



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



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

EFEITOS DA INCLUSÃO DE UREIA EXTRUSADA ASSOCIADA A
ÓLEOS ESSENCIAIS NA NUTRIÇÃO DE OVINOS

Fernanda Grazielly Gomes de Oliveira

CAMPO GRANDE, MS

2025



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



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

EFEITOS DA INCLUSÃO DE UREIA EXTRUSADA ASSOCIADA A
ÓLEOS ESSENCIAIS NA NUTRIÇÃO DE OVINOS

Effects of the inclusion of extruded urea associated with essential oils in
sheep nutrition

Fernanda Grazielly Gomes de Oliveira

Orientadora: Profa. Dra. Camila Celestre Brandão Ferreira Ítavo

Coorientadores: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Profa. Dra. Gleice Kelli Ayarden de Melo

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.

CAMPO GRANDE, MS

2025



Certificado de aprovação

FERNANDA GRAZIELLY GOMES DE OLIVEIRA

**EFEITOS DA INCLUSÃO DE UREIA EXTRUSADA ASSOCIADA A ÓLEOS
ESSENCIAIS NA NUTRIÇÃO DE OVINOS
EFFECTS OF THE INCLUSION OF EXTRUSTED UREA ASSOCIATED WITH
ESSENTIAL OILS IN SHEEP NUTRITION**

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.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Gleice Kelli Ayardes de Melo
(UFMS) – Presidente

Dra. Cristiane Rebouças Barbosa
(FUNDECT)

Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Rebouças Barbosa, Usuário Externo**, em 27/08/2025, às 16:44, 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 **Gleice Kelli Ayardes de Melo, Usuário Externo**, em 27/08/2025, às 16:56, 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 **Luis Carlos Vinhas Itavo, Professor do Magisterio Superior**, em 27/08/2025, às 18:59, 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 **5847376** e o código CRC **C904D204**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de toda luz e força, por me guiar em cada passo desta jornada. Toda honra e toda glória a Ti, que sustentaste minhas escolhas, renovaste minha coragem nas dificuldades e nunca permitiste que a esperança se apagasse! Sem a Tua graça, nada disso seria possível.

À minha Mãe Maria Christiane Gomes e à minha Avó materna Teodora Cabanha, pilares da minha vida, mulheres fortes que me ensinaram o verdadeiro significado de persistência, coragem e amor. Seus abraços, conselhos e orações foram o meu porto seguro! Tudo o que sou e conquistei tem um pouco de cada uma de vocês!

Ao meu namorado, Arthur Passarelli Roque, agradeço todo o amor, apoio e compreensão ao longo desta caminhada. Sua presença chegou para fazer tudo melhorar, trazendo conforto, força e motivação quando eu mais precisava. Sou imensamente grata por seu incentivo e por estar sempre ao meu lado!

À minha melhor amiga, Ester Lays Martins Ribeiro, companheira desde a graduação, minha profunda gratidão pela amizade verdadeira. Compartilhamos juntas os desafios, as descobertas e as conquistas que tornaram este trabalho possível. Sua presença constante, tanto nos momentos bons quanto nos difíceis, tornou essa caminhada mais leve e significativa. Não teria chegado até aqui sem você!

À minha orientadora, Profa. Dra. Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo e Coorientador Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, pela orientação e valiosos ensinamentos que contribuíram não apenas para este trabalho, mas para minha formação pessoal e profissional que carregarei sempre comigo.

Ao professor, Dr. Gumercindo Lorian Franco, pela disponibilidade, pela solicitude constante, pelas sugestões valiosas e pelas contribuições fundamentais que enriqueceram a qualificação e a defesa desta dissertação.

À Dra. Gleice Kelli Ayarden de Melo, Dra. Priscila Dutra Teixeira e Dra. Cristiane Rebouças Barbosa, por todo o conhecimento compartilhado e apoio acadêmico durante esta caminhada. A contribuição de vocês foi fundamental para o meu desenvolvimento e para a conclusão deste trabalho.

À empresa Amireia Pajoara[®], pela importante parceria durante o projeto, em especial aos colaboradores Júlio César de Albuquerque Setti, Carlos Alberto Bollini Piotto e João Paulo Bollini Piotto, pela receptividade e suporte técnico.

Às amigas da pós-graduação, Priscila Bernardo de Andrade e Laura Scherer da Costa, pelo companheirismo, parceria e ajuda nas diversas etapas deste estudo. A presença de vocês tornou essa caminhada mais leve, motivadora e especial.

Aos estagiários do Grupo de Estudos em Ovinocultura – GEO, Laura Ortega Pereira, Vaniele da Silva Santos, Dallila Martins Ferreira, Tamiris Aparecida Viana da Silva, Thaíza Souza Carraro, Mileny da Silva Raulino e Nivea de Jesus Dias. Obrigada pelo comprometimento e auxílio em todas as atividades. Vocês foram uma verdadeira rede de apoio!

À equipe de residência em clínica médica de grandes animais do Hospital Veterinário da UFMS, especialmente ao Dr. Marcelo Augusto de Araújo e à Dra. Thabata Menezes, pelo suporte, disponibilidade e colaboração durante o projeto.

Aos técnicos (as) do laboratório de Nutrição Animal Animal, Nutrição Animal e Patologia Clínica da FAMEZ/UFMS, pelo suporte e competência que foram essenciais para o desenvolvimento das análises e resultados deste trabalho.

Aos funcionários do transporte da FAMEZ e da Fazenda Escola da UFMS, Girlei Cunha e Ivalcir Miranda, pelo empenho e ajuda prática indispensável no planejamento e execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e a todo o corpo docente, pelo conhecimento compartilhado, estrutura oferecida e pela formação sólida que aqui construí.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento e concessão da bolsa de estudos, que possibilitou minha dedicação exclusiva ao desenvolvimento deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste sonho, o meu sincero **muito obrigada!**

EPÍGRAFE

“Tudo posso naquele que me fortalece!”

Filipenses 4:13

RESUMO

OLIVEIRA, F. G. G. Efeitos da inclusão de ureia extrusada associada a óleos essenciais na nutrição de ovinos. 66 f. 2025. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

A ureia extrusada tem se destacado como fonte eficiente de nitrogênio não proteico por promover liberação controlada de amônia, sincronizando-a com a disponibilidade de energia no rúmen, favorecendo a síntese de proteína microbiana. Adicionalmente os óleos essenciais de alho e canela surgem como alternativas naturais aos antibióticos promotores de crescimento, por sua ação antimicrobiana seletiva e capacidade de modulação da fermentação ruminal. No entanto, seu uso ainda apresenta limitações devido à dificuldade de replicação *in vivo* das doses eficazes observadas *in vitro*. Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão crescente de ureia extrusada associada a óleos essenciais encapsulados de alho e canela, sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, ingestão de água, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e comportamentais na dieta de ovinos confinados. Quatro ovinos com peso vivo médio inicial de $53 \pm 5,65$ kg foram distribuídos em delineamento quadrado latino 4×4 com quatro repetições. As dietas foram formuladas com relação volumoso:concentrado de 400:600 g/kg com base na matéria seca, utilizando-se silagem de milho integral como fonte de volumoso. Os tratamentos consistiram em níveis crescentes (0; 7,5; 15,0 e 22,5 g/kg de MS por animal/dia) de aditivo comercial (NFeed®) contendo ureia extrusada associada aos componentes (cinamaldeído, dialil dissulfeto, trissulfeto e tetrassulfeto). O consumo médio de MS foi de 1.808,22 g/dia, sem efeito linear ou quadrático significativo ($P > 0,05$). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes não foram influenciados ($P > 0,05$), assim como a ingestão de água (3,934 L/dia). Observou-se redução progressiva no custo da dieta por kg (R\$ 1,57 para R\$ 1,46), custo diário (R\$ 5,12 para R\$ 4,30) e custo total por tratamento (R\$ 429,81 para R\$ 361,26), sendo mais econômico o tratamento com maior dose de NFeed®. O comportamento ingestivo não foi alterado, com médias de 152,19 min/dia para alimentação, 406,25 ruminações, 781,56 ócio e 104,06 para outras atividades. Houve tendência de efeito quadrático para o número de bolos ruminais/dia ($P = 0,0958$) e para o tempo por bolo ($P = 0,0810$; $0,0570$). Não houve efeito ($P > 0,05$) para os níveis de proteína total, creatinina, ureia e volume urinário (22,90; 144,63; 2916,54 mg/dL e 1,22 L/dia). Os valores de nitrogênio ingerido, urinário, fecal, retido e balanço de nitrogênio, não diferiram ($P > 0,05$; 40,28; 0,10; 8,13; 32,05 g/dia e 80,02%, respectivamente). Níveis crescentes de aditivo, não alteraram ($P > 0,05$) os parâmetros sanguíneos e fisiológicos. Todos os valores observados estiveram dentro dos intervalos de referência para a espécie. A inclusão de até 22,5 g/kg de matéria seca de ureia extrusada associada a óleos essenciais pode substituir o farelo de soja em dietas para ovinos confinados, sem comprometer o consumo e digestibilidade dos nutrientes, parâmetros fisiológicos, bioquímicos e comportamentais, além de, contribuir para a redução do custo das dietas.

Palavras-Chave: Aditivos nutricionais; Alho; Canela; Cinamaldeído; Nitrogênio não proteico; Metabolismo animal.

ABSTRACT

OLIVEIRA, F. G. G. Effects of the inclusion of extruded urea associated with essential oils in sheep nutrition. 66 f. 2025. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

Extruded urea has stood out as an efficient source of non-protein nitrogen as it promotes controlled release of ammonia, synchronizing it with energy availability in the rumen, favoring microbial protein synthesis. Additionally, garlic and cinnamon essential oils emerge as natural alternatives to growth-promoting antibiotics, due to their selective antimicrobial action and ability to modulate ruminal fermentation. However, its use still has limitations due to the difficulty in replicating *in vivo* the effective doses observed *in vitro*. The objective was to evaluate the effect of increasing the inclusion of extruded urea associated with encapsulated essential oils of garlic and cinnamon, on the consumption and apparent digestibility of nutrients, water intake, nitrogen balance, blood, physiological and behavioral parameters in the diet of confined sheep. Four sheep with an initial average live weight of 53 ± 5.65 kg were distributed in a 4×4 Latin square design with four replications. The diets were formulated with a roughage:concentrate ratio of 400:600 g/kg based on dry matter, using whole corn silage as a source of roughage. The treatments consisted of increasing levels (0; 7.5; 15.0 and 22.5 g/kg DM per animal/day) of commercial additive (NFeed[®]) containing extruded urea associated with the components (cinnamaldehyde, diallyl disulfide, trisulfide and tetrasulfide). The average DM intake was 1,808.22 g/day, with no significant linear or quadratic effect ($P>0.05$). The apparent digestibility coefficients of nutrients were not influenced ($P>0.05$), as well as water intake (3.934 L/day). There was a progressive reduction in the cost of the diet per kg (R\$ 1.57 to R\$ 1.46), daily cost (R\$ 5.12 to R\$ 4.30) and total cost per treatment (R\$ 429.81 to R\$ 361.26), with treatment with a higher dose of NFeed[®] being more economical. Ingestive behavior was not changed, with averages of 152.19 min/day for eating, 406.25 ruminations, 781.56 idleness and 104.06 for other activities. There was a tendency for a quadratic effect for the number of rumen boluses/day ($P=0.0958$) and for the time per bolus ($P=0.0810$; 0.0570). There was no effect ($P>0.05$) for the levels of total protein, creatinine, urea and urinary volume (22.90; 144.63; 2916.54 mg/dL and 1.22 L/day). The values of nitrogen ingested, urinary, fecal, retained and nitrogen balance did not differ ($P>0.05$; 40.28; 0.10; 8.13; 32.05 g/day and 80.02%, respectively). Increasing levels of additive did not alter ($P>0.05$) blood and physiological parameters. All observed values were within the reference ranges for the species. The inclusion of up to 22.5 g/kg of dry matter of extruded urea associated with essential oils can replace soybean meal in diets for confined sheep, without compromising the consumption and digestibility of nutrients, physiological, biochemical and behavioral parameters, in addition to contributing to reducing the cost of diets.

Keywords: Animal metabolism; Cinnamaldehyde; Cinnamon; Garlic; Non-protein nitrogen; Nutritional additives.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Curvas derivadas de termogravimetria (DTG) sobrepostas de ureia, milho moído, mistura de milho e ureia e ureia extrusada.	14
Figura 2. Esquema simplificado do metabolismo das proteínas em ruminantes.....	15
Figura 3. Representação da parede celular de bactérias gram-positivas e gram-negativas.....	19
Figura 4. Mecanismo de ação dos óleos essenciais na célula bacteriana	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atividades biológicas de compostos bioativos presentes em óleos essenciais e seus efeitos na fermentação ruminal.....	18
Tabela 2. Composição química e percentual dos ingredientes das dietas experimentais.....	59
Tabela 3. Valores médios para consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e ingestão de água de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).....	60
Tabela 4. Valores médios para excreções de proteína total, creatinina, ureia urinária, volume urinário e balanço de nitrogênio de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).	61
Tabela 5. Concentrações médias dos metabólitos sanguíneos de ovinos confinados, avaliados antes e após duas horas da alimentação, em função do nível de aditivo (NFeed®).....	62
Tabela 6. Valores médios para variáveis fisiológicas de ovinos confinados, aferidas nos períodos da manhã e tarde, em função do nível de aditivo (NFeed®).	63
Tabela 7. Valores médios para o comportamento ingestivo e mastigações merísticas de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).....	64
Tabela 8. Composição percentual dos ingredientes na matéria natural, fornecimento médio diário e total, e avaliação do custo das dietas experimentais em função dos níveis do aditivo (NFeed®).....	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Uso de nitrogênio não proteico (NNP) na alimentação de ruminantes.....	13
2.2. Óleos essenciais como moduladores da fermentação ruminal	17
2.3. Perspectivas do uso de ureia extrusada e óleos essenciais como aditivo nutricional para ruminantes.....	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
Efeitos da inclusão de ureia extrusada associada a óleos essenciais na nutrição de ovinos.....	29
Introdução	31
Materiais e métodos.....	32
Local, animais e instalações	32
Período, delineamento e dietas experimentais	33
Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes	33
Análises químico-bromatológicas.....	35
Ingestão de água	36
Coleta de urina e balanço de nitrogênio	36
Parâmetros sanguíneos	37
Parâmetros fisiológicos.....	38
Parâmetros comportamentais	38
Avaliação de custo das dietas experimentais.....	39
Análises estatísticas	39
Resultados	40
Discussão	42
Conclusão	50
Referências bibliográficas.....	51
Considerações finais	66

1. INTRODUÇÃO

A criação de ovinos está presente em grande parte do território brasileiro, com maior concentração nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do país (IBGE, 2023). Apesar da ampla distribuição, a atividade é pouco explorada de forma eficiente e competitiva, sendo desenvolvida, em sua maioria, por pequenas propriedades familiares, vistas como atividade secundária e com limitações tecnológicas e escala de produção (Lima, 2025). Diante deste cenário, a ovinocultura ainda enfrenta diversos desafios que comprometem seu crescimento e consolidação no mercado (Staudt *et al.*, 2025).

Entre os principais entraves na ovinocultura brasileira estão a baixa escala de produção, a sazonalidade da oferta e a ausência de padronização dos lotes (Neres *et al.*, 2024). Além disso, há carência de infraestrutura de frigoríficos especializados para o abate e processamento da carne (Firetti *et al.*, 2017). Soma-se a isso as deficiências no manejo nutricional e sanitário, que comprometem a regularidade do fornecimento e a valorização do produto final (Moura *et al.*, 2023).

Neste contexto, intensificar os sistemas de produção tem se mostrado uma estratégia para enfrentar esses obstáculos, como por meio do uso de aditivos nutricionais. Dentre os aditivos mais utilizados na alimentação de ruminantes, destacam-se os ionóforos (monensina, lasalocida, salinomina e narasina), leveduras e enzimas exógenas (Baungratz *et al.*, 2024).

Considerando os diversos suplementos alimentares disponíveis, destaca-se a ureia extrusada, sendo frequentemente usada como fonte de nitrogênio não proteico na alimentação de ruminantes (Ítavo *et al.*, 2023). Seu uso oferece maior segurança devido à sincronização entre a liberação de amônia e a disponibilidade de energia, otimizando o crescimento microbiano, o consumo de matéria seca e o desempenho produtivo (Ítavo *et al.*, 2016). Além disso, observa-se o uso crescente de óleos essenciais (extratos naturais de plantas), que têm se mostrado uma alternativa aos antibióticos promotores de crescimento, devido à ação antimicrobiana seletiva e a capacidade de modulação da fermentação ruminal (Wells, 2024).

Os óleos essenciais na alimentação de ruminantes têm sido estudados pelo potencial uso como aditivos, uma vez que apresentam uma ampla variedade de princípios ativos (compostos secundários), podendo atuar de forma isolada ou em sinergia, oferecendo diferentes mecanismos de ação (Hassan *et al.*, 2020). Pesquisas com fluido ruminal vêm demonstrando a eficácia dos óleos essenciais de alho e canela, com efeitos antimicrobianos sobre microrganismos indesejáveis, interferindo no metabolismo de proteínas, na produção de ácidos graxos voláteis, na digestibilidade de fibras e na redução da metanogênese (Calsamiglia *et al.*, 2007).

O óleo essencial de alho é rico em compostos organossulfurados, como a alicina e os sulfetos de dialila, responsáveis por sua reconhecida atividade antimicrobiana, antioxidante e anti-helmíntica, contribuindo para saúde e o bem-estar dos ruminantes (Ding *et al.*, 2023). O cinamaldeído, principal componente ativo do óleo essencial da canela (*Cinnamomum* sp.), tem sido amplamente explorado por suas propriedades biológicas e farmacológicas (Figueiredo *et al.*, 2018). Esse composto, classificado como um fenilpropanoide, apresenta reconhecida atividade antimicrobiana contra diferentes tipos de bactérias (Sousa *et al.*, 2022).

No entanto, uma das principais limitações na utilização de óleos essenciais está na viabilidade prática de fornecer aos animais as doses eficazes determinadas em experimentos realizados *in vitro*, as quais nem sempre refletem as condições *in vivo*, contribuindo para a variabilidade dos resultados disponíveis na literatura (Montoya *et al.*, 2015). Nesse cenário, técnicas como a microencapsulação com partículas lipídicas ou poliméricas, surge como uma estratégia para superar essas limitações (Kim *et al.*, 2020; Amin *et al.*, 2021), pois permite proteger os compostos voláteis da degradação durante o processamento, armazenamento e passagem pelo trato gastrointestinal, possibilitando liberação controlada e melhor homogeneização com os demais ingredientes da dieta (Stevanović *et al.*, 2018). Ademais, a associação entre óleos essenciais e outros aditivos em suplementos para ruminantes ainda são pouco exploradas (Zeng *et al.*, 2015). Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da inclusão crescente de ureia extrusada associada a óleos essenciais encapsulados como aditivos na alimentação de ovinos em sistema de confinamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Uso de nitrogênio não proteico (NNP) na alimentação de ruminantes

A ureia é a principal fonte de nitrogênio não proteico (NNP) utilizada na alimentação de ruminantes, com menor custo por unidade de nitrogênio em comparação com outras fontes proteicas, ampla disponibilidade comercial e, não compete com ingredientes utilizados na alimentação humana (Ribeiro *et al.*, 2021). Além disso, apresenta elevada concentração de nitrogênio (aproximadamente 45%), o que a torna eficaz na formulação de dietas (Guimarães, 2018). No entanto, seu uso apresenta limitações como baixa palatabilidade, risco de segregação, ou seja, separação física da ureia da mistura total quando misturada a outros ingredientes e potencial risco de intoxicação por amônia, devido à sua alta solubilidade no rúmen (Owens *et al.*, 1980). A fim de evitar casos de intoxicação em ruminantes, recomenda-se limitar a inclusão de ureia a 1,0% da matéria seca total da dieta (Rindsig, 1977); considerando que ovinos são

animais mais sensíveis, doses baixas, como 10 gramas por quilograma de matéria seca, são mais seguras para essa espécie (Xu *et al.*, 2019). Dentre disso, intensificaram-se as pesquisas por fontes de nitrogênio que proporcionem liberação gradativa de amônia no ambiente ruminal, com melhor aceitabilidade, palatabilidade e segurança na inclusão de dietas (Niazifar *et al.*, 2024).

Neste contexto, surgiu a ureia extrusada, também conhecida como amireia, que é obtida por meio da extrusão térmica de uma mistura composta por amido, ureia e enxofre (Pires *et al.*, 2004). O princípio da extrusão consiste na transformação de materiais sólidos em uma massa fluida, através da ação combinada de umidade, calor, compressão e cisalhamento, resultando na gelatinização do amido e na desnaturação de proteínas presentes no alimento (Teixeira *et al.*, 1998). Durante este processamento, a ureia muda de uma estrutura cristalina para uma não cristalina, que é encontrada dentro da porção gelatinizada do amido, alterando sua solubilidade e taxa de liberação no ambiente ruminal (Kozerski *et al.*, 2021a). Essa característica permite uma melhor sincronização entre a liberação gradual de amônia e energia, otimizando a multiplicação de microrganismos para síntese de proteína microbiana e reduzindo o risco de intoxicação por amônia em ruminantes (Ítavo *et al.*, 2016).

Conforme demonstrado na figura 1, a análise derivada termogravimétrica evidencia o efeito do processo de extrusão na ureia. Observa-se que a ureia extrusada apresenta picos de degradação térmica de menor intensidade em relação às outras fontes de nitrogênio, indicando uma maior estabilidade térmica. Essa propriedade pode estar relacionada a mudanças físico-químicas geradas pela extrusão.

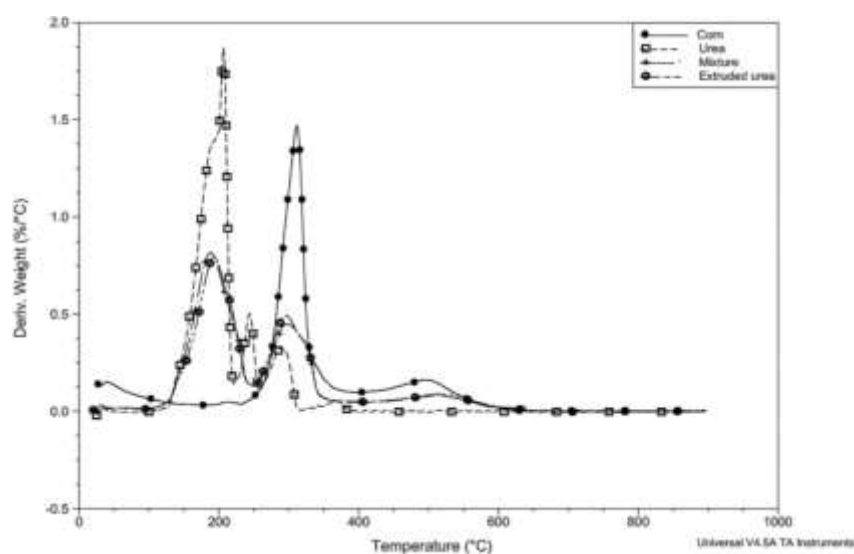


Figura 1. Curvas derivadas de termogravimetria (DTG) sobrepostas de ureia, milho moído, mistura de milho e ureia e ureia extrusada.

Fonte: (Kozerski *et al.*, 2021a).

al., 2023). A amônia formada no rúmen, quando não é capturada pelos microrganismos ruminais para a síntese de proteína microbiana, é absorvida através da parede ruminal e transportada pela corrente sanguínea até o fígado, onde é convertida em ureia por meio do processo conhecido como ciclo da ureia (Vanzetto; Cunha, 2024). No entanto, essa reconversão é energeticamente custosa ao organismo, demandando cerca de 12 kcal por grama de nitrogênio (Van Soest, 1994). Ainda, a ureia formada pode ser reciclada para o rúmen, via difusão pelo epitélio ruminal ou por meio da saliva, contribuindo para a reutilização do nitrogênio (Hartinger *et al.*, 2018). No entanto, uma parte significativa é excretada pelos rins na urina, representando uma perda indesejável de compostos nitrogenados (Lapierre; Lobley, 2001); e redução na eficiência de utilização do nitrogênio pelo animal (Dias; Spers, 2023).

Para que a síntese de proteína microbiana seja eficiente, o ambiente ruminal deve conter substratos ricos em energia, nutrientes essenciais como fontes de enxofre e ácidos graxos de cadeia ramificada, sob condições ruminais estáveis (Kozloski, 2002). A adição de enxofre favorece a síntese de aminoácidos sulfurados, como metionina e cistina, pelos microrganismos ruminais, melhorando a eficiência da proteína microbiana (Malyugina, 2024). Em contrapartida, dietas desequilibradas, com deficiência de energia prontamente disponível, ou a administração abrupta de grandes quantidades de ureia em animais não adaptados, podem resultar no acúmulo de amônia no rúmen, aumentando o risco de intoxicação (Costa *et al.*, 2025). A intoxicação ocorre porque o rúmen é um meio predominantemente líquido, e, ao ser ingerida, a ureia é rapidamente hidrolisada pela enzima urease, produzida pela microbiota ruminal, resultando em NH_3 e NH_4^+ (Ribeiro *et al.*, 2014). O NH_4^+ , por ser uma forma ionizada e hidrossolúvel, possui baixa difusão através da parede ruminal, em contraste, a NH_3 , lipossolúvel e não ionizada, é rapidamente absorvida pela mucosa do rúmen (Kozloski, 2019).

Quando há acúmulo excessivo de amônia no rúmen, ultrapassando a capacidade de utilização pelos microrganismos e o limite de conversão hepática em ureia, a concentração de amônia (NH_3) no meio ruminal se eleva (Membrive *et al.*, 2016). Em pH mais alcalino, há redução na disponibilidade de íons hidrogênio (H^+), o que favorece a permanência da amônia na forma livre (NH_3), mais tóxica e facilmente absorvida (Millen *et al.*, 2016). Esse desequilíbrio pode levar à alcalose metabólica e ao aumento da concentração de amônia na corrente sanguínea, elevando o risco de toxicidade e, em casos mais graves, levando à morte (Patra, 2015).

Portanto, a inclusão de fontes de NNP, como a ureia extrusada, torna-se uma estratégia necessária para reduzir os riscos de intoxicação por amônia, tornando seu uso mais seguro, eficiente e economicamente viável na suplementação de ruminantes (Ítavo *et al.*, 2016). Além

disso, outras alternativas vêm sendo estudadas para potencializar a eficiência ruminal e reduzir perdas, como o uso de óleos essenciais com ação moduladora sobre a fermentação.

2.2. Óleos essenciais como moduladores da fermentação ruminal

O rúmen funciona como uma câmara de fermentação que mantém uma comunidade microbiana altamente dinâmica e diversa, formada por bactérias, arqueias, protozoários e fungos anaeróbicos, interagindo de forma simbiótica com o hospedeiro (Faniyi *et al.*, 2019). Essa comunidade se desenvolve em condições ideais, como temperatura média de 39°C, ambiente anaeróbico, pH tampão em torno de 5,5 e 7,0, suprimento constante de nutrientes e remoção contínua da digesta e dos produtos da fermentação (Arya *et al.*, 2024). Os microrganismos atuam na degradação e fermentação dos alimentos, realizando a quebra dos nutrientes presentes na dieta (Kozloski, 2017), produzindo ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), que constituem a principal fonte de energia metabolizável para manutenção, crescimento e deposição de tecidos nos ruminantes (Hackmann, 2023; Miranda *et al.*, 2024).

Em função disso, diversos estudos demonstram que os ruminantes juntamente com seu ecossistema microbiano, evoluíram ao longo do tempo, tornando-se adaptáveis a uma ampla variedade de alimentos em diferentes sistemas de produção (Melo; Silva 2017). Essa adaptabilidade permite a exploração de estratégias que modulam a fermentação ruminal, como o uso de extratos de plantas (Cobellis *et al.*, 2016).

Os óleos essenciais são compostos aromáticos voláteis produzidos por plantas (ervas e especiarias) como misturas complexas de metabólitos secundários (Patra, 2011); podendo conter substâncias químicas diferentes (20–60 componentes em cada OE), como álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, ésteres e éteres (Benchaar *et al.*, 2007).

Na atualidade, tem aumentado o interesse pelo uso de compostos naturais como aditivos na nutrição animal, principalmente como alternativas aos antibióticos promotores de crescimento (Torres *et al.*, 2021). Esse interesse é impulsionado por suas potenciais atividades antimicrobiana e antibacteriana, pela capacidade de mitigar a produção de metano, além de promover efeitos positivos sobre a proporção de propionato e a síntese de proteína microbiana (Busquet *et al.*, 2006; Castillejos *et al.*, 2006). Na tabela 1 são apresentadas as atividades biológicas de compostos bioativos presentes em óleos essenciais e sua influência na fermentação ruminal.

Tabela 1. Atividades biológicas de compostos bioativos presentes em óleos essenciais e seus efeitos na fermentação ruminal.

Óleos essenciais	Compostos bioativos	Atividades biológicas	Efeitos na fermentação ruminal
<i>Allium sativum</i> (Alho) ¹	Alcina	Antimicrobiana, anti-inflamatória	Inibe a metanogênese <i>in vitro</i> , altera as proporções de acetato:propionato e a concentração de butirato
<i>Syzygium aromactium</i> (Cravo) ²	Eugenol	Antibacteriana, antioxidante	Altera o perfil de ácidos graxos voláteis (AGV), diminui a produção de metano (CH ₄) e dióxido de carbono (CO ₂)
<i>Cinnamomum cassia</i> (Canela) ³	Cinamaldeído	Antibacteriana, antioxidante	Reduz a proporção de propionato, altera o perfil de AGV e diminui concentração de NH ₃
<i>Origanum vulgare</i> (Orégano) ⁴	Carvacrol, Timol	Antimicrobiana, antioxidante	Modifica o perfil de AGV e reduz a produção de CH ₄

Fonte: ¹Blanch *et al.* (2016); ²Bokharaeian *et al.* (2023); ³Busquet *et al.* (2006); ⁴Zhou *et al.* (2020).

Entre os compostos bioativos mais estudados, destacam-se o cinamaldeído, presente no óleo essencial de canela (*Cinnamomum verum*) e o dialil dissulfeto, presente no óleo essencial de alho (*Allium sativum*; Busquet *et al.*, 2005; Queiroz *et al.*, 2022; Frota *et al.*, 2023). O óleo essencial de canela tem como principal componente o cinamaldeído, representando cerca de 75% da sua composição (Sousa *et al.*, 2022); estudos recentes *in vitro* mostram que o cinamaldeído possui ação antibacteriana, antioxidante (Al-Mijalli *et al.*, 2023; Beniaich *et al.*, 2023). Esses efeitos viabilizam a proliferação de bactérias benéficas no rúmen e melhoraram a digestão e absorção dos nutrientes (Casalino *et al.*, 2023). Por outro lado, o alho contém compostos sulfurados, sendo a alicina o principal responsável por suas propriedades biológicas, esses compostos apresentam ação anti-inflamatória, antimicrobiana e antiparasitária (Leite; Santos, 2021).

A ação dos compostos bioativos presentes nos óleos essenciais está diretamente relacionada à estrutura das bactérias (Klevenhusen *et al.*, 2012). As bactérias podem ser classificadas como gram-positivas ou gram-negativas, de acordo com a estrutura da parede celular (Lawther *et al.*, 2024). As gram-positivas possuem uma espessa camada de peptidoglicano diretamente associada à membrana plasmática e não apresentam membrana externa, enquanto as gram-negativas possuem uma membrana externa e uma parede celular mais delgada de peptidoglicano (Figura 3; Silhavy, 2015). Essa diferença influencia diretamente a sensibilidade das bactérias aos compostos antimicrobianos, como os óleos

essenciais (Patra; Yu, 2015); assim, as bactérias gram-negativas são relativamente resistentes a compostos hidrofóbicos de plantas, antibióticos ou ionóforos (Nikaido, 2003).

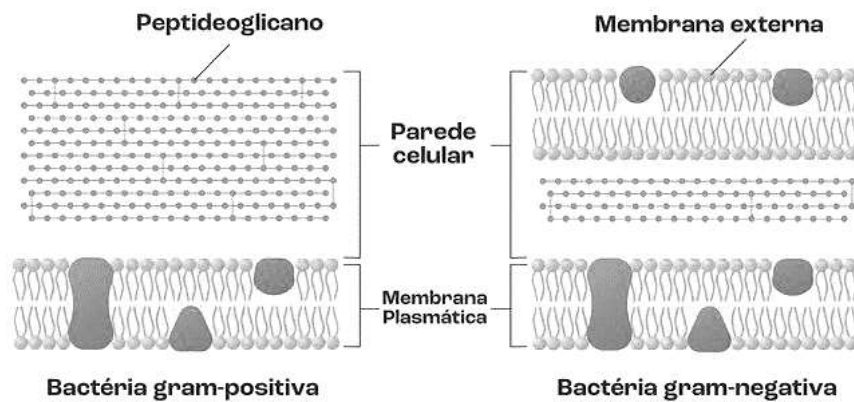


Figura 3. Representação da parede celular de bactérias gram-positivas e gram-negativas
Fonte: Adaptado de (Reece *et al.*, 2011).

Uma das possíveis explicações para o mecanismo de ação dos antimicrobianos sobre a célula bacteriana é sua atuação direta na membrana celular das bactérias mais suscetíveis, como as gram-positivas (Calsamiglia *et al.*, 2007). Essa atuação pode causar danos à parede celular, inibindo a síntese de proteica, alterando o equilíbrio iônico e aumentando a permeabilidade da membrana (Burt *et al.*, 2004). Como consequência, ocorre o extravasamento e a coagulação do conteúdo citoplasmático, comprometendo o metabolismo celular e levando à morte de microrganismos sensíveis (Figura 4). Essa ação contribui para a redução de populações de bactérias indesejáveis, como *Streptococcus bovis*, *Clostridium aminophilum* e *Lactobacillus* spp., conhecidas por sua elevada produção de amônia e/ou ácido lático, compostos que podem prejudicar o ambiente ruminal (Evans; Martin, 2000).

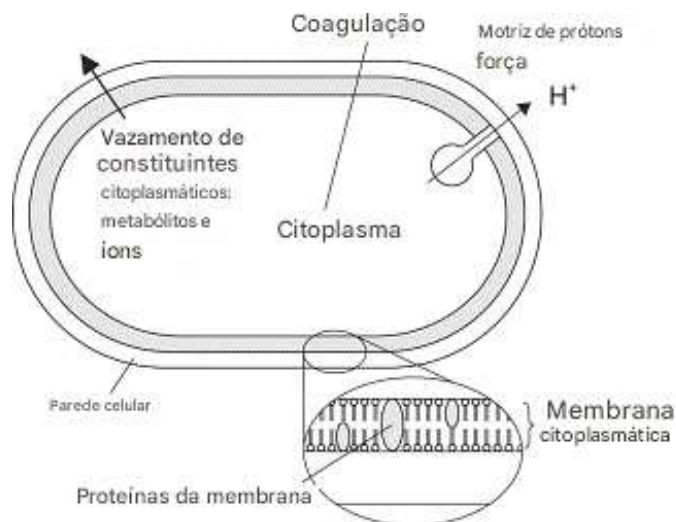


Figura 4. Mecanismo de ação dos óleos essenciais na célula bacteriana
Fonte: (Burt *et al.*, 2004)

Diante dos possíveis efeitos moduladores dos óleos essenciais sobre a microbiota ruminal e da sua capacidade de atuação sob diferentes condições dietéticas, cresce o interesse em associá-los a outras estratégias nutricionais, com o objetivo de potencializar a modulação microbiana e seus efeitos sobre a eficiência alimentar e a saúde ruminal.

2.3. Perspectivas do uso de ureia extrusada e óleos essenciais como aditivo nutricional para ruminantes

O uso de aditivos nutricionais nas dietas para ruminantes tem despertado interesse devido ao seu potencial para melhorar o desempenho animal e a eficiência alimentar em diferentes sistemas de produção (Ornaghi *et al.*, 2020). Dentre esses aditivos, a ureia extrusada e os óleos essenciais têm se destacado como alternativas promissoras ao uso de ingredientes proteicos convencionais, como o farelo de soja, e aos ionóforos (Kozerski *et al.*, 2021; Linde *et al.*, 2023).

Roberto *et al.* (2023) demonstraram que a inclusão de 18 g ureia extrusada por 100 kg de peso corporal pode substituir parcialmente o farelo de soja na suplementação de cordeiros terminados em pastagens de gramíneas tropicais, sem comprometer a ingestão de matéria seca ou o desempenho animal. Da mesma forma, Bonin *et al.* (2023) também observaram que a substituição de 50% do farelo de soja pela ureia extrusada na suplementação de cordeiros mantidos em pastagens tropicais resultou em melhor desempenho animal e em melhorias na qualidade da carne.

Moraes *et al.* (2019) avaliaram diferentes níveis de inclusão de ureia extrusada (50, 60, 70 e 80 g/100 kg de peso corporal) em dietas para bovinos de corte. Foram analisados parâmetros como ingestão de água e nutrientes, digestibilidade aparente e *in vitro*, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, além de indicadores sanguíneos e ruminais (pH, NH₃ e AGCC). Os autores concluíram que a inclusão de até 80 g/100 kg de peso corporal foi segura, mantendo todos os parâmetros dentro da normalidade.

Em estudo conduzido por Ítavo *et al.* (2016), foram avaliadas diferentes combinações de fontes de NNP em suplementos para novilhos Nelore em recria, mantidos em pastagens diferidas. As combinações incluíram ureia + ureia extrusada + ureia revestida; ureia + ureia revestida; ureia + ureia extrusada; e ureia extrusada. Foi observado que os animais suplementados exclusivamente com ureia extrusada apresentaram o maior ganho médio diário e maior ganho de carcaça (1,71 @/animal), destacando-se como uma fonte eficaz de nitrogênio não proteico. Esses resultados reforçam o potencial da ureia extrusada como estratégia eficiente e segura na suplementação proteica de pequenos ruminantes, como os ovinos. Estudos

anteriores demonstraram que a suplementação da dieta de vacas leiteiras com óleos essenciais juntamente com bioativos componentes derivados como timol, eugenol, cinamaldeído e carvacrol, foi capaz de reduzir a população de protozoários, metanógenos, bactérias proteolíticas (Daning *et al.*, 2020).

Além dos efeitos nutricionais, a associação da ureia extrusada com óleos essenciais mostrou-se eficiente também para o controle parasitológico, como demonstrado por Oliveira *et al.* (2025). Esses autores avaliaram a eficácia de um aditivo comercial à base de ureia extrusada associada a óleos essenciais de alho e canela (NFeed[®]) no controle de nematoides gastrintestinais em cordeiros. O tratamento apresentou efeito significativo, evidenciado pela redução na contagem de ovos por grama de fezes em relação ao grupo controle, indicando o potencial do aditivo como estratégia complementar no manejo parasitário em ovinos.

Calsamiglia *et al.* (2007) avaliaram os efeitos da monensina, do cinamaldeído e do óleo de alho sobre a fermentação ruminal e constataram que, em doses adequadas, os óleos essenciais podem substituir a monensina, promovendo produção de ácidos graxos voláteis e melhora na relação acetato:propionato. Assim, os resultados de estudos com ureia extrusada e óleos essenciais reforçam seu potencial como aditivos nutricionais em sistemas de produção de ruminantes. No entanto, ainda são necessários mais estudos que avaliem seus efeitos ao longo das diferentes fases produtivas, em distintas condições ambientais, além da análise de viabilidade econômica, a fim de consolidar seu uso prático e seguro na produção animal.

Diante desta lacuna identificada na literatura, desenvolveu-se o artigo intitulado em “Efeitos da inclusão de ureia extrusada associada a óleos essenciais na nutrição de ovinos” redigido de acordo com as normas de publicação para a revista *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Mijalli, S.H. *et al.* Integrated analysis of antimicrobial, antioxidant, and phytochemical properties of cinnamomum verum: A comprehensive *In vitro* and *In silico* study. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.110, 2023. DOI: 10.1016/j.bse.2023.104700
- Amin, N. *et al.* free and microencapsulated essential oils incubated *In Vitro*: Ruminal Stability and Fermentation Parameters. **Animals**, v.11, n.1, p.180, 2021. DOI: 10.3390/ani11010180
- Arya, A.; Modi, R.J.; Patel, Y. Rumen fermentation. **International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry**, v.9, ed.5, p.9-12, 2024. DOI: 10.22271/veterinary.2024.v9.i5a.1639
- Baungratz, A.R.; Venturini, T.; & Maeda, E.M. Aditivos utilizados na nutrição de ruminantes: características e particularidades. **Iguazu science**, v.2, n.3, p.51-52, 2024. Disponível em:

<https://iguazu.uniguacu.com.br/index.php/iguazu/article/view/77/46> Acesso em: 15 fevereiro 2025.

Benchaa, C. *et al.* Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.2, p.886–897, 2007. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71572-2

Beniaich, G. *et al.* Chemical characterization, antioxidant, insecticidal and anti-cholinesterase activity of essential oils Extracted from *Cinnamomum verum* L. **Separations**, v.10, p.348, 2023. DOI: 10.3390/separations10060348

Blanch, M. *et al.* A. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.219, p.313-323, 2016. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.002

Bokharaeian, M.; Ghoorchi, T.; Toghdory, A.; & Esfahani, I.J. The dose-dependent role of sage, clove, and pine essential oils in modulating ruminal fermentation and biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids: A Promising strategy to reduce methane emissions and enhance the nutritional profile of ruminant products. **Applied Sciences**, v.13, n.20, p.11605, 2023. DOI: 10.3390/app132011605

Bonin, M.N. *et al.* Extruded urea could replace true protein source in supplements for lambs finished in tropical pastures. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.75, n.1, 2023. DOI: 10.1590/1678-4162-12645

Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, ed.3, v.94, p.223-253, 2004. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

Busquet, M.; Calsamiglia, S.; Ferret, A.; & Kamel, C. Plant extracts affect *in vitro* rumen microbial fermentation. **Journal of dairy science**, v.89, n.2, p.761-771, 2006. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72137-3

Busquet, M. *et al.* 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. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72928-3

Calsamiglia, S. *et al.* Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.90, ed.6, p.2580-2595, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-644

Casalino, G. *et al.* Antimicrobial efficacy of cinnamon essential oil against avian pathogenic escherichia coli from Poultry. **Animals**, v.13, n.16, p.2639, 2023. DOI: 10.3390/ani13162639

Castillejos, L.; Calsamiglia, S.; & Ferret, A. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in *in vitro* systems. **Journal of dairy science**, v.89, n.7, p.2649-2658, 2006. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72341-4

Cobellis, G.; Marinucci, M.T.; Yub, Z. Avaliação crítica de óleos essenciais como modificadores do rúmen na nutrição de ruminantes: uma revisão. **Science of The Total Environment**, v.545, p.556-568, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.103

- Costa, I.C.A. *et al.* Microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in goats. **Revista Observatório de la economía latinoamericana**, v.23, n.5, p.01-18, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n5-072
- Daning, D.R.A.; Yusiati, L.M.; Hanim, C.; & Widyobroto, B.P. The use of essential oils as rumen modifier in dairy cows. **Wartazoa**, v.30, n.4, p.189–200, 2020. DOI: 10.14334/wartazoa.v30i4.2524
- Das, L.K.; Kundu, S.S.; Kumar, D.; & Datt, C. Metabolizable protein systems in ruminant nutrition: a review. **Veterinary World**, v.7, n.8, p.622–629, 2014. DOI: 10.14202/vetworld.2014.622-629
- Dias, M. da S.; & Spers, R. Ureia na bovinocultura (Revisão de Literatura). **Revista Unimar Ciências**, v.32, n.2, p.1-13, 2023.
- Ding, H.; Changjin, A.; Zhang, X. Potential use of garlic products in ruminant feeding: A review. **Animal Nutrition**, v.14, p.343-355, 2023. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.04.011
- Evans, J.D.; & Martin, S.A. Effects of thymol on ruminal microorganisms. **Current Microbiology**, v.41, p.336-340, 2000. DOI: 10.1007/s002840010145
- Faniyi, T.O. *et al.* Role of diverse fermentative factors towards microbial community shift in ruminants. **Journal of Applied Microbiology**, ed.1, v.127, p.2-11, 2019. DOI: 10.1111/jam.14212
- Firetti, R. *et al.* Identificação de demanda e preferências no consumo de carne ovina com apoio de técnicas de estatística multivariada. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.55, n.4, 2017. DOI: 10.1590/1234-56781806-94790550404
- Figueiredo, C.S.S.S. *et al.* Óleo essencial da canela (cinamaldeído) e suas aplicações biológicas. **Revista de investigação biomédica**, v.9, n.2, p.192, 2017. DOI: 10.24863/rib.v9i2.143
- Frota, G.A. *et al.* Biological activity of cinnamaldehyde, citronellal, geraniol and anacardic acid on *Haemonchus contortus* isolates susceptible and resistant to synthetic anthelmintics. **Rev Bras Parasitol Vet.** v.32, n.2, 2023. DOI: 10.1590/S1984-29612023027
- Furlan, R.L.; Macari, M.; Filho, D.E.F. *In: Nutrição de Ruminantes*. Telma Teresinha Berchielli, Alexandre Vaz Pires & Simone Gisele de Oliveira, Jaboticabal: Funep, 1. ed. 2006. p.17-18.
- Getabalew, M.; & Negash, A. Nitrogen metabolism and recycling in ruminant animals: A review. **Academic Journal of Nutrition**, v.9, n.3, p.29-38, 2020. DOI: 10.5829/idosi.ajnn.2020.29.38
- Guimarães, T.P. Exigências proteicas para bovinos de corte. **Revista Multi-Ciência**, v.1, n.1, p.90-99, 2018. DOI: 10.33837/msj.v1i1.43
- Hackmann, T.J. New biochemical pathways for forming short-chain fatty acids during fermentation in rumen bacteria. **JDS Communications**, v.4, n.3, p.230-235, 2023. DOI: 10.3168/jdsc.2023-0427.

Hartinger, T.; Gresner, N.; & Südekum, K.H. Does intra-ruminal nitrogen recycling waste valuable resources? A review of major players and their manipulation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.9, n.33, 2018. DOI: 10.1186/s40104-018-0249

Hassan, F. *et al.* Phytogenic additives can modulate rumen microbiome to mediate fermentation kinetics and methanogenesis through exploiting diet–microbe interaction. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, n.11, 2020. DOI: 10.3389/fvets.2020.575801

Instituto brasileiro de geografia e estatística (**IBGE**). Rebanho de ovinos (ovelhas e carneiros) no Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>. Acesso em: 12 fevereiro 2025.

Ítavo, L.C.V. *et al.* Combinações de fontes de nitrogênio não proteico em suplementos para novilhos Nelore em pastejo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.3, p.448-460, 2016. DOI: 10.1590/S1519-99402016000300011

Ítavo, L.C.V. *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.247, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03662-9

Kim, T.B. *et al.* *In vitro* and *in vivo* studies of rumen-protected microencapsulated supplement comprising linseed oil, vitamin e, rosemary extract, and hydrogenated palm oil on rumen fermentation, physiological profile, milk yield, and milk composition in dairy cows. **Animals (Basel)**, v.10, n.9, p.1631, 2020. DOI: 10.3390/ani10091631

Klevenhusen, F. *et al.* A meta-analysis of effects of chemical composition of incubated diet and bioactive compounds on *in vitro* ruminal fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, v.176, p.61-69, 2012. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.07.008

Kozloski, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Fundação de apoio a tecnologia e ciência. Editora UFSM, 3. ed. 2017, p.110-119.

Kozloski, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 3. ed. 2002, p.212-217..

Kozloski, G.V. **Bioquímica de ruminantes**. Santa Maria: Editora da UFSM, 3. ed. 2019, p.216-220.

Kozerski, N.D. *et al.* Calorimetry, physicochemical characteristics and nitrogen release from extruded urea. **Scientific Reports**, v.11, n.18340, 2021a. DOI: 10.1038/s41598-021-97886-0

Kozerski, N.D. *et al.* Extruded urea-corn product can partially replace true protein sources in the diet for lactating Jersey cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.282, 2021b. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115129

Lapierre, H.; & Lobley. G.E. Nitrogen recycling in the ruminant: A Review. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.223-236, 2001. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70222-6

Lawther, K.; Santos, F.G.; Oyama, L.B.; & Huws, S.A. Chemical signaling within the rumen microbiome. **Animal Bioscience**, v.37, n.2, p.337-345, 2024. DOI: 10.5713/ab.23.0374

Leite, A.S.; & Santos, J.S. *Allium sativum* L. antimicrobial potential: A review. **Research, Society and Development**, v.10, n.14, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.21699

Lima, T.P. **Pecuária familiar e programa nacional de alimentação escolar (PNAE): um estudo da inserção da carne ovina em escolas municipais de Arroio Grande, RS.** 87 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2025. Disponível em: https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/15768/dissertacao_tamires_porto_lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 07 abril 2025.

Linde, D.A. *et al.* The Effect of a bacillus probiotic and essential oils compared to an ionophore on the rumen microbiome composition of feedlot cattle. **Animals**, v.13, n.18, p.2927, 2023. DOI: 10.3390/ani13182927

Malyugina, S. The importance of sulfur in ruminant nutrition. **Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies**, v.56, n.2, 2023. Disponível em: https://www.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/2173/2069 Acesso em: 16 julho 2025.

Melo, P.A.; & Silva, J.C.S. A evolução dos ruminantes. **Diversitas Journal**, v.2, n.2, p.191–202, 2017. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v2i2.520

Membrive, C.M.V. Mechanism of urea recycling. Editors: Millen, D.D.; Arrigoni, M.D.B.; Pacheco, R.L.D. **Rumenology**. Suíça: Springer International Publishing, 1. ed. 2016. p.32-34. DOI: 10.1007/978-3-319-30533-2

Millen, D.D; Arrigoni, M.D.B; & Pacheco, R.D.L. **Rumenology**. Suíça: Springer International Publishing, 1.ed. 2016. p.85-86. DOI: 10.1007/978-3-319-30533-2

Miranda, G.S. *et al.* Fatores que interferem no consumo e digestibilidade dos ruminantes. **Revista delos**, v.17, n.60, p.01-24, Curitiba, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n60-034

Montoya, J.C. *et al.* *In vivo* and *in vitro* effects of a blend of essential oils on rumen methane mitigation. **Livestock Science**, v.180, p.134-142, 2015. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.08.010

Moraes, G.J. *et al.* Extruded urea could reduce true protein source in beef cattle diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.103, n.5, p.1283-1249, 2019. DOI: 10.1111/jpn.13140

Moura, D.J.; Nascimento, M.S.S.S.; & Guimarães, C.R.R. Consumo de carne ovina no Brasil. **Revista Foco**, v.16, n.11, p.01-14, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n11-057

Neres, C.P., Pinho, E.B., Brito, E.C.S., & Santos, J.S. Agronegócio da carne ovina e caprina no brasil, uma revisão sobre produção, perspectivas e desafios. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.11, n.1, 2024. DOI: 10.61164/rnm.v11i1.3152

Niazifar, M. *et al.* Slow-release non-protein nitrogen sources in animal nutrition: A review. **Heliyon**, v.10, n.13, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e33752

Nikaido, H. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.67, n.4, p.593–656, 2003. DOI: 10.1128/MMBR.67.4.593-656.2003.

Oliveira, F.G.G. *et al.* Nitrogen additive with extruded urea with essential oils to control gastrointestinal worms in lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.57, n.203, 2025. DOI: 10.1007/s11250-025-04461-0

Ornaghi, M.G. *et al.* Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. **Meat Science**, v.163, 2020. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108059

Owens, F.N.; Lusby, K.S.; Mizwicki, K.; Forero, O. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.50, n.3, p.527-531, 1980. DOI: 10.2527/jas1980.503527x

Patra, A.K. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.5, p.416-428, 2011. DOI:10.3923/ajava.2011.416.428

Patra, A. K. **Urea/ammonia metabolism in the rumen and toxicity in ruminants**. In: A. Puniya, R. Singh & D. Kamra (Orgs.), *Microbiology Rumenal: From Evolution to Revolution*, Springer, Nova Délhi, 1. ed. 2015. p.329-341. DOI: 10.1007/978-81-322-2401-3_22

Patra, K.A.; & Yu, Z. Essential oils affect populations of some rumen bacteria *in vitro* as revealed by microarray (RumenBactArray) analysis. **Frontiers in Microbiology**, v.6, 2015. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00297

Pires, A.V. *et al.* Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.937-942, 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000900014

Queiroz, A.C.C. *et al.* **Blend de óleos essenciais à base de cinamaldeído e dialil dissulfeto diminuem a produção de metano entérico de bovinos em dietas sem volumoso**. Editora Científica Digital, cap.3, v.1, p.37-48, 2022. DOI: 10.37885/221110913

Reece, J.B. **Bacteria and archaea**. In: *Campbell biology*. 20 ed. San Francisco, CA: Pearson, 2011. p.567-575.

Ribeiro, P.R.; Macedo, G.L.; Silva, S.P. A review: aspectos nutricionais da utilização da proteína pelos ruminantes. **Veterinária Notícias**, v.20, n.2, p.1-14, 2014. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/aspectos-nutricionais-da-utilizacao-da-proteina-pelos-3bb5dhhgke.pdf> Acesso em: 07 março 2025.

Ribeiro, P.R.; Schultz, E. B; Sousa, L.F.; Macedo Júnior, G.L. Replacement of common urea with protected urea in sheep supplement. **Bol. Ind. Anim.** v.78, p.1-11, 2021. DOI: 10.17523/bia.2021.v78.e1501

Rindsig, R.B. Practical dairy goat feeding. **Dairy Goat Journal**, v.55, p.12-19, 1977.

Roberto, F.F. *et al.* Behavioural compensation of extruded urea level and the effects of supplementation presence for finished lambs in tropical grass pastures. **Small Ruminant Research**, v.227, 2023. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2023.107079

Santos, F.A.P. **Metabolismo de proteínas**. In: *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandere Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 1. ed. 2006. p.255-284.

Santos, F.A.P.; & Pedroso, A.M. **Metabolismo de proteínas**. In: Nutrição de Ruminantes. 2. ed. Jaboticabal. FUNEP, p.265-292, 2011.

Silhavy, T.J. Classic spotlight: gram-negative bacteria have two membranes. **Journal of Bacteriology**, v.198, n.2, p.201, 2015. DOI: 10.1128/JB.00599-15

Sousa, T.M.; Fernandes, B.D.S.; & Santos, C.O. Efeito antimicrobiano do cinamaldeído, principal componente dos óleos essenciais da canela: uma revisão da literatura. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v.13, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.31072>

Staudt, D. Produção sustentável de ovinos no brasil. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v.14, n.1, p.01-19, 2025. DOI: 10.23900/2359-1552v14n1-54-2025

Stevanović, Z.D. *et al.* Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules**, v.23, n.7, p.1717, 2018. DOI: 10.3390/molecules23071717

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, Lavras. **Anais**, Viçosa: SBZ, 1992. p.492.

Teixeira, J.C. *et al.* Utilização da amiréia-150S como suplemento nitrogenado para bovinos em sistema de pastejo. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 35., 1998, Botucatu. **Anais**, Viçosa: SBZ, v.1, p.482-484, 1998.

Torres, R.N.S. Meta-analysis of the effects of essential oil as an alternative to monensin in diets for beef cattle. **The Veterinary Journal**, v.272, 2021. DOI: 10.1016/j.tvjl.2021.105659

Van Soest, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

Vanzetto, A.; & Cunha, S.H.M. Intoxicação por ureia em ruminantes: revisão de literatura. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v.3, 2024. Disponível em: <https://revistas.uceff.edu.br/inovacao/article/view/948/825> Acesso em: 23 fevereiro 2025.

Wattiaux, M.A. **Metabolismo de proteína em Bovinos de leite**. In: Instituto babcock para pesquisa e desenvolvimento da pecuária leiteira internacional. 1. ed. University of Wisconsin-Madison, p.1-4, 2002.

Wells, C.W. Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. **Animal Nutrition**, v.16, p.1-10, 2024. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.05.017

Xu, Y. *et al.* Effects of incremental urea supplementation on rumen fermentation, nutrient digestion, plasma metabolites, and growth performance in fattening lambs. **Animals**, v.9, n.9, p.652, 2019. DOI: 10.3390/ani9090652

Zeng, Z.; Zhang, S.; Wang, H.; & Xiangshu, P. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, n.1, p.7, 2015. DOI: 10.1186/s40104-015-0004-5

Zhou, R. *et al.* Effects of oregano essential oil on *in vitro* ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community. **Journal of Dairy Science**, v.16, n.3, p.2303-2314, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-16611

Zurak, D.; Kljak, K.; & Aladrović, J. Metabolism and utilisation of non-protein nitrogen compounds in ruminants: a review. **Journal of Central European Agriculture**, v.24, n.1, p.1-14, 2023. DOI: 10.5513/JCEA01/24.1.3645

ARTIGO

Efeitos da inclusão de ureia extrusada associada a óleos essenciais na nutrição de ovinos

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação da revista *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.

Efeitos da inclusão de ureia extrusada associada a óleos essenciais na nutrição de ovinos

Effects of the inclusion of extruded urea associated with essential oils in sheep nutrition

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de diferentes níveis de ureia extrusada associada a óleos essenciais encapsulados de alho e canela, sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, ingestão de água, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e comportamentais na dieta de ovinos confinados. Quatro ovinos com peso vivo médio de $53 \pm 5,65$ kg foram distribuídos em delineamento quadrado latino 4×4 com quatro repetições. As dietas foram formuladas com relação volumoso:concentrado de 400:600 g/kg com base na matéria seca (MS) utilizando-se silagem de milho integral como fonte de volumoso. Os tratamentos consistiram em níveis crescentes (0; 7,5; 15,0 e 22,5 g/kg de MS por animal/dia) do aditivo comercial (NFeed®) contendo ureia extrusada associada aos componentes (cinamaldeído, dialil dissulfeto, trissulfeto e tetrassulfeto). O consumo médio de MS foi de 1.808,22 g/dia, sem efeito linear ou quadrático significativo ($P > 0,05$). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes não foram influenciados ($P > 0,05$), assim como a ingestão de água (3,934 L/dia). Não houve efeito ($P > 0,05$) sobre a ingestão de água, o valor médio observado foi de 3,934 litros/dia. Observou-se redução progressiva no custo da dieta por kg (R\$ 1,57 para R\$ 1,46), custo diário (R\$ 5,12 para R\$ 4,30) e custo total por animal (R\$ 429,81 para R\$ 361,26), com menor valor na dieta de maior inclusão de NFeed®. Os tempos de alimentação, ruminação, ócio e mastigações merísticas não foram afetados ($P > 0,05$). Níveis crescentes do aditivo, não alteraram os parâmetros fisiológicos, sanguíneos, urinários e o balanço de nitrogênio ($P > 0,05$), cujos valores permaneceram dentro das faixas fisiológicas normais. A inclusão de até 22,5 g/kg de MS de ureia extrusada associada a óleos essenciais pode substituir o farelo de soja em dietas para ovinos confinados, sem comprometer o consumo de nutrientes, parâmetros e comportamento fisiológico dos animais, além de, contribuir para a redução do custo da dieta.

Palavras-Chaves: Aditivos nutricionais; Cinamaldeído; Dialil dissulfeto, Metabolismo animal; Nitrogênio não proteico; Pequenos ruminantes.

Introdução

A crescente demanda por sistemas de produção mais sustentáveis e seguros na pecuária tem estimulado a substituição dos antibióticos promotores de crescimento por aditivos naturais na nutrição de ruminantes, devido ao seu potencial efeito sobre a modulação da fermentação ruminal, melhoria do desempenho produtivo e contribuição para a segurança alimentar (Ortega-Cerrilla *et al.*, 2021). Neste contexto, aditivos nutricionais têm ganhado destaque como estratégias promissoras para otimizar a eficiência alimentar; além de representar uma alternativa viável à substituição dos antibióticos, cujo uso vem sendo cada vez mais restrito em diversos países da União Européia devido a preocupação com a seleção de microrganismos resistentes (Fernandes *et al.*, 2024).

Entre os aditivos disponíveis, a ureia extrusada se destaca como uma fonte de nitrogênio não proteico (NNP) amplamente utilizada na nutrição de ruminantes (Kozerski *et al.*, 2021). Essa forma de ureia apresenta maior segurança em comparação à ureia convencional, devido à liberação mais lenta e controlada da amônia no rúmen, sincronizada com a disponibilidade de energia (Ítavo *et al.*, 2016), o que favorece a síntese de proteína microbiana e reduz os riscos de intoxicação (Ítavo *et al.*, 2023). Estudos indicam que a ureia extrusada pode contribuir positivamente para o desempenho animal, com potencial para substituir parcialmente fontes de proteína verdadeira, como o farelo de soja, em dietas para cordeiros (Bonin *et al.*, 2023). Além da ureia extrusada, os óleos essenciais têm sido estudados como aditivos naturais com potencial para substituir os antibióticos ionóforos (Linde *et al.*, 2023). Estes compostos bioativos de origem vegetal são classificados como metabólitos secundários e apresentam propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (Baungratz *et al.*, 2024).

Dentre os mais estudados, destacam-se o cinamaldeído, presente no óleo essencial de canela (*Cinnamomum verum*), e o dialil dissulfeto, encontrado no óleo essencial de alho (*Allium sativum*; Busquet *et al.*, 2005; Queiroz *et al.*, 2022; Frota *et al.*, 2023). O óleo essencial de canela (*Cinnamomum verum*) tem como principal componente o cinamaldeído, representando cerca de 75% da sua composição (Sousa *et al.*, 2022). Estudos *in vitro* demonstram que o cinamaldeído possui ação antibacteriana e antioxidante, promovendo o crescimento de bactérias benéficas no rúmen e melhorando a digestão e absorção de nutrientes (Al-Mijalli *et al.*, 2023; Beniaich *et al.*, 2023). Já o óleo essencial de alho (*Allium sativum*) contém compostos sulfurados, como a alicina o principal responsável por suas propriedades biológicas com ação anti-inflamatória, antimicrobiana e antiparasitária (Leite; Santos, 2021).

No entanto, uma das principais limitações no uso de óleos essenciais na alimentação animal é a dificuldade de replicar, na prática, as doses estabelecidas em experimentos *in vitro*.

Essas concentrações, muitas vezes, não correspondem às respostas observadas nos animais, o que contribui para a variabilidade dos resultados relatados na literatura (Montoya *et al.*, 2015). Nesse cenário, técnicas como a microencapsulação com partículas lipídicas ou poliméricas, surge como uma estratégia para superar essas limitações (Kim *et al.*, 2020; Amin *et al.*, 2021); pois permite proteger os compostos voláteis da degradação durante o processamento, armazenamento e passagem pelo trato gastrointestinal, possibilitando liberação controlada e melhor interação com os ingredientes da dieta (Stevanović *et al.*, 2018). Ademais, a associação entre óleos essenciais e outros aditivos em suplementos para ruminantes ainda são pouco exploradas (Zeng *et al.*, 2015).

Embora a inclusão de ureia extrusada em suplementos para ovinos já tenha sido avaliada por (Bonin *et al.*, 2023; Roberto *et al.*, 2023). Adicionalmente, um estudo pioneiro conduzido por (Oliveira *et al.*, 2025) avaliou os efeitos da combinação de ureia extrusada enriquecida com óleos essenciais encapsulados de alho e canela, presentes no aditivo comercial (NFeed®) na alimentação de cordeiros terminados a pasto, com foco no desempenho produtivo e no controle de verminoses gastrointestinais. No entanto, a utilização de diferentes níveis dessa combinação, como substituto parcial do farelo de soja, ainda não foi investigada. Assim, o presente estudo propõe uma abordagem inédita ao avaliar os efeitos de doses crescentes dessa associação sobre diferentes indicadores de avaliação, a fim de identificar a dosagem segura e eficiente para ovinos. Portanto, a hipótese testada neste estudo é que a ureia extrusada, devido à sua liberação lenta de amônia no rúmen, pode ser utilizada em níveis superiores aos tradicionalmente recomendados para a ureia convencional, atingindo até 1% da matéria seca total da dieta para pequenos ruminantes. Esta estratégia pode favorecer o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, sem comprometer os parâmetros metabólicos dos ovinos. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão crescente de ureia extrusada associada a óleos essenciais encapsulados (0, 7,5, 15,0 e 22,5 g/kg de matéria seca), sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, ingestão de água, análise de custo, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e comportamentais na dieta de ovinos em sistema de confinamento.

Materiais e métodos

Local, animais e instalações

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), localizado em Campo Grande – MS, no período de junho a setembro de 2024. Todos os procedimentos e protocolos experimentais adotados neste estudo foram conduzidos em

conformidade com as diretrizes éticas para o bem-estar animal e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMS (Protocolo nº 1.313/2024).

Foram utilizados quatro ovinos machos, castrados, mestiços da raça Texel, oriundos do setor de ovinocultura da FAMEZ/UFMS, com peso corporal médio inicial de $53 \pm 5,65$ kg e idade de 18 meses. Ao início do experimento os animais foram pesados, vermifugados e alocados aleatoriamente em baias individuais de 3 m², com piso ripado a um metro de altura do solo, equipadas com comedouros e bebedouros, situadas em área coberta e com iluminação artificial controlada.

Período, delineamento e dietas experimentais

O período experimental foi composto por quatro períodos de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais às instalações, às dietas experimentais e sete dias para coleta de dados e de amostras totalizando 84 dias de avaliação. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental quadrado latino 4 x 4, contendo quatro dietas e quatro repetições. Foram formuladas quatro dietas isoproteicas, de acordo com as recomendações do NRC (2007), para atender às exigências de 14% de proteína bruta para ovinos em fase de terminação, considerando uma ingestão de matéria seca correspondente a 2,5% do peso vivo e ganho de peso médio estimado de 200 g/dia.

As dietas foram elaboradas com relação volumoso:concentrado de 400:600 g/kg com base na matéria seca, utilizando-se silagem de milho integral como fonte de volumoso. O concentrado foi composto por milho moído, farelo de soja, mistura mineral e um aditivo comercial (NFeed[®] – Next Enhance[®] 300, Novus International Inc.), fornecido pela indústria Pajoara Indústria e Comércio Ltda (Campo Grande – MS, Brasil).

Os tratamentos consistiram na inclusão crescente do aditivo, contendo ureia extrusada associada a óleos essenciais encapsulados e seus respectivos componentes (cinamaldeído, dialil dissulfeto, trissulfeto e tetrassulfeto), em quatro níveis: 0 g (controle), 7,5 g, 15,0 g e 22,5 g/kg de matéria seca, fornecidos por animal/dia. As composições química e percentual dos ingredientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h00 e às 16h00, com livre acesso à água durante todo o período experimental. Diariamente, registrou-se a quantidade de ração fornecida, sendo as sobras coletadas e pesadas para avaliar o consumo médio diário. Foi adotada uma margem de segurança, permitindo sobras entre 5% e 10% do total ofertado.

O consumo diário de matéria seca foi calculado multiplicando-se o fornecido diário na matéria natural de cada dieta durante o período de 21 dias, por seu respectivo teor de matéria seca, seguido da subtração da matéria seca das sobras, de acordo com a fórmula:

$$CDMS (g) = (Quantidade\ de\ MN\ fornecida \times MS\ dieta) - (Quantidade\ de\ MN\ sobras \times MS\ sobras)$$

Em que: CDMS = consumo diário de matéria seca (g); MN: matéria natural (g); MS = teor de matéria seca (%).

Após o período de adaptação às dietas experimentais, realizou-se o ensaio de digestibilidade *in vivo*, utilizando o método indireto de coleta de fezes. Para estimativa da produção fecal, foi empregado o dióxido de titânio (TiO₂) como marcador externo, administrado por via oral na forma de quatro cápsulas de 1 g, totalizando 4 g de marcador por animal/dia. A administração do marcador foi realizada uma vez ao dia, antes da alimentação matinal, durante doze dias consecutivos sendo, sete dias destinados à adaptação ao marcador e cinco dias à coleta das fezes.

As amostras fecais foram obtidas diretamente da ampola retal dos ovinos, em três coletas diárias, conforme metodologia descrita por Titgemeyer *et al.* (2001). Ao final de cada período experimental, as fezes foram homogeneizadas para formar uma amostra composta, armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e conservadas a -20 °C. Durante o mesmo período, foram coletadas diariamente amostras dos ingredientes, das rações e das sobras, que igualmente foram armazenadas a -20 °C para análises laboratoriais posteriores.

Na etapa seguinte, as amostras de alimento (fornecido e sobras) e de fezes foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey, equipado com peneira de 1 mm. Posteriormente, foram armazenadas em frascos plásticos rotulados com tampa para realização das análises químicas.

Para a determinação do dióxido de titânio, utilizou-se uma amostra de 0,2 g de fezes, à qual foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico e 3 g de mistura catalítica. A amostra foi submetida ao processo de digestão em temperatura controlada, durante 3 horas, com aumento progressivo de 100 °C, 200 °C, 300 °C até atingir 400 °C, utilizando tubos específicos para determinação de proteína.

Após a digestão, foram adicionados lentamente de 5 a 7,5 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂ a 30%), e o conteúdo foi transferido para balões volumétricos de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. Para a leitura espectrofotométrica, foi preparada uma curva

padrão com concentrações de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 mg de dióxido de titânio. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 410 nm, conforme protocolo adaptado de Costa *et al.* (2019) e o cálculo da concentração de titânio conforme (INCT-CA M-007/2).

As estimativas da produção de matéria seca fecal, digestibilidade aparente da matéria seca, consumo de nutrientes, digestibilidade aparente dos nutrientes, nutrientes digestíveis totais (NDT) e consumo de nutrientes digestíveis totais foram calculadas com base nas equações descritas por (Sniffen *et al.*, 1992; Detmann *et al.*, 2004; Berchielli *et al.*, 2006).

$$PMSF = \text{Indicador (g)} / \text{Concentração do Indicador nas Fezes}$$

$$DMSe = (MS \text{ ingerida} - MS \text{ excretada}) / MS \text{ ingerida}$$

Em que: PMSF= produção de matéria seca fecal; DMSe= Digestibilidade da matéria seca estimada.

$$CN \text{ (g/dia)} = \frac{CMS \text{ (g/dia)} \times \text{Nutriente na MS (\%)} \times 1000}{100}$$

Em que: CN = consumo de nutrientes (g/dia); CMS= consumo de matéria seca (g).

$$\text{Digestibilidade aparente (\%)} = 100 - [(\text{Concentração do marcador no alimento} / \text{Concentração do marcador nas fezes}) \times (\text{Concentração do nutriente nas fezes} / \text{Concentração do nutriente no alimento}) \times 100]$$

Os cálculos dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e do consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foram realizados com base no Sistema de Cornell, conforme metodologia descrita por Sniffen *et al.* (1992), utilizando a seguinte fórmula:

$$NDT (\%) = PBd + FDNd + CNFd + (EEd \times 2,25)$$

$$CNDT \text{ (g/dia)} = \frac{CMS \text{ (g/dia)} \times NDT (\%) \times 1000}{100}$$

Em que: NDT (%) = nutrientes digestíveis totais; CNDT (g/dia) = consumo de nutrientes digestíveis totais; PBd = proteína bruta digestível; FDNd = fibra em detergente neutro digestível; CNFd = carboidratos não fibrosos digestíveis; EEd = extrato etéreo digestível.

Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas foram realizadas no laboratório de nutrição animal aplicada da FAMEZ/UFMS, conforme protocolos do INCT-CA, determinando os teores de

matéria seca (MS; G-003/1), cinzas (M-001/2), nitrogênio total pelo método Kjeldahl (proteína bruta = $N \times 6,25$; N-001/2), extrato etéreo pelo método de Randall (EE; G-005/2), fibra em detergente neutro (FDN; F-001/1) e fibra em detergente ácido (FDA; F-003/1), segundo as metodologias descritas por Detmann *et al.* (2012). Os teores de matéria orgânica (MO) foram obtidos pela diferença: $MO = 100 - \text{cinzas}$. A determinação da FDN foi realizada conforme Mertens (2002), com uso de α -amilase (Termamyl 120 L[®]), enquanto a determinação da FDA seguiu a metodologia descrita por (Robertson; Van Soest, 1985). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados segundo a seguinte fórmula:

$$CNF = 100 - MM - PB - EE - FDN$$

Ingestão de água

O consumo de água foi determinado por meio de pesagem da quantidade oferecida e das sobras após o período de 24 horas, durante cinco dias consecutivos em cada período experimental. A água foi fornecida em baldes plásticos identificados com capacidade de 12 litros. Foram utilizados cinco baldes individuais (um por animal/dia), todos contendo a mesma quantidade de água. Um dos baldes foi posicionado próximo às baias, em local coberto, para estimar as perdas por evaporação. A estimativa da ingestão de água foi calculada por meio da seguinte equação:

$$CA = (AO - SA) - Evp$$

Em que CA = consumo de água; AO = água ofertada; SA = sobra de água; e Evp= evaporação.

Coleta de urina e balanço de nitrogênio

Nos 16º e 17º dias de cada período experimental, amostras de urina foram coletadas durante a micção espontânea dos animais, utilizando recipientes plásticos estéreis, conforme o método de coleta do tipo *spot*.

De cada animal, foram coletados aproximadamente 200 mL de urina, os quais foram filtrados, e uma alíquota de 10 mL foi diluída em 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N), a fim de evitar perdas por volatilização de amônia (Valadares *et al.*, 1999; Chizzotti *et al.*, 2006). As amostras foram armazenadas em frascos plásticos devidamente identificados e conservadas a -20°C para análises laboratoriais posteriores. Após o descongelamento sob refrigeração, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Patologia Clínica da FAMEZ/UFMS, para determinação das concentrações de ureia, creatinina e proteína total, por meio de kits comerciais (Cobas[®]) e leitura em espectrofotômetro (Bioplus – Bio 200).

Para estimativa do volume urinário (VU) a partir das amostras *spot*, considerou-se que cada animal excreta 19,82 mg de creatinina por quilograma de peso corporal por dia. Com base nesse valor, o VU diário foi calculado dividindo-se a excreção estimada de creatinina (mg/dia) pela concentração de creatinina obtida na amostra *spot* (mg/dL), conforme a equação proposta por Santos *et al.* (2024).

$$\text{ECU caprinos e ovinos} = 19,82 \times \text{PC} (r^2 = 0,98)$$

Em que: ECU = excreção de creatinina urinária; PC = peso corporal (kg).

O teor de nitrogênio total na ração fornecida, nas sobras, nas amostras fecais e na urina foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme descrito pela AOAC (2005). O nitrogênio retido e o balanço de nitrogênio (BN) foram calculados por meio da seguinte fórmula:

$$N \text{ retido (g)} = N \text{ ingerido (g)} - N \text{ nas fezes (g)} - N \text{ na urina (g)}$$

$$\text{BN (\%)} = (N \text{ retido (g)} / N \text{ ingerido (g)}) \times 100$$

A determinação do teor de nitrogênio na urina foi realizada utilizando a equação modificada proposta por Bolsen *et al.* (1992):

$$\% \text{ Nitrogênio na urina} = \frac{\text{mL HCl} \times N \text{ HCl} \times \text{fc} \times 14 \times 100}{\text{Volume da amostra (ml)}}$$

Em que: mL HCl = quantidade de ácido clorídrico utilizado em mililitro; N HCl = normalidade do ácido clorídrico; fc = fator de correção.

Parâmetros sanguíneos

As coletas de sangue foram realizadas no 18º dia do período experimental, em dois momentos, antes da alimentação e duas horas após a alimentação matutina. As amostras foram obtidas por punção da veia jugular, utilizando tubos a vácuo (BD SST II Advance®) contendo ativador de coágulo e gel separador.

Em seguida as amostras foram transportadas sob refrigeração ao laboratório de patologia clínica da faculdade de medicina veterinária e zootecnia FAMEZ/UFMS, onde foram centrifugados (3.000 rpm por 10 minutos) e o soro armazenado em tubos cônicos de polipropileno de 2 mL.

As concentrações séricas de glicose, proteínas totais, albumina, triglicerídeos, ureia, creatinina, aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) foram determinadas em duplicata, utilizando kits comerciais (Roche Diagnóstica, Brasil Ltda.) por

métodos colorimétricos. As leituras das absorbâncias foram realizadas em analisador bioquímico automático (Cobas® c111, Roche).

Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos foram avaliados no 19º dia de cada período de coleta. A frequência respiratória (FR), a frequência cardíaca (FC) e a temperatura retal (TR) foram mensuradas em dois horários distintos, às 9:00 e às 14:00 horas. Em seguida, foi calculada a média dos valores obtidos para cada parâmetro, a fim de se obter o resultado final.

A frequência respiratória foi avaliada por contagem dos movimentos respiratórios por minuto (mov.min⁻¹), mediante a observação direta dos movimentos do flanco esquerdo dos animais, com o auxílio de cronômetro digital, durante 60 segundos (Diffay *et al.*, 2004).

A frequência cardíaca foi aferida com o uso de estetoscópio, posicionado na região torácica esquerda. Os batimentos cardíacos foram contados durante 30 segundos e, posteriormente, multiplicados por dois para estimativa do número de batimentos por minuto (bat.min⁻¹).

A temperatura retal foi mensurada com termômetro digital com escala de até 44 °C, introduzido diretamente no reto dos animais, permanecendo até o acionamento do sinal sonoro, sendo o valor registrado em graus celsius.

Parâmetros comportamentais

Do 20º ao 21º dia de cada período experimental, os animais foram submetidos à observação direta para avaliação do comportamento ingestivo, com a mensuração do tempo despendido em alimentação, ruminação, ócio e outras atividades. Durante o período noturno, o ambiente foi mantido sob iluminação artificial.

As observações tiveram início às 8:00 horas da manhã e foram conduzidas por 24 horas consecutivas, encerrando-se no mesmo horário no dia seguinte. Utilizou-se o método de amostragem por varredura instantânea a cada cinco minutos, conforme descrito por (Altmann, 1974; Martin; Bateson 1993).

No mesmo período, foi realizada a contagem do número de mastigações merísticas por bolo ruminal, assim como o tempo despendido em cada bolo. As avaliações foram feitas individualmente em três turnos do dia (manhã, tarde e final da tarde/noite), totalizando a observação de 30 bolos ruminais diário por animal.

Avaliação de custo das dietas experimentais

A avaliação econômica das dietas foi realizada considerando o fornecimento médio diário em matéria natural (MN) em quilogramas (kg), o fornecimento total em kg, o custo por kg da ração, o custo diário e o custo total por tratamento (Tabela 8). Inicialmente, a composição dos ingredientes na matéria natural foi calculada com base na proporção e no teor de matéria seca (MS) de cada ingrediente (milho moído, farelo de soja, mistura mineral, aditivo (NFeed®) e silagem de milho), utilizando-se da seguinte fórmula:

$$\text{Composição na MN (\%)} = \frac{\text{Proporção na MS (\%)} \times 100}{\text{Matéria seca do ingrediente}}$$

$$\text{Fornecido médio diário} \left(\frac{\text{kg}}{\text{MN}} \right) = \text{fornecido total} \div 84 \text{ dias de experimento}$$

Em que: Fornecido total (kg/MN) = soma da dieta fornecida durante todo o período experimental.

Em seguida, foi realizada a cotação dos preços dos insumos utilizados, expressos em reais por quilograma de matéria natural (R\$/kg MN). O custo por quilograma da dieta foi calculado com base na participação de cada ingrediente na MN e seu respectivo preço. Com base no valor obtido, posteriormente, foram calculados o custo diário e o custo total das dietas por tratamento através das seguintes fórmulas:

$$\text{Custo por kg de ração (R\$)} = \text{Composição na MN (\%)} \times \text{Preço (R\$/kg MN)} \div 100$$

$$\begin{aligned} &\text{Custo diário da ração} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{dia}} \right) \\ &= \text{Custo por kg de ração} \times \text{Fornecido médio diário (kg/dia)} \end{aligned}$$

$$\text{Custo total da ração (R\$)} = \text{Custo por kg de ração} \times \text{Fornecido total (kg)}$$

Em que: MN = matéria natural; Fornecido médio diário = quantidade média diária da dieta fornecida por tratamento.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o comando PROC GLIMMIX do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System — SAS versão 9.1) de acordo com o seguinte modelo estatístico.

$$Y_{ij} = \mu + N_i + \varepsilon_{ij}$$

Onde Y_{ij} : valor observado no nível de inclusão de NFeed[®] i , na repetição j ; μ = efeito médio geral; N_i : efeito do nível de inclusão do NFeed[®] ($i = 0, 7,5, 15$ e $22,5$ g/kg de MS); ε_{ij} : erro aleatório, associado a cada observação i e j .

O efeito dos níveis de NFeed[®] foi analisado por regressão de primeiro grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon_{ij}$, e de segundo grau: $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * x + \beta_2 * x^2 + \varepsilon_{ij}$; 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 ($P < 0,05$) e maior coeficiente de determinação (R^2).

Resultados

Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e ingestão de água

O CMS variou de 1.953,30 g/dia no tratamento controle para 1.709,73 g/dia no maior nível de inclusão do aditivo. No entanto, não foram observados efeitos lineares ou quadráticos significativos ($P = 0,5616$ e $P = 0,7757$, respectivamente) para o CMS entre os tratamentos (Tabela 3). Da mesma forma, o consumo dos demais nutrientes, como MO, PB, EE, FDN, FDA e CNF, também não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$). As médias observadas foram: MO (1.709,76 g/dia), PB (251,74 g/dia), EE (41,84 g/dia), FDN (634,37 g/dia), FDA (340,61 g/dia) e CNF (781,82 g/dia). O consumo de NDT igualmente não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$), com valor médio de 1.472,19 g/dia.

Quanto ao consumo de água, não houve efeito dos tratamentos em função dos níveis de inclusão do aditivo ($P > 0,05$), sendo registrado valor médio de 3,93 litros/dia. A inclusão crescente do aditivo na dieta não afetou significativamente ($P > 0,05$) os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes avaliados. Os valores médios observados para digestibilidade de MS foi de (82,09%), MO (83,71%), PB (80,21%), EE (89,24%), FDN (71,56%), FDA (66,59%), CNF (94,38%) e NDT (81,76%).

Proteinúria e balanço de nitrogênio

Os resultados referentes às concentrações de proteína total, creatinina e ureia urinária, volume urinário, nitrogênio ingerido, excretado (urinário e fecal) e balanço de nitrogênio, em função dos níveis de aditivo (NFeed[®]), estão apresentados na Tabela 4. Não foram observadas diferenças significativas para os efeitos lineares ou quadráticos ($P > 0,05$) entre os tratamentos, para as excreções de proteína total, creatinina, ureia e volume urinário. As médias observadas foram de 22,90 mg/dL para proteína total, 144,63 mg/dL para creatinina, 2.916,54 mg/dL para ureia urinária e 1,22 L/dia para volume urinário (Tabela 5).

Para as demais variáveis, não observou-se efeito significativo ($P>0,05$) entre os tratamentos. As médias observadas foram de 40,28 g/dia para nitrogênio ingerido, 0,10 g/dia para nitrogênio urinário, 8,13 g/dia para nitrogênio fecal, 32,05 g/dia para nitrogênio retido e 80,02% para balanço de nitrogênio.

Parâmetros sanguíneos

Não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) entre os tratamentos, antes e após 2 horas de alimentação sobre o perfil bioquímico do sangue dos ovinos (Tabela 5). Os valores médios obtidos antes da alimentação para glicose foi de (74,48 mg/dL), alanina aminotransferase (10,23 U/L), aspartato aminotransferase (106,33 U/L), triglicerídeos (12,29 mg/dL), albumina (3,88 g/dL), creatinina (1,25 mg/dL), ureia (37,44 mg/dL) e proteína total (7,54 g/dL).

Duas horas após a alimentação as médias permaneceram semelhantes para glicose (74,12 mg/dL), alanina aminotransferase (10,76 U/L), aspartato aminotransferase (110,43 U/L), triglicerídeos (12,06 mg/dL), albumina (3,92 g/dL), creatinina (1,24 mg/dL), ureia (41,43 mg/dL) e proteína total (7,59 g/dL). As concentrações de ureia e aspartato aminotransferase (AST), avaliadas duas horas após a alimentação, apresentaram aumentos de 3,86% e 10,66%, respectivamente, ainda assim, essas variações não foram estatisticamente significativas ($P>0,05$).

Parâmetros fisiológicos

As variáveis fisiológicas dos ovinos, avaliadas nos períodos da manhã e da tarde, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$), conforme apresentado na Tabela 6. No período da manhã, foram observadas as seguintes variações para a frequência respiratória (71,0 a 82,3 mov/min⁻¹), frequência cardíaca (92,5 a 102,0 bat/min⁻¹) e temperatura retal (37,4 a 39,6 °C) e as médias observadas foram de 74,8 (mov/min⁻¹) para a frequência respiratória, 97,4 (bat/min⁻¹) para a frequência cardíaca e 38,9 (°C) para a temperatura retal.

No período da tarde, a frequência respiratória variou de (73,0 a 95,5 mov/min⁻¹), frequência cardíaca (86,5 a 100,0 bat/min⁻¹) e temperatura retal (39,3 a 39,7 °C), com médias observadas de 81,8 (mov/min⁻¹) para a frequência respiratória, 92,0 (bat/min⁻¹) para a frequência cardíaca e 39,5 (°C) para a temperatura retal. Por outro lado, as médias de frequência respiratória e a temperatura retal foram maiores no turno da tarde (81,8 mov/min⁻¹) e (39,5 °C) quando comparadas ao turno da manhã (74,8 mov/min⁻¹) e (38,9 °C), respectivamente.

Comportamento ingestivo

O tempo despendido nas atividades de alimentação, ruminação, ócio e outras atividades ao longo de 24 horas não foi afetado ($P>0,05$) pela inclusão dos diferentes níveis de NFeed® (Tabela 7). Os valores médios registrados foram de 152,19 minutos/dia para alimentação, 406,25 minutos/dia ruminação, 781,56 minutos/dia ócio e 104,06 minutos/dia para outras atividades. O tempo despendido em ócio, correspondeu a 54,11% com maior porcentagem em comparação às demais atividades.

Quanto as mastigações merísticas, expressa em número de bolos e tempo por bolo ruminal, não foi observado efeito significativo ($P>0,05$). As médias observadas para essas variáveis foram de 70,02 bolos/dia e 41,98 segundos por bolo. No entanto, verificou-se tendência de efeito quadrático para o número de bolos ruminais por dia ($P=0,0958$) e para o tempo por bolo ($P=0,0570$, respectivamente), sugerindo possível modulação desses parâmetros em função dos níveis de inclusão do aditivo.

Avaliação de custo nutricional

A Tabela 8 apresenta a composição percentual dos ingredientes das dietas experimentais na matéria natural, o fornecimento médio diário e total durante o período experimental, bem como os custos das dietas em função dos níveis crescentes do aditivo NFeed®.

Com o aumento da inclusão do aditivo, observou-se maior proporção de milho, com redução no uso de farelo de soja (de 16,21% para 4,06%), enquanto a silagem de milho e o sal mineral se mantiveram constantes entre os tratamentos. O fornecimento médio diário de matéria natural diminuiu à medida que os níveis de NFeed® aumentaram, passando de 3,26 kg/dia na dieta controle para 2,94 kg/dia na dieta com maior inclusão do aditivo. Da mesma forma, o fornecimento total em 84 dias acompanhou essa tendência decrescente, variando de 273,55 kg (0% NFeed®) para 247,25 kg (22,5% NFeed®).

Em relação aos custos, houve redução progressiva no valor por kg de ração (R\$ 1,57 para R\$ 1,46), no custo diário (R\$ 5,12 para R\$ 4,30) e no custo total por tratamento (R\$ 429,81 para R\$ 361,26) para a dieta controle em relação a dieta com maior inclusão de NFeed®.

Discussão

Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e ingestão de água

A ausência de efeito significativo ($P>0,05$) sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes pode ser atribuída à semelhança na composição química das dietas experimentais. No entanto, os valores médios observados para essas variáveis indicam que as

dietas apresentaram elevado valor nutricional, acima das exigências recomendadas para a categoria animal segundo o NRC (2007), demonstrando boa eficiência no aproveitamento dos nutrientes fornecidos. A semelhança observada no consumo de NDT entre os tratamentos possivelmente está relacionada à ausência de variação no consumo das frações digestíveis de FDN, EE, PB e CNF.

O primeiro estímulo percebido pelos animais quando expostos à ração é o seu aroma (Clouard; Val-Laillet, 2014). Portanto, os óleos essenciais devem ser dosados com cuidado, pois alguns deles possuem compostos bioativos primários com aroma forte (Mucha; Witkowska, 2021) o que pode limitar a ingestão de matéria seca em ruminantes, especialmente em ovinos, que são considerados animais mais seletivos. No entanto, no presente estudo, a inclusão do aditivo NFeed[®] não resultou em alterações negativas no consumo de matéria seca e dos demais nutrientes, possivelmente devido à tecnologia de encapsulamento empregada em sua formulação, a qual assegura a liberação controlada dos compostos ativos e reduz a exposição direta ao aroma intenso, minimizando potenciais efeitos negativos sobre a palatabilidade da dieta (Amin *et al.*, 2021). De forma semelhante, a suplementação com óleos essenciais também demonstrou potencial para aumentar a ingestão de matéria seca em ovinos (Dorantes-Iturbide *et al.*, 2022), achado que corrobora por Orzuna-Orzuna *et al.* 2022 em uma meta-análise com bovinos de corte suplementado com óleos essenciais. Por outro lado, Blanch *et al.* (2016), ao utilizarem o aditivo comercial Next Enhance[®] 300 (composto por cinamaldeído e alho) mesmo produto utilizado neste estudo, na dose de 300 mg/vaca/dia, relataram redução no consumo de matéria seca em vacas que receberam o aditivo, ainda que sem alteração na digestibilidade dos nutrientes.

A ureia, por sua vez, também possui limitação quanto à palatabilidade, especialmente quando utilizada em altos níveis, o que pode reduzir o consumo voluntário dos animais (Dias; Spers, 2022). Segundo Rindsig (1977), a inclusão máxima recomendada de ureia é de até 1,0% na matéria seca total da dieta de pequenos ruminantes. No presente estudo, os níveis de ureia extrusada utilizados (0; 0,75; 1,5 e 2,25% da MS total) superaram os limites tradicionalmente recomendados para a ureia convencional, sem comprometer a ingestão de matéria seca ou a digestibilidade dos nutrientes. Essa resposta, possivelmente está relacionada ao uso da ureia na forma extrusada, cujo processamento melhora a palatabilidade quando incluída nos suplementos, tornando-a bem aceita pelos animais (Bartley; Deyoe, 1975), justificando seu uso em níveis mais elevados sem afetar negativamente o consumo e a digestibilidade das dietas (Salman *et al.*, 1997).

Esses achados estão em consonância com Ítavo *et al.* (2023) que, ao avaliarem níveis crescentes de ureia extrusada (50, 60, 70 e 80 g/100 kg de peso corporal) em novilhos, não observaram diferenças significativas no consumo de matéria seca, ingestão de proteína bruta, carboidratos não fibrosos, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais. Além disso, os resultados observados no presente estudo podem estar relacionados não apenas à inclusão da ureia extrusada, mas também à presença dos óleos essenciais na dieta, que possivelmente contribuíram para a estabilidade do consumo e da digestibilidade dos nutrientes.

No que se refere ao consumo de água, o valor médio observado neste estudo (3,93 litros/dia) está de acordo com a faixa relatada por Hafez (1973), de 3 a 4 litros/dia, podendo chegar a 10 L em determinadas situações. Isso indica ausência de estresse hídrico, o que reforça que o consumo de matéria seca não foi comprometido por fatores ambientais.

Proteinúria e balanço de nitrogênio

O volume urinário excretado por ovinos varia de 0,1 a 0,4 litros para cada 10 kg de peso vivo (Reece, 2006). Considerando o peso corporal médio dos animais utilizados no presente estudo, a excreção esperada estaria entre 0,60 e 2,42 L/dia. A média geral observada foi de 1,22 L/dia, o que indica que a excreção de urina esteve dentro da faixa fisiológica recomendada para a espécie.

No presente estudo, a relação proteína/creatinina urinária (PU/CrU) apresentou valor médio geral de 0,16 mg/dL, estando abaixo do limite de 0,2 mg/dL considerado indicativo de normalidade para animais domésticos saudáveis (Meyer *et al.*, 1995). Ressalta-se, contudo, que ainda há escassez de trabalhos com ruminantes, como mencionado por Botelho *et al.* (2012), que relataram média de 0,33 mg/dL para bovinos leiteiros e propuseram esse índice como parâmetro fisiológico. Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que, mesmo sob diferentes níveis de inclusão do aditivo NFeed[®], a excreção proteica urinária em ovinos permaneceu dentro da normalidade, indicando preservação da função renal.

De acordo com Van Soest (1994), a proporção volumoso:concentrado, bem como os teores de energia e proteína da dieta, influenciam diretamente as perdas de nitrogênio pelas vias fecal e urinária. Dietas com maior inclusão de concentrados proteicos favorecem maior a taxa de passagem e, conseqüentemente, maior o escape de nitrogênio não aproveitado pela microbiota ruminal (Millen *et al.*, 2016). Nesse contexto, valores negativos para nitrogênio retido são indesejáveis, pois podem indicar deficiência de nitrogênio dietético e com isso, o animal passa a mobilizar o nitrogênio endógeno para suprir a demanda dos microrganismos

ruminais, prejudicando a síntese de proteína microbiana e o desempenho animal (Pereira *et al.*, 2007).

No presente estudo, a ausência de efeito significativo entre os tratamentos para a variável nitrogênio ingerido, pode ser atribuída à similaridade no teor de proteína bruta das dietas. Essa uniformidade também se reflete nos valores de excreção de nitrogênio fecal e urinário, indicando digestibilidade semelhante da fração proteica entre os tratamentos.

Segundo Kolb (1984), a determinação do balanço de nitrogênio é útil para avaliar se o animal se encontra em equilíbrio nitrogenado e se, sob determinadas condições alimentares, ocorre ganho ou perda de nitrogênio. Corroborando essa abordagem, os resultados obtidos no presente estudo demonstraram estabilidade nos parâmetros de metabolismo proteico, mesmo diante do aumento nos níveis do aditivo. O balanço de nitrogênio permaneceu positivo (80,02%) indicando que nas condições experimentais, as exigências proteicas dos ovinos foram atendidas, sem indícios de perdas excessivas por excreção ou desequilíbrios no metabolismo nitrogenado associados à utilização da ureia extrusada.

A utilização de ureia extrusada, ao promover liberação gradual de amônia no rúmen em sincronia com a disponibilidade de carboidratos fermentáveis, favorece o aproveitamento ruminal do nitrogênio, otimizando a síntese de proteína microbiana (Ítavo *et al.*, 2023). Essa característica também contribui para menores perdas de nitrogênio por vias fecal e urinária, menor desperdício energético e possível redução no custo das dietas, especialmente pela substituição de fontes proteicas de maior custo (Mendonça *et al.*, 2004).

Resultados semelhantes foram relatados por Assis (2019), que avaliou ovelhas alimentadas com volumoso extrusado (Forrage Essential[®]) contendo óleos essenciais como aditivo, e não observou efeito significativo ($P>0,05$) sobre o consumo, excreção e retenção de nitrogênio. Os valores médios obtidos foram de 25,74 g/dia para o nitrogênio ingerido, 14,47 g/dia para o fecal, 2,76 g/dia para o urinário e 10,85 g/dia para o nitrogênio retido. De forma semelhante, Moraes *et al.* (2019) também reportaram ausência de efeito significativo ($P>0,05$) na ingestão, excreção e retenção de nitrogênio em bovinos de corte alimentados com doses crescentes de ureia extrusada, corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

Parâmetros sanguíneos

A análise dos metabólitos sanguíneos é uma ferramenta importante para avaliar o estado nutricional e metabólico dos animais, sendo influenciada por fatores intrínsecos e ambientais e principalmente dietéticos, que podem induzir adaptações fisiológicas e variações nos níveis considerados normais (Hernandez *et al.*, 2020).

No presente estudo, as concentrações séricas de glicose, alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase, triglicerídeos, albumina, creatinina, ureia e proteína total permaneceram dentro dos intervalos de referência para a espécie, conforme proposto por (Kaneko *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2020a; Schultz *et al.*, 2023).

As enzimas hepáticas, como ALT e AST, são amplamente utilizadas como indicadores da função hepática, sendo que níveis elevados podem sugerir lesões ou disfunções no fígado (Schultz *et al.*, 2023). Em um estudo realizado por Khateri *et al.* (2016) relataram que a suplementação com mistura de óleos essenciais contendo cinamaldeído, cravo e tomilho (0,8 e 1,6 mL/dia) na dieta de ovinos, não afetou as concentrações séricas de AST e ALT. Esses achados estão em consonância com os resultados obtidos no presente estudo, reforçando que a inclusão crescente do aditivo não comprometeu o metabolismo hepático nem a homeostase dos ovinos.

Segundo Taylor-Edwards *et al.* (2009), concentrações elevadas de ureia plasmática podem estimular a ureagênese hepática e alterar o metabolismo da glicose em tecidos periféricos. Entretanto, a concentração média de ureia sanguínea observada (39,44 mg/dL) permaneceu dentro dos valores normais para ovinos (9 a 70 mg/dL), conforme estabelecido por Schultz *et al.* (2023); indicando ausência de toxicidade hepática associada à suplementação com a ureia extrusada. Esse equilíbrio pode ser atribuído à formulação isoproteica das dietas, com adequada relação entre proteína e energia, que contribuiu para a estabilidade do metabolismo ureico, mesmo na maior dose testada. Além disso, a liberação gradual do nitrogênio da ureia extrusada permite sua melhor utilização pelos microrganismos ruminais, evitando o acúmulo excessivo de nitrogênio amoniacal absorvido pelo epitélio ruminal e da ureia plasmática, reduzindo assim as chances de intoxicação em ruminantes (Ítavo *et al.*, 2016).

Resultados semelhantes foram reportados por Bonin *et al.* (2023), que, ao substituir 50% do farelo de soja por ureia extrusada na terminação de cordeiros, não observaram efeitos significativos ($P > 0,05$), sobre os parâmetros bioquímicos do soro, com médias de AST (98,3 U/L), albumina (3,7 g/dL), creatinina (1,0 mg/dL), ureia (30,1 mg/dL) e proteína total (7,1 g/dL), semelhantes às encontradas no presente estudo. De forma análoga, a ausência de alterações nos níveis de proteína total, albumina, creatinina, ureia, AST e ALT corrobora a ausência de hepatotoxicidade da ureia extrusada, como também relatado por Moraes *et al.* (2019) em bovinos. Corroborando esses achados, Barreto-Cruz *et al.* (2023) testaram diferentes níveis de óleos essenciais de alho (*Allium sativum*) e orégano (*Origanum vulgare*) (0; 0,5; 0,75; 1,0 mL/dia) na dieta de ovelhas, e não observaram efeitos lineares ou quadráticos ($P > 0,05$) sobre as concentrações plasmáticas de glicose (102,27 mg/dL) e nitrogênio ureico sanguíneo

(19,33 mg/dL). Evidenciando a eficácia da ureia extrusada como fonte de nitrogênio não proteico na alimentação de ruminantes, bem como a ausência de toxicidade hepática decorrente do uso de ureia extrusada associada a óleos essenciais.

Parâmetros fisiológicos

A avaliação dos parâmetros fisiológicos é essencial para identificar alterações no metabolismo e no estado de saúde dos animais, permitindo monitorar o impacto das dietas nas condições metabólicas dos ruminantes (Siqueira *et al.*, 2022). Além disso, essa avaliação assegura que o metabolismo se mantenha dentro de padrões fisiológicos normais, prevenindo desequilíbrios ou distúrbios metabólicos que possam comprometer a saúde, bem-estar e a produtividade dos animais (Conceição *et al.*, 2023).

A frequência cardíaca e a temperatura retal de ovinos adultos variam entre 70 e 95 batimentos por minuto e entre 38,5°C e 40,0°C respectivamente, (Sobrinho, 2006); podendo sofrer alterações em função de fatores como idade, sexo, raça, estação do ano, período do dia, atividade física, ingestão e digestão de alimentos (Ferreira, 2005). No presente estudo, os valores médios registrados permanecendo dentro dessas faixas, indicando que os animais estavam em zona de conforto térmico.

A frequência respiratória no período da manhã (74,8 mov/min⁻¹) e da tarde (81,8 mov/min⁻¹) indica provável estresse térmico moderado a alto, conforme a classificação de Silanikove (2000), que define os intervalos de 40–60 movimentos/min como baixo, 60–80 movimentos/min como moderado, e 80–120 movimentos/min como alto estresse térmico.

Este comportamento pode estar associado aos horários de avaliação (09:00 e 14:00 horas), que coincidem com os períodos de maior incidência de calor, o que leva ao aumento da temperatura retal e da frequência cardíaca, ativando mecanismos fisiológicos para dissipação do calor, como o aumento da frequência respiratória. Entretanto, apesar dessas condições, os animais permaneceram alojados em instalações cobertas e arejadas o que possivelmente contribuiu para mitigar os efeitos adversos das variações térmicas ambientais.

Resultados semelhantes foram descritos por Silva *et al.* (2020b), os quais avaliaram vacas Holandesas alimentadas com um aditivo comercial composto por uma mistura de compostos bioativos microencapsulados, incluindo cinamaldeído, na dose de 150 mg/kg de MS. Os autores observaram que, embora as médias de temperatura retal e frequência respiratória não tenham sido significativamente alteradas, a proporção de medições de temperatura retal $\geq 39,2$ °C foi reduzida pela inclusão do aditivo, especialmente às 14:00 e 20:00 horas, indicando possível modulação da resposta fisiológica ao calor. Esses comportamentos também foram

identificados por Oliveira *et al.* (2020), que não observaram efeito significativo da inclusão de volumoso extrusado com aditivos à base de óleos essenciais sobre parâmetros fisiológicos de ovinos, incluindo frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal.

Comportamento ingestivo

Van Soest (1994) destaca que o teor de fibra e a forma física da dieta, são os principais fatores que influenciam o tempo de ruminação. A ausência de efeitos significativos para essas variáveis pode ser justificada pela similaridade entre as dietas em relação a digestibilidade e ao consumo de FDN, padrão de tamanho das partículas da fibra e proporção volumoso:concentrado igual (40:60).

O elevado tempo de ócio observado neste estudo (781,56 min/dia, equivalente a 54,29% do tempo total) pode estar relacionado a fatores como o tipo de dieta e o sistema de criação adotado. Considerando que ambientes com espaço reduzido, como os de confinamento, promovem uma diminuição da atividade física, limitando o comportamento exploratório dos ovinos, favorecendo a inatividade (El Sabry *et al.*, 2023). Esse comportamento foi semelhante ao relatado por Zanine *et al.* (2023), que também observaram redução no tempo de ruminação e aumento do tempo de ócio em ovinos mantidos em sistema intensivo. Além disso, o uso de alimentos concentrados de rápida fermentação, aumentam a densidade energética das dietas e, conseqüentemente, reduz o tempo gasto com alimentação e ruminação, o que pode resultar em maior tempo ocioso (Macedo *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2016). Essa menor exigência de atividade física também implica em menor gasto energético com locomoção, permitindo que mais energia seja direcionada para necessidades de manutenção, crescimento, conforme apontado por Missio *et al.* (2010).

O comportamento mastigatório exerce influência direta sobre o funcionamento ruminal e a eficiência da digestão em ruminantes (Zhang *et al.*, 2023); portanto, o processo de mastigação desempenha papel essencial na manutenção da saúde ruminal por estimular a produção de saliva, rica em íons fosfato e bicarbonato, que atuam no tamponamento alcalino do conteúdo ruminal, contribuindo para a estabilidade do pH (Rodrigues *et al.*, 2019). Além disso, favorece a formação e regurgitação dos bolos ruminais, permitindo a remastigação, redução do tamanho das partículas, maior eficiência na digestão da fibra e transporte de nutrientes, otimizando a ação dos microrganismos ruminais (Zhang *et al.*, 2025).

Alguns aditivos, como os óleos essenciais, podem influenciar o comportamento ingestivo e mastigatório; Castillo-Lopez *et al.* (2021) demonstraram que a suplementação de vacas com compostos fitogênicos como o óleo de alho, apresentou tendência de redução no

tempo de ruminação ($P=0,08$) e efeito quadrático no tempo de alimentação ($P=0,05$), além de uma resposta quadrática no número de mastigações por minuto durante a alimentação ($P<0,05$) sem alterar a ingestão de matéria seca, indicando que diferentes doses do aditivo podem modular o comportamento ingestivo de forma não linear, corroborando aos resultados obtidos do presente estudo. De forma semelhante, Munasik *et al.* (2019) relataram redução do tempo de ruminação em cabras adultas suplementadas com alho em pó, sem comprometer no consumo de ração. Por outro lado, Kröger *et al.* (2017) observaram que a inclusão de aditivos fitogênicos aumentou o tempo de ruminação, o número de bolos ruminados e o número de mastigações por bolo em dietas de vacas não lactantes.

Estudo conduzido por Silva *et al.* (2023) avaliando a inclusão de ureia de liberação lenta nas concentrações de 1, 1,5 e 2% da MS total da dieta de ovelhas e observaram efeito significativo ($P<0,05$) nos tempos de ruminação e ociosidade, embora o tempo dedicado à alimentação e o número de bolos ruminados por dia não tenham sido afetados ($P>0,05$), reforçando que diferentes tipos de aditivos podem modular de maneiras distintas o comportamento ingestivo.

Portanto, os efeitos dos óleos essenciais sobre o comportamento alimentar podem variar conforme o tipo, forma de apresentação, dose e espécie animal utilizada. Como apontado por Silva *et al.* (2020b), não há um padrão único de resposta para essa classe de aditivos. Dessa forma, os resultados do presente estudo, ainda que sem diferença estatística significativa para as mastigações merísticas, indicaram tendência de efeito quadrático, sugerindo possível influência dos compostos bioativos presentes no aditivo em associação com a ureia extrusada sobre a mastigação merística dos ovinos.

Avaliação de custo nutricional

Os resultados obtidos indicaram que a inclusão do aditivo NFeed[®] no nível de até 22,5 g/kg de MS permitiu a substituição de até 75% pela proteína verdadeira do farelo de soja em dietas para ovinos confinados, sem comprometer o fornecimento de nutrientes essenciais. Essa substituição parcial de ingredientes mais onerosos, como o farelo de soja, contribuiu para a redução do custo da dieta, especialmente nos níveis mais elevados do aditivo, refletindo-se em menor valor por kg de ração, custo diário e custo total entre os tratamentos.

Estudos demonstraram que, entre as fontes de NNP, a ureia extrusada representa uma alternativa eficiente para substituir a ureia comum ou outras fontes proteicas verdadeiras em suplementos para ruminantes (Ítavo *et al.*, 2016; Moraes *et al.*, 2019; Kozerski *et al.*, 2021; Bonin *et al.*, 2023). Resultados semelhantes foram observados por Azevedo *et al.* (2015), que

verificaram que a utilização de ureia de liberação lenta (ULL) em substituição ao farelo de soja na terminação de bovinos confinados, mostrou melhor viabilidade econômica em relação aos demais tratamentos. Esses achados reforçam que fontes de nitrogênio não proteico (NNP) podem ser utilizadas para substituir fontes proteicas tradicionais em dietas de ruminantes, oferecendo menores custos de proteína bruta e reduzindo os custos de produção sem comprometer o desempenho produtivo (Ítavo *et al.*, 2023). Assim, a utilização de NFeed® não apenas pode reduzir o custo da dieta, como também pode favorecer a produtividade e a eficiência econômica do sistema, sendo uma estratégia promissora para a substituição parcial de ingredientes convencionais em dietas de ovinos confinados.

Conclusão

A substituição do farelo de soja por ureia extrusada como fonte de nitrogênio, associada aos óleos essenciais de (alho e canela) em dietas para ovinos confinados, pode ser utilizado com segurança até 22,5 g/kg de matéria seca o que corresponde 60 gramas para cada 100 kg de peso corporal. Seu uso não compromete o consumo de matéria seca, a digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, nem os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e comportamentais dos animais. Essa estratégia nutricional, promove redução no custo das dietas, o que torna a sua aplicação viável e sustentável do ponto de vista econômico.

Referências bibliográficas

- Al-Mijalli, S.H. Mrabti, H.N.; El Hachlafi, N.; El Kamili, T.; Elbouzidi, A.; Abdallah, E.M.; Flouchi, R.; Assaggaf, H.; Qasem, A.; Zengin, G.; Bouyahya, A.; Chahdi, F.O. Integrated analysis of antimicrobial, antioxidant, and phytochemical properties of *Cinnamomum verum*: A comprehensive *In vitro* and *In silico* study. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.110, 2023. DOI: 10.1016/j.bse.2023.104700
- Altmann, J. Observational study of behaviour sampling methods. **Behavior**, v.49, p.227-267, 1974. DOI: 10.1163/156853974x00534
- Amin, N.; Tagliapietra, F.; Arango, S.; Guzzo, N.; Bailoni, L. Free and microencapsulated essential oils incubated *In Vitro*: Ruminal stability and fermentation parameters. **Animals**, v.11, n.1, p.180, 2021. DOI: 10.3390/ani11010180
- Assis, T.S. **Utilização de volumoso extrusado contendo diferentes aditivos na alimentação de ovinos**. 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. DOI: 10.14393/ufu.di.2019.1219.
- Association of official analytical chemists - AOAC. **Official methods of analysis**. Washington, D.C.: Association of analytical chemistry, 18^{ed}, 1015p, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005 Acesso em: 03 janeiro 2025.
- Azevedo, H.O.; Barbosa, F.B.; Graça, D.S.; Paulino, P.V.R.; Souza, R.C.; Lavall, T.J.P.; Bicalho, F.L. Ureia de liberação lenta em substituição ao farelo de soja na terminação de bovinos confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.11, p.1079-1086, 2015. DOI: 10.1590/s0100-204x2015001100011
- Bartley, E.E.; & Deyoe, C.W. Starea as a protein replacer for ruminants. A review of 10 years of research. **Feedstuffs**, v.47, n.30, p.42-44, 1975. DOI: 10.5555/19750420655
- Baungratz, A.R.; Venturini, T.; Maeda, E.M. Aditivos utilizados na nutrição de ruminantes: características e particularidades. **Iguazu science**, v.2, n.3, p.51-52, 2024. Disponível em: <https://iguazu.uniguacu.com.br/index.php/iguazu/article/view/77/46> Acesso em: 15 julho 2025.
- Beniaich, G.; Zouirech, O.; Allali, A.; Bouslamti, M.; Maliki, I.; El Moussaoui, A.; Chebaibi, M.; Nafidi, H.A.; Jordan, Y.A.B.; Bourhia, M.; Taleb, M. Chemical characterization, antioxidant, insecticidal and anti-cholinesterase activity of essential oils extracted from *cinnamomum verum* l. **Separations**, v.10, n.6, p.348, 2023. DOI: 10.3390/separations10060348
- Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; & Oliveira, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: 1922 Fenep, 2006. 583 p.
- Blanch, M.; Carro, M.D.; Ranilla, M.J.; Viso, A.; Vázquez-Añón, M.; Bach, A. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.219, p.313-323, 2016. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.002
- Bolsen, K.K.; Lin C.; Brent B.E.; Feyerherm A.M.; Urban J.E.; Aimutis W.R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage.

Journal of Dairy Science, v.75, ed.11, p.3066-3083, 1992. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9

Bonin, M.N.; Ítavo, C.C.B.F.; Ítavo, L.C.V.; Gomes, M.N.B.; Souza, A.I.; Difante, G.S.; Arco, T.F.F.S.; Ferelli, K.L.S.M.; Soares, É.S.M.; Gurgel, A.L.C.; Surita, L.M.A. Extruded urea could replace true protein source in supplements for lambs finished in tropical pastures. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.75, n.1, 2023. DOI: 10.1590/1678-4162-12645

Botelho, G.G.; Botelho, C.M.; Botelho, C.F.M.; Paz, J.G. Healthy's dairy cattle urinary protein/creatinine (UP/UCr) ratio. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.34, n.2, p.121-126, 2012. Disponível em: <https://bjvm.org.br/BJVM/article/view/707> Acesso em: 19 agosto 2025.

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. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72928-3

Castillo-Lopez, E.; Rivera-Chacón, R.; Ricci, S.; Petri, R.M.; Reisinger, N.; Zebeli, Q. Short-term screening of multiple phytogetic compounds for their potential to modulate chewing behavior, ruminal fermentation profile, and pH in cattle fed grain-rich diets. **Journal of Dairy Science**, v.104, ed.4, p.4271-4289, 2021. DOI: 10.3168/jds.2020-19521

Chizzotti, M.L.; Filho, S.C.V.; Valadares, R.F.D.; Chizzotti, F.H.M.; Campos, J.M.S.; Marcondes, M.I.; Fonseca, M.A. Intake, digestibility and urinary excretion of urea and purine derivatives in heifers with different body weights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.35, p.1813-1821, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000600032

Clouard, C.; & Val-Laillet, D. Impact of sensory feed additives on feed intake, feed preferences, and growth of female piglets during the early postweaning period. **Journal of Animal Science**, v.92, ed.5, p.2133–2140, 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-6809

Conceição, A.R.; Coeli, A.C.; Braga, P.H.S.; Oliveira, P.C.S.; Schultz, E.B. Tecnologias aplicadas ao monitoramento de parâmetros fisiológicos na produção de ruminantes. **Revista Agrária Acadêmica**, v.6, n.2, p.27-37, 2023. DOI: 10.32406/v6n2/2023/27-37/agrariacad

Costa, M.M.; Ítavo, L.C.V.; Ítavo, C.C.B.F.; Dias, A.M.; Petit, H.V.; Reis, F.A.; Gomes, R.C.; Leal, E.S.; Niwa, M.V.G.; Moraes, G.J. Evaluation of internal and external markers to estimate fecal output and feed intake in sheep fed fresh forage. **Animal Production Science**, v.59, n.4, p.741-748, 2019. DOI: 10.1071/AN16567

Detmann, E.; Filho, S.V.; Paulino, M.F.; Zervoudakis, J.T. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.46, p.40-57, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283288206_Avaliacao_da_Tecnica_dos_Indicadores_na_Estimacao_do_Consumo_por_Ruminantes_em_Pastejo Acesso em: 16 julho 2025.

Detmann, E.; Souza, M.A.; Filho. **Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal**, Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/729255184/INCT-Detmann-et-al-Parte-3>. Acesso em: 5 março 2025.

Dias, M.S.; & Spers, R. Ureia na bovinocultura (Revisão de Literatura). Revista Unimar Ciências, 2022. Disponível em: <https://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/173> Acesso em: 07 abril 2025.

Diffay, B.C.; Mckenzi, D.; Wolf, C.; & Pugh, D.G. Abordagem e exame de ovinos e caprinos. In: PUGH, D.G. **Clínica de caprinos e ovinos**. p.1-19, São Paulo: Roca, 2004.

Dorantes-Iturbide, G.; Orzuna, J.F.O.; Bueno, A.L.; Martínez, G.D.M.; Romero, L.A.M.; Rangel, H.A.L. Essential oils as a dietary additive for small ruminants: A meta-analysis on performance, rumen parameters, serum metabolites, and product quality. **Veterinary Sciences**, v.9, n.9, p.475, 2022. DOI: 10.3390/vetsci9090475

El Sabry, M.I.; Motsei, L.E.; Abdel-Mageed, I.I.; Obaida, A. Space allowance impacts behavior, productivity, reproductivity and immunity of sheep—a review. **Tropical Animal Health and Production**, v.55, n.207, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03615-2

Fernandes, L.D.; Vasconcelos, A.B.; Lobo Júnior, A.R.; Rosado, G.L.; Bento, C.B. Effects of different additives on cattle feed intake and performance - a systematic review and meta-analysis. **Animal science**, v.96, n.3, 2024. DOI: 10.1590/0001-3765202420230172

Ferreira, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

Frota, G.A.; Santos, V.O.; Rodrigues, J.F.V.; Oliveira, B.R.; Albuquerque, L.B.; Vasconcelos, F.R.C.; Silva, A.C.; Teixeira, M.; Brito, E.S.; Santos, J.M.L.; Vieira, L.S.; Monteiro, J.P. Biological activity of cinnamaldehyde, citronellal, geraniol and anacardic acid on *Haemonchus contortus* isolates susceptible and resistant to synthetic anthelmintics. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.32, n.2, 2023. DOI: 10.1590/S1984-29612023027

Hafez, E.S.E. **Adaptación de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563p.

Hernandez, J.; Benedito, J.L.; & Castillo, C. Relevance of the study of metabolic profiles in sheep and goat flock. Present and future: A review. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.18, n.3, 2020. DOI: 10.5424/sjar/2020183-14627

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. DOI: 10.1590/S1519-99402016000300011

Ítavo, L.C.V.; Ítavo, C.C.B.F.; Gomes, M.N.B.; Longhini, V.Z.; Difante, G.S.; Dias, A.M.; Leal, E.S.; Silva, M.G.P.; Silva, A.H.; Silva, L.B.P.; Paro, R.G.C.; Araújo, M.J.; Silva, T.P.D.; Gurgel, A.L.C. 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.247, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03662-9

Kaneko, J.J.; Harhey, I.W.; & Bruss, M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 6.ed. San Diego: Academic Press, 2008. Disponível em: <https://umkcarnivores3.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/02/clinical-biochemistry-of-domestic-animals-sixth-edition.pdf> Acesso em: 17 maio 2025.

Khateri, N.; Azizi, O.; & Jahani-Azizabadi, H. Effects of a specific blend of essential oils on apparent nutrient digestion, rumen fermentation and rumen microbial populations in sheep fed a 50:50 alfalfa hay:concentrate diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. v.30, n.3, p.370-378, 2016. DOI: 10.5713/ajas.15.0865

Kim, T.B.; Lee, J.S.; Cho, S.Y.; Lee, H.G. *In vitro* and *in vivo* studies of rumen-protected microencapsulated supplement comprising linseed oil, vitamin e, rosemary extract, and hydrogenated palm oil on rumen fermentation, physiological profile, milk yield, and milk composition in dairy cows. **Animals (Basel)**, v.10, n.9, p.1631, 2020. DOI: 10.3390/ani10091631

Kozerski, N.D.; Ítavo, L.C.V.; Santos, G.T.; Ítavo, C.C.B.F.; Benchaar, C.; Dias, A.M.; Difante, G.S.; Leal, E.S. Extruded urea-corn product can partially replace true protein sources in the diet for lactating Jersey cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.282, 2021. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115129

Kröger, I.; Humer, E.; Neubauer, V.; Reisinger, N.; Aditya, S.; Zebeli, Q. Modulation of chewing behavior and reticular pH in non-lactating cows challenged with concentrate-rich diets supplemented with phytogenic compounds and autolyzed yeast. **Journal of Dairy Science**. v.100, p.9702-9714, 2017. DOI: 10.3168/jds.2017-12755

Leite, A.S.; & Santos, J.S. *Allium sativum* L. antimicrobial potential: a review. **Research, Society and Development**, v.10, n.14, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.21699

Linde, D.A.; Schokker, D.; Du Toit, C.J.L.; Ramkilawon, G.D.; Van Marle-Köster, E. The effect of a bacillus probiotic and essential oils compared to an ionophore on the rumen microbiome composition of feedlot cattle. **Animals**, v.13, n.18, p.2927, 2023. DOI: 10.3390/ani13182927

Macedo, C.A.B.; Mizubuti, I.Y.; Moreira, F.B.; Pereira, E.S.; Ribeiro, E.L.A.; Rocha, M.A.; Ramos, B.M.O.; Mori, R.M.; Pinto, A.P.; Alves, T.C.; Casimiro, T.R. Ingestive behaviour of sheep fed with different levels of fresh orange pulp replacing sorghum silage in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1910-1916, 2007. DOI: 10.1590/S1516-35982007000800027

Martin, P.; & Bateson, R. **Measuring behaviour**. Cambridge University Press, p.84-100, 1993.

Mendonça S.S.; Campos, J.M.S.; Valadares Filho, S.C.; Valadares, R.F.D.; Soares, C.A.; Lana, R.P.; Queiroz, A.C.; Assis, A.J.; Pereira, M.L.A. Nitrogenous compounds balance, microbial protein production and plasma urea concentration in dairy cows fed sugar cane based diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.493-503, 2004. DOI: 10.1590/S1516-35982004000200028

Mertens, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002. DOI: 10.1093/jaoac/85.6.1217

Meyer, D.J.; Coles E.H.; & Rich L.J. **Medicina de Laboratório Veterinário - Interpretação e Diagnóstico**. Editora Roca, São Paulo, 1995. 308p.

Millen, D.D; Arrigoni, M.D.B; & Pacheco, R.D.L. **Rumenology**. Suíça: Springer International Publishing, 1. ed. 2016. p.85-86. DOI: 10.1007/978-3-319-30533-2

Montoya, J.C.; Peiren, N.; Cone, J.W.; Zweifel, B.; Fievez, V.; De Campeneere, S. *In vivo* and *in vitro* effects of a blend of essential oils on rumen methane mitigation. **Livestock Science**, v.180, p.134-142, 2015. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.08.010

Moraes, G.J.; Ítavo, L.C.V.; Ítavo, C.C.B.F.; Dias, A.M.; Niwa, M.V.G.; Leal, E.S.; Kozerski, N.D.; Costa, M.C.M.; Mata, D.G.; 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.1283-1249, 2019. DOI: 10.1111/jpn.13140

Missio, R.L.; Brondani, I.L.; Alves Filho, D.C.; Silveira, M.F.; Freitas, L.S.; Restle, J. Ingestive behavior of feedlot finished young bulls fed different concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000700025

Mucha, W.; & Witkowska, D. The Applicability of Essential Oils in Different Stages of Production of Animal-Based Foods. **Molecules**, v.26, n.13, p.3798, 2021. DOI: 10.3390/molecules26133798

Munasik, M.; Bahrn, B.; Sigar, I.Y.; Setyaningrum, A.; Prayitno, C.H. Rumination time and frequency of goat supplemented with garlic powder and organic chromium. **Animal Production**, v.21, n.2, p.87-92, 2019. DOI: 10.20884/1.jap.2019.21.2.763

National Research Council – NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. 1. ed. Washington, DC, USA: National Academy Press, 362p. 2007.

Oliveira, F.G.G.; Ítavo, C.C.B.F.; Ítavo, L.C.V.; Melo, G.K.A.; Peres, M.M.S.; Heimbach, N.S.; Ribeiro, E.L.M.; Andrade, P.B.; Miguel, A.A.S.; Arco, T.F.F.S. Nitrogen additive with extruded urea with essential oils to control gastrointestinal worms in lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.57, n.203, 2025. DOI: 10.1007/s11250-025-04461-0

Oliveira, K.A.; Sousa, L.; Siqueira, M.T.; Souza, A.M.; Macedo Júnior, G.L. Consumo de nutrientes, comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com volumoso extrusado contendo diferentes aditivos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.12, p.1-9, 2020. DOI: 10.35699/2447-6218.2020.20606

Ortega-Cerrilla, M.E.; Martínez-Martínez, R.; Vicente-Pérez, R.; García-Flores, E.O.; Gómez-Vázquez, A.; Álvarez-Vázquez, P. Aditivos y nutraceuticos en nutrición y sanidad de rumiantes. **Investigación Y Ciencia De La Universidad Autónoma De Aguascalientes**, v.29, n.82, p.86-95, 2021. DOI: 10.33064/iycuaa2021823543

Orzuna-Orzuna, J.F.; Dorantes-Iturbide, G.; Lara-Bueno, A.; Miranda-Romero, L.A.; Mendoza-Martínez, G.D.; Santiago-Figueroa, I. A. Meta-analysis of essential oils use for beef cattle feed: rumen fermentation, blood metabolites, meat quality, performance and, environmental and economic impact. **Fermentation**, v.8, n.6, p.254, 2022. DOI: 10.3390/fermentation8060254

Pereira, K.P.; Vêras, A.S.C.; Ferreira, M.A.; Batista, Â.M.V.; Marques, K.A.; Fotius, A.C.A. Nitrogen balance and endogenous losses in cattle and buffaloes fed increasing levels of concentrate. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.4, p.433-440, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126489013> Acesso em: 09 maio 2025.

Queiroz, A.C.C.; Rosseto Fonseca, A.S.; Dal Pont, M.S.; Mota, L.G.; Andrade, T.S.; Silva, I.B.; Souza, V.P.S.; Maia, M.C.; Cabral, L.S.; Galati, R.L. **Blend de óleos essenciais à base de cinamaldeído e dialil dissulfeto diminuem a produção de metano entérico de bovinos em dietas sem volumoso**. Editora Científica Digital, cap.3, v.1, p.37-48, 2022. DOI: 10.37885/221110913

Reece, W.O. Função Renal nos Mamíferos. In: Reece; W.O. Dukes. 12.eds. **Fisiologia dos animais domésticos**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, p. 68-96, 2006.

Rindsig, R.B. Practical dairy goat feeding. **Dairy Goat Journal**, v.55, p.12-19, 1977.

Roberto, F.F.S.; Difante, G.S.; Costa, R.G.; Ítavo, L.C.V.; Gomes, M.N.B.; Ítavo, C.C.B.F.; Dias, A.M.; Rodrigues, J.G.; Pereira, M.G.; Ribeiro, N.L.; Surita, L.M.A.; Frontado, N.E.V.; Costa, A.B.G.; Guidolin, D.G.F.; Santana, J.C.S. Características de carcaça e qualidade de carne de cordeiros Texel terminados em *Brachiaria* spp. pastagens com diferentes níveis de suplementação de uréia extrusada (200S), **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.67, ed.4, p.526-545, 2023. DOI: 10.1080/00288233.2023.2180758

Robertson, J.B.; & Van Soest, P.J. **Analysis of forages and fibrous foods - a laboratory manual for animal science**. Universidade Cornell, Ithaca, NY, 1985. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2016512> Acesso em 16 julho 2025.

Rodrigues, J.P.P.; Pereira, L.G.R.; Neto, H.C.D.; Lombardi, M.C.; Lage, C.F.A.; Coelho, S.G.; Sacramento, J.P.; Machado, F.S.; Tomich, T.R.; Maurício, R.M.; Campos, M.M. Technical note: evaluation of an automatic system for monitoring rumination time in weaning calves, **Livestock Science**, v.219, p.86-90, 2019. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.11.017

Salman, A.K.D.; Matarazzo, S.V.; Ezequiel, J.M.B.; Kronka, S.N.; Seixas, J.R.C.; Soares, W.V.B.; Martins, A.P. Estudo do balanço nitrogenado e da digestibilidade da matéria seca e proteína de rações para ovinos, suplementadas com amiréia, uréia ou farelo de algodão. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.1, p.170-185, 1997. Disponível em: <https://www.sbz.org.br/revista/artigos/26.pdf> Acesso em: 14 maio 2025.

Santos, E.A.; Carvalho, G.G.P.; Azevedo, J.A.G.; Pereira, E.S.; Tosto, M.S.L.; Santos, G.R.; Mariz, L.D.S.; Alba, H.D.R.; Santos, A.C.S.; Silva, M.P. Coleta de amostras para quantificação dos derivados de purina. **Exigências Nutricionais de Caprinos e Ovinos – BR-Caprinos & Ovinos** – São Carlos: Editora Scienza, 270p, 2024. DOI: 10.26626/9786556681849.2024B0001

Sas Institute Inc. **SAS: Statistical Analysis Software**. Versão 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2018.

Schultz, E.B.; Schultz, E.B.; Conceição, A.R.; Siqueira, M.T.S.; Oliveira, K.A.; Coeli, A.C.; Souza, L.F.; Macedo Júnior, G.L. Reference intervals for metabolic profile of adult sheep in

the tropics: over 12 months. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.75, n.5, 2023. DOI: 10.1590/1678-4162-12933

Silanikove, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.01-18, 2000. DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7]

Silva, A.; Silva, A.; Pereira Filho, J.M.; Oliveira, J.; Lucena, K.; Mazza, P.; Silva Filho, E.; Nascimento, A.; Pereira, E.; Vaz, A.; Barbosa, A.; Oliveira, R.; Bezerra, L. Effect of slow-release urea on intake, ingestive behavior, digestibility, nitrogen metabolism, microbial protein production, blood and ruminal parameters of sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v.55, n.414, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03833-8

Silva, D.A.P.; Varanis, L.F.M.; Oliveira, K.A.; Sousa, L.M.; Siqueira, M.T.S.; Macedo Júnior, G.L. Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.12, p.1-8, 2020. DOI: 10.35699/2447-6218.2020.20404.

Silva, R.B.; Pereira, M.N.; Araújo, R.C.; Silva, W.R.; Pereira, R.A.N. A blend of essential oils improved feed efficiency and affected ruminal and systemic variables of dairy cows. **Translacional Animal Science**, v.4, ed.2, p.1291, 2020. DOI: 10.1093/tas/txaa022

Silva, W.P. **Comportamento ingestivo e desempenho de ovinos alimentados com dietas contendo feno de capim-buffel e ureia em substituição ao farelo de soja**. Dissertação, Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/30906/1/Willian%20Pereira%20Silva.pdf> Acesso em: 03 junho 2025.

Siqueira, M.T.S.; Oliveira, K.A.; Schultz, É.B.; Sousa, L.F.; Silva, V.R.S.; Macedo Júnior, G.L. Avaliação do efeito da substituição de silagem de milho por ração extrusada de fibra de cana em ovinos. **Revista Agrária Acadêmica**, v.5, n.1, p.163-177, 2022. DOI: 10.32406/v5n1/2022/163-177/agrariacad

Sniffen, C.J.; O'Connor, J.D.; Van Soest, P.J.; Fox, D.G.; Russell, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992. DOI: 10.2527/1992.70113562x

Sobrinho, A.G.S. **Criação de ovinos**. 3.ed. Jaboticabal - São Paulo, Editora Funep, 2006.

Sousa, T.M.; Fernandes, B.D.S.; & Santos, C.O. Efeito antimicrobiano do cinamaldeído, principal componente dos óleos essenciais da canela: uma revisão da literatura. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v.13, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.31072>

Stevanović, Z.D.; Bošnjak-Neumüller, J.; Pajić-Lijaković, I.; Raj, J.; Vasiljević, M. Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules**, v.23, n.7, p-1717, 2018. DOI: 10.3390/molecules23071717

Taylor-Edwards, C.C.; Elam, N.A.; Kitts, S.E.; McLeod, K.R.; Axe, D.E.; Vanzant, E.S.; Kristensen, N.B.; Harmon, D.L. Influence of slow-release urea on nitrogen balance and portal-

drained visceral nutrient flux in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.87, ed.1, p.209-221, 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-0913

Titgemeyer, C.E.; Armendariz, C.K.; Bindel, D.J.; Greenwood, R.H.; Löest, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, ed.4, p.1059-1063, 2001. DOI: 10.2527/2001.7941059x

Valadares, R.F.D.; Broderick, G.A.; Filho, S.C.V.; & Clayton, M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(99)75525-6

Van Soest, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

Zanine, A.M.; Jr Castro, W.; Ferreira, D.J.; Souza, A.L.; Ribeiro, M.D.; Parente, H.N.; Parente, M.O.M.; Santos, E.M.; Oliveira, J.S.; Lima, A.G.V.; Nascimento, T.V.C.; Santos, F.N.S.; Negrão, F.M.; Sá, C.G. Effects of cottonseed hull on intake, digestibility, nitrogen balance, blood metabolites and ingestive behaviour of rams. **Scientific Reports**, v.13, n.1, p.2228, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-29005-0

Zeng, Z.; Zhang, S.; Wang, H.; & Xiangshu, P. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, n.1, p.7, 2015. DOI: 10.1186/s40104-015-0004-5

Zhang, X.Y.; Li, Y.; Terranova, M.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hummel, J.; Noel, M. Individual differences in digesta retention and their relation to chewing in cattle - A pilot investigation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.107, p.394-406, 2023. DOI: 10.1111/jpn.13733

Zhang, Z.; Li, F.; Li, F.; Wang, Z.; Guo, L.; Weng, X.; Xuchun, S.; Ele, Z.; Meng, X.Y.; Liang, Z.; Li, X. Influence of dietary forage neutral detergent fiber on ruminal fermentation, chewing activity, nutrient digestion, and ruminal microbiota of hu sheep. **Animals**, v.15, n.3, p.314, 2025. DOI: 10.3390/ani15030314

Tabela 2. Composição química e percentual dos ingredientes das dietas experimentais.

Ingredientes	Níveis NFeed [®] (g/kg MS)			
	0	7,5	15,0	22,5
Silagem de milho	400,0	400,0	400,0	400,0
Milho moído	438,5	467,0	495,4	523,7
Farelo de Soja	143,7	107,7	71,8	36,0
NFeed ^{®1}	0	7,5	15,0	22,5
Sal Mineral ²	17,8	17,8	17,8	17,8
Composição química (%)				
Matéria seca	64,06	63,53	63,03	62,84
Matéria orgânica	94,21	94,40	94,47	95,20
Proteína bruta	13,98	14,10	13,42	14,18
Extrato etéreo	2,25	2,21	2,33	2,48
Fibra em detergente neutro	35,25	35,56	35,31	34,15
Fibra em detergente ácido	19,10	18,76	18,99	18,46
Carboidratos não fibrosos	42,72	42,53	43,42	44,39
Nutrientes digestíveis totais	80,22	82,78	81,03	83,01

*NFeed[®]: ureia extrusada com óleos essenciais de alho e canela encapsulados; ¹Níveis de garantia NFeed[®]: PB: 200%; NDT: 22%; Equivalente proteico: 197%; Enxofre: 3,2%; Cinamaldeído: 430 mg/kg; Dialil dissulfeto, Trissulfeto e Tetrassulfeto: 70 mg/kg; ²Sal mineral: Cálcio (mínimo): 200 g/kg; Cálcio (máximo): 250 g/kg; Fósforo: 65 g/kg; Sódio: 110 g/kg; Cobalto: 12 mg/kg; Enxofre: 850 mg/kg; Magnésio: 880 mg/kg; Flúor: 700 mg/kg; Iodo: 0,90 mg/kg; Selênio: 0,20 mg/kg; Zinco: 67 mg/kg.

Tabela 3. Valores médios para consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e ingestão de água de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).

	Níveis NFeed ^{®□} (g/kg MS)				EPM ¹	P-valor	
	0	7,5	15,0	22,5		Linear	Quadrático
Consumo (g/dia)							
Matéria seca	1953,30	1816,59	1753,28	1709,73	166,59	0,5616	0,7757
Matéria orgânica	1840,21	1714,85	1656,32	1627,66	157,23	0,5589	0,7545
Proteína bruta	273,07	256,14	235,29	242,44	23,19	0,4171	0,5994
Extrato etéreo	43,95	40,15	40,85	42,40	3,86	0,4621	0,4843
FDN ²	688,54	645,98	619,08	583,87	58,43	0,6597	0,9488
FDA ³	373,08	340,79	332,95	315,62	31,38	0,5471	0,8084
CNF ⁴	834,65	772,59	761,10	758,95	72,08	0,5370	0,6727
NDT ⁵	1561,65	1497,47	1416,20	1413,43	118,54	0,5899	0,7920
Consumo de água (litros/dia)							
	4,61	3,61	3,95	3,56	1,17	0,6805	0,7889
Digestibilidade aparente (%)							
Matéria seca	80,69	83,55	81,47	82,65	1,56	0,5197	0,6041
Matéria orgânica	82,57	85,04	83,03	84,22	1,53	0,6159	0,6887
Proteína bruta	76,03	83,07	79,65	82,11	2,10	0,1875	0,3286
Extrato etéreo	86,10	90,58	89,12	91,13	2,12	0,3496	0,5700
FDN ²	71,47	73,69	70,24	70,85	2,47	0,8612	0,7466
FDA ³	66,95	67,77	66,19	65,47	2,97	0,9038	0,7921
CNF ⁴	93,70	94,89	94,14	94,80	1,322	0,7500	0,8393
NDT ⁵	80,22	82,78	81,03	83,01	1,483	0,6494	0,8500

*¹Erro padrão da média; ²Fibra em detergente neutro; ³Fibra em detergente ácido; ⁴Carboidratos não-fibrosos; ⁵Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 4. Valores médios para excreções de proteína total, creatinina, ureia urinária, volume urinário e balanço de nitrogênio de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).

	Níveis NFeed® (g/kg MS)				EPM ¹	P-valor	
	0	7,5	15,0	22,5		Linear	Quadrático
Proteína total (mg/dL)	23,58	19,20	25,93	22,90	5,37	0,9490	0,9009
Creatinina (mg/dL)	152,00	124,62	155,15	146,75	43,86	0,8512	0,8271
Ureia (mg/dL)	2871,65	2555,22	2900,12	3339,17	909,95	0,7793	0,6730
Vol. urinário ^e (L/dia) ²	1,25	1,36	1,06	1,21	0,42	0,9115	0,9591
Nitrogênio ingerido (g/dia)	43,69	40,98	37,65	38,79	3,71	0,4174	0,5997
Nitrogênio urinário (g/dia)	0,11	0,10	0,10	0,11	0,04	0,7380	0,7363
Nitrogênio fecal (g/dia)	10,57	7,01	7,82	7,11	1,39	0,1776	0,3237
Nitrogênio retido (g/dia)	33,01	33,87	29,73	31,57	2,57	0,6997	0,8515
Balanço de Nitrogênio (%)	75,78	82,84	79,61	81,83	2,14	0,1734	0,3062

*¹Erro padrão da média; ²Volume urinário estimado: $ECU_{\text{caprinos e ovinos}} = 19,82 \times PC$ ($r^2 = 0,98$).

Tabela 5. Concentrações médias dos metabólitos sanguíneos de ovinos confinados, avaliados antes e após duas horas da alimentação, em função do nível de aditivo (NFeed®).

	Níveis NFeed®□ (g/kg MS)					EPM¹	P-valor	
	IR²	0	7,5	15,0	22,5		Linear	Quadrático
Antes da alimentação								
Glicose (mg/dL)	29-87	77,15	75,65	74,48	70,63	3,49	0,9535	0,7319
Alanina aminotransferase (U/L)	7-56	9,65	9,95	12,40	8,90	2,04	0,3809	0,3645
Aspartato aminotransferase (U/L)	13-160	98,38	124,62	106,52	95,80	24,61	0,5125	0,4523
Triglicerídeos (mg/dL)	4-40	9,60	13,18	13,70	12,68	3,85	0,4588	0,5453
Albumina (g/dL)	1,1-5,1	3,95	4,05	3,90	3,63	0,21	0,6066	0,3755
Creatinina (mg/dL)	0,6-1,7	1,23	1,28	1,30	1,20	0,13	0,5838	0,5501
Ureia (mg/dL)	9-70	41,38	40,25	33,13	35,03	2,96	0,3165	0,6221
Proteínas totais (g/dL)	3,9-10,6	7,63	7,60	7,85	7,08	0,50	0,5904	0,4570
Duas horas após a alimentação								
Glicose (mg/dL)	29-87	75,28	74,78	76,13	70,30	2,47	0,5013	0,2941
Alanina aminotransferase (U/L)	7-56	9,83	10,35	12,68	10,20	2,18	0,4510	0,4944
Aspartato aminotransferase (U/L)	13-160	96,63	123,57	110,90	110,62	24,17	0,5356	0,5714
Triglicerídeos (mg/dL)	4-40	9,80	11,73	14,93	11,80	2,87	0,3012	0,3825
Albumina (g/dL)	1,1-5,1	3,85	4,10	3,83	3,90	0,16	0,6432	0,5936
Creatinina (mg/dL)	0,6-1,7	1,23	1,23	1,30	1,23	0,09	0,6470	0,6731
Ureia (mg/dL)	9-70	41,93	42,70	37,10	43,98	3,40	0,4201	0,3952
Proteínas totais (g/dL)	3,9-10,6	7,55	7,60	7,65	7,55	0,28	0,7838	0,7840

*¹Erro padrão da média; ²Intervalos de referência para o perfil metabólico de ovinos adultos (Schultz *et al.*, 2023).

Tabela 6. Valores médios para variáveis fisiológicas de ovinos confinados, aferidas nos períodos da manhã e tarde, em função do nível de aditivo (NFeed®).

	Níveis NFeed [®] (g/kg MS)				EPM ¹	P-valor	
	0	7,5	15,0	22,5		Linear	Quadrático
Manhã							
Frequência respiratória (mov/min)	82,3	74,3	71,5	71,0	16,45	0,7138	0,8161
Frequência cardíaca (bat/min)	100,5	94,5	92,5	102,0	8,49	0,3897	0,3599
Temperatura retal (°C)	39,6	37,4	39,5	39,3	1,07	0,4655	0,4054
Tarde							
Frequência respiratória (mov/min)	77,0	73,0	95,5	81,8	11,72	0,5658	0,6891
Frequência cardíaca (bat/min)	89,5	92,0	100,0	86,5	7,85	0,3431	0,3193
Temperatura retal (°C)	39,6	39,7	39,5	39,3	0,26	0,8405	0,6637

*¹Erro padrão da média.

Tabela 7. Valores médios para o comportamento ingestivo e mastigações merísticas de ovinos confinados em função do nível de aditivo (NFeed®).

	Níveis NFeed® (g/kg MS)				EPM ¹	P-valor	
	0	7,5	15,0	22,5		Linear	Quadrático
Alimentação (min/dia)	136,25	148,75	165,00	158,75	19,74	0,4649	0,6306
Ruminação (min/dia)	421,25	391,25	431,25	381,25	63,14	0,9431	0,8733
Ócio (min/dia)	785,00	800,00	732,50	808,75	73,20	0,6914	0,6763
Outras Atividades (min/dia) ²	102,50	103,75	116,25	93,75	13,02	0,4278	0,3715
Mastigações merísticas							
Número/bolo/dia	66,44	75,39	70,02	68,22	2,89	0,1092	0,0958
Tempo/bolo (segundos)	40,42	44,59	42,92	40,00	1,74	0,0810	0,0570

*¹Erro padrão da média; ²Outras atividades: comportamentos que não são diretamente relacionados ao consumo de alimento, ruminação ou ócio, onde já estão incluídos os tempos despendidos com ingestão de água, eliminação de fezes/urina e atividades sociais.

Tabela 8. Composição percentual dos ingredientes na matéria natural (MN), fornecimento médio diário e total, e avaliação do custo das dietas experimentais em função dos níveis do aditivo (NFeed®).

Ingredientes (% matéria natural)	Níveis NFeed® (g/kg MS)				Preço (R\$/kg MN)
	0	7,5	15,0	22,5	
Milho	49,90	53,15	56,37	59,60	1,40
Farelo de soja	16,21	12,15	8,10	4,06	3,00
Sal mineral	1,78	1,78	1,78	1,78	3,15
NFeed®	0,00	0,77	1,55	2,32	5,04
Silagem de milho	32,11	32,16	32,20	32,25	1,03
Fornecido médio diário (kg de matéria natural)	3,26	3,08	3,02	2,94	
Fornecido total em 84 dias (kg de matéria natural)	273,55	258,58	253,61	247,25	
Custo por kg da ração (R\$)	1,57	1,53	1,50	1,46	
Custo por kg/dia ração (R\$)	5,12	4,72	4,52	4,30	
Custo total da ração (R\$)	429,81	396,76	379,83	361,26	

Considerações finais

Após resultados obtidos, sugere-se avaliar níveis mais elevados de NFeed[®] (acima de 22,5 g/kg MS), a fim de investigar seu potencial efeito sobre desempenho, saúde ruminal e eficiência alimentar em diferentes condições de manejo. Além disso, recomenda-se, que pesquisas futuras explorem os efeitos dos compostos fitogênicos sobre os parâmetros ruminais, incluindo o pH, a concentração de amônia e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), bem como sua influência sobre a digestibilidade da dieta e a eficiência alimentar, visando compreender melhor suas implicações na produtividade, na saúde animal e na sustentabilidade dos sistemas de produção de ovinos. Por fim, são necessários estudos complementares para uma avaliação mais abrangente da viabilidade econômica e sua relação com o desempenho produtivo, considerando maior número de animais para ampliar a representatividade dos resultados.