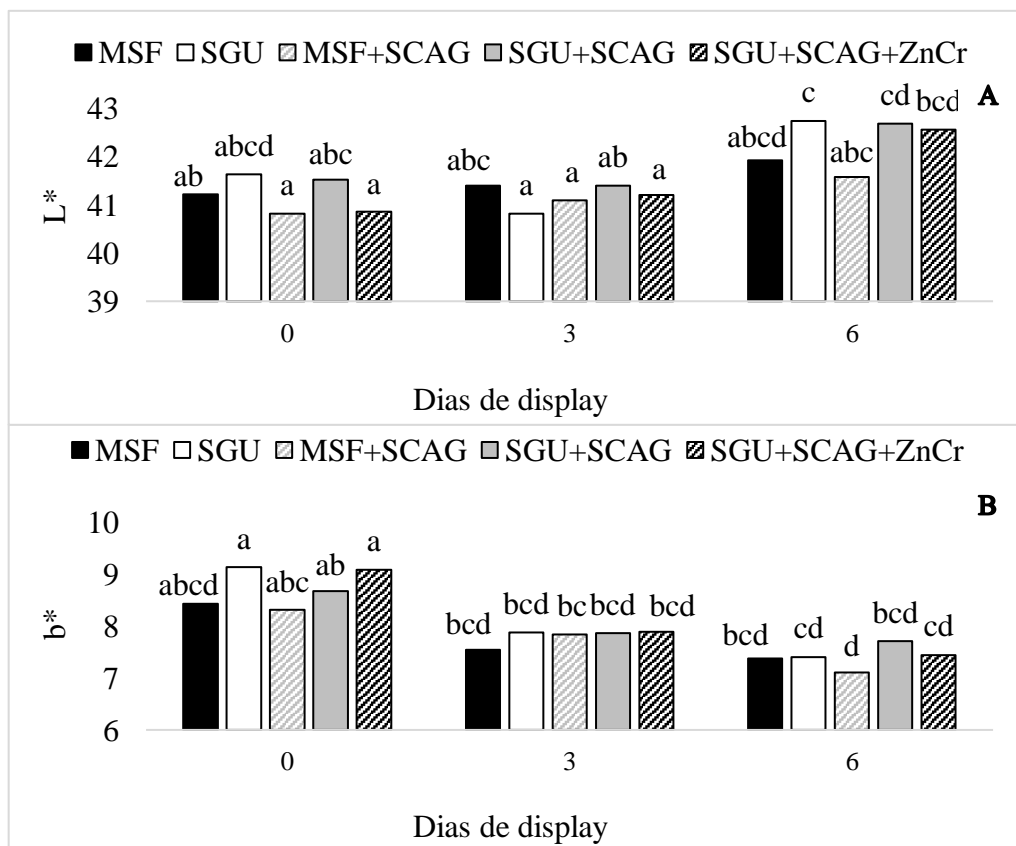
Tabela 7. Avaliação instrumental de luminosidade (L*), coloração vermelha (a*), coloração amarela (b*) do músculo *Longissimus dorsi* maturados (7 e 14 dias), sobre os efeitos de diferentes protocolos nutricionais para bovinos Nelore confinados.

Dias de display	7 dias de maturação			14 dias de maturação		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	41,21 ^b	18,18 ^a	8,73 ^a	40,04 ^b	18,56 ^a	8,92 ^a
1	42,37 ^a	16,47 ^b	8,27 ^{ab}	40,70 ^a	17,33 ^b	8,56 ^b
2	41,98 ^a	15,68 ^c	7,94 ^{bc}	40,72 ^a	16,37 ^c	8,29 ^c
3	41,19 ^b	15,19 ^d	7,80 ^{cd}	41,03 ^a	15,55 ^d	8,16 ^{cd}
4	41,20 ^b	15,55 ^e	7,77 ^{bcd}	40,85 ^a	14,81 ^e	8,05 ^{cd}
5	40,97 ^b	14,42 ^e	7,90 ^{bcd}	40,81 ^a	14,17 ^f	7,88 ^{de}
6	42,30 ^a	13,86 ^f	7,42 ^d	40,88 ^a	13,63 ^g	7,72 ^e
EPM	0,240	0,199	0,210	0,696	0,180	0,177
Valor de P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

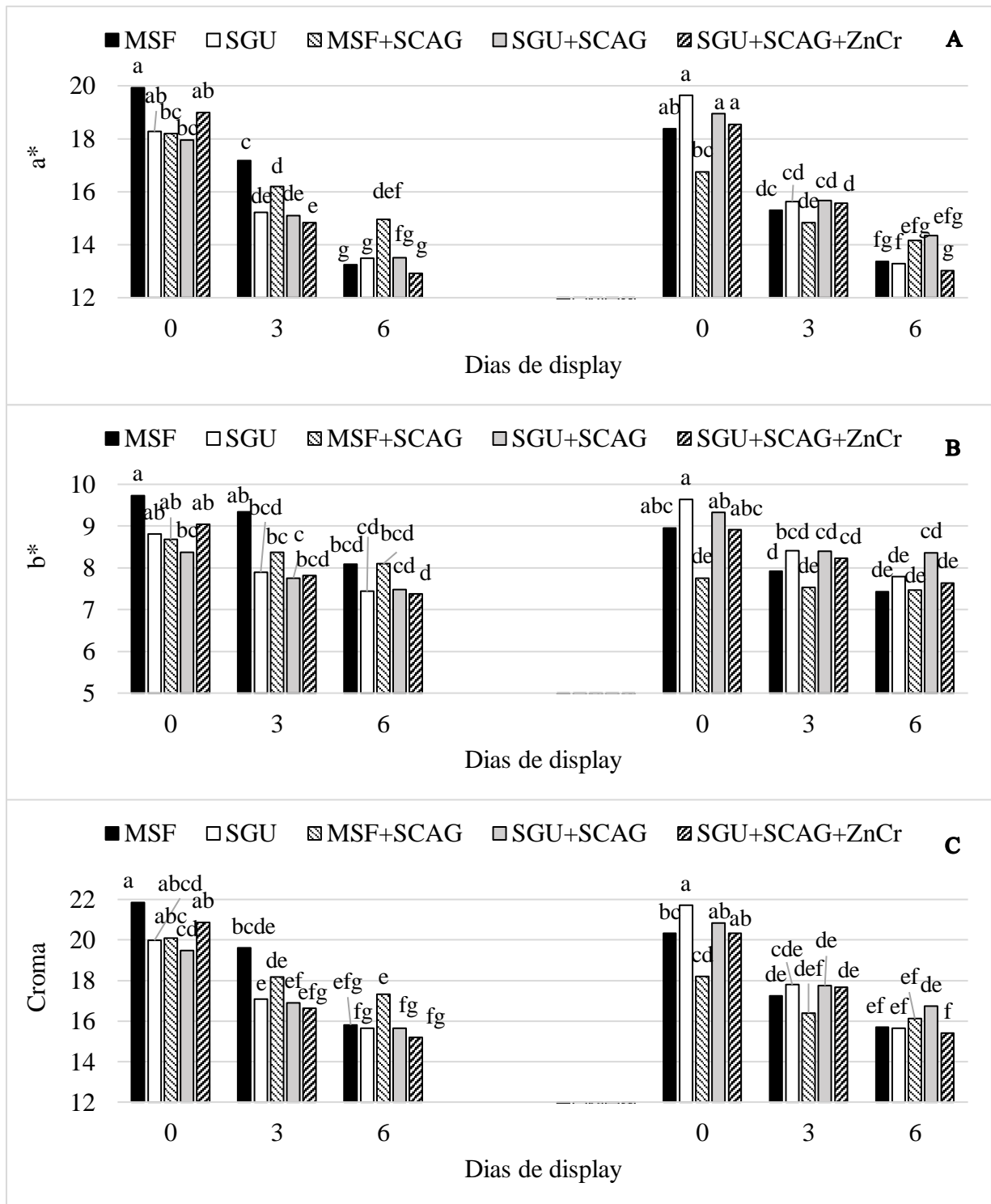
a-e Significa na mesma coluna com diferentes sobrescritos.



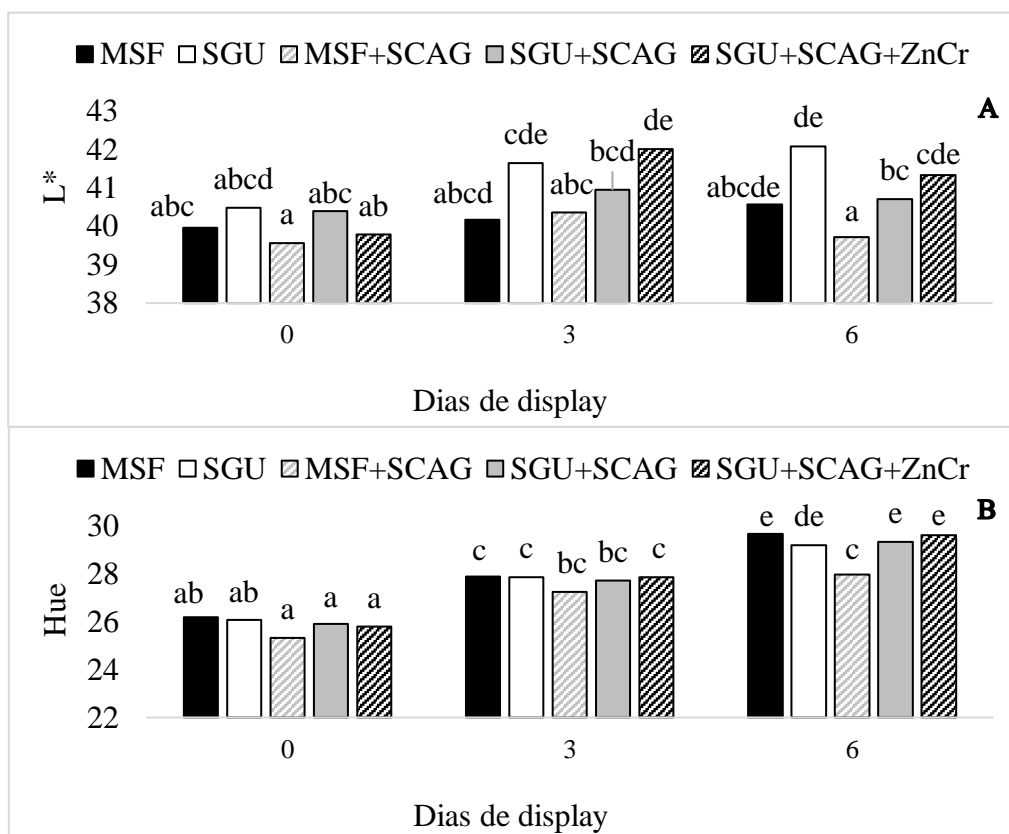
574 **Figura 8.** Influência da DEP e dias de display (0, 3 e 6) no croma do músculo *Longissimus*
 575 *dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. Na figura da
 576 direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da esquerda os
 577 animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:**
 578 Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído +
 579 SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem
 580 de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.



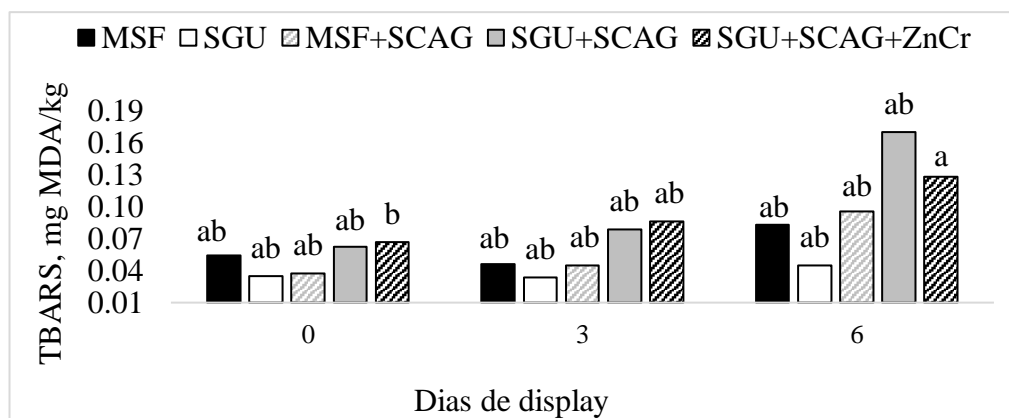
581 **Figura 9.** Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L*(A) e b*(B) no músculo *Longissimus*
 582 *dorsi* com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão
 583 de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão
 584 de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido +
 585 SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
 586 orgânico.



587 **Figura 10.** Influência da DEP e dias de display no a*(A), b*(B) e cromat(C) no músculo
 588 *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento.
 589 Na figura da direita são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e na figura da
 590 esquerda os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente
 591 moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente
 592 moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP +**
 593 **ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.



594 **Figura 11.** Influência dos dias de display (0, 3 e 6) no L* (A) e Hue (B) no músculo
 595 *Longissimus dorsi* com maturação de 14 dias, em animais Nelore terminados em confinamento.
 596 **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF +**
 597 **SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de
 598 milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco
 599 e cromo orgânico.
 600



601 **Figura 12.** Influência dos dias de display (0, 3 e 6) do TBARS no músculo *Longissimus dorsi*
 602 com maturação de 7 dias, em animais Nelore terminados em confinamento. **MSF:** Grão de
 603 milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de
 604 milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido +
 605 SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
 606 orgânico.

607 4.5. Perfil de ácidos graxos

608 Os resultados do perfil dos ácidos graxos do músculo LD estão apresentados na Tabela
 609 8. Houve interação entre Tratamento x DEP para AGS ($P=0,02$; Figura 13), C14:00 ($P=0,04$),
 610 C16:0 ($P<0,01$), AGI ($P=0,04$; Figura 13), MUFA ($P<0,01$; Figura 14), C14:1 ($P=0,05$),
 611 C18:1 ($P<0,001$; Figura 14), PUFA ($P=0,04$), C20:4 n-6 ($P=0,02$), AGI:AGS ($P=0,01$),
 612 MUFA: AGS ($P=0,05$), PUFA: AGS ($P=0,03$) e ômega 3 ($P<0,01$). Foi encontrada interação
 613 entre Milho x Gordura para C12:0 ($P=0,01$), C16:1 ($P<0,001$), C18:3 n-3 ($P<0,01$), C18:2
 614 ($P<0,01$; Figura 15), Ômega 6 ($P<0,01$), Ômega 6/ Ômega 3 ($P=0,03$), Delta9/Des16
 615 ($P<0,01$), Delta9/Des18 ($P<0,01$). Houve efeito da inclusão de ZnCr para C18:3 n-3
 616 ($P=0,04$), C18:2 ($P=0,02$), Ômega 6 ($P=0,02$), Ômega 6/ Ômega 3 ($P<0,01$), Delta9/Des18
 617 ($P<0,01$).

618 Os perfis dos ácidos graxos da gordura subcutânea estão apresentados na Tabela 9.
 619 Foi verificada interação em Tratamento x DEP para AGS ($P<0,01$), C14:0 ($P=0,03$), C16:0
 620 ($P<0,001$), C18:0 ($P<0,001$), AGI ($P<0,001$; Figura 16), MUFA ($P<0,001$; Figura 16), C16:1
 621 ($P<0,001$), C18:1 ($P<0,01$), C18:3 n-3 ($P=0,01$), C20:4 n-6 ($P<0,01$), AGI: AGS ($P<0,001$),
 622 MUFA: AGS ($P<0,01$), PUFA:AGS ($P<0,001$), n-6:n-3 ($P=0,02$), Delta9/Des16 ($P=0,01$).
 623 Foi observado interação entre Milho x Gordura para C12:0 ($P<0,01$), C14:1 ($P=0,04$), PUFA
 624 ($P<0,01$), C18:2 ($P<0,01$), Ômega 6 ($P<0,001$) e Delta9/Des18 ($P<0,01$). Houve efeito da
 625 inclusão de ZnCr para o Ômega 6 ($P<0,01$).

626 Os ácidos graxos oleico, palmítico e esteárico são os AG mais abundantes na carne,
 627 totalizando aproximadamente 80% do total. Segundo Duckett et al. (1993), a carne de bovinos
 628 contém 49% de AGS, 45% MUFA e 6% de PUFA, sendo similar aos resultados obtidos no
 629 presente estudo (médias: 42,5%; 48,9% e 8,2%). De modo geral, animais alimentados com
 630 grãos tendem a diminuir a porcentagem de AGS e aumentar o MUFA (Smith, 2016). E assim,
 631 aumentar a quantidade de MUFA, sendo o ácido oleico (C18:1 *cis*-9) o mais abundante, pode-
 632 se observar efeitos benéficos para a saúde humana, principalmente evitar problemas
 633 cardiovasculares, por diminuir o colesterol LDL e aumentar o colesterol HDL (Micha e
 634 Mozaffarian, 2010). Ademais, o ácido oleico pode influenciar na estimulação da síntese
 635 lipídica a partir da glicose no marmoreio e da lipogênese a partir do acetato (Smith e Johnson,
 636 2016), e ainda ajudar na expressão da enzima esteroil-CoA dessaturase (ou delta-9
 637 dessaturase).

638 Os bovinos possuem a capacidade de transformar os ácidos graxos palmíticos (C16:0)
 639 em esteárico (C18:0) e posteriormente em oleico (C18:1 *cis*-9), através do alongamento e
 640 dessaturação da cadeia de AG. Deste modo, a enzima esteroil-CoA dessaturase insere uma

641 dupla ligação na posição delta-9 dos ácidos esteárico e palmítico, transformando-os em ácidos
642 oleico e em palmitoléico respectivamente (St John et al., 1991).

643 No presente trabalho, apesar da adição de SCAG, na qual possui maiores quantidades
644 de C16:0 e C18:1, não foi possível observar o aumento significativo do C18:1 *cis*-9 no
645 músculo LD e na gordura subcutânea para animais suplementados com SCAG. Além disso,
646 animais que receberam SCAG aumentaram as porcentagens do C18:0, porém este AG
647 aparentemente não sofreu efetivamente a ação da delta-9 dessaturase para se transformar em
648 C18:1 *cis*-9, e conseqüentemente o C18:0 pode ter se perdido ao longo do caminho. Deste
649 modo, o SCAG pode estar aumentando o alongamento de C16:00 para C18:00, porém não
650 está ocorrendo a dessaturação do ácido graxo.

651 Havia a hipótese de que a adição de SCAG aumentaria a deposição de AGI na carne,
652 contudo, não foi sustentado já que houve a diminuição de AGI quando foi adicionado SCAG
653 na dieta. Além disso, os resultados de MUFA mostraram que quando foi adicionado SCAG
654 no MSF houve a diminuição de MUFA, contudo, adicionando SCAG no SGU aumentou a
655 MUFA para animais de alta DEP. Similar a estes resultados, Silva et al. (2009) observaram
656 que a inclusão de SCAG aumentou o C18:0 (13,6 vs 15,1) e diminuiu o C18:1 *cis*-9 (41,1 vs
657 37,1) em comparação aos animais controle. Contudo, Costa et al. (2021), não encontraram
658 diferenças para C18:1 *cis*-9, C18:2 *cis*-9, *cis*-12, AGS, MUFA, PUFA, C16:0 quando os
659 bovinos Nelore foram suplementados com SCAG.; entretanto, observaram que animais não
660 suplementados obtiveram maiores concentrações de C18:0. Diferentemente, Nascimento et
661 al. (2020) observaram que animais sem adição de SCAG na dieta obtiveram maiores
662 resultados para MUFA e MUFA: AGS, pelas concentrações maiores de AG palmitoleico
663 (C16:1 *cis*-9) e oleico, em comparação aos animais que estavam recebendo a gordura
664 protegida.; além disso, animais que consumiram SCAG obtiveram maiores concentrações de
665 linoleico (C18:2) e uma maior tendência de concentração de PUFA. Em contrapartida, Vellini
666 et al. (2020) não encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos da carne de animais *Bos*
667 *indicus* quando foi adicionado na dieta ZnCr em comparação com os animais não
668 suplementados.

669 As médias encontradas para n-6: n-3 foram respectivamente de 7,97 e 14,6 para a
670 carne e a gordura subcutânea. Sabe-se que a recomendação de n-6: n-3 é de 4,0 na dieta total
671 para a população, pois podem estar relacionados com o desenvolvimento de câncer ou
672 problemas cardiovasculares (Wood et al., 2003; Giuffruda-Mendoza et al., 2015).
673 Similarmente a este trabalho, outros estudos também reportaram valores acima de 4,0 para
674 bovinos submetidos a um sistema intensivo (Silva et al., 2009; Vellini et al., 2020). De acordo

675 com Juarez et al. (2010) e Calabro et al. (2014), altos valores para n-6/n-3 podem estar
676 relacionados com a alta quantidade de grãos nas dietas de confinamento, resultando em baixas
677 concentrações de n-3 na carne. Contudo, Hwang e Joo (2016) observaram que músculos com
678 menores quantidade de gordura intramuscular apresentaram maiores proporções de n-6/n-3;
679 além disso, a porcentagem de PUFA foi menor em carnes com maiores quantidades de
680 gordura.

681 De acordo com Stajic et al. (2011), a proporção de PUFA/AGS recomendada é de 0,45
682 ou acima. No presente trabalho, foram encontrados médias para a carne de 0,19 e para a
683 gordura de 0,05, sendo estes valores abaixo do nível recomendado. Além disso, foi possível
684 observar que quando adicionado na dieta o SCAG, houve uma maior deposição de PUFA na
685 carne e na gordura subcutânea, entretanto, essa porcentagem não influenciou em uma maior
686 oxidação lipídica. Nascimento et al. (2020) reportaram uma média de 0,22 PUFA:AGS para
687 o músculo LD, e a média de 0,20 foi encontrada por Oliveira et al. (2012), além de 0,16
688 reportado por Vellini et al. (2020). Sendo assim, as médias encontradas neste trabalho estão
689 de acordo com a literatura.

690 O ácido linoleico é obtido em sua maior proporção através de níveis elevados de
691 alimentos concentrados, e este ácido pode sofrer no rúmen a biohidrogenação, resultando em
692 ácidos graxos monoinsaturados e saturados, ficando disponível uma quantidade pequena para
693 de ácido linoleico ser depositado nos tecidos. Contudo, quando é realizado a proteção do
694 lipídio através de sais cálcicos, o ácido linoleico pode ser mais incorporado pelos tecidos.
695 Com isso, foi possível observar uma maior quantidade de ácido linoleico na carne dos animais
696 quando foi adicionado SCAG no MSF.

697 A adição de SCAG na dieta aumentou as porcentagens de AGS para os animais
698 Nelore. Existem recomendações para a diminuição do consumo de AGS em dietas de
699 humanos, com a alegação que esses ácidos graxos possam ocasionar o aumento do colesterol
700 e LDL (Vahmani, 2020). Contudo, estudos recentes começaram a questionar as
701 recomendações dietéticas atuais contra o consumo de AGS, relatando que a ingestão de AGS
702 não está associada ao aumento de riscos cardiovasculares (Renna et al., 2019; Visioli e Poli,
703 2020). Sendo assim, são necessários mais estudos para entender melhor os efeitos dos AGS e
704 a relação com a saúde humana, e com isso informar a população que por muitas vezes passam
705 a diminuir o consumo de carne vermelha por receberem informações equivocadas sobre a
706 ingestão de carnes.

707

Tabela 8. Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

AG total em % Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	EPM ²	Milho	Valor de P			
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr			GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AGS ⁶	41,8	41,6	40,1	43,3	41,8	0,72	0,93	0,03	0,02	0,11	0,02
C12:0 (láurico)	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	<0,01	0,89	<0,01	0,01	0,80	0,06
C14:0 (mirístico)	2,74	2,53	2,32	3,00	2,84	0,14	0,87	0,09	<0,01	0,45	0,04
C16:0 (palmítico)	23,4	22,8	22,5	24,3	23,6	0,48	0,50	0,16	<0,01	0,25	<0,01
C18:0 (esteárico)	12,0	12,9	11,8	12,5	12,0	0,63	0,30	0,01	0,70	0,29	0,62
<i>Insaturados</i>	57,9	57,7	59,2	56,5	57,9	0,65	0,93	0,03	0,06	0,21	0,04
<i>MUFA</i> ⁷	50,9	43,4	48,0	49,8	49,3	0,91	0,06	<0,01	<0,001	0,63	<0,01
C14:1 (miristoléico)	0,87	0,68	0,66	0,83	0,82	0,04	0,51	0,71	<0,01	0,80	0,05
C16:1 <i>cis</i> -9 (palmitoléico)	3,41	2,71	3,16	3,23	3,41	0,10	0,20	<0,01	<0,001	0,20	0,28
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleico)	41,2	34,2	38,5	38,7	40,0	1,01	0,30	<0,001	<0,001	0,80	<0,001
<i>PUFA</i> ⁸	7,06	14,3	11,2	6,7	8,6	1,01	0,09	0,19	<0,001	0,18	0,04
C18:3 n-3 (α -linolênico)	0,12	0,07	0,09	0,12	0,09	0,01	0,33	0,39	<0,01	0,04	0,09
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 (linoleico)	4,08	9,19	6,36	3,47	5,50	0,69	0,06	0,21	<0,01	0,02	0,15
C20:4 n-6 (araquidônico)	1,36	2,50	2,31	1,36	1,39	0,21	0,68	0,65	<0,001	0,90	0,02
AGI:AGS ⁹	1,40	1,42	1,50	1,31	1,39	0,04	0,93	0,05	0,01	0,19	0,01
MUFA:AGS	1,23	1,04	1,20	1,16	1,19	0,03	0,16	<0,01	0,02	0,46	0,05
PUFA:AGS	0,17	0,38	0,29	0,15	0,20	0,04	0,16	0,03	<0,001	0,29	0,03
Ômega 3	0,56	0,84	0,86	0,57	0,54	0,06	0,83	0,96	<0,001	0,69	<0,01
Ômega 6	4,10	9,21	6,40	3,50	5,53	0,69	0,06	0,21	<0,01	0,02	0,15
Ômega 6/ Ômega 3	8,07	10,6	7,18	6,24	10,0	1,11	<0,01	0,30	0,03	<0,01	0,26
Delta9/Des16	12,8	10,5	12,2	11,7	12,6	0,33	0,31	<0,001	<0,01	0,06	0,40
Delta9/Des18	77,4	72,4	76,4	75,5	76,3	0,69	0,12	<0,001	<0,01	<0,01	0,41

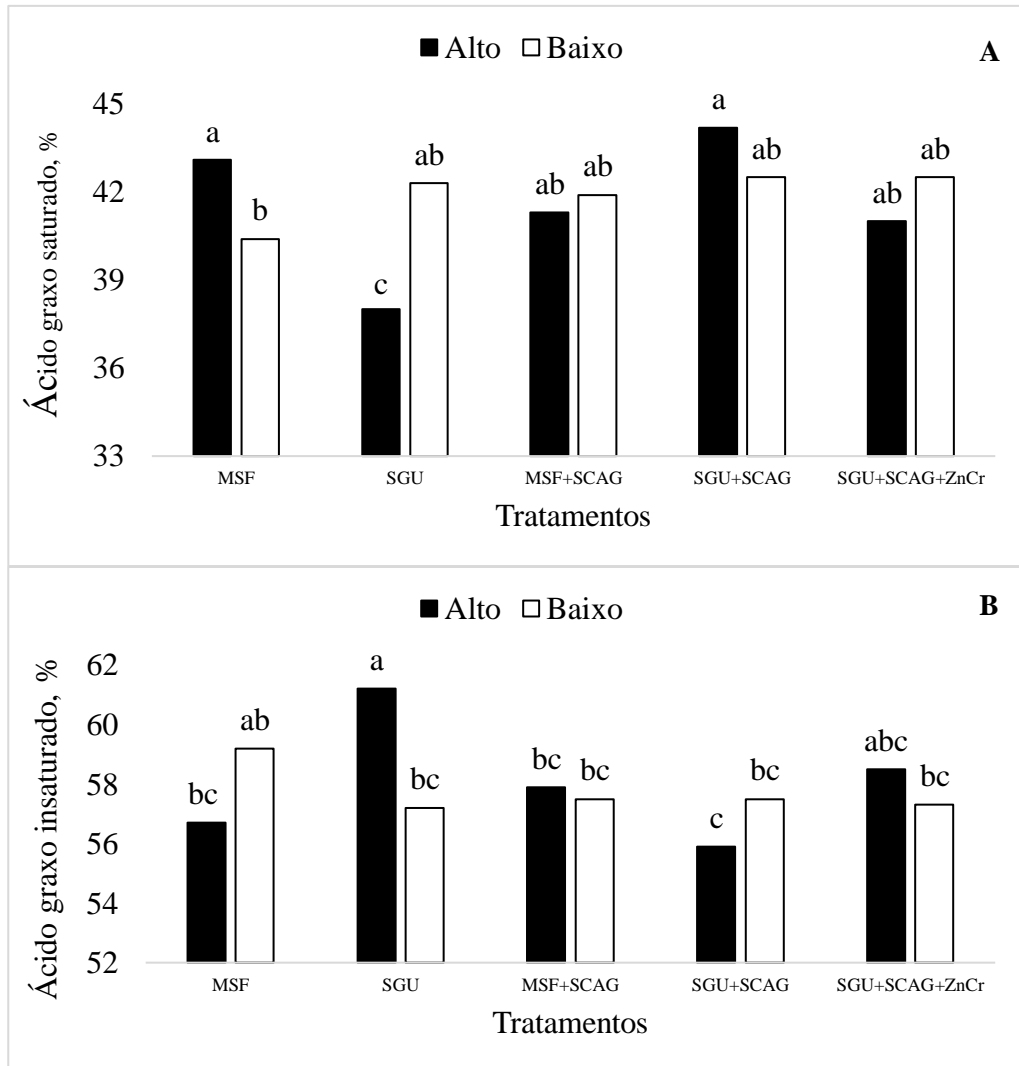
Nota. ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Ácidos graxos saturados; ⁷Ácidos graxos monoinsaturados; ⁸Ácidos graxos poli-insaturados; ⁹Relação entre ácidos graxos insaturado e saturados.

708

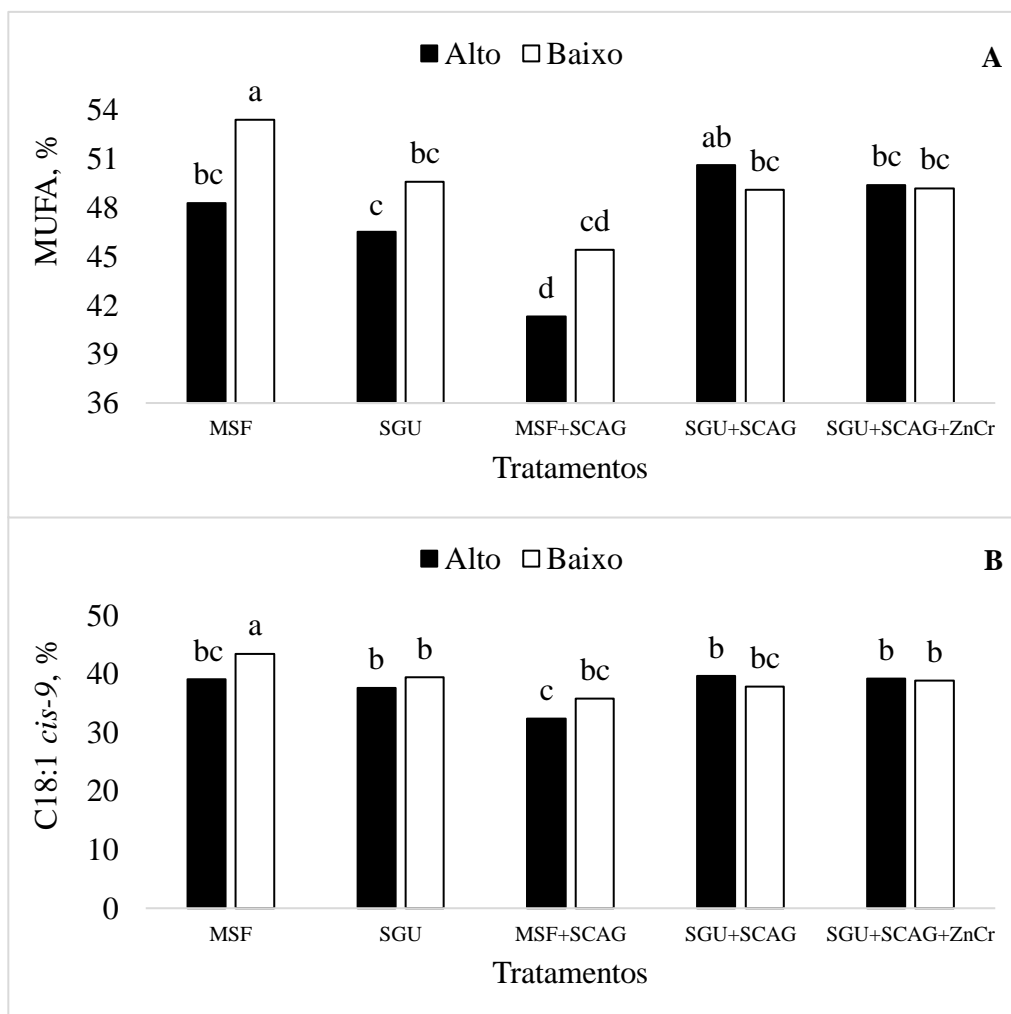
Tabela 9. Perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea de bovinos Nelore confinados alimentados com dieta de alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

AG total em % Tratamentos ¹	Milho Seco		Milho Úmido		Milho Úmido	Valor de P					
	GP-	GP+	GP-	GP+	GP+ZnCr	EPM ²	Milho	GP	Milho*GP ³	ZnCr ⁴	Dep*Trat ⁵
AGS ⁶	43,5	43,3	42,1	45,1	42,8	0,60	0,14	0,09	0,05	<0,01	<0,01
C12:0 (láurico)	0,07	0,09	0,08	0,09	0,09	<0,01	0,25	<0,01	0,36	0,46	0,09
C14:0 (mirístico)	3,57	3,52	3,65	3,77	3,30	0,15	0,28	0,81	0,55	0,03	0,03
C16:0 (palmítico)	24,1	23,9	23,8	24,7	21,9	0,52	0,40	0,32	0,13	0,14	<0,001
C18:0 (esteárico)	11,5	12,1	11,2	12,5	10,9	0,84	0,98	0,06	0,49	0,08	<0,001
<i>Insaturados</i>	56,9	57,3	57,3	55,3	57,6	0,65	0,14	0,14	0,03	<0,01	<0,001
<i>MUFA</i> ⁷	54,0	53,7	54,5	52,0	54,7	0,60	0,18	<0,01	0,02	<0,001	<0,001
C14:1 (miristoléico)	1,33	1,26	1,38	1,16	1,24	0,09	0,70	0,04	0,22	0,40	0,06
C16:1 <i>cis</i> -9 (palmitoleico)	3,66	3,66	3,93	3,51	3,58	0,16	0,60	0,08	0,09	0,79	<0,001
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleico)	43,9	42,9	43,1	39,5	39,4	0,91	<0,01	<0,001	0,02	0,96	<0,01
<i>PUFA</i> ⁸	1,90	2,48	1,80	2,54	2,00	0,10	0,90	<0,01	0,62	0,13	0,30
C18:3 n-3 (α -linolênico)	0,09	0,08	0,09	0,08	0,10	<0,01	0,55	0,03	0,83	0,12	0,01
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 (linoleico)	1,26	1,56	1,05	1,54	1,15	0,07	0,28	<0,01	0,35	0,09	0,08
C20:4 n-6 (araquidônico)	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	<0,01	0,30	0,26	0,29	0,29	<0,01
AGI:AGS ⁹	1,31	1,33	1,34	1,25	1,36	0,03	0,23	0,21	0,07	0,01	<0,001
MUFA:AGS	1,25	1,25	1,27	1,17	1,29	0,03	0,23	0,06	0,06	0,06	<0,01
PUFA:AGS	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	<0,01	0,94	0,01	0,74	0,26	<0,001
Ômega 3	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,01	0,50	0,51	0,20	0,89	0,45
Ômega 6	1,29	1,59	1,08	1,58	1,18	0,09	0,22	<0,001	0,28	<0,01	0,09
Ômega 6/ Ômega 3	14,1	18,5	12,6	15,4	12,6	0,73	<0,01	<0,001	0,21	0,03	0,02
Delta9/Des16	13,2	13,3	14,1	12,5	18,33	1,13	0,83	0,05	0,03	0,16	0,01
Delta9/Des18	79,2	77,9	79,4	75,9	74,0	1,93	0,26	<0,01	0,17	0,68	0,38

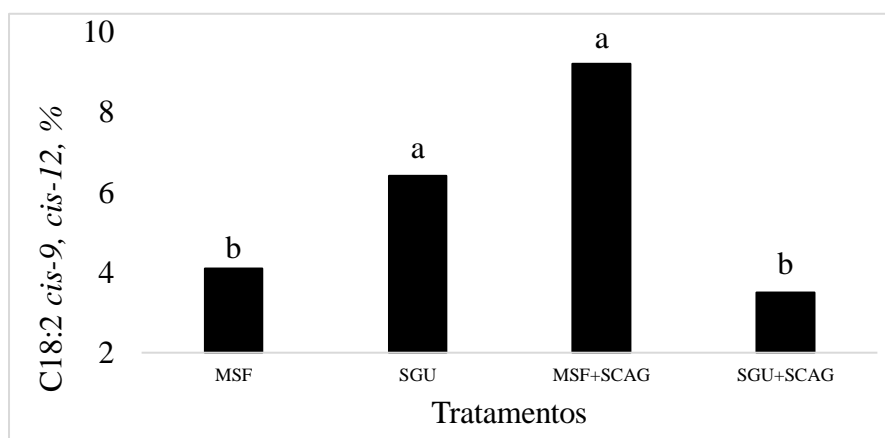
Nota. ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Erro Padrão Médio; ³Interação entre milho e gordura protegida; ⁴Tratamento com milho úmido + SCAG + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁵Interação entre DEP e tratamentos; ⁶Ácidos graxos saturados; ⁷Ácidos graxos monoinsaturados; ⁸Ácidos graxos poli-insaturados; ⁹Relação entre ácidos graxos insaturado e saturados.



709 **Figura 13.** Influência da DEP nas porcentagens de AGS(A) e AGI(B) do músculo *Longissimus*
 710 *dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em
 711 alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio. **MSF:**
 712 Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:**
 713 Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido
 714 + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
 715 orgânico.

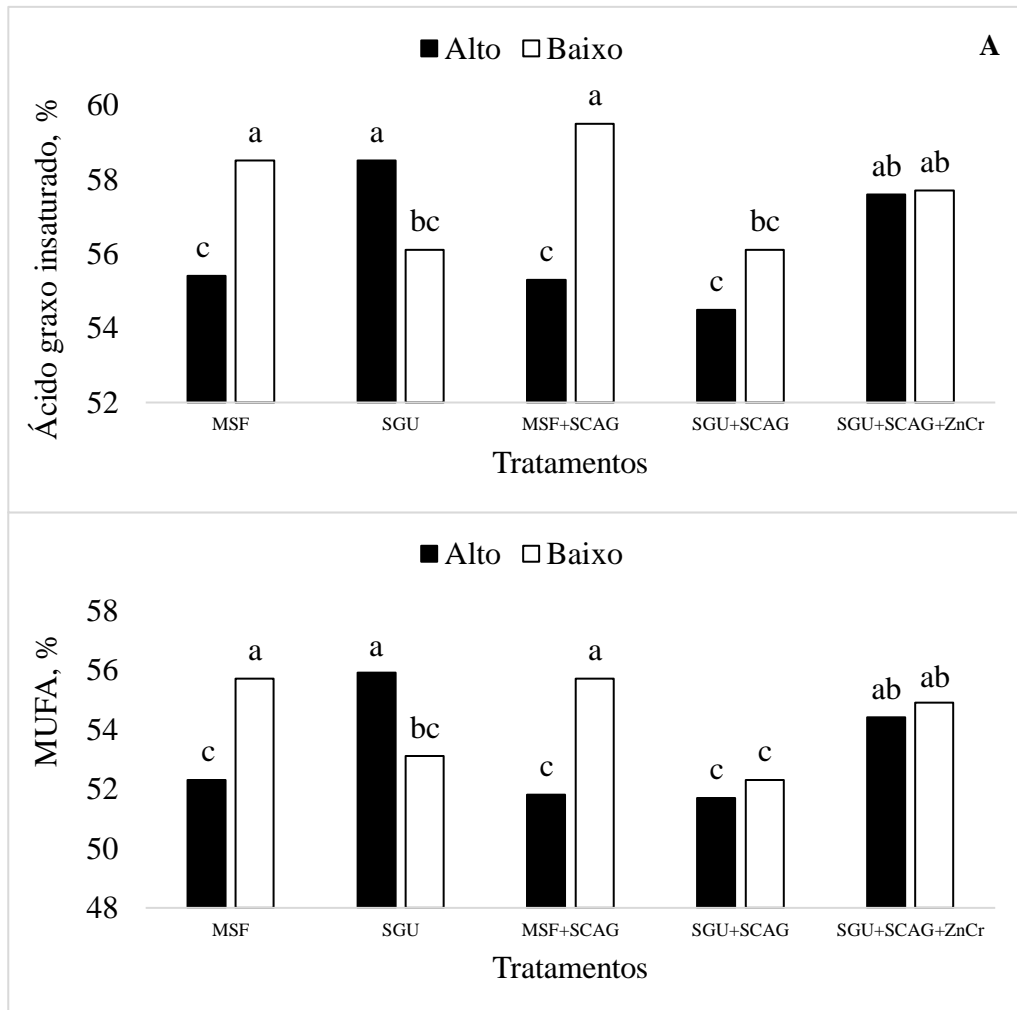


716 **Figura 14.**Influência da DEP nas porcentagens da MUFA(A) e C18:1 *cis*-9(B) do músculo
 717 *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais
 718 classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o
 719 marmoreio **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho;
 720 **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de
 721 grão + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG +Zinco e cromo
 722 orgânico.



723 **Figura 15.**Interação entre processamento do milho e da inclusão de SCAG sobre C18:2 *cis*-9,
 724 *cis*-12, % do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore terminados em confinamento.
 725 **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF +**

726 **SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de
 727 milho úmido + SCAG de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho
 728 úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.



729 **Figura 16.** Influência da DEP nas porcentagens de AGI(A) e MUFA(B) da gordura subcutânea
 730 de animais Nelore terminados em confinamento. Em preto são animais classificados em alta
 731 DEP para o marmoreio e em branco os animais com baixa DEP para o marmoreio **MSF:** Grão
 732 de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão
 733 de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU + SCAG:** Silagem de grão de milho úmido +
 734 SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo
 735 orgânico.

736 4.6.Sensorial

737 Houve interação entre Tratamento x DEP para a maciez das carnes maturadas em 7
738 dias ($P=0,04$) e para 14 dias ($P=0,02$; Tabela 10; Figura 17). O processamento do milho, a
739 inclusão de SCAG e a adição de zinco e cromo não afetaram a suculência, sabor, satisfação
740 em geral e a classificação ($P>0,05$) para maturação de 14 dias. Por outro lado, houve efeito
741 da adição de gordura protegida ($P=0,02$) para a satisfação em geral e a adição de ZnCr
742 ($P=0,05$) na classificação para carnes maturadas por um período de 7 dias.

743 Segundo Corbin et al. (2015), os consumidores estão preferindo carnes mais macias
744 com maiores porcentagens de marmoreio em relação as macias com baixa quantidade de
745 marmoreio. Além disso, a quantidade de marmoreio pode influenciar sobre a palatabilidade e
746 o sabor da carne bovina, principalmente em aumentar as características organolépticas
747 (Emerson et al., 2013). Como sabemos, neste estudo não houve diferenças expressivas para o
748 marmoreio, podendo ser um ponto chave para o painel sensorial, na qual os consumidores
749 não conseguiram observar diferenças em relação a suculência e o sabor das carnes maturadas
750 em 7 e 14 dias. Contudo, foi possível observar uma diferença de maciez para os tratamentos
751 e as DEPs, na qual o tratamento com MSF+SCAG obteve maior aceitabilidade da maciez para
752 animais de baixa DEP em relação aos animais de alta DEP para ambas as maturações. Esse
753 resultado pode estar interligado com a maior frequência que os animais obtiveram para a FC
754 quando foi adicionado SCAG na dieta, pois as porcentagens foram de 0% para 16,7%, ou
755 seja, a adição de SCAG no MSF deixou 16,7% dos animais com FC menor ou igual a 4,4kg.
756 Ademais, animais de baixa DEP obtiveram menores PPC do que alta DEP para o tratamento
757 MSF+SCAG.

758 A adição de SCAG no MSF aumentou a satisfação geral para os consumidores,
759 podendo estar relacionado com a maior tendência em relação a suculência da carne. Além
760 disso, todos os tratamentos alcançaram a classificação ente 2 a 3, ou seja, os consumidores
761 consideraram as carnes entre qualidade boa para o dia a dia e qualidade muito boa. De acordo
762 com Miller et al. (2001), conforme ocorre a diminuição da maciez da carne, atributos como
763 suculência e sabor possuem uma grande importância na satisfação geral do consumidor, além
764 disso, outros estudos também relataram a importância do sabor para a aceitabilidade da carne
765 bovina (O'Quinn et al., 2012; Corbin et al., 2015). Costa et al. (2020) adicionaram diferente
766 fontes lipídicas de gordura protegida, e não observaram diferenças sobre a maciez, suculência,
767 sabor atípico e aroma atípico. Entretanto, encontraram diferenças para sabor e aroma, na qual
768 *B. indicus* que foram suplementados com gordura protegida de óleo de soja apresentaram
769 melhores notas do que o *blend* com óleo de palma. Em contraste, Oliveira et al. (2012)

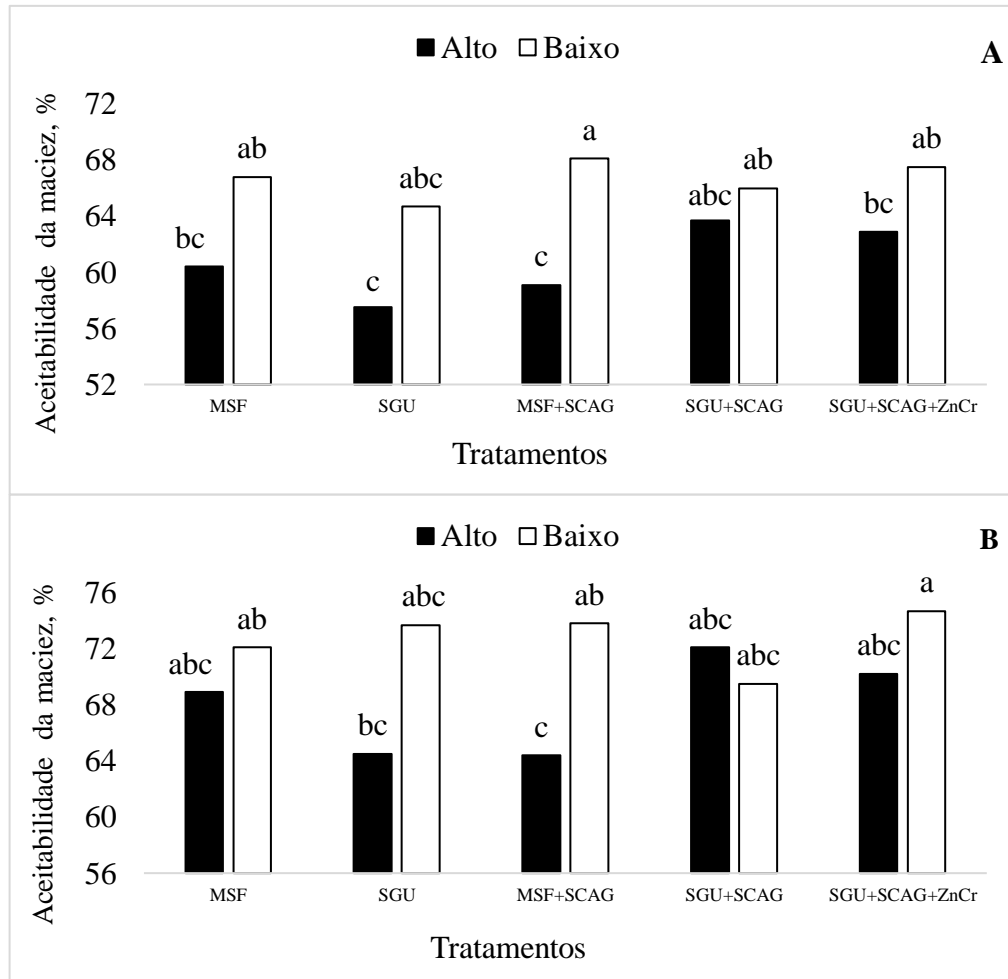
770 observaram menor suculência e maior maciez para animais que foram alimentados com sais
771 cálcicos de ácidos graxos com fonte de linhaça. Diferentemente, Gilbert et al. (2003)
772 relataram que não foi possível observar pelo painel sensorial diferenças nos bifes entre
773 bovinos alimentados com diferentes fontes lipídicas.

774 Sabe-se que o aumento do ácido oleico pode acarretar maiores aceitações do sabor da
775 carne pelos consumidores, diferentemente do n-6 e n-3 que contribuem com à diminuição da
776 suculência, sabor e palatabilidade geral (Melton et al., 1982; Hwang e Joo, 2016). Contudo,
777 mesmo os tratamentos com apenas MSF ou SGU+SCAG apresentarem maiores porcentagens
778 de n-6, não foi possível observar diferenças no painel sensorial para a suculência e sabor.

779 **Tabela 10.** Avaliação sensorial do músculo *Longissimus dorsi* maturado (7 ou 14 dias) de bovinos Nelores confinados alimentados com dieta de
780 alta energia com milho úmido ou milho seco, com ou sem gordura protegida + ZnCr.

Tratamentos ¹		7 dias de maturação					14 dias de maturação				
		Maciez	Suculência	Sabor	S. Geral ²	Classificação ³	Maciez	Suculência	Sabor	S. Geral	Classificação
Milho Seco	GP-	63,6	69,2	66,0	67,9	2,51	70,5	68,5	68,8	70,4	2,63
	GP+	63,6	66,6	67,0	69,5	2,56	69,1	66,4	68,9	69,1	2,64
Milho Úmido	GP-	61,1	65,9	66,5	69,5	2,54	69,1	66,7	67,9	69,6	2,57
	GP+	64,9	63,9	66,0	68,2	2,45	70,8	67,7	69,8	70,1	2,65
Milho Úmido	GP + ZnCr	65,2	66,3	68,2	68,0	2,58	72,4	68,5	69,5	72,6	2,68
Valor de P	EPM ⁴	1,56	1,57	1,39	1,73	0,16	1,90	2,17	2,14	2,19	0,09
	Milho	0,73	0,09	0,87	0,94	0,51	0,95	0,90	0,99	0,96	0,83
	GP	0,27	0,21	0,85	0,02	0,74	0,94	0,81	0,62	0,87	0,62
	Milho*GP ⁵	0,29	0,86	0,58	0,39	0,25	0,50	0,47	0,67	0,67	0,74
	+ZnCr ⁶	0,90	0,30	0,28	0,94	0,05	0,54	0,79	0,92	0,43	0,82
	Dep*Trat ⁷	0,04	0,51	0,34	0,06	0,64	0,02	0,56	0,79	0,58	0,73

Nota. ¹*MSF (T1)*: Grão de milho seco finamente moído; *SGU (T2)*: Silagem de grão úmido de milho; *MSF + SCAG (T3)*: Grão de milho seco finamente moído + SCAG; *SGU + SCAG (T4)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG; *SGU + SCAG + ZnCr (T5)*: Silagem de grão de milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico; ²Satisfação geral; ³Erro Padrão Médio; ⁴Classificação de 1 ao 4; ⁵Interação entre Milho e gordura protegida; ⁶Tratamento com milho úmido + GP + zinco e cromo (contraste entre o T4 e T5); ⁷Interação entre DEP e tratamentos.



782 **Figura 17.** Influência da DEP na aceitabilidade da maciez do painel sensorial das carnes
 783 maturadas por 7 dias (A) e 14 dias (B) de animais Nelore terminados em confinamento. Em
 784 preto são animais classificados em alta DEP para o marmoreio e em branco os animais com
 785 baixa DEP para o marmoreio. **MSF:** Grão de milho seco finamente moído; **SGU:** Silagem de
 786 grão úmido de milho; **MSF + SCAG:** Grão de milho seco finamente moído + SCAG; **SGU +**
 787 **SCAG:** Silagem de grão de milho úmido + SCAG; **SGU + GP + ZnCr:** Silagem de grão de
 788 milho úmido + SCAG + zinco e cromo orgânico.

789 **5. Conclusão**

790 Os fatores testados nos protocolos nutricionais não alteraram a porcentagem de
791 gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*.

792 **6. Implicações**

793 Conforme demonstrado nos resultados e discussão, o tempo de prateleira
794 independente dos tratamentos para as carnes maturadas deste experimento é de 5 dias, após
795 esse período o consumidor pode conseguir observar a oxidação da cor. Além disso, períodos
796 acima de 14 dias de maturação são recomendados para alcançar a maciez desejada pelos
797 consumidores, principalmente em carnes de animais Nelore. Além disso, alimentar os animais
798 com SGU+SCAG+ZnCr aparentou oxidar mais a cor da carne em relação aos outros
799 tratamentos, e também houve uma maior oxidação lipídica. Talvez aumentar a tecnologia da
800 dieta possa impactar na vida de prateleira das carnes.

801 A maioria dos experimentos atuais com bovinos de corte possuem o enfoque em
802 nutrição ou apenas em genética, sem abranger os dois seguimentos. O nosso trabalho atual
803 envolveu tanto a genética (DEP para marmoreio) quanto a nutrição, sendo um diferencial na
804 literatura. Sabe-se que neste projeto não houve o controle da nutrição das vacas ou a castração
805 dos animais, porém, conseguimos ter um controle estatístico com a separação dos animais
806 pelas DEPs e pelo peso.

807 Este trabalho pode abrir portas para outros estudos de nutrição, nos quais poderão
808 incluir os protocolos nutricionais, DEPs para marmoreio e a castração dos animais Nelore
809 para aumentar a deposição de gordura intramuscular e aumentar a qualidade da carne.

810 **7. Referências**

811 ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2020. Exportações
812 brasileiras de carne bovina. Disponível:<<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>.
813 Acesso em: 18 de maio de 2022.

814 Abularach, M.L.S.; Rocha, C.E.; Felício, P.E. Quality traits of boneless rib cut (L. dorsimuscle)
815 from Nelore young bulls. **Food Sci. Technol.** 18 (2), 205–210, 1998. Doi: 10.1590/S0101-
816 20611998000200012.

817 Amatayakul-Chantler, D.; Hoe, F. Jackson, J.A.; Roca, R.O.'Stegner, J.E.; King, V.; Howard, R.
818 Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration
819 with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of *Bos indicus*
820 bulls raised on pasture in Brazil. **Meat Sci.** 95: 78-84, 2013.

821 AMSA - American Meat Science Association. Research guideliness for cookery sensory and
822 instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p, 1995.

- 823 Anderson, R.A. Chromium and insulin resistance. **Nutrition Research Reviews**. 16: 267-275,
824 2003.
- 825 Andrade, P.L.; Bressan, M.C.; Gama, L.T.; Gonçalves, T.M.; Ladeirs, M.M.; Ramos, E.M. Aged
826 meat quality in Red Norte and Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39: (8), 2010.
827 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800023>
- 828 Andreo, N.; Bridi, A.M.; Tarsitano, M.A.; Peres, L.M. et al. Influência da imunocastração
829 (Bopriva) no ganho de peso, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore.
830 **Semin. Ciênc. Agrár.** 34: 4121-4132, 2013.
- 831 Aroeira, C.N. et al. Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and
832 *Bos taurus* cattle. **Meat Sci**. 116: 118-125, 2016.
- 833 ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard specification for tenderness
834 marketing claims associated with meat cuts derived from beef. Designation F2925-11.
835 [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%
836 20for%20Tenderness.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F292511%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf). Acesso em: Junho de 2022)
- 837 Baggerman, J.O.; Smith, Z.K.; Thompson, A.J.; Kim, J.; Hergenreder, J.E. Whitney Rounds, W.;
838 Johnson, B.J. Chromium propionate supplementation alters animal growth performance,
839 carcass characteristics, and skeletal muscle properties in feedlot steers. **Transl. Anim. Sci.** 4:1-
840 14, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa146.
- 841 Baker, J.F.; Long, C.R.; Posada, G.A. et al. Comparison of cattle of a five-breed diallel: Size,
842 growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **J. Anim. Sci.** 67: 1218-
843 1229, 1989.
- 844 Bergfeld, E. G. M.; Rasby, R. J.; Nielsen, M. K. et al. Heifers sired by bulls with either high or
845 low expected progeny differences (EPDs) for marbling do not differ in age at puberty. **Anim.**
846 **Reprod. Sci.** 40 (1995) 253-259, 1995.
- 847 Bertrand, J. K.; Green, R. D.; Herring, W. O. et al. Genetic evaluation for beef carcass traits. **J.**
848 **Anim. Sci.** 79 (ESuppl.) Online, 2001.
- 849 Bianchini, W.; Silveira, A.C.; Jorge, A.M.; Arrigoni, M.B.; Martins, C.L.; Rodrigues, É.; Hadlich,
850 J.C.; Andriguetto, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da
851 carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36(6):
852 2109-2117, 2007.
- 853 Bruna, J. M.; Ordóñez, J. A.; Fernández, M., Herranz, B.; De La Hoz, L. Microbial and physico-
854 chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with
855 or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Sci**.
856 59(1), 87-96, 2001.
- 857 Budde, A.M.; Sellins, K.; Lloyd, K.E.; Wagner, J.J.; Heldt, J.S.; Spears, J.W.; Engle, T.E. Effect
858 of zinc source and concentration and chromium supplementation on performance and carcass
859 characteristics in feedlot steers. **J. Anim. Sci.** 97, 1286-1295, 2019.
860 <https://doi.org/10.1093/jas/skz016>.
- 861 Calabro, S., Cutrignelli, M.I., Gonzalez, O.J., Chiofalo, B., Grossi, M., Tudisco, R., Panetta, C.,
862 Infascelli, F., 2014. Meat quality of buffalo young bulls fed faba bean as protein source. **Meat**
863 **Sci.** 96 (1), 591-596. doi: 10.1016/j. meatsci.2013.08.014.
- 864 Campo, M. M.; Nute, G. R.; Hughes, S. I.; Enser, M.; Wood, J. D.; Richardson, R. I. Flavour
865 perception of oxidation in beef. **Meat Science**, 72(2), 303-311, 2006.

- 866 Chung, K. Y.; Smith, S. B.; Choi, S. H. Oleic acid enhances G protein coupled receptor 43
867 expression in bovine intramuscular adipocytes but not in subcutaneous adipocytes. **J. Anim.**
868 **Sci.** 2016.94:1875–1883, 2016.
- 869 Corbin, C.H.; O`Quinn, T.G.; Garmyn, A.J.; Legako, J.F.; Hunt, M.R.; Dinh, T.T.N.; Rathmann,
870 R.J.; Brooks, J.C.; Miller, M.F. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying
871 marbling levels and quality treatments. **Meat Science.** 100: 24–31, 2015.
- 872 Correa, L.B.; Zanetti, M.A.; Claro, G.R.D.; Paiva, F.A.; Silva, S.L.; Netto, A.S. Effects of
873 supplementation with two sources and two levels of copper on meat lipid oxidation, meat colour
874 and superoxide dismutase and glutathione peroxidase enzyme activities in Nellore beef cattle.
875 **British Journal of Nutrition.** 112, 1266–1273, 2014.
- 876 Costa, C.; Rizzieri, R.; Melo, G.; Müller, L.; Estevan.; Pacheco, R.; Millen, D.; Pereira, A.;
877 Zannata, M.; Cappellozza, B.; Cervieri, R.; Martins, C.; Arrigoni, M. Effects of fatty acid
878 profile of supplements on intake, performance, carcass traits, meat characteristics, and meat
879 sensorial analysis of feedlot Bos indicus bulls offered a high-concentrate diet. **Transl. Anim.**
880 **Sci.** 4:1-20, 2020. doi: 10.1093/tas/txaa142
- 881 Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant
882 animals. **J Anim Sci.** 88: E51–60, 2010.
- 883 Du, M.; Huang, Y.; Das, A.K.; et al. Meat science and muscle biology symposium: manipulating
884 mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef
885 cattle. **J Anim Sci.** 91:1419–27, 2013.
- 886 Duckett, S.K.; Wagner, D.G.; Yates, L.D.; Dolezal, H.G; May, S.G. Effects of time on feed on
887 beef nutrient composition. **J. Anim. Sci.** 71, 2079–2088, 1993.
- 888 Edenburn, B.M.; Kneeskern, S.G.; Bohrer, B. M.; Rounds, W.; Boler, D.D.; Dilger, A. C.; Felix,
889 T.L. Effects of supplementing zinc or chromium to finishing steers fed ractopamine
890 hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. **J. Anim. Sci.**
891 94:771–779, 2016. doi:10.2527/jas2015-9979.
- 892 Emerson, M. R.; Woerner, D.R.; Belk, K.E.; Tatum, J.D. Effectiveness of USDA instrument-
893 based marbling measure-ments for categorizing beef carcasses according to differ-ences
894 in longissimus muscle sensory attributes. **J. Anim. Sci.** 91:1024–1034, 2013.
895 doi:10.2527/jas.2012-5514
- 896 Ferrinho, A.M.; Moura, G.V.; Martins, T.S.; Muñoz, J.; Mueller, L.F.; Garbossa, P.L.M.; Amorim,
897 T.R.; Gemelli, J.L.; Fuzikawa, I.H.S.; Prado, C.; Silveira, J.C.S.; Poleti, M.D.; Baldi, F.;
898 Pereira, A.S.C. Rubia Gallega x Nelore crossbred cattle improve beef tenderness through
899 changes in protein abundance and gene expression. **Livestock Science.** 251: 104634, 2021.
- 900 Fiorentini, G.; Berchielli, T.T.; Santana, M.C.A.; Dian, P.H.M.; Reis, R.A.; Sampaio, A.A. M.;
901 Biehl, M.V. Qualitative characteristics of meat from confined crossbred heifers fed with lipid
902 sources. **Sci. Agric.** 69, 336–344, 2012a. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000500008>.
- 903 Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total
904 lipids from animal tissue. **J. Biol. Chem.** 226:497–509, 1957.
- 905 Fox, D.G.; Tedeschi, L.O.; Tylutki, T.P.; et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System
906 model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Anim. Feed Sci. Tech.** v.112, p.29-
907 78, 2004.

- 908 Genter-Schroeder, O.N.; Branine, M.E.; Hansen, S.L. The influence of supplemental Zn-amino
909 acid complex and ractopamine hydrochloride feeding duration on growth performance and
910 carcass characteristics of finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.** 94, 4338–4345, 2016.
911 <https://doi.org/10.2527/jas2015-0159>.
- 912 Gilbert, C. D.; Lunt, D.K.; Miller, R.K.; Smith, S.B. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of
913 Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid. **J. Anim. Sci.**
914 81:2457–2468, 2003. doi:10.2527/2003.81102457x.
- 915 Giuffrida-Mendoza, M., Arenas de Moreno, L., Huerta-Leidenz, N., Uzca'tegui-Bracho, S.,
916 Valero-Leal, K., Romero, S., Rodas-González, A. Cholesterol and fatty acid composition of
917 Longissimus thoracis from water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Brahman-influenced cattle
918 raised under savannah conditions. **Meat Sci.** 106: 44–49, 2015. doi:
919 10.1016/j.meatsci.2015.03.024.
- 920 Gorocica-Buenfil, M.A.; Fluharty, F. L.; Bohn, T.; Schwartz, S.J.; Loerch, S.C. Effect of low
921 vitamin A diets with high-moisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty acid
922 composition of beef steers. **J. Anim. Sci.** 2007. 85:3355–3366, 2007.
- 923 Grayson, A.L. et al. Freezing and thawing or freezing, thawing, and aging effects on beef
924 tenderness. **J. Anim. Sci.** 92: 2735-2740, 2014.
- 925 Gupta, R. K.; Arany, Z.; Seale, P. et al. Transcriptional control of preadipocyte determination by
926 Zfp423. **Nature** 464, 619–623, 2010.
- 927 Hadlich, J.C. Metodologias de análise de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos
928 de diferentes grupos genéticos e idades. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2004. 94p.
929 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2004.
- 930 Holman, B.W.; van de Vem, R.J.; Mao, Y.; Coombs, E.E.; Hopkins, D.L. Using instrumental (CIE
931 and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef color. *Meat Science*, 127:
932 57-62, 2017.
- 933 Hunt, M.G.; Garmyn, A.J.; O'Quinn, T.G. Consumer assessment of beef palatability from four
934 beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses. **Meat Sci.** 98:1, 2014.
- 935 Hunt, M. C., King, A., Barbut, S., Clause, J., Cornforth, D. P., Hanson, D., Mohan, AAMSA meat
936 color measurement guidelines. Champaign, IL: **American Meat Science Association**, 2012.
- 937 Hwang, Y.H.; Joo, S.T. Fatty Acid Profiles of Ten Muscles from High and Low Marbled (Quality
938 Grade 1++ and 2) Hanwoo Steers. **Korean J Food Sci Anim Resour.**36(5):679-688, 2016. doi:
939 10.5851/kosfa.2016.36.5.679.
- 940 Jeremiah, L.E. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short or long-term distribution.
941 **Food Res. Int.** 34, 749–772, 2001.
- 942 Juarez, M.; Failla, S.; Ficco, A.; Pena, F.; Aviles, C.; Polvillo, O. Buffalo meat composition as
943 affected by different cooking methods. **Food Bio. Process.** 88 (2–3): 145–148, 2010.
944 <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.05.001>.
- 945 Koohmaraie, M. Quantification of Ca²(+1)-dependent protease activities by hydrophobic and ion-
946 exchange chromatography. **J. Anim. Sci.** 68: 659-665, 1990.
- 947 Lawrie, R. A. **Ciência da carne** (6th ed.). Porto Alegre, Brazil: Artmed. (2004).
- 948 Lee, M.S.; Decker, E.A.; Faustman, C.; Mancini, R.A. The effects of antioxidant combinations on
949 color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. **Meat Sci.** 70 (4): 683–689,
950 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.017>.

- 951 Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V.; Pennisi, P.; Bella, M.; Priolo, A. Lipid and colour stability
952 of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. **Meat Sci.** 82 (2): 193–199, 2009.
953 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.010>.
- 954 Mancini, R. A.; Ramanathan, R. Effects of postmortem storage time on color and mitochondria in
955 beef. **Meat Sci.** 98:65–70, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.007>.
- 956 McKenna, D. R.; Mies P. D.; Baird, B. E.; Pfeiffer, K. D.; Ellebracht, J.W.; Savell, J.W.
957 Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles.
958 **Meat Sci.** 70:665–682, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.016>
- 959 Meilgaard, M.; Civille, G.V.; Carr, B.T. **Sensory Evaluation Techniques.** Boca Raton: CRC
960 Press, 1990.
- 961 Melton, S. L.; Amiri, M.; Davis, G.W.; Backus, W.R. Flavor and chemical characteristics of
962 ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. *J. Anim. Sci.* 55:77–87, 1982.
963 [doi:10.2527/jas1982.55177x](https://doi.org/10.2527/jas1982.55177x)
- 964 Metcalfe, L. D.; Schmitz, A.A.; Pelka, J.R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for
965 gas chromatographic analysis. **Anal. Chem.** 38:514–515, 1966.
- 966 Micha, R., Mozaffarian, D. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease,
967 stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. **Lipids.** 45 (10), 893–905, 2010. Doi:
968 [10.1007/s11745-010-3393-4](https://doi.org/10.1007/s11745-010-3393-4).
- 969 Mokrzycki, W.S.; Taol, M. Colour difference Delta E- A survey. *Machine Graphics and Vision,*
970 20(4): 383-411, 2011.
- 971 Miller, M.F.; Carr, M.A.; Ramsey, C.B.; Crockett, K.L.; Hoover, L.C. Consumer thresholds for
972 establishing the value of beef tenderness. **J. Anim. Sci.** 79:3062-3068, 2001.
- 973 Morrison, W. R.; Smith, L.M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from
974 lipids with boron fluoride-methanol. **J. Lipid Res.** 5:600–608, 1964.
- 975 Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Strydom, P.E.; Hugo, A.; Raats, J.G. Some biochemical
976 aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chem.** 112 (2),
977 279–289, 2009. Doi: [10.1016/j.foodchem.2008.05.103](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.103).
- 978 Nascimento, F.A.; Silva, N.C.; Prados, L.F.; Pacheco, R.D.L.; Johnson, B.J.; Cappellozza, B.I.;
979 Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Calcium salts of fatty acids with varying fatty acid profiles in
980 diets of feedlot-finished *Bos indicus* bulls: impacts on intake, digestibility, performance, and
981 carcass and meat characteristics. **J. Anim Sci.** 98: 382, 2020. Doi: [10.1093/jas/skaa382](https://doi.org/10.1093/jas/skaa382)
- 982 Oh, Y. S.; Smith, S.B.; Choi, C.B. Zinc increases differentiation of bovine intramuscular
983 adipocytes by suppressing nitric oxide production. **J. Anim. Sci.** 82(Suppl. 1):42. (Abstr.),
984 2004.
- 985 Oliveira, E.A.; Sampaio, A.A.M.; Henrique, W.; Pivaro, T.M.; Rosa, B.L.; Fernandes A.R.M.;
986 Andrade, A.T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with
987 different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science.** 90: 28–
988 35, 2012.
- 989 Olivo, R.; Guarneri, P.D.; Shimokomaki, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de
990 frango. **Revista Nacional da Carne,** São Paulo, 25:289,44-49, 2001.
- 991 Perkins, T. L.; Green, R. D.; Hamlin, K. E. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat
992 thickness and longissimus muscle area in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 70:1002–1010, 1992.

- 993 O'Quinn, T. G.; Brooks, J. C.; Polkinghorne, R. J.; Garmyn, A. J.; Johnson, B. J.; Starkey, J.D.;
994 Rathmann, R. J.; Miller, M. F. Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat
995 levels. **J. Anim. Sci.** 90(2): 626–634, 2012.
- 996 Ramanathan, R.; Hunt, M. C.; Mancini, R.; Nair, M. N.; Denzer, M. L.; Suman, S. P.; Mafi, G. G.
997 “Recent Updates in Meat Color Research: Integrating Traditional and High-Throughput
998 Approaches”. **Meat and Muscle Biology** 4(2), 2020. doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.9598>
- 999Ramírez-Zamudio, G.D.; Cruz W.F.G.; Schoonmaker, J.P.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R.;
1000 Machado Neto, O.R., Gionbelli, T.R.; Teixeira, P.D.; Rodrigue, L.M.; Gionbelli, M.P.; Ladeira,
1001 M.M. Effect of rumen-protected fat on performance, carcass characteristics and beef quality of
1002 the progeny from Nellore cows fed by different planes of nutrition during gestation. **Livestock**
1003 **Science**. 258.104851, 2022. Doi: 10.1016/j.livsci.2022.104851
- 1004 Ramos, E.M.; Gomide, L.A.M. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias.
1005 Editora UFV, Viçosa, 2007.
- 1006 Renna, M.; Brugiapaglia, A.; Zanardi, E.; Destefanis, G.; Prandini, A.; Moschini, M.; Sigolo, S.;
1007 Lussiana, C. Fatty acid profile, meat quality and flavour acceptability of beef from double-
1008 muscled Piemontese young bulls fed ground flaxseed. *Ital. J. Anim. Sci.* 18 (1): 355–365, 2019.
1009 <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1530958>.
- 1010 Restle, J.; Vaz, F.N. Eficiência e qualidade na produção de carne bovina. In: Reunião Anual da
1011 Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40., Santa Maria. Palestras. **Sociedade Brasileira de**
1012 **Zootecnia**, 2003.
- 1013 Roça, R.O. Tecnologia da carne e produtos derivados. Bortucatu: Universidade Estadual Paulista,
1014 Departamento de gestão e tecnologia afroindustrial, p.201, 2001.
- 1015 Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on
1016 shorghum and corn. **J. Anim. Sci.**, 63(5):1607-1623, 1986.
- 1017 Sainz, R.D.; Vernazza R.F.P. Effect of different grazing and feeding periods on performance and
1018 carcass traits of beef steers. **J. Animal.Sci.** 82: 292, 2004
- 1019 Santana, M.; Fiorentini, G.; Dian, P.; Canesin, R.; Messana, J.; Oliveira, R.; Reis, R.; Berchielli,
1020 T.T. Growth performance and meat quality of heifers receiving different forms of soybean oil
1021 in the rumen. **Anim. Feed. Sci. Technol.** 194:35–43, 2014.
- 1022 Sañudo, C.; Enser, M.E.; Campo, M.M. et al. Fatty acid composition and sensory characteristic of
1023 lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**. 54: 339-346, 2000.
- 1024 Savell, J.W.; Cross, H.R. The role of fat in the palatabilit of beed, pork, and lamb. In: **Designing**
1025 **Foods: Animal Product Options in the marketplace**. Washington: National Academic Press,
1026 1988.
- 1027 Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Whipple, G. et al. An evaluation of tenderness of the longissimus
1028 muscle of Angus by Hertford versus Brahman crossbred heifers. **J.Anim. Sci.** 69: 71-177, 1991.
- 1029 Smith, S.B. Marbling and Its Nutritional Impact on Risk Factors for Cardiovascular Disease.
1030 **Korean J. Food Sci. An.** 36(4): 435-444, 2016.
- 1031 Smith, S. B.; Johnson, B.J. Marbling: management of cattle to maximize the depositionof
1032 intramuscular adi- pose tissue. **J. Anim. Sci.** 94:382, 2016. doi:10.2527/ jam2016-0794.
- 1033 Silva, S.L.; Leme, P.R.; Putrino, S.M.; Pereira, A.S.C.; Valinote, A.C.; Filho, J.C.M.N.; Duarte
1034 Lanna, D.P.D. Fatty acid composition of intramuscular fat from Nellore steers fed dry or high
1035 moisture corn and calcium salts of fatty acids. **Livestock Science**. 122: 290–295, 2009. Doi:
1036 10.1016/j.livsci.2008.09.013

- 1037 Spears, J.W. Micronutrients and immune function in cattle. **Proc. Nutr. Soc.** 59, 587–594, 2000.
- 1038 Stajić, S., Živković, D., Perunović, M., Šobajić, S., Vranić, D. Cholesterol content and
1039 atherogenicity of fermented sausages made of pork meat from various breeds. **Proc. Food Sci.**
1040 1:568–575, 2011. Doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.086.
- 1041 St. John, L. C.; Lunt, D. K.; Smith, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities
1042 of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. **J. Anim. Sci.** 69:1064-1073,
1043 1991. DOI: 10.2527/1991.6931064x
- 1044 Tang, J.; Faustman, C.; Hoagland, T.A.; Mancini, R.A.; Seyfert, M.; Hunt, M.C. Postmortem
1045 oxygen consumption by mitochondria and its effects on myoglobin form and stability. **J. Agr.**
1046 **Food Chem.** 53:1223–1230, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf048646o>.
- 1047 Uezumi, A.; Ito, T.; Morikawa, D.; et al. Fibrosis and adipogenesis originate from a common
1048 mesenchymal progenitor in skeletal muscle. **J Cell Sci.**124:3654–64, 2011.
- 1049 Underwood, E.J. The Mineral Nutrition of Livestock. **2nd ed. Commonwealth Agricultural**
1050 **Bureaux**, Farnham Royal, UK,1981.
- 1051 Vahmani, P.; Ponnampalam, E.N.; Kraft, J.; Mapiye, C.; Bermingham, E.N.; Watkins, P.J.;
1052 Proctor, S.D.; Dugan, M.E.R. Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. Invited
1053 Review. **Meat Sci.** 165: 108114, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108114>.
- 1054 Vellini, B.L.; Prados, L.F.; Monção, F.P.; Fireman, A.K.; Resend, F.D.; Siqueira, G.R. Zinc amino
1055 acid complex in association with chromium methionine improves the feed efficiency of finished
1056 Nellore cattle in the feedlot. **Animal Feed Science and Technology.** 262: 114430, 2020.
- 1057 Visioli, F.; Poli, A. Fatty acids and cardiovascular risk. Evidence, lack of evidence, and diligence.
1058 **Nutrients.** 12 (12): 3782–3801, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12123782>
- 1059 Wheeler, T.L.; Savell, J.W.; Croos, H.R. Mechanisms associated with the variation in the
1060 tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **J. Anim Sci.**, 68: 4206-4220, 1990.
- 1061 Wheeler, T.L.; Cundiff, L.V; Koch, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in Bos
1062 taurus and Bos indicus cattle. **J Anim Sci.** 72:3145–51, 1994.
- 1063 Wood, J.D.; Enser, M.; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I.; Hughes, S. I.;
1064 Whittington, F.M. Fat deposition, fatty acid composition, and meat quality: a review. **Meat Sci.**
1065 78 (4): 343–358, 2008. Doi:10.1016/j. meatsci.2007.07.019.
- 1066 Wyrwisz J.; Moczowska M.; Kurek M.; Stelmasiak A.; Półtorak A.; Wierzbicka A. Influence of
1067 21 days of vacuum-aging on color, bloom development, and WBSF of beef
1068 semimembranosus. **Meat Sci.** 122:48–54, 2016.