

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

FONTES DE NITROGÊNIO NÃO PROTÉICO NA DIETA DE BOVINOS CONFINADOS

Luiz Antonio Rodrigues

CAMPO GRANDE – MS

2025

2025

FONTES DE NITROGÊNIO NÃO PROTÉICO NA DIETA DE
BOVINOS CONFINADOS

RODRIGUES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

FONTES DE NITROGÊNIO NÃO PROTÉICO NA DIETA DE BOVINOS
CONFINADOS

Luiz Antonio Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Coorientadora: Prof.(a) Dra. Priscilla Dutra Teixeira

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção e Nutrição de Ruminantes.

CAMPO GRANDE – MS

2025

Ficha catalográfica (verso da página de rosto)



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação
LUIZ ANTONIO RODRIGUES

FONTES DE NITROGÊNIO NÃO PROTÉICO NA DIETA DE BOVINOS CONFINADOS
SOURCES OF NON-PROTEIN NITROGEN IN THE DIET OF FEEDLOT CATTLE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como requisito
para obtenção do título de
Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração:
Produção Animal.

Aprovado em: 28-02-2025

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Luis Carlos Vinas
Itavo (UFMS) –
Presidente

Dr. Gelson dos Santos
Difante (UFMS)

Dra. Priscilla Dutra
Teixeira (UFMS)

**NOTA
MÁXIMA
NO MEC**

**UFMS
É 10!!!**



Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Vinas Itavo, Professor do Magisterio Superior**, em 06/03/2025, às 08:56, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante, Professor do Magisterio Superior**, em 06/03/2025, às 09:11, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Priscilla Dutra Teixeira, Usuário Externo**, em 06/03/2025, às 09:41, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5471690** e o código CRC **23F63DBB**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

DEDICATÓRIA

À minha esposa Silmara Vasconcelos de Alencar e minha filha Beatriz Vasconcelos Rodrigues, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo em todos os momentos, especialmente nos dias mais desafiadores. Sua força e compreensão foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais Jurandi Rodrigues da Silva e Odete Ferreira Rodrigues da Silva, pela base sólida que me proporcionaram, pelo amor inabalável e pelos valores que sempre me guiaram. Vocês são a razão de muitas das minhas conquistas e o alicerce de quem eu sou hoje.

À minha irmã Vanessa Rodrigues da Silva de Carvalho, meu cunhado Joel Junior de Carvalho e meu sobrinho Pietro Rodrigues de Carvalho, pelo carinho, pelas palavras de motivação e por estar sempre ao meu lado. Vocês são minha rede de segurança, meu porto seguro, e sou eternamente grato por isso.

Essa conquista é também de vocês. Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre iluminando meus caminhos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA), pelo ensino e infraestrutura de ensino, ciência e tecnologia disponibilizados durante meu mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por conceder a bolsa de mestrado.

À minha esposa Silmara Vasconcelos de Alencar e minha filha Beatriz Vasconcelos Rodrigues, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo em todos os momentos, especialmente nos dias mais desafiadores.

Aos meus pais Jurandi Rodrigues da Silva e Odete Ferreira Rodrigues da Silva, por me incentivarem nos meus estudos.

À minha irmã Vanessa Rodrigues da Silva de Carvalho, meu cunhado Joel Junior de Carvalho e meu sobrinho Pietro Rodrigues de Carvalho por todo incentivo.

Ao professor Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, por me orientar, pelos conhecimentos compartilhados comigo e pela amizade.

A empresa Amireia Pajoara® e ao João Paulo Piotto CEO da empresa pela contribuição no projeto de pesquisa.

Ao professor Dr. Gelson dos Santos Difante, e ao grupo de estudo GEFOR pela contribuição com o projeto de pesquisa e pela amizade.

A Dra. Priscilla Dutra Teixeira pela colaboração e ajuda no desenvolvimento do artigo dessa dissertação e pela amizade.

A técnica Laboratório de Nutrição Aplicada: Lucimara Nonato, por todo o suporte técnico durante as análises.

Aos discentes do PPGCA/UFMS; Manoel Gustavo Paranhos da Silva, Juliana Caroline Santos Santana, Hitalo Rodrigues da Silva; pela ajuda e amizade.

Ao estagiário, Victor, e aos bolsistas de iniciação científica Rafael, Hevelyn pela ajuda na condução do experimento e amizade.

O choro pode durar uma noite, mas a alegria vem pela manhã.

(Salmos 30:5), MPF

RESUMO

RODRIGUES. L. A. Fontes de nitrogênio não proteico na dieta de bovinos confinados. 2025. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

O uso de nitrogênio não proteico (NNP) na dieta de bovinos, como a ureia extrusada, tem sido amplamente testado como alternativa para melhorar a eficiência alimentar e reduzir custos na suplementação proteica. A ureia extrusada, por sua liberação mais gradual no rúmen, promove uma sincronização mais eficiente entre a disponibilidade de nitrogênio amoniacal e a adição de carboidratos, favorecendo a proteína microbiana. O NFeed[®] é um produto comercial de uréia extrusada contendo óleos essenciais derivados de alho - *Allium sativum*, e canela - *Cinnamomum* sp. Objetivou-se avaliar a níveis de substituição de ureia pecuária (UP) por ureia extrusada (NFeed[®]) como fontes de nitrogênio não proteico na dieta de tourinhos terminados em confinamento. Foram utilizados 24 tourinhos Nelore (*Bos taurus indicus* L.), com peso vivo (PV) médio de $394,60 \pm 53$ kg e idade aproximada de 24 meses. Os tratamentos foram: dieta 1 - 100% UP, dieta 2 - 50% UP e 50% NFeed[®], dieta 3 - 25% UP e 75% NFeed[®] e dieta 4 - 100% NFeed[®]. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 6 repetições. Houve diferença nos consumos de MS (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos não fibrosos (CCNF) dos tourinhos, as maiores médias ($p < 0,05$) foram observadas com inclusão de 75% de NFeed[®], o CMS e CFDN foram maior em relação a porcentagem de peso vivo dos tourinhos alimentados com a dieta contendo 75% de NFeed[®] ($p < 0,05$). A dieta com níveis de substituição de 75% e 100% de NFeed[®] apresentaram maiores ($p < 0,05$) peso de carcaça (PCF), ganho de peso total (GPT) e ganho médio (GMD), sendo que a dieta com 100% de ureia promoveu um maior rendimento de carcaça (RC). Os tourinhos alimentados com a dieta contendo 100% de ureia apresentaram maior concentração de Glutamiltransferase e concentração plasmática de ureia. A dieta com inclusão 100% de NFeed[®] promoveu menor custo de ganho (US\$ 1,77) e maiores ganhos de 2,02 Kg/dia em relação a dieta com 100% de UP. A dieta contendo 100% NFeed[®] demonstrou a maior digestibilidade in vitro. O pH ruminal foi influenciado tanto pelo tratamento quanto pelo tempo, sendo o maior pH médio observado na dieta 50% UP/50% NFeed[®]. As concentrações de N-NH₃ variaram significativamente entre os tratamentos e ao longo do tempo, com a dieta 25% UP/75% NFeed[®] apresentando a maior concentração e a dieta 50% UP/50% NFeed[®] a menor. Observou-se efeito do tempo nas

concentrações de acético, propiônico e butírico, bem como na relação acético:propiônico. A dieta 100% UP promoveu maior flutuação no pH e um pico inicial mais elevado de N-NH₃, indicando rápida degradação da ureia. As dietas com NFeed® tenderam a exibir maior estabilidade no pH e uma liberação mais gradual de N-NH₃. As concentrações de AGVs apresentaram variações distintas entre as dietas ao longo do período de incubação. O NFeed® é uma alternativa viável e pode ser utilizada como fonte de NNP nas dietas, promovendo benefícios no desempenho de novilhos de corte em terminação em confinamento.

PALAVRAS CHAVES: Alho, canela, confinamento, óleos essenciais, ureia extrusada

ABSTRACT

RODRIGUES, L. A., Sources of non-protein nitrogen in the diet of feedlot cattle. 2025. Dissertation (Master's Degree) - Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

The use of non-protein nitrogen (NPN) in the diet of cattle, such as extruded urea, has been widely tested as an alternative to improve feed efficiency and reduce costs in protein supplementation. Extruded urea, due to its more gradual release in the rumen, promotes a more efficient synchronization between the availability of ammonia nitrogen and the addition of carbohydrates, favoring microbial protein synthesis. NFeed® is a commercial extruded urea product containing essential oils derived from garlic - *Allium sativum*, and cinnamon - *Cinnamomum* sp. The objective was to evaluate the substitution levels of livestock urea (LU) by extruded urea (NFeed®) as sources of non-protein nitrogen in the diet of finishing feedlot steers. Twenty-four Nellore steers (*Bos taurus indicus* L.), with an average live weight (LW) of 394.60 ± 53 kg and an approximate age of 24 months, were used. The treatments were: diet 1 - 100% LU, diet 2 - 50% LU and 50% NFeed®, diet 3 - 25% LU and 75% NFeed®, and diet 4 - 100% NFeed®. The experimental design was completely randomized with four treatments and 6 replicates. There was a difference in the intakes of dry matter (DMI), organic matter (OMI), crude protein (CPI), ether extract (EEI), neutral detergent fiber (NDFI), and non-fibrous carbohydrates (NFCI) of the steers, with the highest averages ($p < 0.05$) observed with the inclusion of 75% NFeed®. DMI and NDFI were higher in relation to the percentage of live weight of the steers fed the diet containing 75% NFeed® ($p < 0.05$). The diets with substitution levels of 75% and 100% NFeed® showed higher ($p < 0.05$) carcass weight (CW), total weight gain (TWG), and average daily gain (ADG), while the 100% urea diet promoted a higher carcass yield (CY). The steers fed the diet containing 100% urea showed higher Glutamyltransferase concentration and plasma urea concentration. The diet with 100% NFeed® inclusion promoted a lower cost of gain (US\$ 1.77) and higher gains of 2.02 kg/day compared to the 100% LU diet. The diet containing 100% NFeed® showed the highest in vitro digestibility. Ruminal pH was influenced by both treatment and time, with the highest average pH observed in the 50% LU/50% NFeed® diet. N-NH₃ concentrations varied significantly between treatments and over time, with the 25% LU/75% NFeed® diet showing the highest concentration and the 50% LU/50% NFeed® diet the lowest. An effect of time was observed on the concentrations of acetic, propionic, and butyric acids, as well as on the acetic:propionic

ratio. The 100% LU diet promoted greater pH fluctuation and a higher initial peak of N-NH₃, indicating rapid urea degradation. Diets with NFeed® tended to exhibit greater pH stability and a more gradual release of N-NH₃. VFA concentrations showed distinct variations between diets over the incubation period. NFeed® is a viable alternative and can be used as an NPN source in diets, promoting benefits in the performance of finishing feedlot beef steers.

KEYWORDS: Garlic, Cinnamon, Confinement, Essential oils, Extruded urea

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
REVISÃO DE LITERATURA	13
Pecuária de Corte do Brasil.....	13
Fontes de Nitrogênio não Proteico na Dieta de Bovinos	14
Uso de Aditivos	16
REFERÊNCIAS	18
Consumo, parâmetros produtivos e metabólicos de tourinhos Nelore alimentados com dieta contendo níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed®	21
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
Avaliação do consumo.....	26
Desempenho animal.....	26
Parâmetros sanguíneos.....	27
Avaliação econômica	27
Análise estatística	27
RESULTADOS	28
Consumo de nutrientes.....	28
Desempenho animal.....	29
Parâmetros bioquímicos no sangue.....	32
Avaliação econômica	32
DISCUSSÃO	34
CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36
Avaliação da Relação entre Níveis de Substituição de Ureia Pecuária por NFeed® sobre o pH, Concentração de Amônia e Perfil de Ácidos Graxos Voláteis na fermentação ruminal <i>in vitro</i>	39
INTRODUÇÃO.....	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca (DIVMS)	44
pH e Amônia no conteúdo ruminal artificial	44
Ácidos Graxos Voláteis	45
Análise estatística	45
RESULTADOS	46
Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca (DIVMS)	46

pH e Amônia no conteúdo ruminal artificial	46
Ácidos Graxos Voláteis	49
DISCUSSÃO.....	51
CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte no Brasil é um dos pilares da economia agrícola, com uma produção de 13,8% de toda carne bovina do mundo tendo em sua frente os Estados Unidos, que por sua vez tem um rebanho menor cerca de 55% menor, produzindo 15,7% mais carne em 2023, em função dos tipos de produções e usos de tecnologias não utilizadas e permitidas no Brasil. Já na exportação de carne o Brasil está na primeira colocação, sendo responsável por 18,7% de toda carne comercializada no mundo (ABIEC, 2024).

O sistema de confinamento tem se mostrado uma alternativa eficiente para aumentar a produção, permitindo que os bovinos atinjam o peso desejado em um período mais curto. O confinamento é um sistema intensivo onde os animais são alimentados com dietas balanceadas e com maior controle sobre a qualidade e quantidade da alimentação. Esse modelo oferece vantagens econômicas, principalmente em termos de maximização do uso de pastagens e controle de variáveis como a disponibilidade de alimentos e as condições climáticas (LOPES et al., 2024).

No entanto, a alimentação no confinamento requer uma estratégia nutricional bem planejada para garantir o desempenho adequado dos animais. Uma das fontes proteicas mais utilizadas em dietas de ruminantes é a ureia, que fornece nitrogênio não proteico (NNP) para os microrganismos ruminais (ÍTAVO et al., 2023). A ureia convencional é amplamente usada, mas a ureia extrusada tem ganhado destaque por sua maior eficiência de utilização. A extrusão é um processo térmico que modifica a estrutura da ureia, retardando sua liberação no rúmen e aumentando sua digestibilidade, o que é benéfico para maximizar a eficiência alimentar (KOZERSKI et al. 2021). Isso torna a ureia extrusada uma alternativa mais eficaz para alimentar os ruminantes em confinamento, oferecendo uma fonte mais controlada e eficiente de nitrogênio.

Além disso, nos últimos anos, os óleos essenciais têm atraído atenção como aditivos alimentares com benefícios significativos para a saúde e o desempenho de bovinos. Esses compostos naturais, além de suas propriedades aromáticas, possuem efeitos antimicrobianos, antioxidantes e anti-inflamatórios, podendo modular a microbiota ruminal e melhorar a digestão de nutrientes (BESHARATI et al., 2023; VAKILI et al., 2013). O óleo de alho (*Allium sativum*), por exemplo, tem sido associado à melhoria do metabolismo ruminal, contribuindo para uma digestão mais eficiente e para a redução da pegada de carbono da produção de carne (CUTRIM et al., 2019). O óleo de canela (*Cinnamomum verum*), por sua vez, tem propriedades

antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias que podem melhorar a eficiência alimentar e reduzir o estresse oxidativo nos animais (VAKILI et al., 2013).

A combinação de ureia extrusada e óleos essenciais representa uma abordagem inovadora que pode transformar a produção de carne bovina, tornando-a mais eficiente e sustentável impactando no desempenho de bovinos confinados, explorando seus efeitos na digestibilidade, ganho de peso, eficiência alimentar, características de carcaça e a qualidade da carne (MIRANDA et al., 2015; KOZERSKI et al., 2021; BESHARATI et al., 2023; VAKILI et al., 2013).

Formulou-se a hipótese a substituição de 100% da ureia pecuária pela ureia extrusada (NFeed®) possa melhorar o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo e os parâmetros metabólicos de tourinhos Nelore confinados. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta sobre o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo, os parâmetros sanguíneos e o custo de produção de tourinhos Nelore terminados em confinamento

REVISÃO DE LITERATURA

Pecuária de Corte do Brasil

A pecuária de corte brasileira é realizada principalmente em pasto sendo exclusivamente pastagem de gramíneas e leguminosas, sendo primordial para a sustentabilidade e rentabilidade do sistema (FONSECA et al. 2022). Sendo assim, essa atividade é vantajosa e competitiva no mercado internacional, sendo que os outros países exportadores têm a grande maioria da produção baseada em sistemas de confinamento (HOCQUETTE et al. 2018).

Dos 41,9 milhões de cabeças abatidas em 2024, cerca de 6,96 milhões de cabeças (16,58% do total abatido) são oriundos de terminação em sistemas de confinamentos (ABIEC, 2024). No Brasil, o confinamento é realizado em períodos mais curtos do que os utilizados por outros países (LANNA & ALMEIDA, 2005). Devido a diversos fatores, tais como a composição do rebanho, as demandas do mercado, os custos de produção e as condições climáticas.

Essa estratégia de terminação tem permitido liberar áreas de pastagens e diminuir a lotação de animais no período de seca, quando qualidades das pastagens não são as ideais, e proporcionando as pastagens para outras categorias do rebanho. Também diminui o tempo de finalização dos animais quando comparado ao sistema de terminação em pasto (LANNA & ALMEIDA, 2005). Assim, otimiza-se o ganho de peso para garantir um rendimento de carcaça superior e um excelente acabamento de gordura. Contudo, deve-se destacar que a alimentação

desempenha um papel fundamental na definição dessas características (ROCHA JÚNIOR et al, 2010).

A escolha e o balanceamento dos ingredientes e tecnologias que compõem a dieta são de fundamental importância para a eficiência da atividade. Medeiros (2013) relatou que em confinamento a produção de animais jovens necessita de adequadas concentrações de proteína bruta e energia digestível nas dietas para que as demandas de seu crescimento e terminação sejam atendidas. À medida que ocorre o avanço da idade aumenta a exigência de energia e diminui a quantidade proteína para o ganho de peso.

A utilização de ureia como fonte de nitrogênio não proteico (NNP) para ruminantes é amplamente difundida e aceita como uma alternativa econômica para substituir fontes proteicas vegetais nas dietas desses animais. Isso se deve à capacidade das bactérias ruminais de converterem amônia (NH₃) em proteína microbiana de alto valor biológico, quando há sincronização com a disponibilidade de energia (KOZERSKI et al. 2021)

Fontes de Nitrogênio não Proteico na Dieta de Bovinos

A ureia é a principal fonte de NNP utilizada em dietas de ruminantes (PEREIRA et al., 2008). A principal vantagem desta fonte de nitrogênio não proteico de baixo custo é que pode ser utilizada pelos microrganismos ruminais na produção de proteínas microbianas.

Pires et al., (2004) indicam que, aliada a uma dieta balanceada, a ureia pode favorecer uma maior retenção de nitrogênio e um valor biológico mais elevado da proteína, em comparação com outras fontes de proteína, como o farelo de soja. Além disso, a ureia pode ser uma ferramenta eficaz para regular o balanço de nitrogênio em dietas com diferentes níveis de energia, otimizando o desempenho dos animais e reduzindo os custos de produção. No entanto, seu uso deve ser cauteloso devido ao risco de intoxicação por amônia (TEDESCHI et al., 2002).

Quando é fornecida aos animais sem processamento, é rapidamente degradada pelas enzimas bacterianas presentes no rúmen, conhecidas como uréases. Esse processo de degradação leva à liberação de amônia, um composto de nitrogênio (ÍTAVO et al., 2016). Se não for prontamente utilizada pelos microrganismos ruminais para a produção de novas proteínas microbianas, a amônia pode se acumular no rúmen, resultando em intoxicação do animal.

A amônia, produzida pela quebra de proteínas ou pela absorção de ureia no rúmen, é conduzida ao fígado através da veia porta. No fígado, a amônia é convertida novamente em ureia, que pode assumir diferentes direções: uma parte retorna ao rúmen, outra é liberada na

saliva e uma terceira forma de eliminação é feita pela urina. Este processo constante é denominado ciclo da ureia (PEREIRA, GUIMARÃES JÚNIOR, & TOMICH, 2008).

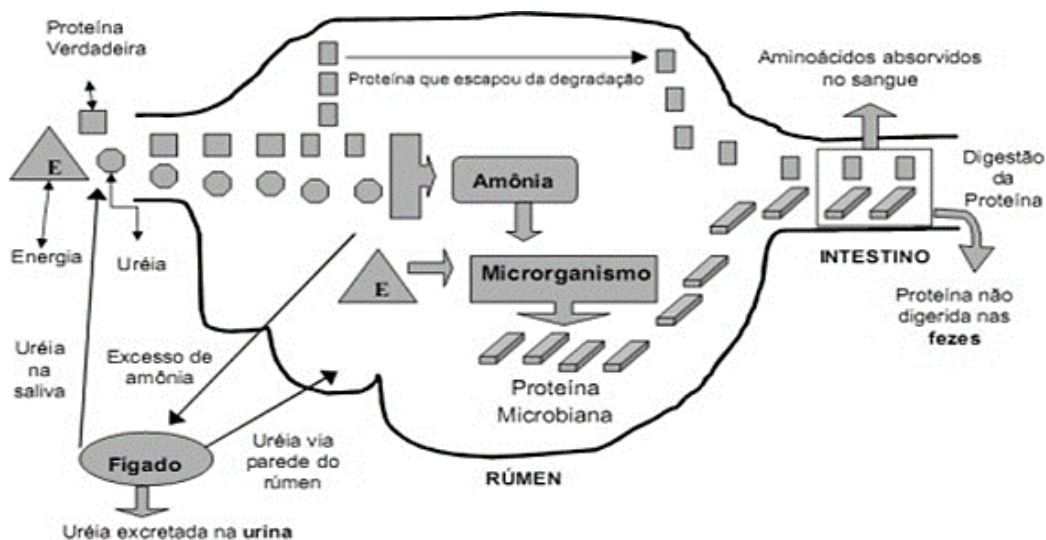


Figura 1. Esquema simplificado do metabolismo das proteínas.

Fonte: Adaptado de Teixeira, 1992

Diante desse cenário, surgiram fontes de ureia que permitem a liberação controlada, aumentando a sua disponibilidade para os microrganismos ruminais, como a ureia extrusada com amido. (AKAY et al., 2004; DE PAULA et al., 2009; KOZERSKI, et al., 2021b).

A ureia extrusada é formada pela fusão da ureia com o amido gelatinizado, através de um processo de pressão, temperatura e umidade, que altera a estrutura cristalina da ureia, o que promove benefícios como a sincronização da fermentação do amido e a liberação de amônia no rúmen (KOZERSKI et al. 2021b). A sincronização ocorre quando a fonte de energia é degradada, no caso, o amido de milho, com o objetivo de estimular a síntese de proteína microbiana e a utilização de amônia. Isso evita o excesso de amônia no trato gastrointestinal, o que pode ser prejudicial aos animais e causar a perda de nitrogênio por volatilização.

A sua utilização tem ganhado destaque como alternativa para melhorar o desempenho nutricional e produtivo em sistemas de confinamento. Essas dietas têm demonstrado potencial para influenciar significativamente a ingestão de nutrientes, digestibilidade e parâmetros produtivos. Estudos, como de Ítavo et al. (2023), levantaram que níveis moderados de ureia extrusada (em torno de 70 g/100 kg de peso corporal) promovem melhor consumo de matéria seca e matéria orgânica, além de maximizar ganhos de peso total e diário, sem comprometer a qualidade da carcaça ou a eficiência econômica.

Uso de Aditivos

Os ruminantes têm uma relação simbiótica com microrganismos presentes no rúmen. Os animais oferecem um ambiente propício e nutrientes para a fermentação, enquanto os microrganismos quebram a fibra e produzem proteína microbiana, que serve como fonte de energia e proteína para o animal (CALSAMIGLIA et al., 2007). Essa conexão, embora seja vantajosa, enfrenta obstáculos como a perda de energia (na forma de metano) e proteína (na forma de amônia), o que afeta negativamente a produtividade.

Pesquisadores têm como objetivo modular a competição entre as várias populações bacterianas presentes no rúmen, com o objetivo de aumentar a eficiência na utilização de energia e proteínas (DE SÁ ASSIS et al., 2023). Essa modulação é possível através da otimização da dieta e do uso de aditivos alimentares que alterem o ambiente ruminal, favorecendo ou reprimindo o desenvolvimento de determinados grupos microbianos.

Os óleos essenciais ou os extratos de plantas, mostraram-se eficientes por possuírem diversos princípios ativos que podem ser utilizados, isolados ou em sinergia, conferindo-lhes diferentes modos de ação, dificultando possíveis surgimentos de resistência bacteriana (CARVALHO et al. 2021).

Alguns óleos essenciais possuem capacidade semelhante aos ionóforos atuando seletivamente sobre as populações microbianas do rúmen, alterando o padrão fermentativo, reduzindo a relação acetato (C2): propionato (C3) e a produção de metano (CH₄), tornando o rúmen energeticamente mais eficiente (CALSAMIGLIA et al. 2007).

Uma das limitações na utilização de óleos essenciais é a viabilidade prática de se fornecer aos animais, doses que foram determinadas por meio de experimentos realizados *in vitro*, isso porque muitos óleos apresentam odor e gosto acentuado, o que pode dificultar a sua aceitação pelos animais, levando a um efeito negativo sobre o consumo ou até mesmo ser impraticável, devido à sua alta dosagem ou concentração (VILLALBA et al., 2010). Por outro lado, é observado que a degradação dos compostos no rúmen, a adaptação microbiana, a taxa de passagem para o duodeno, e a absorção pela parede ruminal são responsáveis por uma considerável parcela das divergências entre os resultados nos ensaios realizados *in vivo* e *in vitro* (VILLALBA et al., 2010).

Segundo Evans et al. (2000), os óleos essenciais podem apresentar efeitos a curto prazo na fermentação microbiana, pois a adaptação do ecossistema ruminal com a utilização de óleos essenciais pode ocorrer após seis dias de inclusão na dieta. Nesse sentido, foi relatado que os óleos de cinamaldeído, alho, anis e orégano foram capazes de aumentar a produção de

propionato e diminuir a de acetato durante os primeiros seis dias do período de adaptação, não havendo diferenças após esse período (CARDOZO et al., 2006).

Cardozo et al. (2004), ao avaliar os efeitos do óleo essencial de canela em animais fistulados por um período de oito dias de adaptação, utilizaram um meio de cultura com pH 7,0 e observaram que duas horas após a alimentação, ocorreu aumento na razão C2:C3 de 2,5 para 2,8 em relação ao tratamento controle. Os autores relataram que esse efeito não foi mais observado após o sexto dia, atribuindo esse resultado à provável adaptação das bactérias ao óleo essencial.

Vakili et al. (2013), ao trabalharem com óleos essenciais de canela na dieta de animais em crescimento, não observaram efeito no consumo de matéria seca (CMS), ganho de peso diário (GMD), eficiência alimentar (EA), pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). No entanto, foi observado aumento na proporção molar de C3 e redução do C2, gerando assim queda na relação C2:C3. Ou seja, a melhora na eficiência ruminal não foi suficiente para alterar o desempenho animal.

Nesse sentido, Rivaroli (2014) avaliou a adição de 3,5 g/animal/dia e 7,0 g/animal/dia de uma mistura de óleos essenciais contendo alho em bovinos (1/2 Angus x 1/2 Nelore) em dieta com 90% de concentrado. O autor não verificou influência da mistura de extratos sobre o desempenho animal, as características de carcaça, o consumo de matéria seca, o peso vivo final e o ganho médio diário. Assim, os efeitos de óleos essenciais sobre o desempenho e consumo animal têm sido divergentes.

Diante do que foi apresentado, a pecuária de corte brasileira se destaca internacionalmente, impulsionada pela eficiência do sistema de confinamento e pela busca constante por inovações nutricionais. A ureia extrusada e os óleos essenciais apresentam-se como alternativas promissoras para otimizar o desempenho dos bovinos, tendo potencial para melhorar a digestibilidade, o ganho de peso e a qualidade da carne. No entanto, a literatura científica apresenta resultados divergentes a respeito do efeito dos óleos essenciais no desempenho animal, o que requer uma investigação mais aprofundada.

Dessa forma, este estudo pretende testar a hipótese de que a substituição total da ureia pecuária pela ureia extrusada (NFeed®), pode aprimorar o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo e os parâmetros metabólicos de tourinhos Nelore confinados. A presente pesquisa tem como objetivo avaliar os efeitos dos níveis de substituição da ureia pecuária pelo NFeed® na dieta sobre o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo, os parâmetros sanguíneos e o custo de produção de tourinhos Nelore terminados em confinamento,

contribuindo para o desenvolvimento de estratégias alimentares mais eficientes e sustentáveis para a pecuária de corte brasileira.

REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **BeefREPORT**: Perfil da Pecuária no Brasil. Brasília, DF: ABIEC, 2024. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>. Acesso em: 20 de nov. 2024.
- AKAY, V.; TIKOFSKY, J.; HOLTZ, C.; DAWSON, C.A. Optigen® 1200: controlled release of non-protein nitrogen in the rumen. In: LYONS, T.P.; JACQUES, K.A. (Eds.). Nutritional biotechnology in the feed and food industries. 20th, Lexington, KY: **Annual Symposium: re-imagining the feed industry**, 2004. p.179-185.
- ASSIS, M. C. de Sá; COSTA, G. R. D. R.; DIAS, F. M. C.; SILVA, C. S. da; LIMA, J. S. de; TORRES, T. R.; ... & SOUZA, E. J. O. de. Aditivos fitogênicos podem substituir a monensina sódica na alimentação de bovinos de corte. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 2, p. 107, 2023.
- BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil¹. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 6, p. 1489-1496, jun. 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.8461489x>
- BENCHAAR, C.; PETIT, H. V.; BERTHIAUME, R.; WHYTE, T. D.; CHOUINARD, P. Y. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 11, p. 4352-4364, 2006. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72482-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72482-1)
- BESHARATI, M.; PALANGI, V.; NIAZIFAR, M.; ESEN, S.; LACKNER, M. A Comprehensive Analysis of Cinnamon, Flaxseed, and Lemon Seed Essential Oils' Effects on In Vitro Gas Formation and Nutrient Degradability in Diets. **Fermentation**, v. 9, n. 6, p. 504, 2023.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P. W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.
- CARDOZO, P. W.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; KAMEL, C. Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3230-3236, 2004.
- CARDOZO, P. W.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; KAMEL, C. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 10, p. 2801-2808, 2006.

- CARVALHO, R.; FILGUEIRAS, E.; BRUNES, L.; EIFERT, E. D. C.; GONZALES, R.; PEREIRA, L.; ... & MAGNABOSCO, C. D. U. Efeito do uso de aditivo a base de óleos essenciais no desempenho de bovinos confinados. 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1141816>. Acesso em: 23 de nov. 2024.
- CUTRIM, E. S. M.; TELES, A. M.; MOUCHREK, A. N.; MOUCHREK FILHO, V. E.; EVERTON, G. O. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of essential oils and hydroalcoholic extracts of zingiber officinale (ginger) and rosmarinus officinalis. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.
- DE PAULA, A.A.G.; FERREIRA, R.N.; ORSINE, G.F.; GUIMARÃES, L.O.; OLIVEIRA, E.R. Ureia polímero e ureia pecuária como fontes de nitrogênio solúvel no rúmen: parâmetros ruminal e plasmático. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.1, p.1–8, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/5884>. Acesso em: 29 nov. 2024.
- DING, H.; AO, C.; ZHANG, X. Potential use of garlic products in ruminant feeding: A review. **Animal Nutrition**, 2023.
- EVANS, J. D.; MARTIN, S. A. Effects of thymol on ruminal microorganisms. **Current Microbiology**, v. 41, p. 336-340, 2000.
- FANDIÑO, I.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; BLANCH, M. Anise and capsicum as alternatives to monensin to modify rumen fermentation in beef heifers fed a high concentrate diet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 409-417, 2008.
- FERRAZ, J.B.S.; SHIMBO, M.V. Cruzamentos e bovinos compostos. Cap. 6. In: TURCO, C.P. Melhoramento genético ao alcance do produtor: bovinocultura de corte. Bebedouro: **Scot Consultoria**, 2006. p. 95-114.
- FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCHELLO, J.A. Importância da planta forrageira no sistema de produção animal. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCHELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. 2ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2022. p. 9-22.
- FREITAS, G. **Raça e Genética** – Nelore: conheça mais sobre a raça que representa 80% do gado de corte brasileiro. BeefPoint, 2013. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/nelore-conheca-mais-sobre-a-raca-que-representa-80-do-gado-de-corte-brasileiro-projeto-racas/>. Acesso em: 04 nov. 2024.
- HART, K. J.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R.; DUVAL, S. M.; MCEWAN, N. R.; NEWBOLD, C. J. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, v., n. 1-3, p. 8-35, nov. 2008.
- HOCQUETTE, J.F.; OURY, M.P.E.; LHERM, M.; PINEAU, C.; DEBLITZ, C.; FARMER, L. Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. Asian-Australasian **Journal of Animal Sciences**, v. 31, p. 1017–1035, 2018.
- PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TOMICH, T. R. Utilização da uréia na alimentação de ruminantes no semi-árido, 2008.

- PIRES, A. V.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. D.; FERNANDES, J. J. D. R.; SUSIN, I.; SANTOS, F. A. P.; ARAÚJO, R. C. D.; & GOULART, R. C. D. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 937-942, 2004.
- ROCHA JÚNIOR, V. R.; SILVA, F. V.; BARROS, R. C.; REIS, S. T.; COSTA, M. D.; SOUZA, A. S.; CALDEIRA, L. A.; OLIVEIRA, T. S.; & OLIVEIRA, L. L. S. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, p. 865-875, 2010.
- TEDESCHI, L. O.; BAKER, M. J.; KETCHEN, D. J.; & FOX, D. G. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p. 567-573, 2002.
- TEIXEIRA, J. C.; DELGADO, E. F.; CORRÊA, E. M. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta da amiréia 45S. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1992. p. 492.
- VAKILI, A. R.; KHORRAMI, B.; MESGARAN, M. D.; PARAND, E. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 7, p. 935, 2013.

I - ARTIGO

Consumo, parâmetros produtivos e metabólicos de tourinhos Nelore alimentados com dieta contendo níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed®

RESUMO

A nutrição desempenha um papel crucial na produção de bovinos de corte, influenciando diretamente o desempenho animal, a qualidade da carcaça e a eficiência produtiva. A busca por alternativas que otimizem a alimentação e reduzam os custos de produção tem impulsionado o desenvolvimento de aditivos alimentares. Formulou-se a hipótese a substituição de 100% da ureia pecuária pela ureia extrusada (NFeed®) possa melhorar o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo e os parâmetros metabólicos de tourinhos Nelore confinados. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta sobre o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo, os parâmetros sanguíneos e o custo de produção de tourinhos Nelore terminados em confinamento. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos foram quatro dietas experimentais com 100% UP, 50% UP e 50% NFeed®, 25% UP e 75% NFeed® e 100% NFeed®. Todos os animais foram pesados no início e mensalmente para monitorar o desempenho produtivo e ingestão de nutrientes. Os consumos de MS (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN) e carboidratos não fibrosos (CCNF) dos tourinhos com a substituição de 75% por UEO da dieta foram maiores, o CMS e CFDN foram maior em relação a porcentagem de peso vivo dos tourinhos alimentados com a dieta contendo 75% de substituição por NFeed®. A dieta com níveis de substituição de 75% e 100% de NFeed® apresentaram moires peso de carcaça (PCF), ganho de peso total (GPT) e ganho médio (GMD), sendo que a dieta com 100% de ureia promoveu um maior rendimento de carcaça (RC). Os animais alimentados com a dieta contendo 100% UP apresentaram maior concentração de Glutamyltransferase e concentração plasmática de ureia. A dieta com inclusão 100% de NFeed® promoveu o menor custo de ganho por animal (US\$ 1.71) além de apresentar maiores ganhos de 2,02 Kg/dia em relação a dieta com 100%. O NFeed® é uma alternativa viável e pode ser utilizada nas dietas, promovendo benefícios no desempenho de novinhos de corte em terminação em confinamento.

PALAVRAS CHAVE: alho, canela, consumo, desempenho animal, parâmetros sanguíneos, ureia extrusada

Consumption, production and metabolic parameters of Nellore bulls fed a diet containing levels of replacement of livestock urea with NFeed®

ABSTRACT

Nutrition plays a crucial role in beef cattle production, directly influencing animal performance, carcass quality, and productive efficiency. The search for alternatives that optimize feeding and reduce production costs has driven the development of feed additives. The hypothesis was formulated that the replacement of 100% of livestock urea with extruded urea (NFeed®) can improve nutrient consumption, productive performance, and metabolic parameters of confined Nellore steers. Thus, the objective was to evaluate the effects of replacement levels of livestock urea with NFeed® in the diet on nutrient consumption, productive performance, blood parameters, and production cost of Nellore steers finished in confinement. A completely randomized design with four treatments and 6 repetitions was used. The treatments were four experimental diets with 100% UP, 50% UP and 50% NFeed®, 25% UP and 75% NFeed®, and 100% NFeed®. All animals were weighed at the beginning and monthly to monitor productive performance and nutrient intake. Dry matter intake (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), and non-fibrous carbohydrates (NFC) of the steers with 75% replacement by NFeed® in the diet were higher, DM and NDF were higher in relation to the percentage of live weight of the steers fed the diet containing 75% replacement by NFeed®. The diet with replacement levels of 75% and 100% of NFeed® showed higher carcass weight (CW), total weight gain (TWG), and average daily gain (ADG), with the 100% urea diet promoting higher carcass yield (CY). Animals fed the diet containing 100% UP showed higher Glutamyltransferase concentration and plasma urea concentration. The diet with 100% NFeed® inclusion promoted the lowest cost of gain per animal (US\$ 1.71) in addition to presenting higher gains of 2.02 kg/day in relation to the diet with 100%. NFeed® is a viable alternative and can be used in diets, promoting benefits in the performance of feedlot finishing steers.

KEYWORDS: garlic, cinnamon, consumption, animal performance, blood parameters, extruded urea

INTRODUÇÃO

O confinamento de bovinos é uma prática comum na produção de carne, visando o rápido ganho de peso e a melhoria das características da carcaça (MIRANDA et al., 2015). A formulação da dieta nesse sistema é crucial para otimizar o desempenho animal e a qualidade da carne. A ureia é uma ferramenta eficiente para balancear o nitrogênio em dietas com variados níveis de energia, melhorando a produtividade dos animais e, consequentemente, diminuindo os gastos com a produção (TEDESCHI et al., 2002). Contudo, é essencial ter cuidado ao manusear este produto, pois existe a possibilidade de intoxicação por amônia.

Nesse cenário, novas formas de ureia, como a ureia extrusada, permitem a liberação gradual desse composto nitrogenado no rúmen. Esta particularidade torna possível que os microrganismos que habitam o rúmen tenham acesso constante ao nitrogênio, o que facilita a digestão e a utilização dos nutrientes (AKAY et al., 2004; DE PAULA et al., 2009; KOZERSKI, et al., 2021b). Além disso, a inclusão de aditivos como os óleos essenciais de alho e canela na dieta de bovinos confinados tem sido investigada, com o objetivo de melhorar o desempenho produtivo, a saúde animal e a qualidade da carne (BESHARATI et al., 2023; VAKILI et al., 2013). Esses compostos bioativos podem atuar modulando a microbiota ruminal, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e melhorando a digestibilidade dos nutrientes (CUTRIM et al., 2019).

A microbiota ruminal desempenha um papel fundamental na digestão dos alimentos pelos ruminantes e na produção de ácidos graxos voláteis, que são a principal fonte de energia para esses animais. A inclusão de óleos essenciais de alho e canela na dieta pode alterar a composição e a atividade da microbiota ruminal, influenciando a eficiência da fermentação e a produção de compostos bioativos (CUTRIM et al., 2019; DING, Ao, & ZHANG, X., 2023). Estudos anteriores demonstraram que a ureia extrusada pode aumentar a produção de proteína microbiana, enquanto os óleos essenciais de alho e canela podem modular a atividade de enzimas ruminais (VAKILI et al., 2013).

Formulou-se a hipótese a substituição de 100% da ureia pecuária pela ureia extrusada (NFeed®) possa melhorar o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo e os parâmetros metabólicos de tourinhos Nelore confinados. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta sobre o consumo de nutrientes, o desempenho produtivo, os parâmetros sanguíneos e o custo de produção de tourinhos Nelore terminados em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Confinamento de Gado de Corte da Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil, e foi conduzido entre os meses de julho de 2023 a novembro de 2023, totalizando 100 dias. A classificação climática de *Köppen-Geiger* para a região é do tipo Aw - savana tropical – com estação seca variando de três a cinco meses (ALVARES et al. 2013).

Este estudo foi realizado em estrita conformidade com as recomendações do Guia do Conselho Nacional para o Controle de Experiências com Animais. O protocolo experimental da pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Protocolo 805/2016).

Foram utilizados 24 tourinhos Nelore não castrados do rebanho da fazenda escola, com peso corporal médio inicial de $394,60 \pm 53$ kg e 24 meses de idade. Antes de entrar em confinamento, os animais receberam aplicações de antiparasitários (endo e ectoparasitas) e foram vacinados contra raiva e tuberculose bovina. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em baias individuais. As baias continham dimensão 4×20 m, com comedouros individuais (2,5 m) e bebedouros com capacidade para 1000 L, que era compartilhado entre duas baias.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições (bovinos)/tratamento. Os novilhos foram distribuídos entre os tratamentos e mantidos em baias individuais (80 m^2), com acesso à dieta e água ad libitum. Os tratamentos foram compostos por quatro dietas experimentais, com diferentes níveis de substituição de fontes de nitrogênio não proteico: dieta 1 - 100% Ureia pecuária (UP), dieta 2 – 50% UP e 50% Ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais de alho e canela (UEO), dieta 3 – 25% UP e 75% UEO e dieta 4 – 100% UEO (Tabela 1).

As dietas (Tabela 1) foram formuladas segundo o BR-Corte 4.0 para ganhos médios de 1,6 kg/dia. Com proporção de volumoso e concentrado de 3,5:66,5. Utilizou-se a silagem de milho como único volumoso e os ingredientes dos concentrados foram grão de milho moído (peneira de 3 mm), farelo de soja, ureia pecuária e ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais (NFeed® - Pajoara Ind. e Comércio Ltda, Campo Grande-MS) e mistura mineral (Tabela 2) A ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais de alho e canela é obtido a partir do processamento de uma fonte de amido, uréia e enxofre, por meio do processo de extrusão, associado com inclusão de ativos vegetais de cinamaldeído, dialil dissulfeto, dialil trissulfeto e

dialil tetrassulfeto encapsulados por camadas de lipídios que asseguram liberação controladas e proteção dos ingredientes, perfazendo, neste caso, produto com 200% de proteína bruta.

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais

	Dietas			
	100% UP	50% UP / 50% NFeed®	25% UP / 75% NFeed®	100% NFeed®
Composição das dietas (g/Kg MS)				
Silagem de milho	335.0	335.0	335.0	335.0
Milho moído	600.0	597.0	595.4	593.9
Farelo de soja	30.0	30.0	30.0	30.0
UEO	0.0	10.5	15.8	21.1
UP	15.0	7.5	3.8	0.0
Núcleo mineral ¹	20.0	20.0	20.0	20.0
Nutrientes (g/Kg MS)				
Matéria seca	541.6	569.6	624.7	600.6
Matéria orgânica	959.6	956.4	960.0	957.0
Proteína bruta	105.8	95.9	104.0	103.0
FDN	450.3	481.0	496.5	512.6
FDA	188.30	168.3	136.6	162.0
Extrato etéreo	14.5	12.2	14.6	14.4
Carboidratos não fibrosos	389.1	367.3	344.9	326.9
DIV				
Matéria seca	248.2	210.5	202.1	189.8
Matéria orgânica	981.2	983.9	964.9	986.6

UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais. FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; DIV: digestibilidade *in vitro*; g/Kg MS: gramas por quilogramas de matéria seca MS ¹ níveis de garantia por kg: 80 g de Fósforo, 200 g de Cálcio, 123 g de Sódio, 2000 mg de Zinco, 1000 mg de Manganês, 400 mg de Cobre, 50 mg de Iodo, 50 mg de Cobalto e 5 mg de Selênio

Tabela 2. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

	MS	MO	PB	FDN	FDA	EE
	(g/Kg MS)					
Silagem de milho	42.81	93.40	5.54	52.08	34.02	0.70
Concentrado 100% UP	87.43	97.25	14.30	63.06	2.67	0.97
Concentrado 50% UP + 50% NFeed®	87.77	95.77	13.47	57.20	1.68	1.01
Concentrado 25% UP + 75% NFeed®	80.70	96.57	12.83	61.53	1.85	0.87
Concentrado 100% NFeed®	87.38	96.84	12.84	46.11	1.81	1.41

UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais, MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em detergente ácido; EE, extrato etéreo.

Avaliação do consumo

O consumo de matéria seca e dos nutrientes foi determinado pela diferença entre os nutrientes totais oferecidos e os nutrientes totais nas sobras.

Os ingredientes das dietas e sobras foram secos em estufas com circulação forçada de ar a 55°C, sendo moídos com peneira de 1 mm. As análises de composição química foram realizadas de acordo com Detmann et al. (2021): matéria seca (método G-003/1), o teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla, (método M-001/2) e o teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre 100 e a porcentagem de cinzas. O extrato etéreo (EE) foi determinado usando um extrator Ankom XT10 (Ankom Technology, NY, EUA) em sacos XT4® (método G-005/2). A fibra em detergente neutro (FDN) (método F-012/1). A proteína bruta (PB), (método N-001/2).

Os teores de CNF em amostras de alimentos, sobras e fezes foram avaliados por meio da equação: $CNF = 100 - (PB + EE + MM + FDN)$.

As medidas de conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar (EA), foram calculadas da seguinte essas equações: CA, pela divisão entre a ingestão de matéria seca diária (IMS) e ganho de peso diário (GMD): $CA = IMS / GMD$, e a EA é a inversa da CA: $EA = GMD / IMS$ (DE ALMEIDA SANTANA et al. 2014).

Desempenho animal

Os animais foram pesados durante o experimento para monitoramento do desempenho e possíveis procedimentos sanitários, sendo que em todas as pesagens os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, para determinar o ganho de peso total (GPT) [$GPT = (Peso\ Final - Peso\ Inicial)$], ganho médio diário (GMD) [$GMD = (Peso\ Final - Peso\ Inicial) / 100\ dias$], com os resultados do ganho de peso e consumo de matéria seca (CMS), foram calculados a conversão alimentar [$CA = (CMS\ kg / GMD)$]; eficiência alimentar [$EA\ (\%) = (CMS\ kg / GMD) \times 100$].

Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum 24 horas. O abate foi realizado em frigorífico comercial, seguindo os preceitos de bem-estar animal. As carcaças foram identificadas individualmente, seccionadas longitudinalmente, pesadas e resfriadas a 2 °C por 24 horas. O rendimento de carcaça (RC) foi calculado [$RC = (Peso\ de\ Carcaça / Peso\ Final) \times 100$].

Parâmetros sanguíneos

Amostras de sangue dos 24 novilhos da raça Nelore foram coletadas dos vasos coccígeos durante a pesagem no dia 1 e antecederam o abate dos bovinos no dia 97. As amostras de sangue foram coletadas em tubos com EDTA e centrifugadas a $2.000 \times g$ por 10 min em temperatura ambiente. O plasma foi obtido e congelado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para determinação proteína total (g/dL), albumina (g/dL), creatinina (mg/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), fosfatase alcalina (U/L), aspartato aminotransferase (U/L), glutamiltransferase (U/L), concentração plasmática de ureia (mg/dL) e glicose (mg/dL), sendo realizado no Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Veterinário da FAMVZ/UFMS em Campo Grande–MS

Avaliação econômica

A análise econômica considerou o valor da arroba no momento do abate (US\$ 42,76). Assim, a receita por animal (US\$) foi obtida pela multiplicação do valor da arroba pelo peso de carcaça quente (PCQ): $\text{Receita} = \text{PCQ} \times \text{US\$}$. Para o cálculo dos custos de produção e receita, foram considerados os gastos com concentrado e com a silagem usada durante todo o experimento.

Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 6 repetições/tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância usando o comando PROC GLIMMIX do pacote estatístico SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA). O modelo estatístico utilizado foi o seguinte: $Y_{ij} = \mu + N_i + \varepsilon_{ij}$, onde Y_{ij} : valor observado no nível de inclusão de NFeed[®] i , na repetição j ; μ = efeito médio global; N_i : efeito do nível de inclusão do NFeed[®] ($i = 0\%, 50\%, 75\%$ e 100%); ε_{ij} : erro aleatório, associado a cada observação i e j .

O efeito dos níveis de NFeed[®] foi analisado por regressão de primeiro grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \varepsilon_{ij}$, e de segundo grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2 + \varepsilon_{ij}$; sendo: y_{ij} : valor observado; β_0 , β_1 e β_2 : parâmetros da equação; X : níveis de inclusão de NFeed[®]; ε_{ij} : erro aleatório, associado a cada valor observado i e j .

Foi selecionada a equação que apresentou efeito significativo ($P < 0,10$) e maior coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS

Consumo de nutrientes

O consumo de nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN), em kg e em % do PV teve efeito linear, com maior consumo para as dietas com (p<0,10) com 75% e 100% de NFeed[®], quando comparadas com as outras dietas, por outro lado, o consumo de CNF teve efeito quadrático, com maior consumo para o tratamento com 75% NFeed[®] (p<0,10) (Tabela 3).

Conforme a equação ajustada, com o aumento do nível de substituição de NFeed[®], estima-se um aumento de 25 g/dia, 24 g/dia, 18 g/dia no consumo de MS, MO e FDN das dietas, e um incremento de 0.003%PC no seu consumo. Para o CEE e CCNF estima-se que o mínimo de substituição de UEO de 29,4% atingindo assim o mínimo de CEE de 13 g/dia, já para o CCNF mostrou que a inclusão de NFeed[®] aumenta o seu consumo em até 43,08% de inclusão na dieta que com esse nível de inclusão atinge um consumo máximo de 3940 g/dia é após esse ponto tende a diminuir o consumo devido ao efeito quadrático negativo. (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de nutrientes (g/kg de PC e %PC) de tourinhos Nelore terminados com níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed[®].

	Dietas				SEM	P-Valor		E	R ²
	100% UP	50% UP 50%NFeed [®]	25% UP 75%NFeed [®]	100% NFeed [®]		L	Q		
	Kg/dia								
CMS	9.81	10.43	11.58	11.16	0.16	0.0138	0.3202	1	0.62
CMO	9.41	9.97	11.12	10.68	0.16	0.0171	0.3380	2	0.60
CPB	1.04	1.00	1.20	1.15	0.02	0.9726	0.2703	-	0.42
CEE	0.15	0.13	0.17	0.16	0.00	0.1920	0.0307	3	0.40
CFDN	4.42	5.02	5.75	5.72	0.08	0.0008	0.4192	4	0.84
CCNF	3.82	3.83	4.00	3.66	0.06	0.0615	0.0307	5	0.22
% do PC									
CMS	2.10	2.15	2.36	2.26	0.04	0.1707	0.6104	-	0.46
CFDN	0.95	1.03	1.17	1.16	0.02	0.0185	0.6799	6	0.78

UP: ureia pecuária; NFeed[®]: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais. Letra maiúscula para linha; CMS, consumo de matéria seca; CMO, consumo de matéria orgânica; CPB, consumo de proteína bruta; CFDN, consumo de fibra em detergente neutro; CEE, consumo de extrato etéreo; CCNF, consumo de carboidratos não fibrosos; PV, peso vivo; SEM: erro padrão da média; p-valor: probabilidade de efeito significativo para as equações linear (L) e quadrática (Q); E, equações; R²: coeficiente de determinação. Y=variável dependente; y=níveis de inclusão de NFeed[®] (0, 50, 75, 100%). Equações: 1: $y=9.747+0.025x$; 2: $y=9.351+0.024x$; 3: $y=0.14255-0.00037758x+0.00000642x^2$; 4: $y=4.386+0.018x$; 5: $y=3.79809+0.00636-0.00007382x^2$; 6: $y=0.939+0.003x$

Desempenho animal

Peso corporal final (PCF), GPT e GMD apresentaram efeito linear, com maiores valores para dieta com 100% NFeed[®]. Conforme a equação, com o aumento da substituição de UP por NFeed[®], o PCF aumenta em 961 g/dia, o GPT aumenta em 968 g/dia e o GMD aumenta em 10 g/dia. Por outro lado, o RC foi maior para a dieta, contendo 100% de UP na dieta (Tabela 4).

Não houve diferença significativa ($p>0,10$) para PCQ, CA e EA referente aos níveis de substituição de NFeed[®] na dieta dos tourinhos (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho de tourinhos Nelores terminados com níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed®.

	Dietas				SEM	P-Valor		E	R ²
	100% UP	50% UP 50% NFeed®	25%UP 75% NFeed®	100% NFeed®		L	Q		
PCF (Kg)	551.67	578.50	589.83	596.08	11.22	0.0678	0.4203	1	0.42
GPT (Kg)	145.77	184.00	195.17	201.58	10.72	0.0554	0.3953	2	0.45
GMD (kg/dia)	1.46	1.84	1.95	2.02	0.10	0.0559	0.3985	3	0.45
CA	7.04	5.70	6.05	5.58	0.44	0.1595	0.4215	-	0.22
EA	0.15	0.18	0.17	0.18	0.00	0.3229	0.7074	-	0.19
PCQ (Kg)	315.16	323.90	335.17	331.70	7.80	0.3947	0.7321	-	0.04
RC (%)	0.58	0.56	0.57	0.56	0.01	0.1042	0.4366	-	0.34

UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais; Letras maiúsculas para linha; PCF, peso corporal final; GPT, ganho de peso total; GMD, ganho médio diário; CA conversão alimentar; EA eficiência alimentar; PCQ peso de carcaça quente; RC, rendimento de carcaça; EGS, espessura de gordura subcutânea; AOL, área de olho de lombo; SEM: erro padrão da média; p-valor: probabilidade de efeito significativo para as equações linear (L) e quadrática (Q); E, equações; R²: coeficiente de determinação. Y=variável dependente; y=níveis de inclusão de NFeed® (0, 50, 75, 100%). E: Equações: 1: $y=540,600+0,961x$; 2: $y=145,782+0,968x$; 3: $y=1,459+0,010x$.

Tabela 5. Parâmetros sanguíneos de tourinhos Nelores terminados com níveis de substituição de ureia pecuária NFeed®.

	Dietas				SEM	Valor-P		E	R ²
	100% UP	50% UP 50% NFeed®	25% UP 75% NFeed®	100% NFeed®		L	Q		
Proteína total (g/Dl)	4.68	3.92	4.20	5.78	0.67	0.1384	0.0785	-	0.17
Albumina (g/Dl)	2.62	2.15	2.28	2.92	0.34	0.1437	0.1074	-	0.13
Creatinina (mg/Dl)	1.67	1.38	1.47	1.62	0.18	0.2136	0.2334	-	0.08
Colesterol (mg/Dl)	89.92	69.38	80.13	102.46	12.97	0.1261	0.0866	-	0.15
Triglicerídeos (mg/Dl)	17.93	12.02	13.10	13.22	3.44	0.2964	0.4378	-	0.08
Fosfatase alcalina (uL)	17.90	14.22	14.43	16.88	2.14	0.1549	0.1918	-	0.10
Aspartato aminotransferase (uL)	161.12	99.12	136.25	126.62	28,17	0.2438	0.3224	-	0.08
Gama glutamil transferase (uL)	25.13	10.38	13.17	17.10	3.67	0.0097	0.0264	1	0.32
Concentração plasmática de ureia (mg/Dl)	33.28	21.62	23.17	24.76	2.69	0.0093	0.0390	2	0.36
Glicose (mg/Dl)	91.15	79.22	81.15	71.82	8.51	0.6458	0.9851	-	0.10

* UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais; g/dL, gramas por decilitro; mg/dL, miligramas por decilitro; u/L, microlitro; SEM: erro padrão da média; p-valor: probabilidade de efeito significativo para as equações linear (L) e quadrática (Q); E, equações; R²: coeficiente de determinação. Y=variável dependente; y=níveis de inclusão de NFeed® (0, 50, 75, 100%). Equações: 1: $y=24.982-0.474x+0.004x^2$; 2: $y=33.152-0.350x+0.003x^2$.

Tabela 6. Parâmetros sanguíneos avaliados no início do confinamento (1 dia) e no fim do confinamento (97 dias).

	Tempo de Confinamento		SEM	Valor - P
	1 dias	97 dias		
Proteína total (g/dL)	6.25	4.60	0.46	0.0008
Albumina (g/dL)	2.87	2.47	0.22	0.0747
Creatinina (mg/dL)	1.88	1.53	0.12	0.0065
Colesterol (mg/dL)	124.24	84.73	9.83	0.0002
Triglicerídeos (mg/dL)	19.99	14.10	2.67	0.0328
Fosfatase alcalina (U/L)	22.32	15.81	1.74	0.0005
Aspartato aminotransferase (U/L)	134.46	130.96	18.03	0.8469
Gama glutamil transferase (U/L)	63.74	87.17	6.47	0.0008
Concentração plasmática de ureia (mg/dL)	17.00	25.75	1.79	<.0001
Glicose (mg/dL)	91.00	81.23	12.02	0.4202

Parâmetros bioquímicos no sangue

Houve diferença significativa ($p < 0,10$) para Glutamiltransferase e Concentração plasmática de ureia em relação aos níveis de inclusão do aditivo (Tabela 5). Porém, apresentaram valores ajustados pela equação quadrática, que permitiu considerar valores mínimos do nível de substituição de NFeed[®] de 59.25% apresenta uma menor concentração de 10,88 U/L de Glutamiltransferase e de 58.33% resulta na menor concentração plasmática de ureia, que é 22,96 mg/Dl (Tabela 5).

Com relação ao tempo da coleta, houve diferença significativa ($p < 0,10$) para Proteína total, Creatinina, Colesterol, Triglicerídeos e Fosfatase alcalina, que tiveram seus valores diminuídos durante o tempo de confinamento (Tabela 6). Por outro lado, a Glutamiltransferase e Concentração plasmática de ureia tiveram seus valores aumentados com o tempo de confinamento (Tabela 6).

Avaliação econômica

Verificou-se que houve efeito significativo ($p < 0,10$) no custo diário e custo total em relação à os níveis de substituição de NFeed[®], já o custo de ganho foi maior nas dietas com nível de 100% UP, sendo ajustado por uma equação linear, mostrando que a cada nível de substituição de NFeed[®] o custo com ganho diminui (Tabela 7). Porém a receita, margem e margem total não apresentaram efeito significativo ($p > 0,10$) com os níveis de substituição de NFeed[®] na dieta (Tabela 7).

Tabela 7. Avaliação econômica de tourinhos Nelores terminados com níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed®.

	Dietas				SEM	Valor - P		E	R ²
	100% UP	50% UP 50% NFeed®	25% UP 75% NFeed®	100% NFeed®		L	Q		
Receita (US\$/animal)	898.97	923.31	955.43	945.53	109.43	0.3946	0.7320	-	0.14
Custos									
Custo diário (US\$/animal/dia)	3.26	3.32	3.39	3.41	0.12	0.3014	0.7473	-	0.51
Custo Total (US\$/animal)	325.67	331.71	338.57	341.40	12.99	0.2964	0.7551	-	0.51
Custo do ganho (US\$/Kg ganho)	2.33	1.82	1.77	1.71	0.67	0.0384	0.2348	1	0.34
Margem (US\$/animal/dia)	5.73	5.92	6.17	6.04	1.05	0.4487	0.6932	-	0.08
Margem total (US\$/animal)	573.30	591.61	616.86	604.14	105.44	0.4490	0.6933	-	0.08

* UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais; SEM: erro padrão da média; p-valor: probabilidade de efeito significativo para as equações linear (L) e quadrática (Q); E, equações; R²: coeficiente de determinação. Y=variável dependente; y=níveis de inclusão de NFeed® (0, 50, 75, 100%). E; equações: 1: $y=11.45792-0.06595x$

DISCUSSÃO

O aumento do consumo dos nutrientes observados (Tabela 3) para dieta contendo maior proporção de substituição por NFeed[®], influenciaram diretamente o desempenho produtivo de tourinhos terminados em confinamento (Tabela 4). Os animais que receberam a dieta contendo 100% de NFeed[®] apresentaram as maiores taxas de PCF, GPT e GMD. Esses resultados podem ser explicados por uma melhor conversão alimentar da dieta. Muito provavelmente, os óleos essenciais de alho e canela na formulação do aditivo pode ter estimulado positivamente a modulação da fermentação, levando a um maior consumo voluntário pelos animais (MANASRI, WANAPAT, & NAVANUKRAW, 2012; VAKILI et al., 2013).

Segundo Ítavo et al. (2016), a utilização de ureia extrusada proporciona um maior ganho de peso e maior eficiência na conversão alimentar quando comparados às outras fontes de ureia. Para Khorrami et al. (2015), a ingestão de óleos de canela aumenta a produção de propionato melhorando a eficiência alimentar e aumentando o desempenho animal. Esses achados sugerem que o uso da NFeed[®] é mais eficaz quando combinado com ureia em proporções intermediárias, o que pode otimizar a ingestão de nutrientes e a resposta digestiva dos animais.

Já Ghosh et al. (2010) obtiveram ganho de peso corporal diário maior em relação ao grupo controle, em bovinos suplementados com extrato de alho, mostrando o impacto positivo do alho no metabolismo e na absorção de nutrientes. Isso apoia a hipótese de que NFeed[®] é alternativa eficaz na substituição da UP em dietas para bovinos em confinamento, melhorando o consumo e desempenho.

A gama glutamil transferência (GGT) é uma enzima lábil, pouco específica, que quando elevada em diferentes situações pode apresentar de lesão hepática, indicativo de que o fígado está sendo lesado ou sobrecarregado (THRALL et al. 2007). A concentração de GGT teve seu valor (Tabela 5) acima do valor de referência 6,1 a 17,4 U/L, na dieta com substituição de 100% de UP (KANEKO, HARVEY, & BRUSS, 2008), mostrando uma provável lesão hepática, diferente das dietas com a substituição por NFeed[®] que tiveram seus valores abaixo dos referenciados. Isso reflete a capacidade do alho de auxiliar no metabolismo e não comprometer a saúde hepática, melhorando a funcionalidade do fígado, corroborando no suporte das funções hepáticas, assim melhorando o desempenho dos animais (KLEBANIUK et al. 2017; GHOSH et al. 2010).

Os tourinhos alimentados com dietas contendo níveis de substituição de UP por NFeed[®] apresentaram valores de concentração plasmática de ureia (Tabela 5) dentro dos valores de referência (20 a 30 mg/dL) (KANEKO, HARVEY, & BRUSS, 2008), exceto para os

alimentados com dietas contendo níveis de 100% de UP. A ureia sofre a sua sintetização no fígado a partir do nitrogênio amoniacal (N-NH₃), liberado durante a catabolismo das proteínas. Essa concentração de ureia no sangue é utilizada para relacionar o conteúdo e a utilização da amônia no rúmen dependendo da metabolização pelos microrganismos ruminais, esses transformam o N-NH₃ em proteína microbiana. Por isto, a dieta contendo 100% de ureia teve a concentração de amônia aumentada no rúmen e consequentemente a concentração de ureia aumentou no sangue (MAIA FILHO et al. 2015), demonstrando que o aumento do níveis de ureia indica uma catabolismo proteico, como uma estratégia para gerar energia em condições de estresse térmicos, com o GGT o seu aumento está relacionado ao estresse oxidativo e à disfunção hepática (MAZZULLO et al. 2014).

O maior valor de US\$ 341,40 no custo total por animal para a dieta 100% UEO pode ser justificada, em grande parte, ao custo do concentrado por dia já com a inclusão da ureia extrusada com óleos essenciais de alho e canela em sua composição (US\$ 16,58; 50% NFeed[®]; US\$ 17,06; 75% NFeed[®]; US\$ 17,34; 100% NFeed[®]). Com tudo o custo de ganho por animal (Tabela 7) foi menor para a dieta 100% NFeed[®], demonstrando que essa dietas foram mais eficientes na sua conversão alimentar, além de apresentaram maior ganho de peso, sendo que a dieta com nível de substituição em 100% NFeed[®] apresentou ganhos diários de 2,02 kg/dia, mesmo tendo os seus custo total mais alto a substituição por NFeed[®] se mostrou mais eficiente.

Os resultados sugerem que a dieta contendo 100% NFeed[®] e uma alternativa de substituição a UP para tourinhos em terminação em confinamento. Mesmo tendo o seu custo elevado em comparação a outra dieta, demonstrando melhor desempenho animal durante o período de confinamento.

CONCLUSÃO

Concluiu que a substituição de ureia pecuária por NFeed[®] na dieta como fonte de nitrogênio não proteico é recomendada para otimizar o desempenho animal em confinamento, indicando no nível de inclusão de 100%, sendo esse nível viável, apresentando o menor custo de ganho por animal e o maior ganho de peso diário. Destacando-se, a maior eficiência da conversão alimentar e o desempenho superior tornam a substituição uma opção vantajosa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANASSORI, E.; DALIR-NAGHADEH, B.; PIRMOHAMMADI, R.; HADIAN, M. Changes in blood profile in sheep receiving raw garlic, garlic oil or monensin. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 99, n. 1, p. 114-122, 2015.
- BESHARATI, M.; PALANGI, V.; NIAZIFAR, M.; ESEN, S.; LACKNER, M. A Comprehensive Analysis of Cinnamon, Flaxseed, and Lemon Seed Essential Oils' Effects on In Vitro Gas Formation and Nutrient Degradability in Diets. **Fermentation**, v. 9, n. 6, p. 504, 2023.
- COSTA, G. L. **Avaliação Do Desempenho, Hematológica, Bioquímica, Parasitológica E Histopatológica de Bovinos de Corte Em Sistema Intensivo de Produção**. 2010. 59 p. Dissertação (Mestrado) - School of Veterinary Medicine, Federal University of Goyas, Goiânia, Goyas, Brazil.
- CUTRIM, E. S. M.; TELES, A. M.; MOUCHREK, A. N.; MOUCHREK FILHO, V. E.; EVERTON, G. O. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of essential oils and hydroalcoholic extracts of *zingiber officinale* (ginger) and *rosmarinus officinalis*. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.
- DE ALMEIDA SANTANA, M. H.; DA COSTA GOMES, R.; FERRAZ, J. B. S.; JUNIOR, P. R. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 95-107, 2014.
- DE MORAES, G. J.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B.; DIAS, A. M.; NIWA, M. V. G.; LEAL, E. S.; ... & INADA, A. C. Extruded urea could reduce true protein source in beef cattle diets. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 103, n. 5, p. 1283-1294, 2019.
- DETMANN, E. **Methods for food analysis**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
- DING, H.; AO, C.; ZHANG, X. Potential use of garlic products in ruminant feeding: A review. **Animal Nutrition**, 2023.
- DURUNNA, O. N.; CHEANG-DEIS, I.; LARDNER, B.; ROCHON, K.; BARKEMA, H. W.; BLOCK, H. Addition of garlic powder at low doses stimulated mineral consumption in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. Supplement_4, p. 128-128, 2020.
- GHOLIPOUR, A.; FOROOZANDEH SHAHRAKI, A. D.; TABEIDIAN, S. A.; NASROLLAHI, S. M.; YANG, W. Z. The effects of increasing garlic powder and monensin supplementation on feed intake, nutrient digestibility, growth performance and blood parameters of growing calves. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 4, p. 623-628, 2016.

- GHOSH, S.; MEHLA, R. K.; SIROHI, S. K.; ROY, B. The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count and feeding cost in crossbred dairy calves. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 961-968, 2010.
- GHOSH, S.; MEHLA, R. K.; SIROHI, S. K.; TOMAR, S. K. Performance of crossbred calves with dietary supplementation of garlic extract. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 449-455, 2011.
- GOMES, M.N.B.; FEIJO, G.L.D.; DUARTE, M.T.; SILVA, L.G.P.; SURITA, L.M.A.; PEREIRA, M.W.F. **Beef carcass evaluation manual**. Campo Grande: Editora UFMS, 2021.
- ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; GOMES, M. de N. B.; LONGHINI, V. Z.; DIFANTE, G. dos S.; DIAS, A. M.; et al. Effects of extruded urea levels on the productive performance and carcass and meat characteristics of Nellore cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 4, 247, 2023.
- ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M.; GOMES, F. C.; SILVA, F. F. da; et al. Leather quality of beefalo-Nellore cattle in different production systems. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 5, p. 807-816, 2017.
- ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIAS, A.M.; FRANCO, G.L.; PEREIRA, L.C.; LEAL, E.S.; ARAÚJO, H.S.; SOUZA, A.R.D.L. Combinations of non-protein nitrogen sources in supplements for Nellore steers grazing. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 448-460, 2016.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of Domestic Animals**. San Diego: Academic Press, 2008.
- KHORRAMI, B.; VAKILI, A. R.; MESGARAN, M. D.; KLEVENHUSEN, F. Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. **Animal Feed Science and Technology**, v. 200, p. 8-16, 2015.
- KLEBANIUK, R.; KOWALCZUK-VASILEV, E. D. Y. T. A.; BAŁKOWSKI, M.; ROCKI, G.; GRELA, E. R.; KICZOROWSKA, B.; ...; KĘPKA, K. Efektywność stosowania mieszanki ziołowej w żywieniu opasów1) 2). **Med. Weter**, v. 73, n. 12, p. 751-755, 2017.
- KOZERSKI, N.D.; ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIFANTE, G.S.; DIAS, A.M.; OLIVEIRA, L.C.S.; AGUIAR, E.N.; INÁCIO, A.G.; GURGEL, A.L.C.; SANTOS, G.T. Calorimetry, physicochemical characteristics and nitrogen release from extruded urea. **Scientific Reports**, v. 11, 18340, 2021.
- MAIA FILHO, G. H. B.; DE SOUZA, R. C.; COSTA, P. M.; COSTA, S.; JÚNIOR, J. M. D. C. A.; BARBOSA, S. O. Perfil sanguíneo de novilhos Nelore alimentados com diferentes fontes da energia da dieta em confinamento. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 80-84, 2015.

- MANASRI, N.; WANAPAT, M.; NAVANUKRAW, C. Improving rumen fermentation and feed digestibility in cattle by mangosteen peel and garlic pellet supplementation. **Livestock Science**, v. 148, n. 3, p. 291-295, 2012.
- MAZZULLO, G.; RIFICI, C.; LOMBARDO, S. F.; RIZZO, M.; PICCIONE, G. Seasonal variations of some blood parameters in cow. **Large Anim. Rev**, v. 20, p. 81-84, 2014.
- MIRANDA, P. A. B.; FIALHO, M. P. F.; SALIBA, E. O. S.; OLIVEIRA, L. O. F.; COSTA, H. H. A.; LOPES, V. E. S.; SILVA, J. J. Intake, degradability in situ and ruminal kinetics in cattle supplemented with diferente protein supplements. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 573–582, 2015.
- ORNAGHI, M. G.; PASSETTI, R. A.; TORRECILHAS, J. A.; MOTTIN, C.; VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; ...; PRADO, I. N. Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 274-283, 2017.
- SINGH, R. K.; DEY, A.; THAKUR, S.; SINGH, M.; LAILER, P. C. Modulation of Murrah Buffalo (*Bubalus bubalis*) Rumen Functions for In Vitro Fatty Acid Bio-Hydrogenation, Methane Production and Fermentation Pattern of Total Mixed Ration Supplemented with *Allium sativum* (Garlic) Essential Oils. **Fermentation**, v. 9, n. 7, 615, 2023.
- TEDESCHI, L. O.; BAKER, M. J.; KETCHEN, D. J.; & FOX, D. G. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p. 567-573, 2002.
- THRALL, M.A.; BAKER, D.C.; CAMPBELL, T.W., ET AL. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca Ltda. 2007. p. 349-360.
- VAKILI, A. R.; KHORRAMI, B.; MESGARAN, M. D.; PARAND, E. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 7, p. 935, 2013.
- VALADARES FILHO, S. C.; LOPES, S. A.; CHIZZOTTI, M. L. et al. BR-CORTE 4.0. Diet formulation, performance prediction and economic analysis of pure and crossbred zebu cattle. 2020. Disponível em: www.brcorte.com.br. Acesso em: [19 de maio de 2023].

ARTIGO – II

Avaliação da Relação entre Níveis de Substituição de Ureia Pecuária por NFeed® sobre o pH, Concentração de Amônia e Perfil de Ácidos Graxos Voláteis na fermentação ruminal *in vitro*

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta, sobre a digestibilidade *in vitro*, pH ruminal, concentrações de N-NH₃ e sobre as concentrações dos ácidos graxos voláteis no rúmen. O estudo foi conduzido *in vitro* utilizando líquido ruminal de um bovino fistulado. Foram comparadas quatro dietas com distintos níveis de substituição: 100% UP, 50% UP/50% NFeed®, 25% UP/75% NFeed® e 100% NFeed®. As variáveis foram analisadas ao longo do tempo de incubação. A dieta contendo 100% NFeed® demonstrou a maior digestibilidade *in vitro*. O pH ruminal foi influenciado tanto pelo tratamento quanto pelo tempo, sendo o maior pH médio observado na dieta 50% UP/50% NFeed®. As concentrações de N-NH₃ variaram significativamente entre os tratamentos e ao longo do tempo, com a dieta 25% UP/75% NFeed® apresentando a maior concentração e a dieta 50% UP/50% NFeed® a menor. Observou-se efeito do tempo nas concentrações de acético, propiônico e butírico, bem como na relação acético:propiônico. A dieta 100% UP promoveu maior flutuação no pH e um pico inicial mais elevado de N-NH₃, indicando rápida degradação da ureia. As dietas com NFeed® tenderam a exibir maior estabilidade no pH e uma liberação mais gradual de N-NH₃. As concentrações de AGVs apresentaram variações distintas entre as dietas ao longo do período de incubação. Os resultados sugerem que o NFeed® pode promover uma liberação mais controlada de nitrogênio amoniacal e um ambiente ruminal mais estável em comparação com a ureia pecuária tradicional.

Palavras-chave: Ácidos graxos voláteis, digestibilidade *in vitro*, pH ruminal, ureia pecuária

**Evaluation of the Relationship between Substitution Levels of Livestock Urea by
NFeed® on pH, Ammonia Concentration, and Volatile Fatty Acid Profile in *in vitro*
Ruminal Fermentation**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different substitution levels of livestock urea by NFeed® in the diet on *in vitro* digestibility, ruminal pH, N-NH₃ concentrations, and the concentrations of volatile fatty acids in the rumen. The study was conducted *in vitro* using ruminal fluid from a fistulated bovine. Four diets with different substitution levels were compared: 100% livestock urea (UP), 50% UP/50% NFeed®, 25% UP/75% NFeed®, and 100% NFeed®. The variables were analyzed over the incubation time. The diet containing 100% NFeed® demonstrated the highest *in vitro* digestibility. Ruminal pH was influenced by both treatment and time, with the highest average pH observed in the 50% UP/50% NFeed® diet. N-NH₃ concentrations varied significantly between treatments and over time, with the 25% UP/75% NFeed® diet showing the highest concentration and the 50% UP/50% NFeed® diet the lowest. An effect of time was observed on the concentrations of acetic, propionic, and butyric acids, as well as on the acetic:propionic ratio. The 100% UP diet promoted greater pH fluctuation and a higher initial peak of N-NH₃, indicating rapid urea degradation. Diets with NFeed® tended to exhibit greater pH stability and a more gradual release of N-NH₃. The concentrations of VFAs showed distinct variations between the diets throughout the incubation period. The results suggest that NFeed® may promote a more controlled release of ammonia nitrogen and a more stable ruminal environment compared to traditional livestock urea.

Keywords: Volatile fatty acids, *in vitro* digestibility, ruminal pH, feed-grade urea

INTRODUÇÃO

A ureia é amplamente utilizada como fonte econômica de nitrogênio não proteico (NNP) para a alimentação de ruminantes, substituindo as proteínas vegetais. Isso se deve à capacidade dos microrganismos presentes no rúmen de transformar a amônia (NH₃) liberada pela ureia em proteína microbiana de alta qualidade (KOZERSKI et al. 2021). Apesar de seus benefícios, a ureia requer um controle rigoroso na dosagem para prevenir a intoxicação por excesso de amônia e assegurar que os microrganismos do rúmen a utilizem de forma eficiente (MORRISON & MACKIE, 1996).

Esses microrganismos presentes no rúmen, responsáveis pela fermentação de carboidratos, dependem da amônia. Alguns microrganismos também necessitam ou são estimulados por aminoácidos e peptídeos. A amônia é produzida pelo catabolismo de proteínas no rúmen. Isso é relevante, pois pode gerar uma economia de proteína através da reciclagem, mas também pode causar problemas ligados ao excesso. (ÍTAVO et al. 2002). Sendo assim, é necessário que uma parte da proteína seja degradada no rúmen para atender às necessidades de peptídeos e/ou aminoácidos. A presença de carboidratos favorece a utilização da amônia para a síntese de aminoácidos e para o desenvolvimento microbiano.

Todos os carboidratos ingeridos são transformados em ácidos graxos voláteis (AGVs), que são a principal fonte de energia para os bovinos. Os AGVs mais relevantes são os acéticos (C₂), propiônicos (C₃) e butíricos (C₄), cujas concentrações e proporções relativas variam de acordo com a dieta (CHAPAVAL et al. 2008). As variações no pH indicam a atividade metabólica, que é, geralmente, influenciada pelas alterações na concentração de ácidos graxos voláteis, na produção de saliva e na taxa de absorção dos produtos finais da fermentação. Essas oscilações no pH do rúmen podem ter um impacto significativo na degradação da proteína, uma vez que interferem na atividade dos microrganismos presentes neste ambiente.

Dessa forma, o experimento foi conduzido para avaliar os efeitos dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta sobre a digestibilidade *in vitro*, concentrações de N-NH₃ e de AGVs e sobre o pH ruminal.

O presente trabalho teve como objetivo de se avaliar o efeito dos níveis de substituição da ureia pecuária por NFeed® na dieta sobre o pH ruminal as concentrações de N-NH₃ e de AGVs.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no Laboratório de Nutrição Aplicada, localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

O bovino doador de inóculo ruminal, conta com fistula ruminal, sendo pertencente a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Os procedimentos realizados neste animal estão de acordo com o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foram conduzidos de acordo com padrões éticos dos parâmetros cinéticos da fermentação ruminal.

A coleta de líquido ruminal foi realizada pela manhã, a retirada foi manual, retirando o alimento do rúmen, filtrando em um tecido de algodão e armazenado em garrafa térmica.

As dietas (Tabela 1) foram formuladas segundo o BR-Corte 4.0 para ganhos médios de 1,6 kg/dia. Com proporção de volumoso e concentrado de 3,5:66,5. Utilizou-se a silagem de milho como único volumoso e os ingredientes dos concentrados foram grão de milho moído (peneira de 3 mm), farelo de soja, ureia pecuária e ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais (NFeed[®] - Pajoara Ind. e Comércio Ltda, Campo Grande-MS) e mistura mineral (Tabela 2) A ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais de alho e canela é obtido a partir do processamento de uma fonte de amido, uréia e enxofre, por meio do processo de extrusão, associado com inclusão de ativos vegetais de cinamaldeído, dialil dissulfeto, dialil trissulfeto e dialil tetrassulfeto encapsulados por camadas de lipídios que asseguram liberação controladas e proteção dos ingredientes, perfazendo, neste caso, produto com 200% de proteína bruta.

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais

	Dietas			
	100% UP	50% UP / 50% NFeed®	25% UP / 75% NFeed®	100% NFeed®
Composição das dietas (g/Kg MS)				
Silagem de milho	335.0	335.0	335.0	335.0
Milho moído	600.0	597.0	595.4	593.9
Farelo de soja	30.0	30.0	30.0	30.0
UEO	0.0	10.5	15.8	21.1
UP	15.0	7.5	3.8	0.0
Núcleo mineral ¹	20.0	20.0	20.0	20.0
Nutrientes (g/Kg MS)				
Matéria seca	541.6	569.6	624.7	600.6
Matéria orgânica	959.6	956.4	960.0	957.0
Proteína bruta	105.8	95.9	104.0	103.0
FDN	450.3	481.0	496.5	512.6
FDA	188.30	168.3	136.6	162.0
Extrato etéreo	14.5	12.2	14.6	14.4
Carboidratos não fibrosos	389.1	367.3	344.9	326.9
DIV				
Matéria seca	248.2	210.5	202.1	189.8
Matéria orgânica	981.2	983.9	964.9	986.6

UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais. FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; DIV: digestibilidade *in vitro*; g/Kg MS: gramas por quilogramas de matéria seca MS ¹ níveis de garantia por kg: 80 g de Fósforo, 200 g de Cálcio, 123 g de Sódio, 2000 mg de Zinco, 1000 mg de Manganês, 400 mg de Cobre, 50 mg de Iodo, 50 mg de Cobalto e 5 mg de Selênio

Tabela 2. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

	MS	MO	PB	FDN	FDA	EE
	(g/Kg MS)					
Silagem de milho	42.81	93.40	5.54	52.08	34.02	0.70
Concentrado 100% UP	87.43	97.25	14.30	63.06	2.67	0.97
Concentrado 50% UP + 50% NFeed®	87.77	95.77	13.47	57.20	1.68	1.01
Concentrado 25% UP + 75% NFeed®	80.70	96.57	12.83	61.53	1.85	0.87
Concentrado 100% NFeed®	87.38	96.84	12.84	46.11	1.81	1.41

UP: ureia pecuária; NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais, MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em detergente ácido; EE, extrato etéreo.

Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS)

Foram utilizados 20 frascos, com capacidade para 250 mL, cada um contendo amostras de 1g das dietas em triplicata, as soluções tampão A e B utilizadas simulam a saliva do ruminante. Soluções foram preparadas com os seguintes reagentes: Solução A (g L⁻¹): 10,0 g KH₂PO₄; 0,5g MgSO₄; 0,5g de NaCl; 0,1 g de CaCl₂·2H₂O; 0,5 g de ureia e solução B (g dL⁻¹): 15,0 g de Na₂CO₃; 1,0 g de Na₂S·9H₂O. As soluções foram misturadas na proporção de 1:5., inóculo ruminal (25 mL) e CO₂. Dois frascos por incubação foram utilizados como controle para ajustar os valores. Os frascos permaneceram no Banho DubnoffSL-157 a 39°C por 48 horas, com agitação contínua. A incubação foi interrompida após 48 horas e a segunda etapa do método *in vitro* foi iniciada com a adição de 2,502 mL de ácido clorídrico (HCl) 6N e 0,500g de pepsina (1:10.000) em cada frasco. A incubação foi continuada por mais 24 horas a 39°C sob contínua agitação. Após 24 de incubação os frascos foram drenados e enxaguadas, pré-secos em estufas com circulação forçada de ar a 55°C por 12 horas, depois colocados em estufa a 105°C por 24 horas e finalmente pesados. A DIVMS foi calculada utilizando o peso do resíduo após a incubação.

pH e Amônia no conteúdo ruminal artificial

Primeiramente, foram pesadas amostras de 10 g em cada frasco da incubadora DaisyII Fermenter® (Ankom) em triplicata, juntamente com a solução tampão (1600 mL) e líquido ruminal (400 mL). Os frascos foram mantidos a 39°C sob agitação contínua.

Durante a incubação, amostras de 22 mL de conteúdo ruminal artificial foram coletadas por meio de Micropipeta Monocanal de volume ajustável de cada frasco, 0, 1, 2, 4, 6 e 8 horas após o início da incubação. Em cada momento, 10 mL de conteúdo ruminal artificial foram utilizados para medir o pH das amostras em triplicata usando um medidor de pH digital TEC - 7. O restante do conteúdo ruminal artificial (12 mL), foram adicionados a uma alíquota de 4 mL do conteúdo ruminal artificial em 3 tubos micro Digestor (25x250mm), junto a 10 mL de Hidróxido de Potássio (KOH) 2 N e adicionando água destilada até atingir o volume aproximado de 20 mL e levado ao aparelho Destilador de Nitrogênio TE – 0364, adaptado no Erlenmeyer contendo 10 mL de ácido bórico a 2%, para receber o destilado, sendo o procedimento realizado por um período de 3 a 4 minutos até atingir o volume de 75 mL. Sendo titulado o destilado com ácido clorídrico (HCl) 0,005 N para determinação do nitrogênio amoniacal (NH₃-N) pelo método modificado por Bolsen et al. (1992).

Ácidos Graxos Voláteis

Para determinação dos ácidos graxos voláteis no líquido ruminal, foram coletados aproximadamente 50 mL de líquido do rúmen, colocado em tubos Falcon e adicionando-se 10 mL de ácido metafosfórico, identificado e armazenado em congelador a - 20°C. Inicialmente foram descongeladas até temperatura ambiente, em seguida, centrifugadas a 3500 rpm durante 5 minutos. Posteriormente, foram transferidos 100 µL da amostra para um tubo de ensaio contendo 800 µL de água destilada e 100 µL do padrão interno (ácido trimetilacético) a 10mM. A solução foi homogeneizada no vórtex por 30 segundos e filtrada através de filtro de seringa (constituído por membrana de PVDF, com 13 mm de diâmetro e 0,45 µm de tamanho de poro), estocar em geladeira e posteriormente analisar por CG/DIC.

Utilizou-se um Cromatógrafo a gás, modelo Trace GC Ultra, marca Thermo. Coluna cromatográfica utilizada: Coluna Nukol ligada a ácidos graxos livres, com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme da fase estacionária (marca Supelco Analytical). A programação da temperatura da coluna foi iniciada com 110 °C, elevando-se para 136°C a uma taxa de 10°C/min, permanecendo nesta temperatura durante 3 minutos, em seguida a temperatura foi elevada para 142°C a taxa de 1,5°C/min , e por fim atingiu-se a temperatura de 200°C a uma taxa de 10°C/min permanecendo nesta temperatura por 4 minutos. A injeção foi realizada manualmente com volume de 1,0 µL no modo split (divisão), a razão de divisão (split ratio) foi de 1:12, e o fluxo da divisão (split flow) de 10mL/min. A temperatura do injetor foi mantida a 230°C. Utilizou-se gás Hélio como gás de arraste (fase móvel) com vazão de 0,8 mL/min. A temperatura do detector permaneceu em 220°C. Os AGVs foram determinados pelo método da curva com padrão interno. Para isso, preparou-se soluções com o padrão contendo a mistura dos ácidos graxos voláteis (Volatile Acid Standard Mix, marca Supelco Analytical, com concentração dos agvs a 10 mM). O padrão interno empregado foi ácido trimetilacético, 99 % de pureza, marca sigma aldrich.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o comando PROC GLIMMIX do pacote estatístico SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA).

O efeito do tempo foi analisado por regressão de primeiro grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \epsilon_{ij}$, e de segundo grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2 + \epsilon_{ij}$; sendo: y_{ij} : valor observado; β_0 , β_1 e β_2 : parâmetros da equação; X : tempo de coleta; ϵ_{ij} : erro aleatório, associado a cada valor observado i e j .

Foi selecionada a equação que apresentou efeito significativo ($P < 0,10$) e maior coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS

Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS)

A digestibilidade *in vitro* apresentou uma variação significativa entre as dietas avaliadas, com a dieta 100% UP apresentando a menor digestibilidade. A dieta de 50% UP/50% Nfeed® e 25% UP/75% Nfeed® apresentou um aumento gradual na digestibilidade. Com tudo, a dieta 100% Nfeed® apresentou uma maior digestibilidade *in vitro*. (Figura 1).

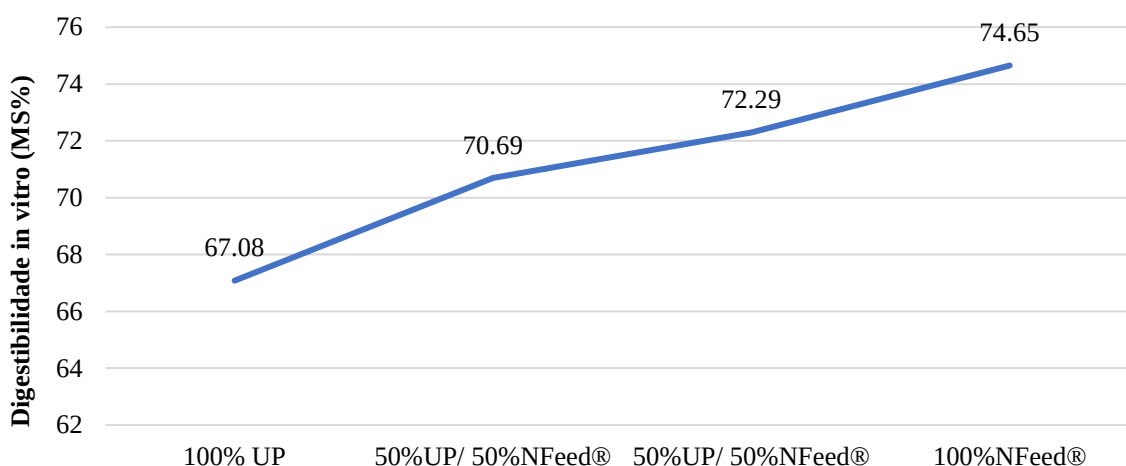


Figura 1 - Digestibilidade *in vitro* na matéria seca das dietas contendo diferentes fontes de nitrogênio.

pH e Amônia no conteúdo ruminal artificial

Na Tabela 3, notou-se um impacto considerável do tratamento ($P=0,0236$) e do tempo ($P=0,0002$) no pH ruminal. A dieta que continha 50% de UP e 50% NFeed® teve o pH médio mais elevado (6,77), enquanto as demais dietas apresentaram valores um pouco mais baixos (6,71 para 100% UP e 25% UP/75% NFeed®; 6,75 para 100% NFeed®). Tanto o tratamento quanto o tempo tiveram um impacto significativo na concentração de $N-NH_3$, com ($P<,0001$) para ambos. A dieta que continha 25% de UP e 75% de NFeed® apresentou uma concentração considerável de $N-NH_3$ (10,83 mg/dl), ao passo que a dieta que continha 50% de ureia e 50% de NFeed® apresentou uma concentração mais baixa (9,21 mg/dl).

A influência do tempo ($P<0.10$) foi significativa nos seguintes AGVs: acético, propiônico e butírico, além da relação acético:propiônico. No entanto, o propiônico teve um efeito significativo no tratamento ($P= 0.0571$), Tabela 3.

Tabela 3. Concentração do pH, N-NH₃ (mg/dL), acéticos, propiônicos, butíricos e relação acéticos: propiônicos (mg/μL) no líquido ruminal de bovino com níveis de substituição de ureia pecuária por NFeed®.

	Dietas				SEM	P-Valor		
	100% Ureia	50% Ureia 50% NFeed®	25% Ureia 75% NFeed®	100% NFeed®		Trat	Tem	Trat*Tem
pH	6.71	6.77	6.71	6.75	0.0165	0.0236	0.0002	0.9449
N-NH ₃	10.79	9.21	10.83	10.13	0.2462	<.0001	<.0001	0.1502
Acéticos	73.82	74.82	74.23	74.74	0.3899	0.2397	<.0001	0.3137
Propiônicos	18.09	17.48	17.94	17.19	0.2575	0.0571	<.0001	0.4538
Butíricos	8.13	8.16	8.25	8.30	0.1372	0.6735	0.0181	0.5551
Acéticos: Propiônicos	4.20	4.38	4.28	4.44	0.0873	0.2293	<.0001	0.6485

NFeed®: ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais alho e canela; SEM: erro padrão da média; P-Valor: probabilidade de efeito significativo; Trat: Tratamento; Tem: Tempo; Trat*Tem: Interação entre tratamento e tempo; N-NH₃: nitrogênio amoniacal.

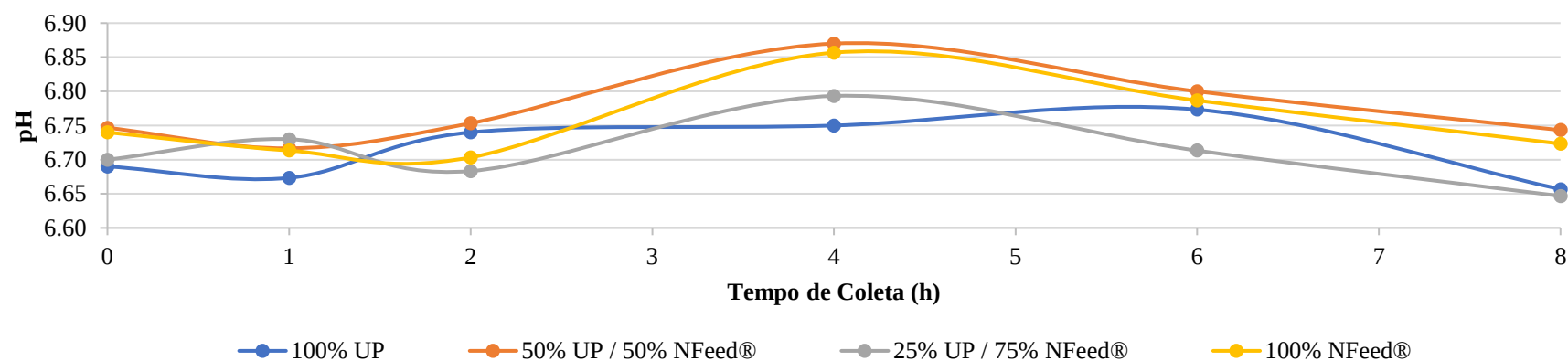


Figura 2. pH do líquido ruminal, em função do tempo de colheita do líquido ruminal em horas. Equações: 100% UP: $y=6.66+0.05x-0.01x^2$ (R^2 : 0.15, P-Valor: 0.0223), 50% UP/ 50% NFeed®: $y=6.17+0.05x-0.01x^2$ (R^2 : 0.11, P-Valor: 0.0739), 25% UP / 75 % NFeed®: $y=6.69+0.04x-0.01x^2$ (R^2 : 0.12, P-Valor: 0.0585), 100% NFeed®: $y=6.70+0.04x-0.01x^2$ (R^2 : 0.11, P-Valor: 0.0727).

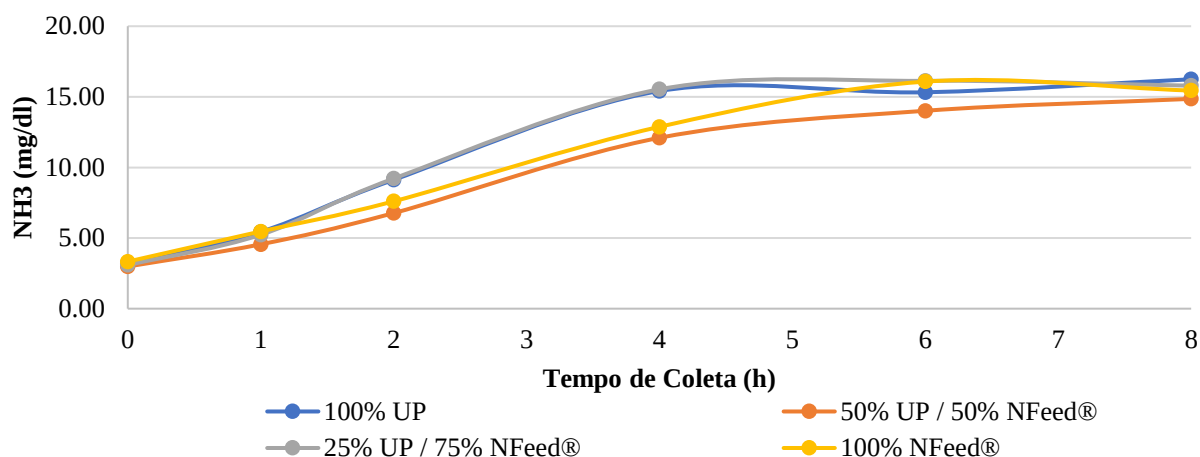


Figura 3. Concentração ruminal de amônia, em função do tempo de coleta do líquido ruminal em horas. Equações: 100% UP: $y=2.60+4.05x-0.30x^2$ (R^2 : 0,90, P-Valor: <.0001), 50% UP/ 50% NFeed®: $y=2.33+2.94x-0.17x^2$ (R^2 : 0,90, P-Valor: 0.0006), 25% UP / 75 % NFeed®: $y=6.69+0.04x-0.01x^2$ (R^2 : 0,94, P-Valor: <.0001), 100% NFeed®: $y=6.70+0.04x-0.01x^2$ (R^2 : 0,91, P-Valor: <.0001).

A Figura 2 demonstra a variação do pH ruminal ao longo de 8 horas. A dieta de 100% UP apresentou uma maior variação no pH, com uma queda acentuada nas primeiras horas e uma recuperação gradual. Nas dietas de 50% UP/50% NFeed® e 100% NFeed®, estas apresentaram um padrão de pH mais estável, com menor variação ao longo do tempo, com o pH mínimo atingindo um nível mais elevado em comparação com a dieta 100% UP. Na dieta 25% Ureia/75% NFeed®, apresentaram um comportamento intermediário, com uma variação de pH ligeiramente maior que as dietas com maior concentração de NFeed®, mas menor do que a dieta 100% UP.

De acordo com as equações quadráticas ajustadas, as dietas 100% UP, 50% UP / 50% NFeed®, 25% UP / 75% NFeed® e 100% NFeed® mostraram uma correlação estatisticamente relevante ($p < 0.10$) entre o período de coleta e a concentração de pH. As equações demonstram uma tendência predominante de crescimento inicial do pH de 6.72, 6.23, 6.73 e 6.74 ao longo de 2 a 2.5 horas, seguido de uma diminuição desse crescimento com o decorrer do tempo. (Figura 2).

Na Figura 3, é possível observar a concentração de N-NH₃ no rúmen ao longo de 8 horas. A dieta 100% UP apresentou a maior concentração de N-NH₃ em todos os períodos de coleta, demonstrando uma rápida degradação da ureia no rúmen. Contudo, as dietas com 50% UP/50% NFeed® e 25% Ureia/75% NFeed® revelaram uma concentração de N-NH₃ intermediária. A dieta com 100% NFeed® mostrou uma concentração de N-NH₃ significativa em todos os períodos de coleta, o que sugere uma liberação gradual e lenta.

As equações quadráticas demonstraram um efeito significativo da dieta na dinâmica da concentração de N-NH₃. Dietas com 100% UP e 50%/50% NFeed® estimaram a produção de

N-NH₃ em 16.27 mg/dL e 15.04 mg/dL nos períodos de 6.75 e 8.65 horas, o que indica um aumento inicial mais rápido, seguido de uma diminuição, o que indica uma rápida degradação. Em contrapartida, as dietas com 25% UP / 75% NFeed[®] e 100% NFeed[®] apresentaram níveis de N-NH₃ de 6.73 mg/dL e 6.74 mg/dL ao longo de 2 horas, apresentando níveis iniciais mais elevados e uma variação mais lenta ao longo do tempo, sugerindo uma liberação gradual. (Figura 3).

Ácidos Graxos Voláteis

As dietas 100% UP e 50% UP/50% NFeed[®] mostraram uma capacidade inicial maior de diminuir a concentração de acéticos em comparação com a dieta de 25% UP / 75% NFeed[®]. A dieta 100% NFeed[®], por outro lado, apresentou uma concentração inicial mais elevada e, posteriormente, estabilização. (Figura 4).

A equação linear ajustada para as dietas 100% UP, 50% UP / 50% NFeed[®] e 25% UP / 75% NFeed[®] revelou uma inclinação negativa, o que sugere uma redução na concentração de acetato de 0.71 mg/μL, 1.07 mg/μL e 1,36 mg/μL à medida que a coleta avança. (Figura 4).

A variação significativa na concentração de propiônico ocorreu na dieta de 100% UP, o que resultou em um aumento na concentração deste composto. A dieta com 50% UP/50% NFeed[®] apresentou uma diminuição na concentração. No entanto, as dietas que continham 25% UP / 75% NFeed[®] e 100% NFeed[®] apresentaram níveis estáveis de propiônico. (Figura 5).

Ajustou uma equação quadrática para a dieta com 100% NFeed[®], indicando uma duração mínima de 1.1 horas, o que corresponde a uma concentração mínima de 15.80 mg/μL. A concentração tende a aumentar à medida que o tempo de coleta aumenta. (Figura 5).

A dieta que incluiu 100% UP resultou na maior concentração final de butíricos. Já a dieta com 50% UP / 50% NFeed[®] apresentou uma concentração final significativa, enquanto a dieta com 25% UP / 75% NFeed[®] mostrou um crescimento gradual, alcançando a menor concentração final entre os tratamentos. Com tudo, a dieta com 100% NFeed[®] apresentou a menor taxa de butíricos ao longo da coleta. (Figura 6).

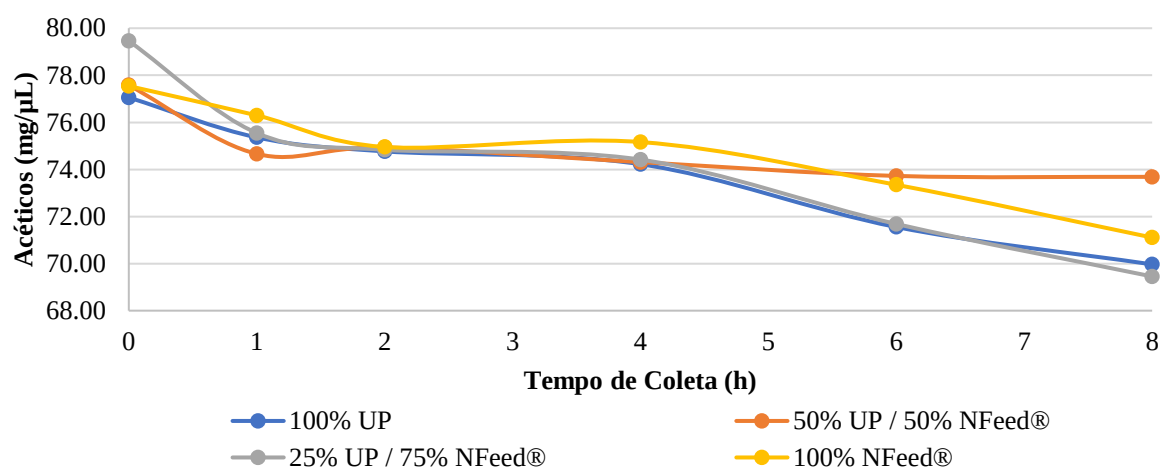


Figura 4. Concentração de acético, em função do tempo de colheita em horas do líquido ruminal. Equações: 100% UP: $y=76.61-0.71x$ (R^2 : 0,63, P-Valor: 0.0971), 50% UP/ 50% NFeed®: $y=76.79-1.07x$ (R^2 : 0,22, P-Valor: 0.0477), 25% UP / 75 % NFeed®: $y=78.23-1.36x$ (R^2 : 0,65, P-Valor: 0.0121).

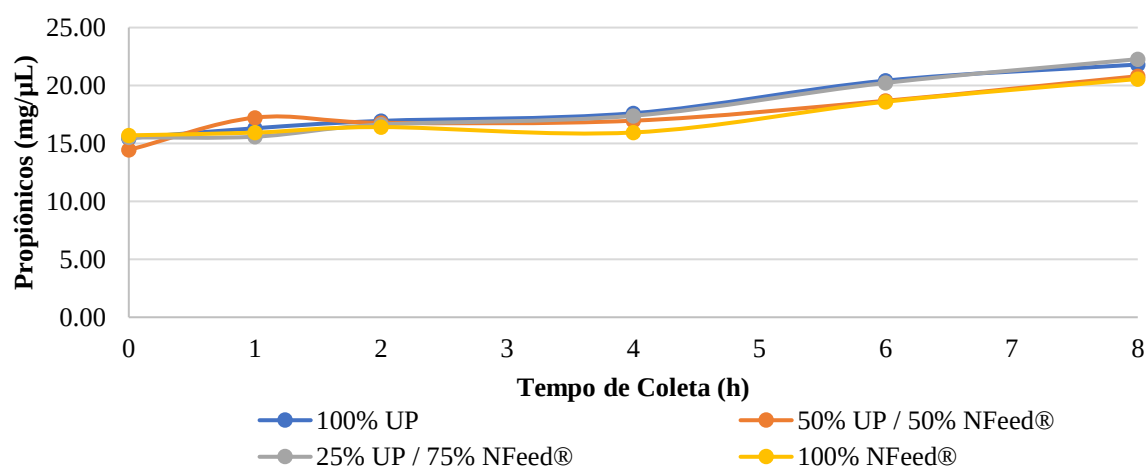


Figura 5. Concentração de propiônico, em função do tempo de colheita em horas do líquido ruminal. Equações: 100% NFeed®: $y=15.93-0.22x+0.10x^2$ (R^2 : 0,59, P-Valor: 0.0121).

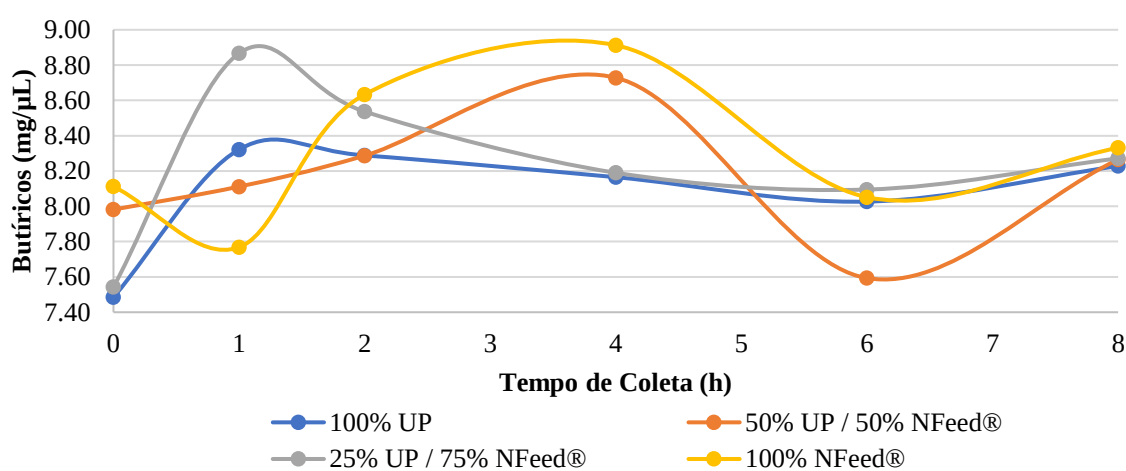


Figura 6. Concentração de butírico, em função do tempo de colheita em horas do líquido ruminal.

DISCUSSÃO

É fundamental que o rúmen apresente um ambiente interno adequado, especialmente em termo de pH e concentração de nitrogênio amoniacal, para que a amônia seja absorvida pelo epitélio ruminal e para a multiplicação dos microrganismos presentes nele (HAILEMARIAM et al., 2021).

As dietas com maior proporção de substituição de NFeed[®] apresentaram uma maior digestibilidade da MS (Figura 1), e um padrão de pH mais estável, com menor variação, tendo um crescimento inicial e uma diminuição desse crescimento ao longo do tempo (Figura 2), além de uma concentração de N-NH₃ moderada demonstrando uma liberação gradual (Figura 3). Em relação aos AGVs apresentaram uma capacidade de reduzir a concentração de acetado e aumentando na concentração de propionato.

Uma das hipóteses para esses resultados está relacionada à eficiência com que a dieta foi convertida em nutrientes. Os óleos essenciais de alho e canela presentes no aditivo podem ter contribuído para uma modulação favorável da fermentação (MANASRI, WANAPAT, & NAVANUKRAW, 2012; VAKILI et al., 2013).

Segundo Kozerski et al. (2021) a utilização de ureia extrusada promove a liberação gradual de amônia, o que aumenta significativamente a eficiência na utilização de nitrogênio pelos microrganismos do rúmen. De acordo com Khorrami et al. (2015), o uso de óleos de canela melhora a eficiência alimentar. Esse achado mostra que o NFeed[®] é mais eficiente quando combinada com ureia em quantidades intermediárias, o que melhora a assimilação de nutrientes e a resposta digestiva dos animais.

Cardozo et al. (2004) ao avaliar os efeitos do óleo essencial de canela em animais fistulados durante um período de adaptação de oito dias, utilizando um meio de cultura com pH 7,0. Duas horas após a alimentação, constataram um aumento na relação acetato:propionato (C2:C3) de 2,5 para 2,8 em comparação com o grupo controle. Isso confirma que NFeed[®] é uma opção para a substituição da UP com o objetivo de modular a fermentação ruminal.

Em contraste, Vakili et al. (2013) não verificaram alterações no pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ao suplementarem a dieta de animais em crescimento com óleos essenciais de canela. No entanto, observaram um aumento na proporção molar de propionato (C3) e uma redução na de acetato (C2), resultando em uma diminuição na relação C2:C3. Busquet et al. (2005) demonstraram a influência do óleo de alho no rúmen, o que resultou na diminuição das concentrações molares de acetato e ácidos graxos de cadeia ramificada (BCFA), ao passo que as concentrações de propionato e butirato aumentaram. Os

resultados sugerem que o NFeed® pode ter um impacto significativo nos processos metabólicos dos microrganismos no rúmen, otimizando a eficiência ruminal.

Em suma, manter um ambiente ruminal equilibrado, com pH adequado e concentrações adequadas de nitrogênio amoniacal, é crucial para a saúde e produtividade animal, permitindo a absorção eficiente de nutrientes e a atividade microbiana essencial. Os resultados demonstram que a substituição parcial da ureia pecuária por NFeed® nas dietas avaliadas mostrou potencial de otimização deste ambiente ruminal. As dietas com NFeed® demonstraram uma maior digestibilidade da matéria seca, pH mais estável e uma liberação gradual de nitrogênio amoniacal, o que interfere no perfil de ácidos graxos voláteis, com tendência à redução do acetato e aumento do propionato. Esses efeitos podem ser atribuídos à ação dos óleos essenciais presentes no NFeed®, que atuam de forma favorável na fermentação ruminal. Apesar de estudos anteriores apresentarem resultados divergentes, a presente análise sugere que a combinação estratégica de NFeed® com ureia pecuária, em proporções intermediárias, pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a assimilação de nutrientes e a resposta digestiva dos animais, confirmando o NFeed® como uma alternativa promissora para modular a fermentação ruminal e potencialmente aumentar a eficiência da produção pecuária.

CONCLUSÃO

A substituição da ureia de pecuária pelo NFeed® na dieta como fonte de nitrogênio não proteico resultou em um pH ruminal mais constante ao longo do tempo, com uma variação menor. No que diz respeito ao N-NH_3 , as dietas com NFeed® apresentaram concentrações moderadas, o que indica uma liberação gradual da amônia. Em relação aos AGVs, observou-se uma tendência de diminuição da concentração de acetato e aumento da concentração de propionato nas dietas que continham mais NFeed®. Isto indica uma possível alteração da fermentação ruminal pelos componentes do aditivo, o que reforça a capacidade do NFeed® como uma opção para regular a fermentação ruminal.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- BARBOSA, N. G. S.; LANA, R. D. P.; JHAM, G. N.; BORGES, A. C.; MÂNCIO, A. B.; PEREIRA, J. C.; OLIVEIRA, J. S. Consumo e fermentação ruminal de proteínas em função de suplementação alimentar energética e protéica em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1558-1565, 2001.
- BUSQUET, M.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; CARDOZO, P. W.; KAMEL, C. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 7, p. 2508-2516, 2005.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- CARDOZO, P. W.; CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; KAMEL, C. Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3230-3236, 2004.
- CHAPAVAL, L.; MELOTTI, L.; ROSSI JÚNIOR, P.; OLIVINDO, C. D. S.; REGO, J. P. A. Roughage/concentrate ratio on ruminal ammonia concentration, pH and volatile fatty acids in crossbred dairy cows. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 1, p. 18-28, 2008.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. D. O.; ... AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, v. 214, 2012.
- ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.
- FILÍPEK, J.; DVOŘÁK, R. Determination of the volatile fatty acid content in the rumen liquid: comparison of gas chromatography and capillary isotachopheresis. **Acta Veterinaria Brno**, v. 78, n. 4, p. 627-633, 2009.
- HAILEMARIAM, S.; ZHAO, S.; HE, Y.; WANG, J. Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 4, p. 989-996, 2021.
- ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S. D. C.; SILVA, F. F. D.; VALADARES, R. F. D.; LEÃO, M. I.; CECON, P. R.; ... PAULINO, P. V. R. Microbial Production and Ruminal Parameters in Bullos Fed Diets Containing Different Concentrate Levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1553-1561, 2002.
- KHORRAMI, B.; VAKILI, A. R.; MESGARAN, M. D.; KLEVENHUSEN, F. Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. **Animal Feed Science and Technology**, v. 200, p. 8-16, 2015.

- KOZERSKI, N. D.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIFANTE, G. D. S.; DIAS, A. M.; DE OLIVEIRA, L. C. S.; ... DOS SANTOS, G. T. Calorimetry, physicochemical characteristics and nitrogen release from extruded urea. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 18340, 2021.
- MANASRI, N.; WANAPAT, M.; NAVANUKRAW, C. Improving rumen fermentation and feed digestibility in cattle by mangosteen peel and garlic pellet supplementation. **Livestock Science**, v. 148, n. 3, p. 291-295, 2012.
- MORRISON, M.; MACKIE, R. I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 2, p. 227-246, 1996.
- VAKILI, A. R.; KHORRAMI, B.; MESGARAN, M. D.; PARAND, E. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 7, p. 935, 2013.
- VALADARES FILHO, S. C.; LOPES, S. A.; CHIZZOTTI, M. L. et al. *BR-CORTE 4.0*. Diet formulation, performance prediction and economic analysis of pure and crossbred zebu cattle. 2020. Disponível em: www.brcorte.com.br. Acesso em: [19 de maio de 2023].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que a ureia extrusa com adição de óleos essenciais de alho e canela em sua composição pode ser utilizada como fonte de nitrogênio não proteico em dietas para bovinos de corte terminados em confinamento com o intuito de melhorar ainda mais a produtividade ou reduzir os problemas existentes.

Portanto, a inclusão de 100% de NFeed® na dieta dos bovinos resulta em um aumento significativo no desempenho dos animais, refletido em ganhos de peso e eficiência alimentar.

A ureia extrusada, como fonte de nitrogênio não proteico, desempenha um papel fundamental na melhoria do metabolismo proteico ruminal, contribuindo para a maior disponibilidade de nutrientes essenciais à produção de carne. Além disso, os óleos essenciais de alho e canela demonstram um efeito benéfico sobre a fermentação ruminal, favorecendo a atividade microbiana e promovendo um ambiente ruminal mais eficiente para a digestão da matéria seca. Esse produto, podem melhorar ainda mais a digestibilidade da dieta e o desempenho geral dos bovinos, oferecendo uma estratégia promissora para otimizar a produção animal de forma sustentável e econômica.

Há de se considerar que novas oportunidades de estudos são relevantes visando validar a utilização em diferentes níveis ou até mesmo aumentar a inclusão de óleos essenciais em sua composição ou estratégias de manejo não utilizadas e abordadas em nosso estudo.