

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS
DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS
DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS
DE CARÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A
PASTO**

Gilyard Angelo Pinheiro de Souza
Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS
DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS
DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS
DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A
PASTO**

**Discente: Gilyard Angelo Pinheiro de Souza
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

S729e

Souza, Gilyard Angelo Pinheiro de

Efeitos da suplementação com diferentes níveis de inclusão de fibra seca de milho com solúveis de destilaria no desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore terminados a pasto / Gilyard Angelo Pinheiro de Souza. -- Jaboticabal, 2025
44 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Gustavo Rezende Siqueira

1. Coproduto de destilaria. 2. Fase de terminação. 3. Pasto tropical.
I. Título.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A PASTO

AUTOR: GILYARD ANGELO PINHEIRO DE SOUZA


ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA

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


Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA**
Data: 27/01/2025 17:46:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Descentralizacao do Desenvolvimento / APTA ColinaSP

Prof. Dr. RODRIGO DA SILVA MARQUES (Participação Virtual)
Departamento de Ciência Animal / Virginia Tech - Blacksburg/VA

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO DA SILVA MARQUES**
Data: 27/01/2025 23:18:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. SIDNEI ANTÔNIO LOPES (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa/MG

Documento assinado digitalmente
 **SIDNEI ANTONIO LOPES**
Data: 28/01/2025 15:27:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 27 de janeiro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Gilyard Angelo Pinheiro de Souza, nascido em 06 de janeiro de 1999 em Ponte Nova, Minas Gerais. Filho de Darly Amélia Pinheiro de Souza e Gilmar de Souza. Possui graduação em Zootecnia (2017 - 2022) pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Durante a graduação, foi bolsista de iniciação científica por quatro anos, atuando em experimentos focados na alimentação e nutrição de ruminantes, sob a orientação do professor Dr. Sebastião de Campos Valadares Filho. Além disso, foi membro da comissão organizadora do Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte - SIMCORTE. Em agosto de 2022, iniciou o mestrado no programa de pós-graduação em Ciência Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, na área de produção e nutrição de ruminantes, sob a orientação do professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira. Em 2024, durante a fase final do mestrado, realizou período sanduíche de sete meses na Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, atuando em estudos com foco na nutrição e saúde de bovinos de corte, sob a orientação do professor Dr. Rodrigo da Silva Marques.

Aos meus pais, Darly e Gilmar, que apoiaram incondicionalmente
toda a minha trajetória acadêmica.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me conceder saúde e sabedoria para trilhar essa longa e importante caminhada.

Aos meus pais, Darly e Gilmar, que na simplicidade me prepararam para enfrentar os obstáculos do mundo. Agradeço por sempre estarem presentes ao longo dessa jornada, sendo base forte em meio aos desafios da vida, me dando sempre o apoio necessário para ir atrás dos meus objetivos.

À minha avó, Terezinha (*in memoriam*), que sempre esteve comigo, pelo cuidado e carinho inigualáveis.

Ao meu irmão, Gealyson, por todo o apoio e incentivo.

Aos meus orientadores, professores Gustavo Rezende Siqueira e Flávio Dutra de Resende, pelas oportunidades concedidas e por todos os ensinamentos e direcionamentos ao longo do mestrado.

Ao professor Rodrigo da Silva Marques, por me receber como aluno de intercâmbio na Virginia Tech e por toda a orientação e ensinamentos durante esse período.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, com quem tive a honra de ser orientado durante toda a graduação, por todos os ensinamentos e pelas oportunidades construídas em minha trajetória.

Aos amigos e mentores, construídos ao longo da minha jornada acadêmica, pelos conhecimentos compartilhados, inspiração e suporte em cada etapa dessa caminhada. Não mencionarei seus nomes, pois são diversos, mas ao lerem saberão que me refiro a vocês.

Aos integrantes da pós-graduação da APTA, Aline, Amanda, Anna Lídia, Bianca, Fernanda Rigon, Fernanda Scheeren, Gabriel, Hiam, Igor, Iorrano, José Maria, Luciana, Mariana, Mateus e Rafael, pela parceria e por todos os bons momentos compartilhados.

Aos funcionários da APTA, Antônio Carlos, Chico, Juninho, Lori, Luizinho, Miltinho, Néia, Regina, Roberto, Rogério, Sueli, Toga, Toinzinho, Verde e todos os outros, por toda a ajuda e experiências compartilhadas.

A todos os funcionários da Fazenda Netolândia, pelo apoio e contribuição para o sucesso do experimento.

À FS Fueling Sustainability e ao grupo LPCD, pelo financiamento da pesquisa e pela confiança depositada na condução do experimento.

À DGT Brasil, 3rlab e Biotec, pelas contribuições com as análises e o processamento das amostras.

Ao CNPq (processo 131339/2022-2), pela concessão da bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Cenário da produção de etanol de milho e coprodutos de destilaria gerados.....	2
2.2. Uso de coprodutos do etanol de milho em dietas de terminação de bovinos de corte.....	7
2.3. Estratégia de terminação de bovinos a pasto com alta suplementação de concentrado	9
3. REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 - EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A PASTO	20
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
3. RESULTADOS.....	28
4. DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS	36

CERTIFICADO Nº 005/2024 – CEUA

Certificamos que o projeto apresentado dia 27 de março de 2024 intitulado “IMPACTO DE DIFERENTES NÍVEIS DE FARELO SECO DE MILHO COM SOLÚVEIS DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A PASTO COM ALTA SUPLEMENTAÇÃO DE CONCENTRADO”, foi registrado com o protocolo nº 005/2024, está sob a responsabilidade do Pesquisador Científico **Dr. Gustavo Rezende Siqueira** e envolve a produção, a manutenção e a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica e encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de oito de outubro de 2008; do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009; e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), sendo então **APROVADO** pela **Comissão de Ética no Uso de Animais da Apta Regional**, na XIV Reunião Extraordinária realizada no dia **09 de abril de 2024**.

Finalidade: (X) Pesquisa científica – () Ensino	
Vigência da autorização	10/04/2024 a 20/09/2024
Espécie/linhagem e/ou raça	Bovinos Nelore
Nº de animais	832
Sexo/Idade/Peso aprox.	Machos –832/ 20 a 30 meses/ 390 Kg
Localização/Origem	Fazenda Netolândia - Tangará da Serra – MT
Responsável Técnico	Dr. Gustavo Rezende Siqueira



Maria Izabel Merino de Medeiros
Coordenadora CEUA- APTA REGIONAL



Secretaria de  **SÃO PAULO**
GOVERNO DO ESTADO
Agricultura e Abastecimento

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A PASTO

RESUMO - Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore terminados a pasto recebendo alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS). Oitocentos e trinta e dois bovinos Nelore [peso corporal (PC) = 395 ± 30 kg; 20 meses] foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados e alocados em 12 piquetes (*Urochloa brizantha* cv. Marandu; 7 ou 8 animais/ha) contendo área de 10 ha (n = 6) e 8 ha (n = 6). Os tratamentos consistiram em quatro níveis de inclusão de DFS: suplemento sem DFS (S0) ou contendo 250 g/kg (S250), 500 g/kg (S500) ou 750 g/kg (S750) de inclusão na matéria seca (MS) do suplemento. Os suplementos foram fornecidos diariamente *ad libitum*. O período de terminação durou 103 dias (outubro/2023 a janeiro/2024), durante o período chuvoso. Os animais foram pesados em jejum (16 horas) no primeiro e no último dia do experimento. O consumo de MS de suplemento (CMSs) foi mensurado diariamente. Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS. As médias foram comparadas por meio de contrastes polinomiais ortogonais (linear e quadrático). A significância foi estabelecida em $P \leq 0,05$ e as tendências foram declaradas quando $0,05 < P \leq 0,10$. Foi observado efeito quadrático tanto para o PC final quanto para o ganho médio diário ($P = 0,032$ e $P = 0,006$, respectivamente), com os bovinos recebendo S250 apresentando os maiores valores para ambos. O CMSs tendeu a ser quadrático (kg/dia, $P = 0,051$; e %PC, $P = 0,075$), com maior consumo de suplemento para S250. No entanto, a eficiência alimentar do suplemento não diferiu ($P \geq 0,291$) entre os tratamentos. A inclusão de DFS também teve resposta quadrática no peso de carcaça quente ($P = 0,040$), com os bovinos recebendo S250 apresentando maior peso de carcaça. Não houve efeito da inclusão de DFS no rendimento de carcaça ($P \geq 0,365$). A inclusão de DFS também não afetou ($P \geq 0,122$) a área de olho de lombo (cm^2 e $\text{cm}^2/100$ kg), *ratio*, espessura de gordura subcutânea (mm e mm/100 kg) e marmoreio. Houve resposta quadrática com a inclusão de DFS nos suplementos para a glicose ($P < 0,001$), colesterol ($P = 0,016$) e triglicérides ($P < 0,001$), com ponto mínimo em S500. Padrão quadrático também foi observado para a ureia sérica ($P = 0,047$), com ponto máximo em S750. Houve aumento linear na concentração de nitrogênio nas fezes ($P = 0,024$) com o aumento do nível de inclusão de DFS. Por outro lado, a concentração de amido nas fezes reduziu linearmente ($P < 0,001$), enquanto a digestibilidade do amido aumentou linearmente ($P = 0,020$). A inclusão de DFS em 250 g/kg de MS do suplemento melhora o desempenho e aumenta o peso de carcaça de bovinos terminados a pasto recebendo suplementação concentrada, sem alterar as características da carcaça.

Palavras-chave: coproduto de destilaria, fase de terminação, pasto tropical

EFFECTS OF SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT INCLUSION LEVELS OF CORN DRY FIBER WITH DISTILLERS SOLUBLES ON PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF NELLORE BULLS FINISHED ON PASTURE

ABSTRACT - This study was carried out to evaluate the performance and carcass characteristics of Nellore cattle finished on pasture receiving high concentrate supplementation containing different levels of dry fiber with solubles (DFS) inclusion. Eight hundred and thirty-two Nellore cattle [body weight (BW) = 395 ± 30 kg; 20 months] were distributed in a randomized block design and allocated to 12 paddocks (*Urochloa brizantha* cv. Marandu; 7 or 8 animals/ha) with an area of 10 ha ($n = 6$) and 8 ha ($n = 6$). The treatments consisted of four levels of DFS inclusion: supplement without DFS (S0) or containing 250 g/kg (S250), 500 g/kg (S500), or 750 g/kg (S750) of inclusion in the supplement dry matter (DM). The supplements were provided ad libitum daily. The finishing period lasted 103 days (October 2023 to January 2024) during the wet season. The animals were weighed fasting (16 hours) on the first and last days of the trial. The DM intake of the supplement (DMIs) was measured daily. All data was analyzed using the MIXED procedure in SAS. The means were compared using orthogonal polynomial contrasts (linear and quadratic). Significance was set at $P \leq 0.05$ and trends were declared when $0.05 < P \leq 0.10$. A quadratic effect was observed for both final BW and average daily gain ($P = 0.032$ and $P = 0.006$, respectively), with the cattle receiving S250 having the highest values for both. The DMIs tended to be quadratic (kg/day, $P = 0.051$; and %BW, $P = 0.075$), with higher supplement intake for S250. However, the supplement feed efficiency did not differ ($P \geq 0.291$) between treatments. Including DFS also had a quadratic response in hot carcass weight ($P = 0.040$), with cattle receiving S250 having a higher carcass weight. There was no effect of DFS inclusion on dressing percentage ($P \geq 0.365$). The inclusion of DFS also had no effect ($P \geq 0.122$) on the loin eye area (cm² and cm²/100 kg), ratio, subcutaneous fat thickness (mm and mm/100 kg), and marbling. There was a quadratic response with the inclusion of DFS in the supplements for glucose ($P < 0.001$), cholesterol ($P = 0.016$), and triglycerides ($P < 0.001$), with a minimum point in S500. A quadratic pattern was also observed for serum urea ($P = 0.047$), with a maximum point in S750. There was a linear increase in the concentration of nitrogen in the feces ($P = 0.024$) as the level of DFS inclusion increased. On the other hand, the concentration of starch in the feces decreased linearly ($P < 0.001$), while starch digestibility increased linearly ($P = 0.020$). The inclusion of DFS at 250 g/kg DM of the supplement improves performance and increases the carcass weight of cattle finished on pasture receiving concentrate supplementation, without affecting carcass characteristics.

Keywords: distillery by-product, finishing phase, tropical pasture

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A produção de etanol a partir do milho está crescendo em todo o mundo, com os Estados Unidos e o Brasil liderando como os maiores produtores (Vidal, 2022). Como resultado, a produção de coprodutos de destilaria também aumentou, com crescimento esperado da disponibilidade desses coprodutos para a nutrição animal (Da Silva et al., 2020). Os coprodutos são gerados após a fermentação de carboidratos, como o amido, para a produção de etanol (Stock et al., 2000). Com isso, os nutrientes restantes no resíduo são concentrados em cerca de três vezes comparado ao grão original, apresentando uma concentração menor de amido e concentrações maiores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e extrato etéreo (EE) (Klopfenstein et al., 2008).

Os coprodutos tradicionalmente gerados após o processo de fermentação do milho são os grãos de destilaria secos (DDG) e úmidos (WDG), sem ou com solúveis (DDGS e WDGS). Muitos estudos foram realizados avaliando os níveis de inclusão de grãos de destilaria em dietas de bovinos terminados em confinamento (Bremer et al., 2011; Depenbusch et al., 2009; Buckner et al., 2008), com resultados positivos quanto a melhoria do desempenho e eficiência alimentar. Além disso, quanto ao uso dos grãos de destilaria em suplementos, estudos também tem relatado ser uma alternativa viável aos ingredientes dietéticos convencionais para bovinos recriados a pasto (Smith et al., 2021, 2020; Ferrari et al., 2021). No entanto, há dados limitados disponíveis na literatura sobre os efeitos da inclusão desses coprodutos em suplementos para bovinos de corte terminados a pasto (Hoffmann et al., 2021a).

A indústria do etanol é caracterizada por sua constante inovação em técnicas de processamento para aumentar o rendimento do etanol, o que, conseqüentemente, gera coprodutos de destilaria com composições diferentes dos convencionais que são atualmente produzidos (Garland et al., 2019a). Uma tecnologia recente utilizada nas indústrias de etanol de milho é denominada como Fiber Separation Technology™ (FST; ICM Inc., Colwich, KS). Neste método, a porção de fibra do milho moído e cozido é retirada antes do processo de fermentação. Então, a fibra do milho (também

denominada como farelo de milho) pode ser adicionada aos solúveis de destilaria condensados (CDS) e dois novos coprodutos diferentes dos tradicionais podem ser produzidos, a fibra úmida (WFS) ou fibra seca (DFS) com solúveis, contendo alto valor energético e que pode variar o teor de PB (Garland et al., 2019a, 2019b; Junior et al., 2022). O resíduo sólido obtido após a fermentação e separação dos CDS gera um terceiro coproduto, os grãos de destilaria com alto teor de proteína (HPDG), que pode conter até 430 g/kg de PB [base matéria seca (MS)] e ser utilizado em dietas para animais ruminantes e monogástricos (Dias et al., 2024; Dias et al., 2023; Garland et al., 2019b).

No entanto, há pouca informação disponível na literatura sobre a maneira como estes novos coprodutos do etanol de milho impactam o desempenho animal em dietas de terminação de bovinos de corte, principalmente de bovinos Zebu terminados a pasto com alta suplementação de concentrado. Consequentemente, é necessário compreender a resposta animal em relação aos níveis de inclusão destes novos coprodutos, com o intuito de explorar melhor a sua utilização como uma alternativa a ingredientes dietéticos convencionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cenário da produção de etanol de milho e coprodutos de destilaria gerados

O aumento da dependência de combustíveis fósseis, das preocupações com as questões ambientais e dos incentivos governamentais elevaram o interesse de muitos países em diversificar a matriz energética, com o aumento da produção de biocombustíveis (Da Silva et al., 2020). O milho é uma “commodity” extensivamente produzida no mundo e, entre as opções de matéria-prima para a fabricação dos biocombustíveis, apresenta um bom rendimento técnico nas agroindústrias (Yacobucci e Schnepf, 2007). O etanol de milho apresenta alta produtividade por tonelada processada, sendo produzido para cada tonelada de milho, aproximadamente, 400 litros de etanol, enquanto a produção a partir da cana-de-açúcar são gerados cerca de 82 litros (Da Silva et al., 2020; Bortoletto e Alcarde, 2015).

Entre os países produtores de etanol, os Estados Unidos e o Brasil lideram como os maiores produtores, os quais representam mais de 82% do mercado mundial (Vidal, 2022). Os Estados Unidos são o principal produtor de etanol, com produção estimada em torno de 58,3 bilhões de litros (RFA, 2023), na qual o milho é a principal matéria-prima utilizada (Bortoletto e Alcarde, 2015). Por outro lado, a produção brasileira do biocombustível está estimada em cerca de 36,08 bilhões de litros de etanol, da qual apenas cerca de 20% desse total é produzida a partir da utilização do milho (CONAB, 2024).

No Brasil, o uso do milho para a produção de etanol por meio de usinas “flex”, que produzem o etanol a partir do processamento da cana-de-açúcar ou do milho, foi iniciada na última década como alternativa para reduzir a ociosidade operacional das plantas durante o período de entressafra da cana-de-açúcar (período de 90 a 120 dias por ano). Além disso, a construção nos últimos anos de usinas “full”, dedicadas a produzir etanol exclusivamente de milho, também tem contribuído para o aumento dessa produção. Esse fenômeno tem sido particularmente forte na região Centro-Oeste, onde combinam-se alta disponibilidade de matéria-prima, elevados custos de escoamento e demanda por coprodutos de destilaria para nutrição animal (Da Silva et al., 2020). Para a safra 2024/25, é previsto um acréscimo de 22,1% no volume total de produção de etanol de milho em comparação ao que foi produzido na temporada anterior, chegando a 7,22 bilhões de litros (CONAB, 2024). Nesse contexto, a produção brasileira de etanol de milho, apesar de ser recente e em menor quantidade, apresenta grande potencial de crescimento para os próximos anos.

A produção de etanol a partir do milho gera diversos coprodutos de destilaria que são amplamente utilizados para nutrição de ruminantes (Ham et al., 1994). Dentre esses coprodutos, os tradicionalmente produzidos são os grãos de destilaria secos (DDG) e úmidos (WDG), sem ou com solúveis (DDGS ou WDGS). A composição dos grãos de destilaria difere do grão original, contendo menor concentração de amido, e maiores concentrações de PB, EE e FDN (NASEM, 2016; Klopfenstein et al., 2008).

A produção de etanol de milho pelo método de moagem a seco e os principais coprodutos de destilaria gerados foi detalhado por Stock et al. (2000; Figura 1). Nesse processo, o grão de milho é moído a seco, transferido para o tanque de cozimento e misturado com água e enzima α -amilase, formando uma mistura conhecida como

mosto. Em seguida, passa por um processo de cozimento com temperatura, pH e tempo controlado. Após esse período, o mosto é resfriado e ocorre a adição da enzima glucoamilase para converter os oligossacarídeos em glicose. Posteriormente, é adicionado ao mosto leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* para que ocorra a fermentação e conversão da glicose em etanol. Nesse processo, algumas usinas utilizam ácido sulfúrico para controlar o pH do mosto. Por fim, acontece o processo de destilação para separar o etanol dos demais componentes da mistura.

O resíduo da destilação é denominado de vinhaça, o qual contém sólidos não fermentáveis, óleo, leveduras e água. A vinhaça, por meio da centrifugação, é separada na porção sólida e líquida (denominada de vinhaça fina). A parte sólida resulta no WDG e a vinhaça fina remanescente é destinada aos evaporadores, para remoção da água e extração parcial do óleo. Após esse processo, se obtém os solúveis de destilaria condensados (CDS) ou xarope, que podem ser comercializados separadamente ou adicionados ao WDG, resultando no WDGS. Além disso, o CDS pode passar pelo processo de secagem com os grãos de destilaria (sólidos) para produzir o DDGS.

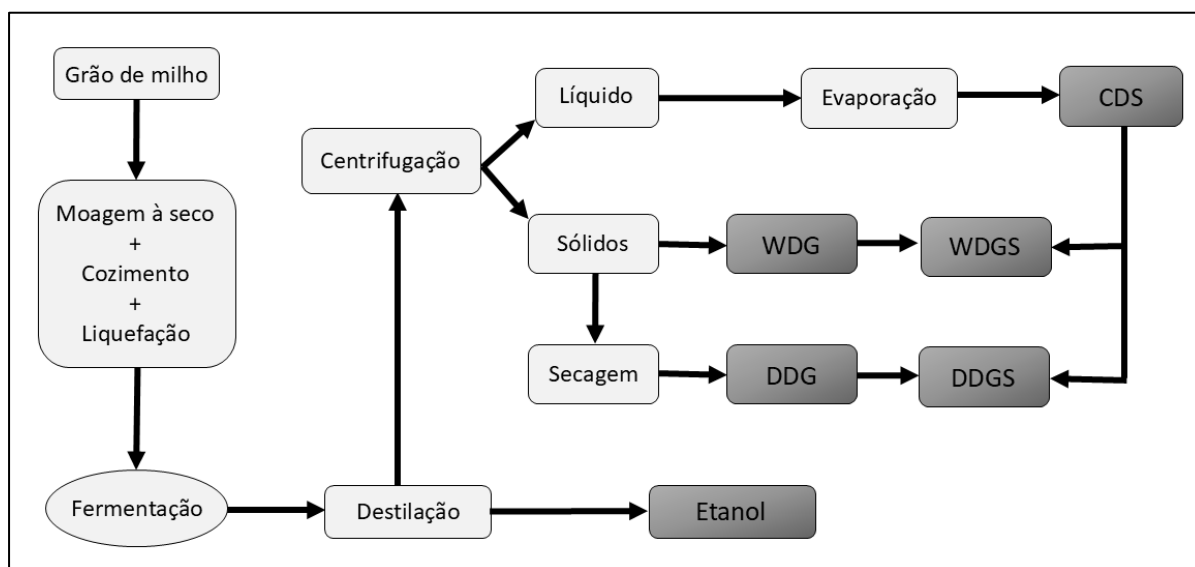


Figura 1 - Processo de produção do etanol de milho pelo método de moagem a seco e principais coprodutos gerados [Adaptado de Stock et al. (2000)].

CDS: solúveis de destilaria condensados; WDG: grãos úmidos de destilaria; DDG: grãos secos de destilaria; WDGS: grãos úmidos de destilaria com solúveis; DDGS: grãos secos de destilaria com solúveis.

Quando o amido dos grãos de milho é fermentado para produção do etanol, os nutrientes restantes (como a proteína, fibra e gordura) são concentrados em cerca de três vezes (Klopfenstein et al., 2008). Com isso, os grãos de destilaria convencionais detêm uma composição química média de 30,8% de PB, 33,7% de FDN, 10,7% de EE, 0,86% de fósforo e 0,66% de enxofre (NASEM, 2016). No entanto, segundo Buckner et al. (2011), há grandes variações na composição dos grãos de destilaria entre as usinas de etanol e dentro de uma mesma planta em dias diferentes. Essas variações podem ser associadas a diversos fatores como, por exemplo, a quantidade de CDS adicionados aos grãos de destilaria, a eficiência na conversão de amido em etanol, o método de processamento dos grãos antes da fermentação e o nível de extração de óleo. Dessa forma, diversos estudos na literatura têm relatado a utilização de coprodutos de destilaria com composições químicas distintas, principalmente devido as mudanças no processo de produção do etanol de milho, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos principais coprodutos do etanol de milho em diferentes trabalhos publicados na literatura.

Referência	Coproduto	Composição química, g/kg			
		MS	PB	FDN	EE
David et al. (2024)	DDGS	895	337	368	58.0
Alhadas et al. (2021)	DDG	897	327	540	48.6
Garland et al. (2019)	WDGS	328	301	302	116
Tomaz (2019)	WDG	300	327	565	46.0
Pesta et al. (2015)	MDGS	600	279	347	105
Pesta et al. (2015)	CDS	350	244	73.0	185
Moraes (2023)	DFS	852	187	524	69.0
Junior et al. (2022)	WFS	338	339	525	67.9
Antunes (2020)	WFS	424	182	505	109
Antunes (2020)	HPDG	945	443	331	143

DDGS: grãos secos de destilaria com solúveis; DDG: grãos secos de destilaria; WDGS: grãos úmidos de destilaria com solúveis; WDG: grãos úmidos de destilaria; MDGS: grãos de destilaria modificados com solúveis; CDS: solúveis de destilaria condensados; DFS: fibra seca com solúveis; WFS: fibra úmida com solúveis; HPDG: grão de destilaria de alta proteína.

O etanol é a principal fonte de receita das usinas que produzem etanol a partir do milho (Da Silva et al., 2020), sendo os coprodutos de destilaria uma segunda via de receita. Nesse sentido, com o objetivo de reduzir os custos e melhorar a eficiência de produção, é constante os avanços em técnicas de processamento que possibilitem

o aumento do rendimento do etanol. Dentre essas, uma tecnologia recente utilizada nas indústrias de etanol de milho é denominada como Fiber Separation Technology™ (ICM Inc., Colwich, KS). Com a implementação dessa nova tecnologia, coprodutos de destilaria diferentes dos tradicionais têm sido produzidos e comercializados para a alimentação de animais ruminantes (Garland, 2018).

Esse novo processamento e os coprodutos gerados foi descrito por Garland (2018; Figura 2). Nesse método, o processamento inicial dos grãos se assemelha ao tradicional, em que os grãos de milho são moídos e submetidos a um processo de cozimento com a adição de complexos enzimáticos, formando assim o mosto. Após esse processo, diferente do método convencional, a porção de fibra do grão de milho (pericarpo) é separada das demais partes antes do processo de fermentação. Com isso, apenas o material sem a fibra é destinado a fermentação e, posteriormente, a destilação para obtenção do etanol.

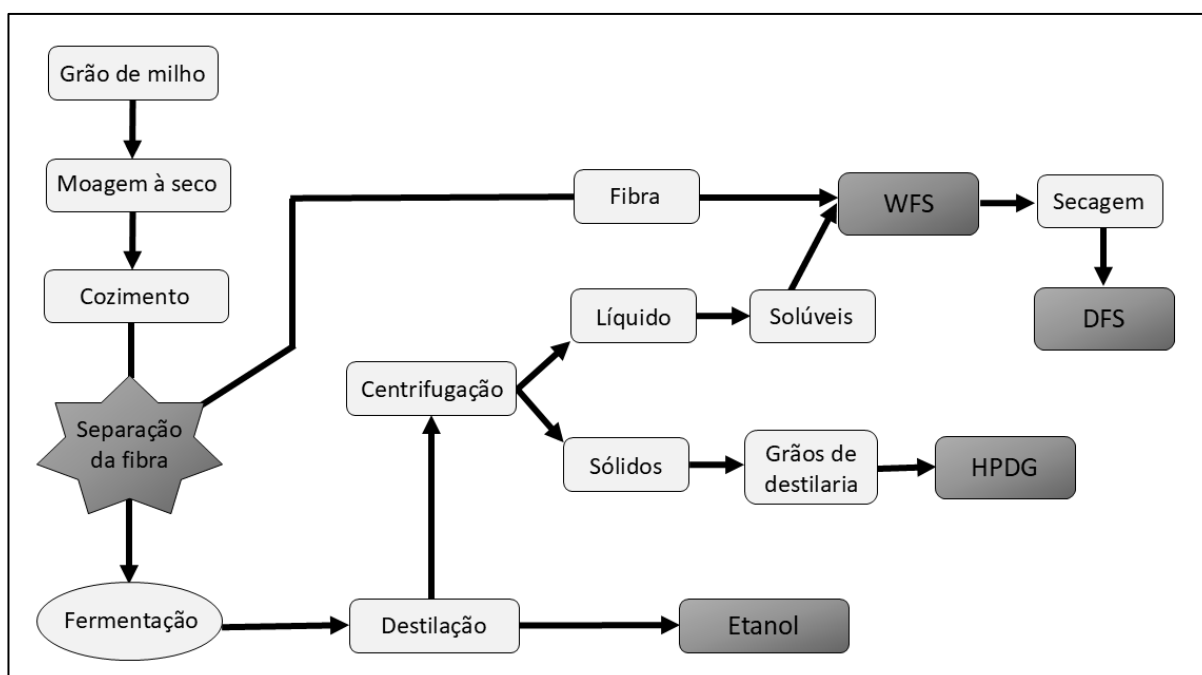


Figura 2 - Processo de produção do etanol de milho com separador de fibra e coprodutos gerados (Adaptado de Garland, 2018).

WFS: fibra úmida com solúveis; DFS: fibra seca com solúveis; HPDG: grão de destilaria de alta proteína.

O resíduo obtido após a destilação é centrifugado, resultando em uma porção sólida e na vinhaça fina. A parte sólida origina o grão de destilaria de alta proteína (HPDG). A vinhaça fina remanescente passa por um processo de evaporação e

extração parcial do óleo, dando origem aos CDS ou xarope. Posteriormente, os CDS são adicionados a fibra do milho (também denominada como farelo de milho), separada antes do processo de fermentação, e dois coprodutos diferentes podem ser produzidos, a fibra seca (DFS) ou a fibra úmida (WFS) com solúveis.

Nesse contexto, os avanços tecnológicos na produção de etanol e a expansão das plantas no país têm aumentado a variedade de coprodutos comercializados. Com isso, é fundamental compreender as melhores formas de utilizar esses coprodutos em dietas e suplementos para bovinos de corte, garantindo a eficiência no uso, a otimização da resposta animal e assegurando a viabilidade econômica da atividade pecuária.

2.2. Uso de coprodutos do etanol de milho em dietas de terminação de bovinos de corte

A produção de etanol a partir do milho gera para cada tonelada do grão, aproximadamente, 250 kg de grãos secos de destilaria (DDG; Bortoletto e Alcarde, 2015). Dado o crescimento da produção de etanol de milho nos últimos anos (CONAB, 2024), espera-se um aumento da disponibilidade de coprodutos de destilaria para nutrição de ruminantes (Da Silva et al., 2020), ampliando, assim, a oferta desses coprodutos em maiores quantidades e em regiões mais distantes das usinas de etanol.

Os coprodutos de destilaria provaram ser um alimento de alta qualidade para alimentação de bovinos de corte e tornaram-se um ingrediente comumente utilizado em dietas de terminação (Klopfenstein et al., 2008; Stock et al., 2000). Os grãos de destilaria são fontes de fibra de alta degradação, proteína não degradável no rúmen (PNDR) e gordura (Alhadas et al., 2023; NASEM, 2016). Nesse contexto, diversos estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a resposta animal ao uso desses coprodutos como fonte de proteína e/ou energia em diferentes dietas para terminação de bovinos de corte.

Bremer et al. (2011) sintetizaram diversos estudos em que concentrações crescentes de DDGS, grãos de destilaria modificados com solúveis (MDGS) e WDGS foram incluídas em substituição ao milho laminado a seco e a silagem de grão de

milho úmido em dietas de terminação. A inclusão de DDGS até 400 g/kg de MS da dieta resultou em aumento quadrático no consumo de matéria seca (CMS) e aumento linear no ganho médio diário (GMD) e na eficiência alimentar, enquanto a inclusão de MDGS e WDGS até 400 g/kg de MS da dieta resultou em aumento quadrático no CMS, no GMD e na eficiência alimentar. Os autores também observaram valores alimentares maiores para os coprodutos de destilaria em relação ao milho, independentemente do tipo de coproduto ou do nível de inclusão.

No entanto, o ponto ótimo de inclusão dos grãos de destilaria pode variar dependendo do método de processamento do milho. Corrigan et al. (2009) avaliaram a substituição do milho laminado a seco (ML), da silagem de grão de milho úmido (SMU) e do milho floculado (MF) por níveis crescentes de WDGS (0, 15, 27,5 e 40% da MS) em dietas de bovinos em terminação. Os autores relataram uma interação entre o método de processamento do milho e o nível de inclusão de WDGS, em que um maior desempenho e peso de carcaça foi observado com 40%, 27,5% e 15% de WDGS em dietas à base de ML, SMU e MF, respectivamente, evidenciando uma maior resposta ao nível de WDGS em dietas com grãos menos intensamente processados.

Por outro lado, resultados diferentes foram observados com coprodutos de destilaria contendo características distintas e incluídos em padrões de dietas diferentes. Quando a inclusão de DDG com baixo teor de gordura em dietas à base de milho “flint” foi avaliada na terminação de bovinos Nelore superprecoce, Alhadas et al. (2021) observaram redução do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), da digestibilidade dos nutrientes e do desempenho em níveis de inclusão de até 450 g/kg (base MS). Portanto, estudos avaliando a inclusão dos coprodutos de destilaria em diferentes padrões de dieta são necessários para entender as alterações no desempenho animal, tendo em vista os impactos da associação com diferentes ingredientes e a variedade de coprodutos do etanol de milho atualmente comercializados.

Além disso, as inovações tecnológicas na produção de etanol de milho têm resultado em coprodutos de destilaria com composição distinta dos coprodutos tradicionais, proporcionando novas possibilidades de uso na alimentação animal. A inclusão de fibra de milho mais solúveis em dietas de bovinos em confinamento em substituição a combinação de milho laminado a seco e silagem de grão de milho úmido

foi reportado por Garland et al. (2019a, 2019b), com resultados positivos em termos de desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça. Por outro lado, Junior et al. (2022) avaliaram a inclusão de WDBS em dietas de terminação em substituição a combinação de milho moído, polpa cítrica, farelo de soja e ureia e observaram tendência de aumento linear na eficiência alimentar, embora não tenham observado efeito no desempenho dos animais.

Embora a literatura seja abundante em estudos avaliando o uso dos grãos de destilaria em dietas de bovinos em confinamento, há poucos dados sobre a utilização desses coprodutos em suplementos para bovinos terminados a pasto. A terminação intensiva a pasto (TIP) é uma alternativa que tem apresentado resultados satisfatórios em desempenho (Simioni et al., 2021) e qualidade de carne (Torrecilhas et al., 2021), quando comparado ao confinamento. Dessa forma, entender os potenciais de uso dos coprodutos do etanol de milho em suplementos para bovinos terminados a pasto pode trazer benefícios para essa estratégia de terminação.

Estudos recentes reportaram a possibilidade de utilização dos grãos secos de destilaria como ingrediente dietético em suplementos para terminação de bovinos a pasto (Ferrari et al., 2022; Hoffmann et al., 2021a), com resultados próximos ao observado no confinamento. No entanto, estudos com o objetivo de avaliar os níveis de inclusão de coprodutos do etanol de milho em suplementos para a fase de terminação a pasto são escassos na literatura, particularmente com relação aos novos coprodutos. Conseqüentemente, novos estudos que avaliem a inclusão desses coprodutos são fundamentais para entender os efeitos na resposta animal e o seu nível ótimo de inclusão.

2.3. Estratégia de terminação de bovinos a pasto com alta suplementação de concentrado

No Brasil, a produção de bovinos de corte ocorre predominantemente à pasto, com cerca de 82% do total de bovinos abatidos por ano advindos desse sistema (ABIEC, 2023). Entretanto, a sazonalidade na produção de forragem é um fenômeno observado em maior ou menor proporção em diversas regiões do Brasil, que ocorre devido a variações inerentes ao clima e aos estádios fenológicos das plantas

fORAGEIRAS (Paulino et al., 2004). Com isso, são notadas alterações quantitativas e qualitativas do pasto ao longo do ano, em que, o desempenho animal pode ser comprometido em detrimento da redução do valor nutricional da forragem.

Em sistemas de produção em pastejo, como o desempenho dos bovinos é alcançado em função da forragem consumida e de suas exigências nutricionais, bovinos em fase de terminação apresentam menor ganho de peso em sistemas de alimentação exclusivamente a pasto (Siqueira et al., 2015), tendo em vista a maior exigência nutricional dos animais nessa fase em relação as anteriores (Valadares Filho et al., 2016). Dessa forma, potencializar o uso da forragem, por meio do manejo do pastejo e suplementação concentrada estratégica, a fim de aumentar a taxa de lotação e, principalmente, o ganho de peso animal torna-se ferramenta de manejo indispensável (Reis et al., 2012).

Nesse contexto, a terminação de bovinos a pasto recebendo alta suplementação de concentrado tem se tornado uma estratégia promissora, a qual se caracteriza pelo fornecimento de suplemento concentrado (15 a 20 g/kg PC) em níveis similares a dietas de confinamento, podendo ser fornecido diariamente em quantidades pré-fixadas ou à vontade, em que o animal regula seu próprio consumo. Nesse sistema, a suplementação possibilita o desempenho de bovinos de corte próximo ao observado no confinamento (Ferrari et al., 2022), com custos menos onerosos com dieta, infraestrutura e operacional (Resende et al., 2014), viabilizando a redução da idade ao abate de bovinos terminados a pasto.

Nessa estratégia de terminação, a melhora observada na taxa de ganho está relacionada ao maior nível de concentrado consumido pelos bovinos, tendo em vista que, em níveis menores de oferta de suplemento no cocho, a maior parte do consumo de nutrientes pelo animal é proveniente do pasto, o qual é responsável por um aporte nutricional menor em relação ao suplemento ofertado. Custódio et al. (2016) e Miorin et al. (2016) avaliaram bovinos Nelore terminados a pasto no período da seca, recebendo suplementação nos níveis de 5 g/kg de PC e 20 g/kg de PC, e observaram maior ganho médio diário para animais suplementados com 20 g/kg de PC em comparação aos que receberam 5 g/kg de PC, proporcionando um incremento de 66 kg no ganho de carcaça e 4,6% no rendimento de carcaça.

No entanto, vale ressaltar que, apesar da maior fonte de nutrientes nesse sistema de produção ser proveniente do suplemento, o pasto atua como a principal fonte de fibra da dieta de bovinos em pastejo, garantindo uma adequada saúde ruminal. Nesse contexto, Mota et al. (2020) avaliaram bovinos Nelore com duas taxas de ganho na recria e, posteriormente, terminados a pasto com alta suplementação em duas ofertas de forragem (alta e baixa), e observaram que animais que vieram de uma menor taxa de ganho na recria apresentaram maior GMD e eficiência alimentar quando terminados com alta oferta de forragem em comparação aqueles que foram mantidos em sistema com baixa oferta. Entretanto, para os animais que vieram de alta taxa de ganho na recria, a oferta de forragem não alterou o desempenho e a eficiência dos animais.

Por outro lado, estudando apenas o efeito da oferta de forragem, Lima (2014) avaliou bovinos terminados a pasto com alta suplementação de concentrado (20 g/kg de PC), em duas ofertas de forragem distintas, baixa (2,5 kg MS/kg PC) e alta (4,5 kg MS/kg PC), e observou que animais na maior oferta de forragem apresentaram maior PC final e eficiência biológica 12,7% melhor em comparação aos animais mantidos em piquetes com baixa oferta de forragem. Nesse sentido, mesmo em estratégias de terminação a pasto com alta suplementação, é fundamental a adoção de estratégias de manejo para explorar melhor a maior produção de forragem durante o período das águas, além de garantir disponibilidade de pasto no período seco, possibilitando uma adequada oferta de forragem aos animais.

Além das questões associadas ao pasto, considerando o papel importante da suplementação nesse sistema de produção, a formulação adequada do suplemento é outro fator essencial para o sucesso da atividade. Nesse sentido, diversos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar novas estratégias nutricionais para a formulação de suplementos para a terminação de bovinos a pasto. Lima (2014) avaliou bovinos Nelore terminados a pasto recebendo alta suplementação contendo duas fontes energéticas distintas (milho “flint” ou polpa cítrica) e observou que animais recebendo suplemento à base de milho “flint” apresentaram maior ganho de carcaça (GDC) e peso de carcaça quente (PCQ) em comparação aqueles que receberam suplemento contendo polpa cítrica como fonte de energia.

Além disso, a utilização de métodos de processamento do milho “flint” pode ser uma alternativa viável e eficiente para otimizar a utilização do amido na terminação de bovinos a pasto recebendo suplementação concentrada. Gonçalves (2018), ao avaliar a substituição total do grão de milho moído seco (MMS) pela silagem de grão de milho úmido (SMU), observou que os bovinos reduziram o consumo de suplemento, aumentaram o GMD e melhoraram a eficiência alimentar quando receberam suplemento à base de SMU. Além disso, ao avaliar a inclusão de lasalocida sódica nos suplementos, observou-se maior GDC e PCQ para os animais que receberam suplemento à base de SMU contendo esse aditivo.

A inclusão de ingredientes dietéticos mais baratos, como os coprodutos de destilaria, em suplementos para bovinos de corte terminados a pasto, também tem sido avaliada em estudos recentes (Hoffmann et al., 2021a; Ferrari et al., 2022), nos quais tem sido considerada como uma alternativa viável para substituir fontes de ingredientes convencionais. No entanto, informações limitadas são disponíveis na literatura sobre a maneira como os novos coprodutos do etanol de milho (por exemplo, o DFS e WFS) impactam a resposta animal quando incluídos em dietas de sistemas de terminação em regiões tropicais, principalmente de bovinos Zebu terminados a pasto recebendo suplementação concentrada.

Portanto, estudos que possam evidenciar novos resultados e estratégias nutricionais para a terminação de bovinos a pasto são de grande relevância para o cenário atual da bovinocultura de corte no Brasil, pois podem gerar melhorias na produtividade e rentabilidade desse sistema produtivo. Além disso, o conhecimento sobre o potencial uso dos coprodutos de destilaria é fundamental para possibilitar sua utilização em substituição a ingredientes alimentares convencionais, bem como evitar a concorrência com os recursos destinados para a alimentação humana.

3. REFERÊNCIAS

ABIEC. 2023. Beef Report: Perfil da pecuária no Brasil, 2023. Disponível em: <<https://www.abiec.com.br/wp-content/uploads/Final-Beef-Report-2023-Completo-Versao-web.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2024.

- Alhadas, H.M., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S.R., Souza, G.A.P., Lage, B.C., Oliveira, K.R., Pacheco, M.V.C., Pucetti, P., Silva, J.T., Godoi, L.A., Silva, F.A.S., Rennó, L.N., Paulino, M.F., 2023. Effects of low-fat dried distillers grains on nutrient intake and digestibility in high-concentrate diets. **Livest. Sci.** 269. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105167>
- Alhadas, H.M., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S.R., Souza, G.A.P., Lage, B.C., Silva, B.C., Rennó, L.N., Paulino, M.F., 2021. Impact of different levels of low-fat dried distillers grains on performance of young Nelore bulls during the finishing phase. **Anim. Sci. J.** 92. <https://doi.org/10.1111/asj.13623>
- Antunes, S.L. **Inclusão de novos coprodutos derivados do processo de produção de etanol de milho em dietas de terminação de bovinos.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.
- Bortoletto, A.M., Alcarde, A.R., 2015. Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente. **Visão Agrícola** 13, 3.
- Bremer, V.R., Watson, A.K., Liska, A.J., Erickson, G.E., Cassman, K.G., Hanford, K.J., Klopfenstein, T.J., 2011. Effect of distillers grains moisture and inclusion level in livestock diets on greenhouse gas emissions in the corn-ethanol-livestock life cycle. **Prof. Anim. Sci.** 27, 449–455. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30517-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30517-9)
- Brixner, B.M. **Efeitos da adição de complexo de carboidrases em dietas com diferentes níveis do coproduto de etanol de milho DDBS (fibra seca de destilaria com solúveis) para bovinos de corte em confinamento.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.
- Buckner, C.D., Wilken, M.F., Benton, J.R., Vanness, S.J., Bremer, V.R., Klopfenstein, T.J., Kononoff, P.J., Erickson, G.E., 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. **Prof. Anim. Sci.** 27, 57–64. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30445-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30445-9)

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, DF, v. 12, n. 3 novembro 2024.

Corrigan, M.E., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Luebbe, M.K., Vander Pol, K.J., Meyer, N.F., Buckner, C.D., Vanness, S.J., Hanford, K.J., 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. **J. Anim. Sci.** 87, 3351–3362. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1836>

Custódio, L., Miorin, R.L., Figueira, D.N., Alves Neto, J.A., Mota, V.A.C., Fernandes, R.M., Resende, F.D., Siqueira, G.R. Effect of different supplementation levels and additives on Nelore steers performance finished on pasture. In: Proceedings of International Meeting of Advances in Animal Science, 2016. **Anais eletrônicos...** Jaboticabal, São Paulo, 2016.

Da Silva, H.J.T., Santos, P.F.A., Nogueira Junior, E.C., Vian, C.E.F., 2020. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, 29, 142.

David, G.N.I., Di Calaça, A.M.M., Leite, N.A., Conrado, T.S., Veloso, I.M., Costa Filho, A.R., Galvão, F.S., Barreto, Y.M., Silva, L.O.M., Couto, V.R.M., Fernandes, J.J.R., 2024. Effects of decreasing roughage NDF in diets with high inclusion of DDGS on performance, feeding behavior, and ruminal parameters in Nelore bulls. **Livest. Sci.** 281, 105427. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105427>

Dias, K.M.M., Oliveira, C.H., Calderano, A.A., Bernardes, R.D., Ribeiro, A.M., Lima, I.L., Mike, B.P., Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., 2023. Research Note: Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and standardized ileal amino acid digestibility determination of high-protein dried distiller's grains and corn bran with solubles for broilers. **Poult. Sci.** 102. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102757>

Dias, M.R., Moraes, K.A.K. de, Oliveira, A.S. de, Batista, E.D., Salomão, A.M.R., Zambenedetti, A., Petrenko, N.B., Sousa, J.N., Ortelam, J.C., Ickert, A., Chaves, C.S., Moraes, E.H.B.K. de, 2024. Nutritional Performance of Grazing Beef

Cattle Supplemented with High-Protein Distillers' Dried Grain. **Animals** 14. <https://doi.org/10.3390/ani14081209>

Ferrari, A.C., Berça, A.S., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Dallantonia, E.E., Romanzini, E.P., Barbero, R.P., da Silva Cardoso, A., Lage, J.F., Tedeschi, L.O., Reis, R.A., 2022. Effects of supplement type during the pre-finishing growth phase on subsequent performance of Nelore bulls finished in confinement or on tropical pasture. **Appl. Anim. Sci.** 38, 474–486. <https://doi.org/10.15232/AAS.2022-02284>

Ferrari, A.C., Leite, R.G., Fonseca, N.V.B., Romanzini, E.P., Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Costa, D.F.A., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021. Performance, nutrient use, and methanogenesis of Nelore cattle on a continuous grazing system of *Urochloa brizantha* and fed supplement types varying on protein and energy sources. **Livest. Sci.** 253, 104716. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104716>

Garland, S. A. **Impact of ethanol process changes on distillers grains for beef cattle**. M.S. Thesis, University of Nebraska, Lincoln, 2018.

Garland, S.A., Boyd, B.M., Hilscher, F.H., Erickson, G.E., MacDonald, J.C., Mass, R.A., 2019a. Evaluation of fractionated distillers grains (high protein and bran plus solubles) on performance and carcass characteristics in finishing diets. **Nebraska Beef Cattle Reports** 1021, 88–90.

Garland, S.A., Boyd, B.M., Hilscher, F.H., Erickson, G.E., MacDonald, J.C., Mass, R.A., 2019b. Evaluation of corn bran plus solubles on performance and carcass characteristics in finishing diets. **Nebraska Beef Cattle Reports** 1020, 91–93.

Gonçalves, P.H. **Avaliação do processamento do milho e da lasalocida na terminação de bovinos Nelore em sistema de alta suplementação na seca**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

Ham, G.A., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, E.M. Larson, D.H. Shain, R.P. Huffman. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. **J. Anim. Sci.** 72, 3246.

- Hoffmann, A., Berça, A.S., Cardoso, A.S., Fonseca, N.V.B., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021a. Does the Effect of Replacing Cottonseed Meal with Dried Distiller's Grains on Nellore Bulls Finishing Phase Vary between Pasture and Feedlot? **Animals** 11, 85. <https://doi.org/10.3390/ANI11010085>
- Junior, A. de S.L., Meschiatti, M.A.P., Gouvêa, V.N., MacDonald, J.C., Erickson, G.E., Dantas, V.G.V., Santos, F.A.P., 2022. Effects of wet distillers bran plus solubles and corn oil in diets containing flint corn grain and citrus pulp for finishing Nellore bulls. **Livest. Sci.** 255. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104774>
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. **J. Anim. Sci.** 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/JAS.2007-0550>
- Lima, B.S. **Suplementação de alto consumo na terminação de tourinhos Nelore em pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.
- Miorin, R.L., Custodio, L., Figueira, D.N., Alves Neto, J.A., Resende, F.D., Moreira, A.D., Alves, M.A.P., Siqueira, G.R. Carcass gain of Nellore bullocks finished on pasture fed with different supplementation levels and additives. Proceedings of International Meeting of Advances in Animal Science, 2016. **Anais eletrônicos...** Jaboticabal, São Paulo, 2016.
- Moraes, J.M.M. **Níveis de inclusão de fibra seca com solúveis de destilaria de etanol de milho em dietas para bovinos terminados em confinamento**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.
- Mota, V.A.C., Fernandes, R.M., Prados, L.F., Alves Neto, J.A., Berti, G.F., Resende, F.D., Siqueira, G.R., 2020. Relationship between gain rate during the growing phase and forage allowance in the finishing phase in Nellore cattle. **Trop. Anim. Health Prod.** 52, 1881–1891. <https://doi.org/10.1007/S11250-020-02205-W/METRICS>

- NASEM, 2016. Nutrient requirements of Beef Cattle, 8th ed. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Paulino, M.F., Figueiredo, D.M., Moraes, E.H.B.K., Porto, M.O., Sales, M.F.L., Acedo, T.S., Villela, S.D.J., Valadares Filho, S.C. Suplementação de bovinos em pastagens: Uma visão sistêmica. In: IV Simpósio de Produção de Gado de Corte, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2004, p. 93-139.
- Pesta, A. C., Nuttelman, B. L., Shreck, A. L., Griffin, W. A., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., 2015. Finishing performance of feedlot cattle fed condensed distillers solubles. **J. Anim. Sci.** 93, 4350-4357. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9247>
- Reis, R.A., Ruggieri, A.C., Oliveira, A.A., Azenha, M.V., Casagrande, D.R., 2012. Supplementation as a strategy for the production of the beef quality in tropical pastures. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim** 13, 642–655.
- Resende, F., Moretti, M.H., Alves Neto, J.A., Lima, B., Siqueira, G.R. Nível de oferta de suplemento na terminação de bovinos a pasto. In: VI **Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal** - Sala Bovinos. Estância de São Pedro, SP. 2014.
- RFA. Renewable Fuels Association. 2023 Ethanol Industry Outlook. Disponível em: <<https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/2432/2023%20RFA%20Outlook%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2024.
- Simioni, T.A., Torrecilhas, J.A., Messana, J.D., Granja-Salcedo, Y.T., Vito, E.S., Lima, A.R.C., Sanchez, J.M.D., Reis, R.A., Berchielli, T.T., 2021. Influence of growing-phase supplementation strategies on intake and performance of different beef cattle genotypes in finishing phase on pasture or feedlot. **Livest. Sci.** 251. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104653>
- Siqueira, G.R., Gonçalves, P.H., Alves, M.A.P., Oliveira, I.M., Fernandes, R.M., Marcolino, C.C., Dos Santos, F.D., Resende, F.D., 2015. Finishing strategies for grazing Nellore cattle in the wet season. **J. Anim. Sci.**, 93, 317-318.

- Smith, W.B., Banta, J.P., Foster, J.L., Redmon, L.A., Machado, T.J., Tedeschi, L.O., Rouquette, F.M., 2021. Effects of supplementation of dried distillers grains with solubles to beef steers grazing Coastal bermudagrass on performance on pasture and in feedlot, and carcass characteristics. **Appl. Anim. Sci.** 37, 155–165. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02120>
- Smith, W.B., Banta, J.P., Foster, J.L., Redmon, L.A., Machado, T.J., Tedeschi, L.O., Rouquette, F.M., 2020. Evaluation of growth performance and carcass characteristics of beef stocker cattle grazing Tifton 85 bermudagrass supplemented with dried distillers grains with solubles then finished in the feedlot. **Appl. Anim. Sci.** 36, 308–319. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01907>
- Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. **J. Anim. Sci.** 77, 1–12. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1w>
- Tomaz, L.A. **Grãos de milho úmidos de destilaria na alimentação de bovinos Nelore: Digestibilidade e parâmetros ruminais.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.
- Torrecilhas, J.A., Vito, E.S., Fiorentini, G., Castagnino, P. de S., Simioni, T.A., Lage, J.F., Baldi, F., Duarte, J.M., Silva, L.G. da, Reis, R.A., Berchielli, T.T., 2021. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. **Livest. Sci.** 247. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104465>
- Valadares Filho, S.C., Costa e Silva, L.F., Gionbelli, M.P., Rotta, P.P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M.L., Prados, L.F., 2016. Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle - BR-CORTE. In: **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR-CORTE.** <https://doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016b002>

Vidal, M. F. Agroindústria - Etanol, 2022. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1923>>. Acesso em: 06 mai. 2024.

Yacobucci, B.D.; Schnepf, R.D. Ethanol and biofuels: agriculture, infrastructure, and market constraints related to expanded production. Washington: Congressional Research Service, 2007.

CAPÍTULO 2 - EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FIBRA SECA DE MILHO COM SOLÚVEIS DE DESTILARIA NO DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS A PASTO

1. INTRODUÇÃO

Os grãos de destilaria provaram ser um alimento de alta qualidade para alimentação de ruminantes e tornaram-se um ingrediente frequentemente utilizado em dietas de terminação nos EUA (Bremer et al., 2011; Klopfenstein et al., 2008). No Brasil, a porcentagem de confinamentos utilizando grãos de destilaria secos como principal coproduto concentrado ou proteico aumentou de zero em 2019 (Pinto e Millen, 2019) para 8,3% e 11,1% em 2021, respectivamente (Silvestre e Millen, 2021). Esse crescimento deve ser ainda maior nos próximos anos, devido ao aumento da produção de etanol de milho no Brasil (CONAB, 2024) e, conseqüentemente, maior disponibilidade de coprodutos de destilaria para nutrição animal.

Dentre os coprodutos convencionais resultantes do processo de fermentação do milho destacam-se os grãos de destilaria úmidos (WDG) e secos (DDG), sem ou com solúveis (WDGS ou DDGS). Os grãos de destilaria são fontes de fibra de alta degradação, proteína não degradável no rúmen (PNDR) e gordura (Alhadas et al., 2021a; Alhadas et al., 2023; NASEM, 2016). Diversos estudos foram realizados para avaliar os níveis de inclusão desses coprodutos em dietas de bovinos em confinamento (Bremer et al., 2011; Corrigan et al., 2009; Buckner et al., 2008), com resultados positivos quanto a melhora do desempenho e eficiência alimentar. Além disso, a inclusão de alimentos alternativos e com menor custo, como os coprodutos de destilaria, em substituição a ingredientes convencionais, permite a otimização do uso de recursos naturais e evita a competição com alimentos destinados ao consumo humano (Fernandes et al., 2022).

A indústria do etanol se destaca pela constante inovação nas técnicas de processamento para maximizar o rendimento de produção, resultando em coprodutos do etanol de milho com características distintas dos convencionais (Garland et al., 2019a). Uma tecnologia recente utilizada nas indústrias de etanol de milho é denominada como Fiber Separation Technology™ (FST; ICM Inc., Colwich, KS). Neste método, a porção de fibra do milho moído e cozido é removida antes do processo de

fermentação. Assim, a fibra do milho (também denominada como farelo de milho) pode ser adicionada aos solúveis de destilaria condensados (CDS) e dois novos coprodutos diferentes são produzidos, a fibra úmida (WFS) ou a fibra seca (DFS) com solúveis, contendo alto valor energético, mas que pode variar o teor de proteína bruta (PB) (Junior et al., 2022; Garland et al., 2019a, 2019b).

Quando a fibra de milho mais solúveis foi incluída nos níveis de 200 g/kg e 400 g/kg (base MS) em dietas de terminação, Garland et al. (2019b) relataram aumento no ganho médio diário (GMD) de 13,1% e 15,0%, respectivamente, em relação à dieta controle à base de milho, além de uma melhoria de 4,73% na conversão alimentar em ambos os níveis de inclusão. Esses resultados sugerem que os novos coprodutos também podem ser viáveis para a terminação de bovinos, além de possibilitar um desempenho similar aos grãos de destilaria convencionais (Garland et al., 2019a, 2019b). Entretanto, a literatura é limitada em estudos que buscam avaliar o potencial de melhoria da eficiência de produção de bovinos de corte com a inclusão desses novos coprodutos em suplementos para fase de terminação a pasto. Nesse sentido, considerando o potencial dos grãos de destilaria convencionais como substitutos para ingredientes dietéticos em sistemas de produção de bovinos em pastejo (Ferrari et al., 2021; Smith et al., 2021, 2020; Hoffmann et al., 2021b), é importante conhecer também o potencial de utilização e os níveis ótimos de inclusão dos novos coprodutos em suplementos para a fase de terminação a pasto.

Portanto, nossa hipótese é que: (a) o DFS pode ser incluído no suplemento como fonte alternativa de proteína e energia; e (b) a inclusão de DFS no suplemento aumenta o desempenho de bovinos Nelore terminados a pasto recebendo alta suplementação, sem alterar as características de carcaça. Objetivou-se com este estudo, avaliar o desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore terminados a pasto recebendo alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de DFS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Performance do Grupo LPCD, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil (latitude 14° 39' 02" S; longitude 57° 53' 41"

W), durante a estação das águas de outubro de 2023 a janeiro de 2024. O clima é tropical do tipo Aw (de acordo com a classificação de Köppen), com invernos secos e verões chuvosos (Alvares et al., 2014). Todos os procedimentos envolvendo o uso de animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da APTA Regional (protocolo nº 005/2024).

2.1. Animais, delineamento experimental e tratamentos

Oitocentos e trinta e dois bovinos machos da raça Nelore [peso corporal (PC) = 395 ± 30 kg; 20 meses], não castrados, foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados e alocados em piquetes coletivos (com 7 ou 8 animais/ha) contendo comedouro coberto (18 x 0,7 m) e bebedouro. O experimento foi realizado em área de pastagem composta por capim Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), dividida em 12 piquetes de 10 ha (n = 6) ou 8 ha (n = 6). Os piquetes foram distribuídos aleatoriamente para um dos quatro tratamentos (3 piquetes/tratamento). Todos os animais avaliados originaram-se de compra e permaneceram na fazenda por um período de recria médio de 60 dias, anteriormente a fase de terminação. Durante esse período, os animais foram mantidos em pastagens de capim Marandu com suplementação. O suplemento foi fornecido *ad libitum* e composto por 25,0% de bagaço de cana, 27,0% de milho moído, 34,8% de torta de algodão, 8,9% de caroço de algodão, 1,3% de ureia e 3,0% de núcleo mineral. Após o período de recria, todos os animais foram pesados após jejum de sólidos de 16 horas. O peso corporal dos animais em jejum obtido foi utilizado como critério na blocagem experimental. Além disso, todos os animais foram identificados, vacinados contra clostridioses (Excell 10, Venco Saúde Animal, Londrina, PR, Brasil) e tratados contra endo e ectoparasitas (Cydectin, Zoetis Brasil, São Paulo, SP, Brasil).

Os tratamentos avaliados consistiram em quatro níveis de inclusão de DFS no suplemento concentrado, os quais foram: 0 g/kg (S0), 250 g/kg (S250), 500 g/kg (S500) e 750 g/kg (S750) de DFS na matéria seca (MS) do suplemento (Tabela 2). O DFS utilizado no experimento foi produzido pela FS Fueling Sustainability (Lucas do Rio Verde, MT, Brasil) por meio da tecnologia FST (ICM Inc., Colwich, KS, Estados Unidos). As inclusões de DFS nos suplementos proporcionaram a substituição parcial

do milho “flint” moído e a substituição total da torta de algodão e do caroço de algodão. O milho “flint” foi moído em um moinho de martelos, obtendo um tamanho de partícula médio de 1,8 mm. Todos os suplementos concentrados utilizados no experimento foram formulados de acordo com as recomendações do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2016) para suportar um GMD de aproximadamente 1,2 kg/dia.

O período experimental teve duração de 103 dias, divididos em três períodos de 34 dias. Os primeiros 14 dias foram destinados à adaptação aos suplementos (Gouvêa et al., 2022). Os bovinos passaram por protocolo de adaptação “em escada”, no qual começaram recebendo 1,0% do PC em suplemento (base MS), com aumento de 0,07% do PC a cada dia, em caso de ausência de sobras, até chegarem ao consumo final de 2,0% do PC. Ao final da adaptação, os suplementos foram ofertados *ad libitum* diariamente. Os suplementos foram fornecidos uma vez ao dia (14h00), com auxílio de um vagão distribuidor (Siltomac RD25, São Paulo, Brasil), equipado com balança para pesagem do suplemento e distribuição nos comedouros. Os animais tiveram livre acesso à água. A composição química dos ingredientes dos suplementos é apresentada na Tabela 1. Os níveis de inclusão de cada ingrediente nos suplementos, bem como suas composições químicas, são listados na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição química (g/kg de MS) dos ingredientes dos suplementos.

Ingredientes	MS	PB	FDN	Amido	EE
Milho moído	877	76,8	82,4	706	41,6
DFS	885	196	472	77,5	65,3
Torta de algodão	926	265	483	15,4	118
Caroço de algodão	915	228	450	14,3	169
Ureia	992	2700	-	-	-
Núcleo mineral ¹	993	-	-	-	-

DFS: fibra seca com solúveis; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo.

Observação: A unidade g/kg para matéria seca representa gramas de matéria seca por quilograma de matéria natural e, para os outros constituintes, representa gramas do constituinte por quilograma de matéria seca.

¹Níveis de garantia (por kg de MS): 242-282 g de Ca; 14 g de P (mín.); 140 mg de F (máx.); 70 g de Na (mín.); 25 g de Mg (mín.); 28 g de S (mín.); 630 mg de Mn (mín.); 620 mg de Fe (mín.); 2040 mg de Zn (mín.); 620 mg de Cu (mín.); 80 mg de Co (mín.); 10 mg de Se (mín.); 60 mg de I (mín.); 12000 u de amilase (mín.); 820 mg de virginiamicina e 1060 mg de monensina sódica.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química dos suplementos (base MS).

Itens	Tratamentos			
	S0	S250	S500	S750
Ingredientes				
Milho moído	673	565	457	207
DFS	-	250	500	750
Torta de algodão	174	87,0	-	-
Caroço de algodão	110	55,0	-	-
Ureia	13,0	13,0	13,0	13,0
Núcleo mineral	30,0	30,0	30,0	30,0
Composição química				
MS	894	889	885	887
MO	949	942	934	922
PB	158	163	168	198
FDN	189	231	274	371
Amido	479	420	361	204
EE	67,1	59,4	51,7	57,6

S0: suplemento sem DFS; S250: suplemento com 250 g de DFS/kg de MS; S500: suplemento com 500 g de DFS/kg de MS; S750: suplemento com 750 g de DFS/kg de MS; DFS: fibra seca com solúveis; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo.

2.2. Características do pasto

A massa de forragem, componentes morfológicos e valor nutritivo da forragem foram avaliados a cada 34 dias (Tabela 3). As alturas do dossel foram medidas em 80 pontos aleatórios utilizando uma régua graduada, para estimar a altura média dos piquetes (Hoffmann et al., 2021b). Para estimar a massa de forragem, foram coletadas três amostras representativas da altura média de cada piquete, cortando ao nível do solo toda a forragem presente em uma área de 0,25 m². Em seguida, as amostras foram pesadas e duas subamostras de cada ponto médio coletado por piquete foi separada para determinação do teor de MS e da composição morfológica (folha verde, colmo verde, folha morta e colmo morto). Posteriormente, as amostras foram parcialmente secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas para determinar a MS parcial e estimar a massa de forragem e a proporção dos componentes morfológicos. Amostras de pastejo simulado foram coletadas pelo método “hand-plucked” para estimar o valor nutritivo da forragem (De Vries, 1995). Após a coleta, as amostras foram parcialmente secas em estufa de circulação forçada

de ar a 55 °C por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho Willey com peneira de 1 mm e armazenadas para posteriores análises.

Tabela 3 - Características quantitativas e qualitativas da *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante a fase de terminação de bovinos Nelore com alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS).

Itens	Dias Experimentais			
	0	34	68	102
Características quantitativas				
Altura, cm	31,3	36,7	36,9	39,4
Massa, kg/ha	7549	10534	8875	8678
Folha verde, g/kg MS	225	328	411	510
Colmo verde, g/kg MS	243	350	370	357
Folha seca, g/kg MS	80,7	118	90,1	76,2
Colmo seco, g/kg MS	451	204	130	56,9
Características qualitativas				
MS, g/kg MN	224	242	224	226
MO, g/kg MS	902	903	904	902
PB, g/kg MS	156	141	171	164
FDN, g/kg MS	546	551	483	537
FDA, g/kg MS	285	311	264	313

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

2.3. Consumo de suplemento e desempenho animal

O consumo de MS de suplemento (CMSs) dos bovinos foi avaliado diariamente em cada piquete. Em caso de sobras consecutivas no cocho, a oferta de suplemento no piquete foi ajustada para permitir sobras mínimas de 10 a 30 g/kg próximo ao horário de fornecimento do suplemento. Os ingredientes dos suplementos foram amostrados semanalmente (dias 7, 14, 21, 28 e 34 de cada período) e compostos em uma única amostra ao final de cada período experimental para estimar a composição química de cada suplemento. Os ingredientes dos suplementos foram moídos em moinho Willey com peneira de 1 mm e armazenadas para posteriores análises.

Os bovinos foram pesados no primeiro (d 0) e no último (d 103) dia do período experimental, após jejum de sólidos por 16 horas. Esses pesos foram considerados como peso inicial e final e utilizados para determinar o GMD. A eficiência alimentar (EA) do suplemento foi calculada dividindo o GMD pelo CMSs.

2.4. Parâmetros fecais

Amostras de fezes foram coletadas aleatoriamente de dez animais por piquete aos 30, 60 e 90 dias. Aproximadamente 50g de amostra foram coletadas de cada animal, às 11h00, logo após a excreção voluntária. Após a coleta, as amostras foram compostas em uma única amostra para cada piquete e, em seguida, uma subamostra (300g) foi obtida e seca em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho Willey com peneira de 1 mm e armazenadas para posteriores análises da concentração de nitrogênio (N) e amido. A digestibilidade do amido foi estimada por meio da equação proposta por Zinn et al. (2007).

2.5. Parâmetros sanguíneos

Para coleta de sangue, foram selecionados aleatoriamente dez animais por piquete que apresentavam PC similar a média do piquete. As amostras de sangue foram coletadas pela manhã por punção venosa jugular, em dois tubos comerciais (BD Vacutainer®) de 10 ml sem anticoagulante, no início (dia 0) e final (dia 103) do experimento. Após as coletas, os tubos foram imediatamente colocados em caixa contendo gelo, centrifugados (2500 × g por 15 minutos à 4 °C) para coleta do soro e as amostras foram armazenadas em eppendorfs a -20 °C. As amostras de soro foram analisadas para glicose (código K082-3), colesterol (código K083-2), triglicérides (código K117-3), proteína total (código K031-1), ureia (código K056-1), creatinina (código K222-1), albumina (código K040-1), aspartato amino transferase (AST; código K048-6) e gama-glutamil transferase (GGT; código K080-2) utilizando kits comerciais (Bioclin®, Belo Horizonte, Brasil) com as leituras realizadas em um Analisador Bioquímico Automático (SX-260; SINNOWA®).

2.6. Ultrassonografia de carcaça

Ao final do experimento, a ultrassonografia de carcaça foi realizada em 23 animais por piquete, dos quais dez foram os mesmos destinados à coleta de sangue.

Os animais foram selecionados de maneira aleatória no início do experimento, e apresentavam PC semelhante à média do piquete. Foi utilizado um ultrassom veterinário Piomedical - Scanner 200, com sonda linear (ASP-18), de frequência de 3,5 MHz. Em todas as avaliações foi utilizado óleo vegetal como acoplante acústico. As mensurações foram feitas por meio de imagens ultrassônicas, nas quais foi obtido a área de olho de lombo (AOL, cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm) e grau de marmoreio (escore de 1 a 10). As imagens foram tomadas entre a 12^a e 13^a costela, transversal ao músculo *Longissimus dorsi*. A espessura de gordura foi medida no terço médio distal da AOL. A espessura de gordura na picanha (EGP8) foi mensurada na posição longitudinal entre os ossos do íleo e ísquio na garupa (junção do músculo *Gluteus medius* e *Bíceps femoris*).

2.7. Abate e características de carcaça

Ao final do período de avaliações, todos os bovinos foram transportados para um frigorífico comercial (Marfrig Global Foods, Tangará da Serra, MT, Brasil), localizado a 70 km das instalações da pesquisa, e abatidos no dia seguinte, seguindo o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial para Produtos de Origem Animal (Brasil, 2000). Após o abate, foram removidos os componentes não-carcaça e as carcaças foram identificadas e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ). Posteriormente, o rendimento de carcaça (RC) foi determinado em função do PC final em jejum e do PCQ. O PCQ inicial foi calculado considerando 50% do PC inicial em jejum, e utilizado para determinar o ganho de carcaça (GDC) e a eficiência biológica (EB) do suplemento. O GDC foi obtido pela diferença entre o PCQ final e o PCQ inicial estimado, dividido pelo número de dias em terminação. A EB do suplemento foi calculada dividindo o CMSs total pela quantidade de arrobas de carcaça produzida durante o período de terminação.

2.8. Análises laboratoriais

Amostras de ingredientes do suplemento e de pasto foram analisadas para MS (método 934.01), N (método 981.10) e cinzas (método 930.05) de acordo com AOAC

(2012) e extrato etéreo (EE; método 945.16) de acordo com AOAC (2005). O teor de PB foi calculado pela multiplicação do teor de N por 6,25. A matéria orgânica (MO) foi determinada pela diferença entre o teor de MS e cinzas. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991). A concentração de amido foi quantificada de acordo com Silva et al. (2019). As amostras de fezes foram analisadas quanto a concentração de N e amido utilizando os mesmos métodos descritos acima.

2.9. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados contendo quatro tratamentos (níveis de DFS) e três repetições, totalizando 12 unidades experimentais (piquetes). Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC). Os dados foram considerados normalmente distribuídos (teste de Shapiro-Wilk) utilizando o procedimento UNIVARIATE do SAS. A aproximação de Kenward-Rogers foi utilizada para ajustar o denominador dos graus de liberdade para o teste de efeito fixo. No modelo matemático estatístico, o tratamento foi considerado como efeito fixo e o bloco e animal (piquete) como efeito aleatório. Para as variáveis CMSs, EA do suplemento, EB do suplemento e parâmetros fecais, apenas o bloco foi considerado como efeito aleatório no modelo. Covariável foi utilizada para os parâmetros sanguíneos quando um efeito significativo foi observado (a coleta de sangue no dia 0 foi considerada como uma covariável). As médias foram comparadas usando contrastes polinomiais ortogonais linear e quadrático. A significância foi estabelecida em $P \leq 0,05$ e as tendências foram declaradas quando $0,05 < P \leq 0,10$.

3. RESULTADOS

3.1. Consumo de suplemento e desempenho animal

Foi observado efeito quadrático tanto para o PC final ($P = 0,032$) quanto para o GMD ($P = 0,006$) com a inclusão de DFS no suplemento (Tabela 4). Os bovinos recebendo S250 tiveram maior ganho de peso e ficaram mais pesados ao final do período experimental que os outros tratamentos. O CMSs tendeu a ser quadrático (kg/dia, $P = 0,051$; e %PC, $P = 0,075$), com o maior consumo de suplemento para S250. No entanto, a EA do suplemento não diferiu ($P \geq 0,291$) entre os tratamentos.

A inclusão de DFS também teve resposta quadrática no PCQ ($P = 0,040$) e no GDC ($P = 0,010$), com os bovinos recebendo S250 apresentando os maiores valores para ambos (Tabela 4). Entretanto, não houve efeito da inclusão de DFS no rendimento de carcaça ($P = 0,365$). A EB do suplemento tendeu a ser quadrática ($P = 0,089$), com a melhor eficiência observada para S750 (96,0).

Tabela 4 - Consumo de suplemento e desempenho de bovinos Nelore terminados a pasto com alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS).

Itens	Tratamentos				EPM	P-valor	
	S0	S250	S500	S750		L	Q
PC inicial, kg	395	395	395	395	11,73	0,987	0,968
PC final, kg	517	526	523	522	6,59	0,427	0,032
GMD, kg/dia	1,19	1,27	1,24	1,23	0,04	0,224	0,006
CMSs, kg/dia	7,03	7,88	7,45	7,01	0,28	0,613	0,051
CMSs, %PC	1,55	1,71	1,62	1,53	0,06	0,562	0,075
EA suplemento	0,169	0,161	0,166	0,177	0,01	0,435	0,291
PCQ, kg	306	312	310	309	4,40	0,580	0,040
GDC, kg/dia	1,06	1,10	1,09	1,08	0,01	0,387	0,010
RC, %	59,2	59,2	59,2	59,1	0,15	0,390	0,365
EB suplemento	99,2	106	102	96,0	3,65	0,328	0,089

S0: suplemento sem DFS; S250: suplemento com 250 g de DFS/kg de MS; S500: suplemento com 500 g de DFS/kg de MS; S750: suplemento com 750 g de DFS/kg de MS; PC: peso corporal; GMD: ganho médio diário; CMSs: consumo de matéria seca de suplemento; EA suplemento: eficiência alimentar do suplemento; PCQ: peso de carcaça quente; GDC: ganho de carcaça; RC: rendimento de carcaça; EB suplemento: eficiência biológica do suplemento; EPM: erro padrão da média; L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

3.2. Características de carcaça

Não houve efeito ($P \geq 0,122$) da inclusão de DFS no suplemento na AOL (cm^2 e $\text{cm}^2/100$ kg), *ratio*, EGS (mm e mm/100 kg), EGP8 e marmoreio (Tabela 5).

Tabela 5 - Características de carcaça de bovinos Nelore terminados a pasto com alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS).

Itens	Tratamentos				EPM	P-valor	
	S0	S250	S500	S750		L	Q
AOL, cm ²	87,3	87,4	89,9	87,0	1,00	0,531	0,122
AOL, cm ² /100 kg	16,8	16,5	17,2	16,4	0,21	0,905	0,145
ratio	0,54	0,54	0,55	0,54	0,005	0,384	0,203
EGS, mm	4,34	4,55	4,31	4,32	0,15	0,530	0,485
EGS, mm/100 kg	0,83	0,86	0,82	0,82	0,03	0,427	0,614
EGP8, mm	7,11	7,64	7,01	7,18	0,28	0,526	0,474
Marmoreio	1,96	1,81	1,87	1,90	0,15	0,795	0,247

S0: suplemento sem DFS; S250: suplemento com 250 g de DFS/kg de MS; S500: suplemento com 500 g de DFS/kg de MS; S750: suplemento com 750 g de DFS/kg de MS; AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea; EGP8: espessura de gordura na picanha; EPM: erro padrão da média; L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

3.3. Parâmetros fecais

Foi observado aumento linear na concentração de nitrogênio nas fezes ($P = 0,024$), com o aumento do nível de inclusão de DFS no suplemento (Tabela 6). Por outro lado, houve diminuição linear na concentração de amido nas fezes ($P < 0,001$), enquanto a digestibilidade do amido aumentou linearmente ($P = 0,020$).

Tabela 6 - Concentração de nitrogênio e amido fecal e digestibilidade do amido em bovinos Nelore terminados a pasto com alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS).

Itens	Tratamentos				EPM	P-valor	
	S0	S250	S500	S750		L	Q
N fecal, g/kg MS	22,8	24,0	23,9	24,8	0,05	0,024	0,745
Amido fecal, g/kg MS	172	133	123	55,1	0,93	<0,001	0,114
Digestibilidade do amido, g/kg MS	914	924	923	938	0,62	0,020	0,635

S0: suplemento sem DFS; S250: suplemento com 250 g de DFS/kg de MS; S500: suplemento com 500 g de DFS/kg de MS; S750: suplemento com 750 g de DFS/kg de MS; N: nitrogênio; EPM: erro padrão da média; L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

3.4. Parâmetros sanguíneos

Os parâmetros sanguíneos são descritos na Tabela 7. Houve resposta quadrática aos níveis crescentes de DFS no suplemento para a glicose ($P < 0,001$), colesterol ($P = 0,016$) e triglicérides ($P < 0,001$), com ponto mínimo em S500. Padrão

quadrático também foi observado para a ureia ($P = 0,047$), com ponto máximo em S750. Por outro lado, a proteína total, creatinina, albumina, AST e GGT não diferiram ($P \geq 0,119$) entre os tratamentos.

Tabela 7 - Parâmetros sanguíneos de bovinos Nelore terminados a pasto com alta suplementação de concentrado contendo diferentes níveis de inclusão de fibra seca com solúveis (DFS).

Itens	Tratamentos				EPM	P-valor	
	S0	S250	S500	S750		L	Q
Glicose, mg/dL	104	82.8	69.1	75.2	5.50	<0.001	<0.001
Colesterol, mg/dL	222	195	179	182	10.2	<0.001	0.016
Triglicérides, mg/dL	31.5	26.2	23.7	26.1	0.89	<0.001	<0.001
Proteína total, g/dL	7.26	7.02	7.26	7.12	0.15	0.894	0.630
Ureia, mg/dL	41.5	40.4	41.3	44.9	2.26	0.032	0.047
Creatinina, mg/dL	2.15	2.02	2.05	2.04	0.05	0.129	0.128
Albumina, g/dL	3.90	3.80	3.84	3.87	0.05	0.896	0.119
AST, U/L	99.0	102	95.9	103	3.84	0.838	0.527
GGT, U/L	20.5	21.1	21.2	20.3	1.55	0.930	0.461

S0: suplemento sem DFS; S250: suplemento com 250 g de DFS/kg de MS; S500: suplemento com 500 g de DFS/kg de MS; S750: suplemento com 750 g de DFS/kg de MS; AST: aspartato amino transferase; GGT: gama-glutamil transferase; EPM: erro padrão da média; L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

4. DISCUSSÃO

A inclusão de DFS no suplemento apresentou uma tendência de resposta quadrática nos dados de CMSs. Quando a fibra de milho mais solúveis foi incluída em 200 ou 400 g/kg (base MS), Garland et al. (2019b) também observaram tendência de efeito quadrático no consumo de matéria seca (CMS) de bovinos em terminação em relação à dieta controle à base de milho. Além disso, embora o DFS apresente composição nutricional diferente dos grãos de destilaria, a tendência de efeito quadrático observada em nosso estudo para o CMSs é consistente com pesquisas anteriormente publicadas (Bremer et al., 2011; Buckner et al., 2008; Klopfenstein et al., 2008), que avaliaram a inclusão de DDGS e WDGS em dietas de terminação em comparação à dieta controle com alto teor de milho. Em todos esses estudos, os autores observaram maior CMS para inclusões de coprodutos de destilaria em níveis de 200 a 300 g/kg de MS da dieta, valores próximos ao encontrado neste estudo para o DFS (250 g/kg), que resultou em maior CMSs.

Nos resultados reportados por Garland et al. (2019a, 2019b) com fibra de milho mais solúveis, o coproduto foi comparado com dietas controle à base de milho dentado, contendo a combinação (50:50) de milho laminado a seco e silagem de grão de milho úmido. Por outro lado, em nosso estudo a dieta controle foi à base de milho “flint”, e a inclusão de DFS substituiu a combinação de milho “flint” moído, torta de algodão e caroço de algodão, o que implica em uma composição distinta de nutrientes entre as dietas. Nesse contexto, apesar de alguns estudos relatarem aumento linear do EE das dietas de bovinos alimentados com níveis crescentes de grãos de destilaria (Debenbusch et al., 2009; Corrigan et al., 2009; Buckner et al., 2008), a concentração de gordura dos suplementos avaliados em nosso estudo foi maior para o suplemento controle (S0; 67,1 g/kg) comparado aos suplementos contendo inclusões de DFS. Um efeito consistente da suplementação de gordura para bovinos em pastejo é a diminuição do CMS (Carvalho et al., 2017; Pavan et al., 2007), o que provavelmente contribuiu para a tendência de maior CMSs observada para S250, e consumo numericamente maior para S500, que tiveram redução do EE com a inclusão de DFS. Além disso, com a inclusão crescente de DFS no suplemento, os níveis de amido diminuíram do suplemento sem inclusão (S0; 479 g/kg) para o de maior inclusão (S750; 204 g/kg) do coproduto. Stock et al. (1990) propuseram que bovinos recebendo dietas com alto teor de amido tendem a enfrentar mais quadros de acidose subaguda, compensando essa condição diminuindo o consumo de ração e ajustando o padrão alimentar. Portanto, é possível que a diminuição da quantidade de amido nos suplementos e, provavelmente, a maior estabilidade do pH ruminal também tenham favorecido a tendência quadrática de maior CMSs observada.

Corroborando com os dados de consumo de suplemento, a inclusão de DFS teve resposta quadrática no PC final e no GMD. Em sistemas de produção de bovinos em pastejo recebendo suplementação, o maior consumo de suplemento pode estar associado a um ganho de peso adicional dos animais (Sousa et al., 2022; Sampaio et al., 2017). Além disso, a proteína no DFS é constituída principalmente por células de leveduras provenientes da adição dos solúveis de destilaria, que se tornam mais resistentes a degradação microbiana quando submetidos ao processo de aquecimento (Bruning e Yokoyama, 1988). Com isso, a inclusão de grãos de destilaria nas dietas tende a aumentar o escape de proteína do rúmen (PNDR; Aines et al.,

1987), aumentando assim o consumo de proteína metabolizável (Alhadas et al., 2021b). Portanto, a combinação desses fatores poderia explicar a maior resposta no desempenho observada para bovinos alimentados com S250, e numericamente maior para os suplementos contendo níveis crescentes de DFS em comparação ao suplemento controle.

Apesar das características diferentes do DDGS em relação ao DFS, Buckner et al. (2008) avaliaram a inclusão de níveis crescentes de DDGS em substituição ao milho laminado a seco em dietas de terminação e relataram efeito quadrático no desempenho, com maior valor para bovinos recebendo dietas contendo 200 g de DDGS/kg de MS, inclusão próxima ao nível ótimo encontrado em nosso estudo. Esses autores também relataram maior valor alimentar para o DDGS em relação ao milho, explicando a melhora no desempenho dos bovinos. Por outro lado, em nosso estudo a EA do suplemento não diferiu entre os tratamentos com a inclusão de DFS. Com isso, o valor alimentar dos suplementos (valor relativo ao milho, calculado pela diferença entre a EA do suplemento controle e do tratamento comparado, dividido pela inclusão do coproduto) foi maior que a combinação substituída de milho “flint” moído, torta de algodão e caroço de algodão apenas para S750 (107%), sugerindo uma maior densidade energética para o DFS e corroborando com o maior valor alimentar relatado para os grãos de destilaria convencionais (Bremer et al., 2011; Klopfenstein et al., 2008; Buckner et al., 2008). Para os demais tratamentos não houve aumento do valor alimentar, o que pode ser explicado pelo maior CMSs pelos bovinos recebendo S250 e S500, que, apesar da melhora de desempenho apresentada, tiveram EA do suplemento similar ao suplemento controle.

O padrão quadrático observado para o desempenho foi semelhante para o PCQ e o GDC. Como o rendimento de carcaça foi similar entre os tratamentos (59,2%), os bovinos alimentados com S250 ao ganharem mais peso e terminarem o período experimental mais pesados, tiveram o ganho e peso de carcaça maior em relação aos demais tratamentos. Entre os níveis de inclusão de DFS, os bovinos apresentaram PCQ e GDC maior em comparação ao tratamento S0. Além disso, a EB do suplemento mostrou tendência de efeito quadrático, com melhor valor para S750, em linha com o aumento numérico da EA observado para este tratamento.

A fase de terminação de bovinos de corte a pasto tem se mostrado uma estratégia eficaz, apresentando resultados satisfatórios em relação às características de carcaça (Simioni et al., 2021) e à qualidade da carne (Torrecilhas et al., 2021), quando comparada ao confinamento. No presente estudo, inclusões crescentes de DFS no suplemento não resultaram em diferenças nas características de carcaça. Esse resultado está de acordo com o relatado em outros estudos que avaliaram a inclusão de coprodutos de destilaria em dietas de bovinos terminados em confinamento (Garland et al., 2019a, Corrigan et al., 2009; Buckner et al., 2008), os quais também não observaram alterações nas características de carcaça. Embora não tenha sido observado diferenças nas características de carcaça, o valor médio de EGS (4,38 mm) entre os tratamentos permaneceu dentro do padrão requerido pela indústria frigorífica brasileira (3 a 6 mm), independentemente do nível de inclusão de DFS no suplemento. A espessura de gordura superior a 3 mm é importante para prevenir a perda de líquidos durante o resfriamento, o encurtamento pelo frio e o escurecimento da carne (Baldassini et al., 2016; Donicht et al., 2011), assegurando assim a qualidade final da carne.

O aumento linear na concentração de N nas fezes pode ter ocorrido devido a alguns fatores. Primeiramente, o teor de PB dos suplementos avaliados nesse estudo aumentou com a inclusão de DFS, variando em 40 g/kg do suplemento sem a inclusão (S0) para o de maior inclusão (S750). Adicionalmente, o pasto apresentou alta concentração de proteína (158 g/kg), contribuindo para o maior aporte dietético de proteína para os bovinos. Quando maiores inclusões de DDG resultaram em altos teores de PB em dietas de terminação, Alhadas et al. (2021b) e Alhadas et al. (2023) relataram aumento da excreção de N nas fezes, bem como não observaram aumento da retenção de N pelos bovinos, o que poderia explicar o aumento linear da concentração de N nas fezes com a inclusão de níveis crescentes de DFS no suplemento.

O FDN está mais concentrado no DFS em comparação aos grãos de milho, constituindo a maior fonte de carboidrato nesse coproduto. Conseqüentemente, a concentração de FDN dos suplementos aumentou linearmente, enquanto a concentração de amido diminuiu linearmente, visto que o DFS avaliado apresentou um alto teor de fibras (472 g/kg). Moharrery et al. (2014) relataram em uma metanálise

que o aumento do consumo de amido reduziu a digestibilidade ruminal do amido em 14 g/kg por kg de aumento no consumo diário de amido. Nesse contexto, a redução da concentração de amido observada nos suplementos com níveis crescentes de inclusão de DFS, pode explicar o aumento linear na digestibilidade do amido e a redução de sua concentração nas fezes.

Com as alterações na composição nutricional dos suplementos descritas acima, efeitos quadráticos foram observados nos parâmetros sanguíneos com os níveis crescentes de DFS no suplemento. A concentração de glicose no soro apresentou ponto máximo no suplemento sem DFS, o qual apresentou o maior teor de amido (479 g/kg). O maior consumo de amido aumenta a gliconeogênese hepática (Huntington et al., 2006) e a absorção de glicose pelo intestino delgado (Hruby Weston et al., 2023), levando ao aumento dos níveis de glicose no sangue (Huntington et al., 2006), o que poderia explicar a resposta quadrática observada com a inclusão de DFS na concentração sérica de glicose.

A gordura presente nos coprodutos de destilaria pode ter uma proteção parcial contra a degradação ruminal (Klopfenstein et al., 2008; Vander Pol et al., 2007), resultando em um aumento do fluxo de ácidos graxos insaturados para o duodeno, o que pode levar a uma maior digestibilidade intestinal da gordura (Zinn et al., 2000). Entretanto, como descrito anteriormente, a substituição em nosso estudo da combinação de milho “flint” moído, torta de algodão e caroço de algodão pela inclusão de DFS levou a um menor teor de EE nos suplementos contendo o coproduto em comparação ao suplemento controle. Conseqüentemente, foram observadas menores concentrações séricas de colesterol e triglicérides nos tratamentos contendo DFS, com menor concentração para S500, o que pode estar associado ao teor de gordura presente nesse suplemento. Esses resultados sugerem que, apesar das alterações esperadas no perfil lipídico com a inclusão de DFS, o maior teor de gordura observado no S0 pode ter contribuído para as maiores concentrações séricas desses metabólitos. Esses resultados estão em linha com os encontrados por Nestel et al. (1978), que relataram maiores concentrações de colesterol no sangue com o aumento do nível de gordura na dieta. No entanto, as informações disponíveis sobre os impactos da inclusão de coprodutos de destilaria nas dietas de bovinos sobre as concentrações séricas de colesterol e triglicérides ainda são limitadas.

Quando o DDGS de trigo foi incluído em dietas para bovinos de corte em terminação, Yang et al. (2012) sugeriram que o aumento da absorção de nitrogênio amoniacal ruminal e a redução das exigências de proteína contribuem para o aumento do nitrogênio ureico sanguíneo. No presente estudo, como esperado, a maior inclusão de DFS no S750 resultou em aumento no teor de proteína (198 g/kg), excedendo as exigências de N para bovinos em terminação, o que provavelmente contribuiu para a maior concentração sérica de ureia observada neste tratamento. Portanto, as mudanças na composição nutricional dos suplementos devido as inclusões crescentes de DFS alteram os metabólitos sanguíneos de bovinos durante a fase de terminação a pasto, sem comprometer o desempenho dos animais.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de DFS em 250 g/kg de MS do suplemento melhora o desempenho e aumenta o peso de carcaça de bovinos terminados a pasto recebendo alta suplementação de concentrado, sem alterar as características de carcaça. Além disso, o DFS, um coproduto não consumido por humanos, pode ser uma fonte viável de proteína e energia quando incluído no suplemento até 750 g/kg (base MS), com potencial de melhorar o desempenho de bovinos durante a fase de terminação a pasto.

6. REFERÊNCIAS

- Aines, G., Klopfenstein, T., Stock, R., 1987. Distillers Grains. MP51, Nebraska Agric. Res. Div., Lincoln.
- Alhadas, H.M., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S.R., Souza, G.A.P., Lage, B.C., Oliveira, K.R., Pacheco, M.V.C., Pucetti, P., Silva, J.T., Godoi, L.A., Silva, F.A.S., Rennó, L.N., Paulino, M.F., 2023. Effects of low-fat dried distillers grains on nutrient intake and digestibility in high-concentrate diets. **Livest. Sci.** 269. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105167>
- Alhadas, H.M., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S.R., Souza, G.A.P., Lage, B.C., Silva, B.C., Rennó, L.N., Paulino, M.F., 2021b. Impact of different

- levels of low-fat dried distillers grains on performance of young Nellore bulls during the finishing phase. **Anim. Sci. J.** 92. <https://doi.org/10.1111/asj.13623>
- Alhadas, H.M., Valadares Filhos, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S.R., Souza, G.A.P., 2021a. *In situ* evaluation of dried distillers grains (DDG) and of diets containing different levels of DDG inclusion replacing soybean meal, urea and corn, and development of alternative methods to estimate *in vivo* digestibility of diets. **Livest. Sci.** 253, 104706. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104706>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol. Z.** 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed, Association of Official Analysis Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
- AOAC, 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th ed. Association of Official Analysis Chemists International. Gaithersburg, Maryland.
- Baldassini, W.A., Chardulo, L.A.L., Silva, J.A.V., Malheiros, J.M., Dias, V.A.D., Espigolan, R., Baldi, F.S., Albuquerque, L.G., Fernandes, T.T., Padilha, P.M., 2016. Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: a multivariate approach. **Anim. Prod. Sci.** 57, 363-370. <https://doi.org/10.1071/AN15120>
- Brasil, 2000. Normative N° 3 for the Technical Regulation of Stunning Methods for Humanitarian Killing of Slaughterhouse Animals, January 17, 2000. Department of Agriculture, Brasilia, DF.
- Bremer, V.R., Watson, A.K., Liska, A.J., Erickson, G.E., Cassman, K.G., Hanford, K.J., Klopfenstein, T.J., 2011. Effect of distillers grains moisture and inclusion level in livestock diets on greenhouse gas emissions in the corn-ethanol-livestock life cycle. **Prof. Anim. Sci.** 27, 449–455. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30517-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30517-9)
- Bruning, C. L., Yokoyama, M. T., 1988. Characteristics of live and killed Brewer's yeast slurries and intoxication by Intraruminal administration to cattle. **J. Anim. Sci.**, 66, 585–591. <https://doi.org/10.2527/jas1988.662585x>

- Buckner, C.D., Mader, T.L., Erickson, G.E., Colgan, S.L., Mark, D.R., Bremer, V.R., Karges, K.K., Gibson, M.L., 2008. Evaluation of Dry Distillers Grains Plus Solubles Inclusion on Performance and Economics of Finishing Beef Steers. **Prof. Anim. Sci.** 24, 404–410. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30884-6](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30884-6)
- Carvalho, I.P.C., Fiorentini, G., Castagnino, P.S., Jesus, R.B., Messana, J.D., Granja-Salcedo, Y.T., Detmann, E., Padmanabha, J., McSweeney, C.S., Berchielli, T.T., 2017. Supplementation with lipid sources alters the ruminal fermentation and duodenal flow of fatty acids in grazing Nellore steers. **Anim. Feed Sci. Technol.** 227, 142–153. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.017>
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, DF, v. 12, n. 3 novembro 2024.
- Corrigan, M.E., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Luebke, M.K., Vander Pol, K.J., Meyer, N.F., Buckner, C.D., Vanness, S.J., Hanford, K.J., 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. **J. Anim. Sci.** 87, 3351–3362. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1836>
- Da Silva, H.J.T., Santos, P.F.A., Nogueira Junior, E.C., Vian, C.E.F., 2020. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola** 29, 142.
- De Vries, M.F.W., 1995. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **J. Range Manag.** 48, 370–375 <http://hdl.handle.net/10150/644392>
- Deppenbusch, B.E., Coleman, C.M., Higgins, J.J., Drouillard, J.S., 2009. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. **J Anim. Sci.** 87, 2653–2663. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1496>
- Dias, K.M.M., Oliveira, C.H., Calderano, A.A., Bernardes, R.D., Ribeiro, A.M., Lima, I.L., Mike, B.P., Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., 2023. Research Note: Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and standardized ileal amino acid

digestibility determination of high-protein dried distiller's grains and corn bran with solubles for broilers. **Poult. Sci.** 102. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102757>

Donicht, P.A.M.M., Restle, J., Freitas, L.S., Callegaro, A.M., Weise, M.S., Brondani, I.L., 2011. Fat sources in diets for feedlot finished steers - Carcass and meat characteristics. **Cienc. Anim. Bras.** 12, 487-496.

Fernandes, M.H.M.R., Cardoso, A.S., Lima, L.O., Berça, A.S., Reis, R.A., 2022. Human-edible protein contribution of tropical beef cattle production systems at different levels of intensification. **Animal** 16, 100538. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100538>

Ferrari, A.C., Berça, A.S., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Dallantonia, E.E., Romanzini, E.P., Barbero, R.P., da Silva Cardoso, A., Lage, J.F., Tedeschi, L.O., Reis, R.A., 2022. Effects of supplement type during the pre-finishing growth phase on subsequent performance of Nellore bulls finished in confinement or on tropical pasture. **Appl. Anim. Sci.** 38, 474-486. <https://doi.org/10.15232/AAS.2022-02284>

Ferrari, A.C., Leite, R.G., Fonseca, N.V.B., Romanzini, E.P., Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Costa, D.F.A., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021. Performance, nutrient use, and methanogenesis of Nellore cattle on a continuous grazing system of *Urochloa brizantha* and fed supplement types varying on protein and energy sources. **Livest. Sci.** 253, 104716. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104716>

Garland, S.A., Boyd, B.M., Hilscher, F.H., Erickson, G.E., MacDonald, J.C., Mass, R.A. 2019a. Evaluation of fractionated distillers grains (high protein and bran plus solubles) on performance and carcass characteristics in finishing diets. **Nebraska Beef Cattle Rep.** 1021, 88-90. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1021>.

Garland, S.A., Boyd, B.M., Hilscher, F.H., Erickson, G.E., MacDonald, J.C., Mass, R.A. 2019b. Evaluation of corn bran plus solubles on performance and carcass characteristics in finishing diets. **Nebraska Beef Cattle Rep.** 1020, 91-93. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1020>.

- Gouvêa, D.I.C.G., Niehues, M.B., Perdigão, A., Carvalho, V.V., Acedo, T.S.S., Vasconcellos, G.S.F.M., Polycarpo, G. V, Martins, C.L.L., Arrigoni, M.B.D.B., 2022. PSII-B-19 Adaptation periods protocol for Nellore cattle in intensive pasture finishing. **J. Anim. Sci.** 100, 363–363. <https://doi.org/10.1093/JAS/SKAC247.662>
- Hoffmann, A., Berça, A.S., Cardoso, A.S., Fonseca, N.V.B., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021a. Does the effect of replacing cottonseed meal with dried distiller's grains on Nellore bulls finishing phase vary between pasture and feedlot? **Animals** 11, 85. <https://doi.org/10.3390/ANI11010085>
- Hoffmann, A., Cardoso, A.S., Fonseca, N.V.B., Romanzini, E.P., Siniscalchi, D., Berndt, A., Ruggieri, A.C., Reis, R.A., 2021b. Effects of supplementation with corn distillers' dried grains on animal performance, nitrogen balance, and enteric CH₄ emissions of young Nellore bulls fed a high-tropical forage diet. **Animal** 15, 100155. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100155>
- Hruby Weston, A., Li, M.M., Huang, X., Campos, L.M., Prestegard-Wilson, J.M., Pilonero, T., Budde, A., Hanigan, M.D., 2023. Effects of dietary starch and ruminally undegraded protein on glucogenic precursors in lactating dairy cows. **Animal** 17, 100893. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100893>
- Huntington, G.B., Harmon, D.L., Richards, C.J., 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **J. Anim. Sci.** 84 (E. Suppl.), E14–E24. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE14x
- Junior, A.S.L., Meschiatti, M.A.P., Gouvêa, V.N., MacDonald, J.C., Erickson, G.E., Dantas, V.G.V., Santos, F.A.P., 2022. Effects of wet distillers bran plus solubles and corn oil in diets containing flint corn grain and citrus pulp for finishing Nellore bulls. **Livest. Sci.** 255. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104774>
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. **J. Anim. Sci.** 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/JAS.2007-0550>

- Moharrery, A., Larsen, M., Weisbjerg, M.R., 2014. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows - a meta-analysis. **Anim. Feed Sci. Technol.** 192, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.001>.
- Nestel, P.J., Poyser, A., Hood, R.L., Mills, S.C., Willis, M.R., Cook, L.J., Scott, T.W., 1978. The effect of dietary fat supplements on cholesterol metabolism in ruminants. **J. Lipid Res.** 19, 899-909. [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)40704-7](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)40704-7)
- Pavan, E., Duckett, S.K., Andrae, J.G., 2007. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass traits. **J. Anim. Sci.** 85, 1330–1339. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-623>
- Pazdiora, R.D., de Resende, F.D., de Faria, M.H., Siqueira, G.R., de Souza Almeida, G.B., Sampaio, R.L., Pacheco, P.S., Prietto, M.S.R., 2013. Animal performance and carcass characteristics of Nellore young bulls fed coated or uncoated urea slaughtered at different weights. **Rev. Bras. Zootec.** 42, 273–283. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000400007>
- Pinto, A.C.J., Millen, D.D., 2019. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 Brazilian survey. **Can J. Anim. Sci.** 99, 392–407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>
- Sampaio, R.L., Resende, F.D., Reis, R.A., Oliveira, I.M., Custódio, L., Fernandes, R.M., Pazdiora, R.D., Siqueira, G.R., 2017. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Trop. Anim. Health Prod.** 49, 1015–1024. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1294-8>
- Silva, B.C., Godoi, L.A., Valadares Filho, S.C., Zanetti, D., Benedeti, P.D.B., Detmann, E., 2019. A suitable enzymatic method for starch quantification in different organic matrices. **MethodsX** 6, 2322–2328. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.09.040>

- Silvestre, A.M., Millen, D.D., 2021. The 2019 Brazilian Survey On Nutritional Practices Provided By Feedlot Cattle Consulting Nutritionists. **Rev. Bras. Zootec.** 50, 1–25. <https://doi.org/10.37496/RBZ5020200189>
- Simioni, T.A., Torrecilhas, J.A., Messana, J.D., Granja-Salcedo, Y.T., Vito, E.S., Lima, A.R.C., Sanchez, J.M.D., Reis, R.A., Berchielli, T.T., 2021. Influence of growing-phase supplementation strategies on intake and performance of different beef cattle genotypes in finishing phase on pasture or feedlot. **Livest. Sci.** 251. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104653>
- Smith, W.B., Banta, J.P., Foster, J.L., Redmon, L.A., Machado, T.J., Tedeschi, L.O., Rouquette, F.M., 2021. Effects of supplementation of dried distillers grains with solubles to beef steers grazing Coastal bermudagrass on performance on pasture and in feedlot, and carcass characteristics. **Appl. Anim. Sci.** 37, 155–165. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02120>
- Smith, W.B., Banta, J.P., Foster, J.L., Redmon, L.A., Machado, T.J., Tedeschi, L.O., Rouquette, F.M., 2020. Evaluation of growth performance and carcass characteristics of beef stocker cattle grazing Tifton 85 bermudagrass supplemented with dried distillers grains with solubles then finished in the feedlot. **Appl. Anim. Sci.** 36, 308–319. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01907>
- Sousa, L.C.O., Palma, M.N.N., Franco, M.O., Detmann, E., 2022. Does frequency of protein supplementation affect performance of cattle under grazing in tropical pastures? **Anim. Feed Sci. Technol.** 289. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115316>
- Stock, R.A., Sindt, M.H., Parrott, J.C., Goedeken, F.K., 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **J. Anim. Sci.** 68, 3441. <https://doi.org/10.2527/1990.68103441x>
- Torrecilhas, J.A., Vito, E.S., Fiorentini, G., Castagnino, P.S., Simioni, T.A., Lage, J.F., Baldi, F., Duarte, J.M., Silva, L.G., Reis, R.A., Berchielli, T.T., 2021. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. **Livest. Sci.** 247. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104465>

- Valadares Filho, S.C., Costa e Silva, L.F., Gionbelli, M.P., Rotta, P.P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M.L., Prados, L.F., 2016. Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle - BR-CORTE. In: **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR-CORTE**. <https://doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016b002>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vander Pol, K.J., Luebke, M.K., Crawford, G., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., 2007. Digestibility, rumen metabolism, and site of digestion for finishing diets containing wet distillers grains or corn oil. **Nebraska Beef Cattle Rep.** 69, 39-42. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/69>
- Yang, W.Z., Li, Y.L., McAllister, T.A., McKinnon, J.J., Beauchemin, K.A., 2012. Wheat distillers grains in feedlot cattle diets: feeding behavior, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. **J. Anim. Sci.** 90, 1301-1310. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4372>
- Zinn, R.A., Barreras, A., Corona, L., Owens, F.N., Ware, R.A., 2007. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **J. Anim. Sci.** 85, 1727–1730. <https://doi.org/10.2527/JAS.2006-556>
- Zinn, R.A., Gulati, S.K., Plascencia, A., Salinas, J., 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. **J. Anim. Sci.** 78, 1738-1746. <https://doi.org/10.2527/2000.7871738x>