

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

FÁBIO SANTOS DO NASCIMENTO

ASSOCIAÇÃO UREIA-PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS DE CORTE

**RECIFE
2023**

FÁBIO SANTOS DO NASCIMENTO

**ASSOCIAÇÃO UREIA-PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA
(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS DE
CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador:

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

Coorientadores:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

**RECIFE
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N244a Nascimento, Fábio Santos
Associação ureia-palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw na alimentação de ovinos de corte /
Fábio Santos Nascimento. - 2023.
77 f.
- Orientador: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Coorientador: Marcelo de Andrade Ferreira.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,
2023.
1. Ruminantes . 2. Palma forrageira. 3. Ganho de peso. 4. Qualidade da carne. I. Carvalho, Francisco Fernando
Ramos de, orient. II. Ferreira, Marcelo de Andrade, coorient. III. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ASSOCIAÇÃO UREIA-PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA
(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS DE
CORTE**

Tese elaborada por
FÁBIO SANTOS DO NASCIMENTO

Aprovado em: 28/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Presidente)

Profa. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Examinadora)

Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior
Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA
(Examinador)

Prof. Dr. Leílson Rocha Bezerra
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
(Examinador)

Dr. Daniel Barros Cardoso
Universidade Federal de Agreste de Pernambuco – UFAPE
(Examinador)

Aos meus pais, **Reginaldo Francisco do Nascimento** e **Maria de Fátima Santos do Nascimento**, por todo apoio, incentivo, companheirismo e todo suporte, para que eu pudesse ter percorrido esse caminho...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Às providências divinas, pela saúde, coragem e determinação para superar as dificuldades impostas na caminhada da vida e dessa jornada.

Aos meus pais Reginaldo Francisco do nascimento e Maria de Fátima Santos do Nascimento, por estarem sempre ao meu lado e por me fazer acreditar que todo esforço é sempre por algo melhor.

Aos meus filhos, João Pedro Carvalho Silva Nascimento e Maria Clara Carvalho Silva Nascimento, por me dar forças para seguir em frente...

A minha esposa Katúcia Tâmara Carvalho Silva, pela compreensão, companheirismo e paciência.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela capacitação profissional e experiência adquirida ao longo desses quatro anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo apoio acadêmico e científico para que fosse possível concluir mais essa etapa na minha vida profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro para desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Francisco Fernando Ramos de Carvalho, pela orientação, paciência e por todo ensinamento que me foi concedido ao longo dessa jornada.

Aos meus coorientadores: professor Marcelo de Andrade Ferreira e o professor João Paulo Ismério dos Santos Monnerat, por todo apoio, conhecimento e experiência que me foram concedidos durante essa caminhada científica.

A todos os professores e PNPDs que contribuíram de forma significativa para aprimorar meus conhecimentos, adquirir novas experiências através de seus ensinamentos e colaboraram para que muitas etapas da pesquisa fossem realizadas.

Aos alunos da graduação e da pós-graduação, que se dispuseram para ajudar no manejo dos animais, nos dias de coleta, processamento das amostras em laboratório, troca de experiências e companheirismo durante todo trajeto do doutorado. Sem vocês, a caminhada seria mais difícil ou impossível de chegar. Muitos, foram de forma passageira, mas deixaram seu legado e outros, além do legado acadêmico, permanecem na minha vida como meus amigos.

Aos tratadores e demais funcionários que contribuíram exercendo suas funções e pelo companheirismo e amizade de muitos, os quais, proporcionaram bons momentos durante todo esse trajeto.

Aos familiares e amigos que acreditaram em mim, incentivaram, estiveram ao meu lado e muitas vezes me fizeram tornar possível coisas que não acreditava mais que seria. A todos, que de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Minha gratidão!

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de dietas à base de palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw (OEM) com níveis crescentes de ureia em substituição ao farelo de soja sobre a ingestão e digestibilidade de nutrientes, balanço de nitrogênio (BN), metabólitos sanguíneos, desempenho, características e composição da carcaça, composição físico-química, qualidade e atributos sensoriais da carne de ovinos Santa Inês em confinamento. Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês, não castrados, com peso corporal inicial médio de $22,2 \pm 2,1$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos consistiram em quatro dietas à base de palma OEM associada a níveis crescente de ureia (0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg MS) em substituição ao farelo de soja. A adição da ureia em dietas à base de palma OEM não influenciou ($P > 0,05$) a ingestão de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (aFDNcp), nutrientes digestíveis totais (NDT) (g/dia) e MS (%PC^{0,75}), mas aumentaram ($P = 0,035$) a ingestão de MS (%PC), a ingestão (g/dia) de proteína bruta (PB) ($P = 0,018$), extrato etéreo (EE) ($P = 0,000$) e carboidratos não fibrosos (CNF) ($P = 0,028$), sem influenciar ($P > 0,05$) os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDNcp e CNF. As quantidades de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N absorvido (g/dia) ou N retido e N absorvido (% do ingerido) não foram influenciados, mas N urinário (g/dia), e o N retido (% do ingerido) foram influenciados ($P = 0,009$ e $P = 0,000$) com valores máximos (9,5 e 44,5 g/dia) nos níveis (7,3 e 21,9 g/kg MS) de ureia, respectivamente. As concentrações de triglicerídeo e albumina foram influenciados ($P = 0,003$ e $P = 0,015$) com valores máximos (22,4 e 2,9 g/dL) observados nos níveis (14,6 e 0 g/kg MS) de ureia, respectivamente. As concentrações de lactato ($P < 0,000$), das enzimas gama-glutamyltransferase ($P < 0,000$), fosfatase alcalina ($P = 0,013$) e as concentrações de cálcio ($P < 0,020$) e potássio ($P < 0,002$), aumentaram. O peso corporal ao abate, ganho de peso total e ganho médio diário, diminuíram ($P = 0,029$, $P = 0,003$, $P = 0,003$), respectivamente, enquanto a conversão alimentar aumentou ($P = 0,000$). O peso de corpo vazio ($P = 0,0089$), peso de carcaça quente ($P = 0,0230$) e peso de carcaça fria ($P = 0,0145$) diminuíram com adição da ureia. No entanto, o conteúdo do trato gastrointestinal, o rendimento de carcaça quente, rendimento de carcaça fria, índice de compactidade da carcaça, conformação da carcaça e gordura de acabamento não foram influenciados ($P > 0,05$). A gordura perirrenal foi influenciada ($P < 0,003$), com índices de engorduramento máximo (2,20) nos níveis (0 e 21,9 g/kg MS) de ureia e o peso do fígado, pulmões + traqueia e rins diminuíram ($P = 0,030$, $P = 0,002$, $P = 0,001$) respectivamente. Quanto aos cortes cárneos comerciais, o peso da perna ($P = 0,037$) e o rendimento do lombo ($P = 0,027$) reduziram linearmente, enquanto o rendimento de paleta foi influenciado ($P = 0,024$) com maior rendimento (20,20%) no nível (14,6 g/kg MS) de ureia. Com relação à composição tecidual da perna, o peso do músculo *Semitendinoso* ($P = 0,036$), músculo *Adutor* ($P = 0,0230$), peso dos 5 músculos da perna ($P = 0,018$) e índice de musculosidade da perna ($P = 0,019$), diminuíram linearmente. Além disso, o peso dos ossos, rendimento dos ossos, relação músculo/osso foram influenciados ($P = 0,047$, $P = 0,006$, $P = 0,014$) com valores máximos (552 g, 20,69%, 3,5) nos níveis (14,6; 7,3; 21,9) de ureia respectivamente. Os parâmetros avaliados na carne, pH, capacidade de retenção de água, parâmetros de coloração (L^* , a^* , b^*), teor de umidade, proteína bruta e cinzas não foram influenciados ($P > 0,05$). No entanto, diminuíram linearmente a perda por cocção ($P = 0,002$) e força de cisalhamento ($P = 0,044$), enquanto o teor de lipídeos aumentou linearmente ($P = 0,047$). Não houve diferença ($P > 0,05$) para atributos sensoriais da carne como aparência geral, cor, aroma, maciez, suculência e sabor. Níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM podem substituir parcialmente ou totalmente o farelo de soja na dieta de cordeiros confinados sem alterar a ingestão de matéria seca, ingestão de nutrientes digestíveis totais, digestibilidade aparente da MS e nutrientes, obter balanço de N positivo, não comprometer as características e o rendimento de carcaça, além de melhorar características qualitativas da carne sem interferir nos atributos sensoriais. No entanto, reduz o ganho de peso e aumenta a conversão alimentar.

Palavras-chave: Ruminantes, palma forrageira, nitrogênio não proteico, ganho de peso, qualidade da carne.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate effects of diets based on Orelha de Elefante Mexicana (OEM) (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw with increasing levels of urea in replacing soybean meal on nutrient intake and digestibility, nitrogen balance (NB), blood metabolites, performance, carcass characteristics and composition, physicochemical composition, quality and sensorial attributes of feedlot Santa Inês sheep. Forty non-castrated Santa Inês lambs, with an average initial body weight of 22.2 ± 2.1 kg, were distributed in a completely randomized design, with four treatments and 10 replications. The treatments consisted of four diets based on palm oil associated with increasing levels of urea (0; 7.3; 14.6 and 21.9 g/kg DM) replacing soybean meal. The addition of urea in diets based on OEM cactus were not influence ($P > 0,05$) intake of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (acpNDF), total digestive nutrients (TDN) (g/day) and DM (%BW^{-0.75}), but increased ($P = 0,035$) the intake of DM (%BW), the intake (g/day) of crude protein (CP) ($P = 0,018$), ether extract (EE) ($P = 0,000$) and non-fiber carbohydrates (NFC) ($P = 0,028$), without influencing ($P > 0,05$) the apparent digestibility coefficients of DM, OM, CP, EE, acpNDF and NFC. The amounts of ingested nitrogen (N), fecal N, absorbed N (g/day) or retained N and absorbed N (% ingested) were not influenced, but urinary N (g/day), and retained N (% ingested) were influenced ($P = 0,009$ and $P = 0,000$) with maximum values (9,5 and 44,5 g/day) in levels (7,3 and 21,9 g/kg DM) of urea respectively. However, triglycerides and albumin concentrations were influenced ($P = 0,003$ and $P = 0,015$) with maximum values (22,4 and 2,9 g/dL) observed at levels (14,6 and 0,0 g/kg DM) of urea, respectively. The concentrations of lactate ($P < 0,000$), gamma-glutamyltransferase ($P < 0,000$), alkaline phosphatase ($P = 0,013$) and calcium ($P < 0,020$) and potassium ($P < 0,002$) concentrations increased. The body weight at slaughter, total weight gain and average daily gain decreased linearly ($P = 0,029$, $P = 0,003$, $P = 0,003$) respectively, while feed conversion increased ($P = 0,000$). Empty body weight ($P = 0,009$), hot carcass weight ($P = 0,023$) and cold carcass weight ($P = 0,015$) decreased with the addition of urea. However, the contents of the gastrointestinal tract, hot carcass yield, cold carcass yield, carcass compactness index, carcass conformation and finishing fat were not influenced ($P > 0,05$). The perirenal fat was influenced ($P < 0,003$), with maximum fat indices (2.20) on levels (0 and 21.9 g/kg DM) of urea and the weight of the liver, lungs + trachea and kidneys decreased ($P = 0,030$, $P = 0,002$, $P = 0,001$), respectively. The commercial meat cuts, leg weight ($P = 0,037$) and loin yield ($P = 0,027$) decreased linearly, while shoulder yield was influenced ($P = 0,024$) with higher yield (20.20%) at the level (14.6 g/kg DM) of urea. Regarding the tissue composition of the leg, the weight of the *Semitendinosus* muscle ($P = 0,036$), *Adductor* muscle ($P = 0,023$), weight of the 5 leg muscles ($P = 0,018$) and leg muscularity index ($P = 0,019$) decreased linearly. In addition, bone weight, bone yield, muscle/bone ratio were influenced ($P = 0,047$, $P = 0,006$, $P = 0,014$) with maximum values (552 g, 20.69%, 3.5) in the levels (14.6; 7.3; 21.9) of urea respectively. The parameters evaluated in the meat, pH, water holding capacity, color parameters (L^* , a^* , b^*), moisture content, crude protein and ash were not influenced ($P > 0,05$). However, cooking loss ($P = 0,002$) and shear force ($P = 0,044$) decreased linearly, while the lipids content increased linearly ($P = 0,047$). There was no difference ($P > 0,05$) for meat sensory attributes such as general appearance, color, aroma, tenderness, juiciness and flavor. Orelha de Elefante Mexicana spineless cactus based diets, can partially or completely replace soybean meal in the diet of feedlot lambs without without changing dry matter intake, total digestible nutrient intake, apparent dry matter and nutrient digestibility, obtaining a positive N balance, not compromising the characteristics and carcass yield, in addition to improving the qualitative characteristics of the meat without interfering with sensory attributes. However, it reduces performance and increases feed conversion.

Keywords: Ruminants, cactus pear, non-protein nitrogen, weight gain, meat quality.

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Efeito na ingestão de matéria seca (MS) por ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira	3
Tabela 2. Efeitos na fermentação ruminal e na síntese de proteína microbiana de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira.....	6
Tabela 3. Balanço de N de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira.....	10
Tabela 4. Desempenho e características de carcaça de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação entre fontes de N e de carboidratos.....	13

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca (g/kg MS).	25
Tabela 2. Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.....	25
Tabela 3. Ingestão de matéria seca, nutrientes e digestibilidade aparente em cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.	30
Tabela 4. Balanço de nitrogênio (N) de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.	30
Tabela 5. Perfil metabólico sanguíneo de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia. ...	31
Tabela 6. Desempenho de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.....	32

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca (g/kg MS).	47
Tabela 2. Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.....	48
Tabela 3. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescentes de ureia	54
Tabela 4. Componentes não carcaça de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.....	55
Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes cárneos comerciais de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.....	56
Tabela 6. Pesos e rendimentos dos componentes tissulares da perna esquerda de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.	57
Tabela 7. pH e parâmetros físico-químicos do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.	58

Tabela 8. Avaliação sensorial do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros alimentados com dieta a base de palma orelha de elefante mexicana (<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.	58
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Ingestão de matéria seca.....	2
2.2 Metabolismo ruminal e síntese de proteína microbiana	4
2.3 Absorção intestinal de peptídeos, AA, proteína microbiana e balanço de N	8
2.4 Metabolismo visceral e hipertrofia muscular	10
2.5 Qualidade da carne	15
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 1	20
Desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de palma orelha de elefante mexicana associada a níveis crescentes de ureia.....	20
RESUMO.....	21
ABSTRACT	22
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 Animais e tratamentos.....	24
2.2 Consumo e digestibilidade.....	26
2.3 Análise química dos alimentos, sobras e fezes.....	26
2.4 Balanço de nitrogênio	27
2.5 Coleta de sangue e bioquímica sérica.....	28
2.6. Ganho de peso e conversão alimentar	28
2.7. Análise estatística	29
3 RESULTADOS e DISCUSSÃO	29
4 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 2	42
Características de carcaça e qualidade da carne de ovinos alimentados com dietas à base de palma orelha de elefante mexicana associada a níveis crescentes de ureia.....	42
RESUMO.....	43
ABSTRACT	44
1 INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1 Animais e desenho experimental	46
2.2 Dietas experimentais e manejo de alimentação.....	47
2.3 Desempenho, abate, características da carcaça e componentes não carcaça	49
2.4 Composição tecidual da perna e qualidade da carne	50
2.5 Análise sensorial.....	52
2.6 Análise estatística	52

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO	53
4 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Há mais de cem anos, pesquisadores alemães descobriram que a ureia poderia ser usada para substituir uma porção de proteína em rações de ruminantes (KERTZ, 2010). Como fonte de nitrogênio não proteico (NNP), a ureia aumenta o teor de proteína das dietas de ruminantes a um menor custo por unidade de nitrogênio em comparação às fontes de proteína verdadeira (SANTOS et al., 2020).

É amplamente conhecido que a ureia fornece uma fonte de N para síntese de proteína microbiana. Dessa forma, os microrganismos ruminais a convertem em amônia (NH_3) e, posteriormente, em proteína microbiana, aumentando, assim, a oferta de proteína disponível para o hospedeiro (WAHYONO et al., 2022). No entanto, a quantidade de ureia que pode ser utilizada nas dietas é bastante restrita devido à sua rápida hidrólise em NH_3 no rúmen pela enzima urease (GOLOMBESKI et al., 2006).

O requisito mínimo de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) para o crescimento e atividade microbiana depende da disponibilidade de carboidratos. Dessa forma, a manipulação dietética deve ser conduzida para obter o suprimento ideal de energia ruminal e fornecer a quantidade adequada de N disponível (HENNING et al., 1993). Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de associação da ureia com alimentos de expressiva disponibilidade energética na composição de dietas para ruminantes.

A palma forrageira é conhecida por ser um alimento rico em água (850-900 g/kg no alimento natural) e carboidratos não fibrosos (CNF; 640-710 g/kg na matéria seca - MS), com alta digestibilidade da MS (FERREIRA et al. 2011). No entanto, o teor de proteína bruta (PB) (33-44 g/kg MS) da palma forrageira (BATISTA et al., 2009) é insuficiente para o adequado desempenho animal, mas a alta concentração de carboidratos solúveis possibilita a incorporação de fontes de NNP com o objetivo de elevar o teor de proteína (FERREIRA et al., 2009), sendo comum a associação com ureia pecuária. Assim, o uso de fontes de carboidratos sincrônicos à ureia pode melhorar a síntese de proteína microbiana e o desempenho animal (SILVA et al., 2020).

Segundo Xu et al. (2019), a ureia pode substituir parcialmente o farelo de soja na criação de cordeiros na fase de engorda quando alimentados com dietas que apresentam estreita relação volumoso concentrado, sem prejudicar a utilização de nutrientes, fermentação ruminal, metabolismo ou desempenho. De acordo com Wahyono et al. (2022), a ureia, como suplemento de N de baixo custo, é uma escolha razoável para melhorar a fermentação ruminal, a ingestão de nutrientes, a digestibilidade e o desempenho de ovinos. Pereira et al. (2020) relataram que a

inclusão de ureia até 24,0 g/kg de MS pode substituir totalmente o farelo de soja na dieta de ovinos alimentados com dietas à base de palma forrageira sem alterar o consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais.

De acordo com Wang et al. (2016), o uso de ureia na alimentação de ovinos pode substituir parcialmente o farelo de soja, mas a substituição total reduz o desempenho e a qualidade da carne. A associação de ureia com palma forrageira até 281,1 e 29,4 g/kg MS, respectivamente, na dieta de ovinos, foi recomendado por Abreu et al. (2019) visto que não interferiu no consumo e na qualidade da carne.

Dessa forma, acredita-se que o uso de ureia em substituição a outras fontes de N na alimentação de ruminantes, quando associada a uma fonte de carboidratos de rápida fermentação como a palma forrageira, seja uma opção importante para a alimentação de ovinos de corte em regiões semiáridas. Portanto, para intensificar a produção de ovinos e a oferta de produtos cárneos de melhor qualidade, faz-se necessário mais pesquisas para avaliar a utilização dessas fontes de alimento sobre as respostas de consumo, metabólicas, de desempenho e na qualidade da carne de cordeiros confinados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ingestão de matéria seca

A utilização de ureia na alimentação de ruminantes pode ter implicações na ingestão de MS principalmente a depender dos níveis de utilização e da associação com outras fontes de alimentos. De acordo com Golombeski et al. (2006), a natureza amarga da ureia pode afetar a aceitação e a ingestão de ração. Além disso, a rápida hidrólise da ureia em NH_3 no ambiente ruminal e consequente absorção pode aumentar o risco de intoxicação (CHALUPA, 1968).

Para otimizar a ingestão de MS, a suplementação de ureia pode ser associada a palma forrageira, que segundo Ferreira et al. (2009) apresenta alta aceitabilidade e grandes quantidades podem ser voluntariamente consumidas. No entanto, o alto teor de água presente na palma forrageira pode comprometer a ingestão de MS pela limitação física do rúmen (CARDOSO et al., 2019; SANTOS et al., 2020).

De acordo com Wahyono et al. (2022), a suplementação com ureia deve ser balanceada com a ingestão de carboidratos solúveis. O fornecimento de carboidratos de rápida disponibilidade no rúmen fornece o aporte necessário de esqueletos carbônicos maximizando o aproveitamento do N e evitando a intoxicação causada pelo excesso de N-NH_3 absorvido pela membrana ruminal e, conseqüentemente, circulando no plasma sanguíneo (PEREIRA et al.,

2020). Dessa forma, devido aos carboidratos solúveis presentes na palma forrageira, que são rapidamente degradados (SIQUEIRA et al., 2019), o consórcio dessas duas fontes alimentares torna-se relevante.

Alguns pesquisadores têm investigado qual o efeito da associação de diferentes níveis de ureia e palma forrageira sobre a ingestão de MS em ovinos. Os efeitos dessa associação podem ser observados na Tabela 1.

A princípio, pode ser observada uma discrepância em relação à ingestão de MS entre os trabalhos citados (Tabela 1). Provavelmente, essa diferença se deu em função do peso e da idade dos animais utilizados nos respectivos experimentos. Além disso, o uso de outros ingredientes para compor as dietas pode ter influenciado na ingestão de MS.

Tabela 1. Efeito na ingestão de matéria seca (MS) por ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira

Autores	Níveis de ureia (g/kg MS)*	Níveis de palma forrageira (g/kg MS)	Ingestão g/dia	Efeito **
Lins et al. (2017)	19,3	125,0	1170	Efeito quadrático
	26,3	249,0	1348	
	32,4	375,0	1426	
	39,4	492,0	1376	
Abreu et al. (2019)	18,8	93,7	930	Sem efeito
	24,1	187,4	1040	
	29,4	281,1	930	
Araújo et al (2020)	4,1	121,2	1487	Linear crescente
	5,2	244,9	1759	
	5,3	371,2	1671	
	6,4	500,0	1748	
Pereira et al. (2020)	8,0	450,0	2090	Sem efeito
	16,0	450,0	2220	
	24,0	450,0	2160	
Mora-Luna et al. (2022)	4,0	147,0	1179	Efeito quadrático
	8,0	293,0	1379	
	12,0	437,0	1185	
	16,0	583,0	1236	

Adaptado pelo Autor

* Ureia com sulfato de amônia na proporção de (9:1) com exceção do trabalho de Pereira et al. (2020) que utilizaram ureia com enxofre na proporção de (9:1).

** Nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Segundo Lins et al. (2017), ovinos alimentados com níveis acima de 31,6 g/kg de MS de ureia em torno de 80% de substituição do farelo de trigo por palma forrageira tiveram reduzida a ingestão de MS por afetar a palatabilidade da dieta. No entanto, também foi

comprovado que a substituição de até 80% do farelo de trigo por palma forrageira promoveu maior ingestão de MS e nutrientes digestíveis totais (NDT).

O uso de baixos níveis de ureia associado à palma forrageira parece não ser suficiente para influenciar na ingestão de MS de ovinos. Entretanto, segundo Araújo et al. (2020), o aumento de palma forrageira na dieta, pode proporcionar maior ingestão de MS como consequência de maior disponibilidade de CNF que possui alta degradabilidade ruminal e pode proporcionar maior taxa de passagem da digesta.

Mora-Luna et al. (2022), trabalhando com ovinos, relataram que a inclusão de palma forrageira com ureia e sulfato de amônia no nível de 355,43 g/kg MS promoveu maior ingestão de MS devido a palma apresentar maior degradação ruminal da MS em função das baixas concentrações de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados (FDN_{cp}) e lignina (148 e 10 g/kg MS, respectivamente), e alta concentração de CNF (712 g/kg MS). Entretanto, a redução na ingestão de MS com níveis mais alto de associação foi devido, possivelmente, à regulação metabólica como consequência do aumento das concentrações de propionato.

A ingestão de outros nutrientes pode ser influenciada pela ingestão de MS, mas também deve ser considerada a composição química entre as dietas e os níveis de utilização dos ingredientes, visto que esses fatores ou a associação entre eles podem influenciar na ingestão de nutrientes. Normalmente, dietas com níveis crescentes de ureia refletem em maior quantidade de N degradável no rúmen, mesmo quando as dietas são isonitrogenadas e dietas com diferentes níveis de palma forrageira, geralmente ocorre alterações na relação de ingestão de CNF:FDN em função da alta concentração de CNF e baixa concentração de FDN presentes nesse alimento.

2.2 Metabolismo ruminal e síntese de proteína microbiana

Os dois principais componentes dietéticos exigidos pelos microrganismos ruminais para o crescimento são carboidratos fermentáveis e proteína degradável no rúmen (PDR) (KHATTAB et al., 2013). Para ruminantes, a ureia dietética e reciclada do fígado pode ser absorvida pelos microrganismos ruminais e metabolizada para se tornar proteína microbiana, que é uma boa fonte de proteína para a síntese de proteína muscular (TADELE; AMHA, 2015; HAILEMARIAM et al. 2021).

No rúmen, a ureia é rapidamente hidrolisada em NH₃ e gás carbônico (CO₂) pela enzima bacteriana urease (JIN et al., 2018). Para que as bactérias ruminais consigam sintetizar AA a partir da NH₃ elas necessitam de energia e esqueletos de carbônicos dentre outros nutrientes

(SANTOS; PEDROSO, 2011). Nesse contexto, deve-se ressaltar a suplementação com fontes de enxofre para que as bactérias sintetizem AA sulfurados (metionina, cistina e cisteína).

De acordo com Ferreira et al. (2012), a palma forrageira pode ser combinada com ureia devido à alta concentração de carboidratos solúveis que facilita a incorporação de N na proteína microbiana, que é a principal fonte de proteína metabolizável para o animal hospedeiro. Vários estudos confirmaram que a suplementação com carboidratos fermentáveis no rúmen diminui as concentrações de NH_3 ruminal devido ao aumento na captação de NH_3 para a síntese de proteínas microbianas (HRISTOV et al., 2019).

A otimização da síntese microbiana é um dos principais objetivos buscados pelos pesquisadores em nutrição de ruminantes (ALVES et al., 2014). Dessa forma, estudos têm sido desenvolvidos utilizando diferentes níveis de ureia e de palma forrageira para avaliar os possíveis efeitos dessa associação na fermentação ruminal e síntese de proteína microbiana. Alguns desses resultados podem ser observados na Tabela 2.

De acordo com os resultados da meta-análise realizada por Wahyono et al. (2022), o aumento do pH e da concentração de N-NH_3 está relacionado com níveis crescentes de suplementação com ureia. No entanto, segundo Mora-Luna et al. (2022), o pH e as concentrações de N-NH_3 podem reduzir em resposta a maior produção de AGCC em dietas com altos níveis de CNF como observado na Tabela 2.

É notória a interação entre pH, N-NH_3 e AGCC no ambiente ruminal. Segundo Xu et al. (2019), o pH ruminal é uma indicação do equilíbrio entre o nível de amônia e o total de AGCC no rúmen. Portanto, quando os níveis e a disponibilidade de N e CNF não são síncronos, pode comprometer o desenvolvimento microbiano.

Tabela 2. Efeitos na fermentação ruminal e na síntese de proteína microbiana de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira

Altores	Níveis de ureia (g/kg MS)*	Níveis de palma forrageira (g/kg MS)	**Efeito sobre as variáveis:			
			pH	N-NH ₃	AGCC	Spmic
Lins et al. (2017)	19,3	125,0	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado	Linear decrecente
	26,3	249,0				
	32,4	375,0				
	39,4	492,0				
Pereira et al. (2020)	8,0	450,0	Não significativo	Não significativo	Não significativo	Não avaliado
	16,0	450,0				
	24,0	450,0				
Mora-Luna et al. (2022)	4,0	147,0	Linear decrescente	Linear decrescente	Linear crescente	Efeito quadrático
	8,0	293,0				
	12,0	437,0				
	16,0	583,0				

Adaptado pelo Autor

N-NH₃ = Nitrogênio amoniacal no rúmen; AGCC = Ácidos graxos de cadeia curta e Spmic = Síntese de proteína microbiana

* Ureia com sulfato de amônia na proporção de (9:1) com exceção do trabalho de Pereira et al. (2020) que utilizaram ureia com enxofre na proporção de (9:1).

** Nível de significância de 5% (P < 0,05).

De acordo com Lins et al. (2017), em ovinos alimentados com dietas contendo 375 e 492 g/kg MS de palma forrageira com níveis de 32,4 e 39,4 g/kg MS de ureia, respectivamente, houve redução na síntese de proteína microbiana (Tabela 2). Os autores atribuíram o resultado a maior quantidade de ureia, que devido à rápida degradação ruminal, reduziu a ingestão de MS e causou um desequilíbrio na relação energia/nitrogênio e os microrganismos não puderam utilizar a quantidade total de NH_3 que estava disponível no rúmen. Mora-Luna et al. (2022) observaram que na inclusão de palma forrageira com ureia e sulfato de amônia no nível de 418 g/kg MS ocorreu a maior síntese de proteína microbiana, provavelmente devido ao melhor sincronismo entre a fonte de NNP e o uso de energia decorrente da degradabilidade ruminal dos CNF da palma forrageira.

Avaliando o uso de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck) e cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) associadas a ureia em comparação a outras fontes de volumoso na dieta de ovinos, Siqueira et al. (2022) observaram valores de pH dentro dos níveis recomendados como ideais para atividade das bactérias celulolíticas (6,2 a 7,0) Hoover (1986), maiores concentrações de N-NH_3 e maior produção de AGCC, comprovando o sincronismo entre fermentação de CNF e utilização de amônia pelos microrganismos ruminais.

O uso de ureia associada à palma forrageira também tem sido avaliado em comparação a outras fontes de N e de CNF na alimentação de ovinos. Santos et al. (2020), avaliando o uso de ureia associada a diferentes fontes energéticas (milho moído, raspa de mandioca e palma forrageira), notaram melhora na eficiência da síntese de N microbiano quando a ureia foi associada com palma forrageira. Pinho et al. (2021), utilizando várias fontes de N (farelo de soja, farelo de algodão, semente de algodão inteira + ureia e ureia) em dietas a base de palma forrageira, observaram maiores valores de pH e N-NH_3 no rúmen de animais que consumiram dietas contendo ureia.

A rápida decomposição de ureia em NH_3 pode ocorrer em uma taxa mais rápida que a ingestão de NH_3 pelas bactérias no ambiente ruminal, levando ao acúmulo e escape de NH_3 do rúmen (MAHMOUDI-ABYANE et al. (2020). Segundo Kozloski (2019), a absorção de NH_3 é proporcional a sua concentração no rúmen e aumentada com a elevação de pH no fluido ruminal. Além disso, baixa disponibilidade de carboidratos de rápida fermentabilidade no rúmen também pode influenciar na absorção ruminal de NH_3 .

O excesso de NH_3 é convertido em ureia no fígado (KOZLOSKI, 2019), gerando perdas tanto de energia quanto de N (COSTA et al., 2017), visto que esse processo utiliza 12 kcal/g N (VAN SOEST, 1994), ou dois moles de ATP para cada mole de ureia produzida (SANTOS;

PEDROSO, 2011). A NH_3 que foi metabolizada a ureia pelo fígado tanto pode retornar ao rúmen quanto pode ser excretada via urina, resultando em perdas de N.

O fornecimento de dietas ricas em carboidratos fermentáveis pode elevar a concentrações de AGCC e reduzir o pH ruminal (XU et al., 2018). Em pH fisiológico de 6,5 ou inferior prevalece a absorção ruminal de amônio (NH_4^+) por transporte facilitado pelo potássio (ABDOUN et al. (2006) e, dessa forma, não podem ser removidos rapidamente através da parede do rúmen para o sangue (HALIBURTON; MORGAN, 1989). Segundo Hailemariam et al. (2021), as taxas de hidrólise de ureia são inibidas pela acumulação de NH_3 no meio circundante, mas quando carboidratos fermentáveis suficientes estão disponíveis, a NH_3 é convertida em AA, o que pode criar espaço adicional para hidrólise de ureia.

É importante ressaltar que o excesso de CNF na dieta pode reduzir drasticamente o pH ruminal e assim, comprometer a síntese de proteína microbiana e causar distúrbios metabólicos nos ruminantes. Portanto, o balanceamento adequado das fontes de N e CNF resulta em eficiência de utilização dos nutrientes pelos microrganismos ruminais e aumenta a síntese de proteína microbiana, principal fonte de proteína metabolizável para o hospedeiro.

2.3 Absorção intestinal de peptídeos, AA, proteína microbiana e balanço de N

As exigências de proteína pelos animais ruminantes são atendidas pelos aminoácidos e absorvidos no intestino delgado, denominadas de exigências de proteína metabolizável (PM). A proteína que chega ao intestino delgado consiste na fração microbiana, da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína endógena (PEREIRA et al., 2005)

A PM disponível para absorção intestinal dependerá, em parte, das fontes proteicas utilizadas na dieta. Segundo Putri et al. (2021), as proteínas podem ser divididas em proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A PDR é composta de proteína verdadeira e de NNP, a fração de proteína verdadeira dá origem aos peptídeos, AA e NH_3 , enquanto o NNP dá origem a NH_3 e CO_2 . De acordo com Santos e Pedroso (2011), as bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos (CF) requerem NH_3 como fonte de N, enquanto as fermentadoras de CNF têm maior requerimento por AA e peptídeos. Nesse contexto, o perfil de AA absorvíveis no intestino varia principalmente em função da fonte proteica utilizada na dieta, síntese de proteína microbiana e da proteína que escapou da fermentação ruminal.

Segundo Santos e Pedroso (2011), a proteína microbiana tem um perfil excelente dos dois AA essenciais (lisina e metionina) que são os mais limitantes na produção de leite e carne; entretanto, os AA essenciais de cadeia ramificada (leucina, valina e isoleucina) são limitantes

na proteína microbiana. A maioria das fontes de PNDR apresentam perfil de AA inferior ao da proteína microbiana por ser deficiente em lisina ou metionina ou mesmo nos dois, vistos que estes são limitantes na produção de ruminantes. De acordo com Schuba et al. (2017), os ruminantes precisam de aminoácidos absorvíveis no intestino delgado originados em grande parte da síntese de proteína bruta microbiana do rúmen e, em quantidades menores, de PB dietética não degradada no rúmen.

A mucosa do intestino delgado contém sítios para absorção de peptídeos, AA, nucleotídeos e nucleosídeos. Os AA essenciais são absorvidos a uma taxa mais rápida que os AA não essenciais e a absorção de peptídeos é um processo que requer energia e utiliza transportadores dependente de sódio (SANTOS; PEDROSO, 2011).

Em dietas contendo ureia associada à palma forrageira, devido à alta taxa de fermentabilidade desses dois ingredientes, parte dos produtos da fermentação são utilizados na síntese de proteína microbiana, e esta torna-se a principal fonte de PM para o hospedeiro. De acordo com Kozloski (2019), a digestibilidade intestinal das proteínas de origem bacteriana é relativamente constante, em torno de 75 a 80%, além disso, a principal forma de NNP que chega ao intestino delgado é representado pelos ácidos nucleicos de origem bacteriana, os quais, cerca de 75 a 90% são digeridos e absorvidos.

A otimização da síntese de proteína microbiana no rúmen consiste em maior fluxo de PM com melhor perfil de AA essenciais para o intestino e reduz a necessidade de PNDR, além de reduzir as perdas de NH_3 ruminal que reflete menor excreção de ureia para o ambiente resultando em melhor aproveitamento do N para síntese de tecido muscular. Segundo Ribeiro et al. (2014), em ensaios de digestibilidade *in vivo* é possível quantificar a proteína metabolizável através da mensuração da ingestão de nitrogênio e das perdas de nitrogênio na urina e fezes. Dessa forma, o balanço de N pode ajudar a determinar a eficiência do uso do nitrogênio em ruminantes.

Na Tabela 3 estão os resultados do balanço de N em ovinos alimentados com dietas contendo ureia associada à palma forrageira. De acordo com Lins et al. (2017), o balanço de N positivo indica que a ingestão proteica foi adequada para as exigências proteicas dos ovinos e Santos et al. (2020) corroboram, afirmando que nessa condição não houve deficiência proteica.

De acordo com Pinho et al. (2021), a recuperação de N nas fezes está relacionada à fonte de N ingerida. Fontes de maior taxa de fermentação, conseqüentemente, ocorre menor recuperação nas fezes, sendo que a excreção urinária de N pode ser maior. No entanto, o aumento na quantidade de N degradável no rúmen diminuiu a excreção urinária de N (MORALUNA et al., 2022).

Tabela 3. Balanço de N de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação de ureia com palma forrageira

Altores	Níveis de ureia (g/kg MS)*	Níveis de palma forrageira (g/kg MS)	N ingerido g/dia	N fecal g/dia	N urinário g/dia	N retido g/dia
Lins et al. (2017)	19,3	125,0	25,3	5,0	5,2	15,1
	26,3	249,0	30,3	4,7	5,7	19,9
	32,4	375,0	32,7	4,7	6,8	21,1
	39,4	492,0	32,3	4,0	6,1	22,2
Santos et al. (2020)	28,0	379,0	21,6	4,3	12,3	5,0
Pinho et al. (2021)	16,0	400,0	33,9	11,2	5,4	17,4
	26,0	410,0	28,0	5,9	5,8	16,4
Mora-Luna et al. (2022)	4,0	147,0	28,1	6,4	10,7	11,0
	8,0	293,0	31,6	6,6	10,1	14,9
	12,0	437,0	26,9	5,8	9,5	11,7
	16,0	583,0	27,8	5,4	9,7	12,7

Adaptado pelo Autor

* Ureia com sulfato de amônia na proporção de (9:1)

De acordo com os resultados observados (Tabela 3), a excreção de N urinário, também se correlaciona com a proporção de CNF na dieta. Portanto, o sincronismo entre a taxa de fermentação do N e dos CNF, pode resultar em maior retenção de N.

Segundo Lu et al. (2019), a alimentação adequada com CNF pode melhorar a recuperação de nitrogênio em animais ruminantes. De acordo com Wahyono et al. (2022), a maior retenção de N é causada por maior quantidade de energia metabolizável e proteína microbiana que chega no intestino delgado. Segundo Alves et al. (2014), a maior retenção de N pode indicar melhor utilização do N dietético e possivelmente maior deposição muscular e ganho de peso.

2.4 Metabolismo visceral e hipertrofia muscular

O desempenho de ruminantes é altamente dependente da ingestão de matéria orgânica (MO) digestível e da eficiência como os nutrientes absorvidos são utilizados pelos animais (MOUSQUER et al., 2014). Nesse processo, o metabolismo visceral representa a interface entre a dieta e os nutrientes que contribuem para as funções vitais e produtivas dos animais.

O sistema visceral é composto pelo sistema portal (trato gastrintestinal, pâncreas, baço e tecido adiposo mesentérico) mais o fígado. As funções exercidas por esse conjunto de órgãos viscerais têm um custo energético e proteico significativo, de forma que quantidades variáveis de substâncias são metabolizadas envolvendo oxidação para obtenção de energia, transformação ou síntese de outros compostos (KOSLOSKI, 2019). As variações na atividade metabólica desses tecidos podem alterar a proporção e quantidade líquida de metabólitos

disponíveis aos tecidos periféricos e influenciar o metabolismo geral do organismo (KOSLOSKI, 2019). Contudo, o fluxo sanguíneo é o responsável por assimilar os nutrientes absorvidos no trato gastrointestinal para entrega ao fígado e, após metabolismo nesse órgão, também é responsável pela condução dos nutrientes disponíveis para uso pelos tecidos periféricos (KREHBIEL et al., 2016).

A composição química da dieta e a ingestão dela pelo animal influenciam a quantidade e a qualidade dos nutrientes que serão metabolizados e, conseqüentemente, pode afetar o desenvolvimento de órgãos responsáveis pelo respectivo metabolismo, assim como os demais tecidos que são destino dos metabólitos.

Em dietas com maior proporção de PDR principalmente quando faz uso de ureia, o N disponível para o metabolismo será resultado principalmente da síntese de proteína microbiana e da absorção de NH_3 ruminal. Conseqüentemente, pode aumentar a liberação de NH_3 através do sistema portal e subsequente remoção de NH_3 pelo fígado (KREHBIEL et al., 2016). Quanto aos AA, a quantidade e o perfil disponíveis no sangue portal são, geralmente, bem diferentes daqueles absorvidos (KOSLOSKI, 2019). A utilização de AA não essenciais pelos tecidos que compõem o sistema portal é proporcionalmente mais alta que os essenciais, de modo que o fluxo mesentérico ou portal líquido dos não essenciais é menor que dos essenciais, visto que estes são prioritariamente utilizados na síntese de proteínas, enquanto os não essenciais são usualmente oxidados para produção de ATP (KOSLOSKI, 2019).

A NH_3 captada pelo fígado ou resultante do metabolismo de AA é convertida em ureia antes que alcance a corrente sanguínea e possa desencadear quadro de toxicidade ao animal. O processo de transformação de NH_3 em ureia é realizado às custas de energia, sendo que parte da ureia produzida pode ser excretada na urina ou reciclada. Segundo Nichols et al. (2022), a dinâmica da reciclagem de ureia e sua importância quantitativa para a economia de N dos ruminantes são afetadas por fatores alimentares e fisiológicos. Em geral, a transferência de ureia endógena para o trato gastrintestinal está relacionada positivamente à concentração de ureia sanguínea e ao fornecimento de energia fermentável no rúmen e negativamente à concentração de amônia ruminal.

De acordo com Santos e Pedroso (2011), porção considerável da utilização de AA pelos ruminantes ocorre nas vísceras drenadas pela veia porta antes de chegar ao fígado, sendo que este é outro órgão que utiliza intensamente AA tanto para síntese de tecidos como também para síntese de glicose. No entanto, segundo Kosloski (2019), os AA essenciais de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina) são usados em proporção bem menor.

De acordo com Mousquer et al. (2014), se o incremento na oferta de propionato que chegará ao fígado for adequado é transformando em glicose para fins energéticos, evidentemente o animal não necessitará desviar outros nutrientes, dietéticos ou não, para fins de fornecimento de energia, como por exemplo, a proteína, seja ela dietética ou corporal. Com isso, a proteína presente na dieta poderá ser direcionada para a sua finalidade mais nobre, ou seja, a produção de massa muscular.

Dietas com fontes energéticas de rápida fermentabilidade no rúmen, como a palma forrageira, aumenta a produção de AGCC (SIQUEIRA et al., 2022), bem como, o aumento dos níveis na dieta, resulta em aumento linear na produção de AGCC (MORA-LUNA et al., 2022).

Segundo Kosloski (2019), estima-se que cerca de 50% da demanda total de energia das vísceras drenadas pela veia porta é suprida pela oxidação de AGCC, principalmente acetado, a exceção é o intestino delgado que utiliza glicose como principal substrato energético. Dos AGCC que entram no sangue portal, o fígado capta praticamente todo o propionato e butirato, e nos hepatócitos ocorre a transformação em glicose e β -hidrobutirato, respectivamente, os quais são disponibilizados para os tecidos periféricos juntamente com o acetato, o qual, normalmente não é captado pelo fígado.

Dependendo da liberação das vísceras drenadas pelo sistema portal, necessidades periféricas e natureza do nutriente, o fígado pode alterar a concentração de nutrientes que saem em relação à concentração que entra. Em última análise, as concentrações de nutrientes que saem do fígado ditam a manutenção do animal e as funções produtivas (KREHBIEL et al., 2016).

Diante do exposto, é notório que os alimentos utilizados na composição da dieta e suas respectivas proporções, podem influenciar o metabolismo visceral e os nutrientes que chegam nos tecidos para que os animais possam expressar seu potencial produtivo. Alguns resultados de dietas com diferentes níveis de associação entre fontes de N e de carboidratos sobre o desempenho e características de carcaça de ovinos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Desempenho e características de carcaça de ovinos alimentados com diferentes níveis de associação entre fontes de N e de carboidratos

Altores	Fonte de N	g/kg MS	Fonte de carboidrato	g/kg MS	**Efeito sobre as variáveis			
					GMD (kg/dia)	PCA (kg)	PCF (kg)	RCF (%)
Felix et al. (2016)	*Ureia	18,8	Palma forrageira	93,7	Efeito quadrático	Não significativo	Efeito quadrático	Não significativo
	*Ureia	24,1	Palma forrageira	187,4				
	*Ureia	29,4	Palma forrageira	281,1				
					***Comparação entre médias			
Silva et al. (2020)	*Ureia	24,0	Milho	385,0	Não avaliado	32,45 ^a	13,82 ^a	42,56 ^a
	*Ureia	33,0	Casca de mandioca	377,0		30,66 ^{ab}	12,59 ^b	40,97 ^{ab}
	*Ureia	31,0	Palma forrageira	379,0		27,86 ^c	11,37 ^c	40,53 ^b
Ferraz et al. (2021)	Farelo de soja	150,0	Palma forrageira	460,0	Não significativo	Não significativo	15,17 ^a	Não significativo
	Farelo de algodão	170,0	Palma forrageira	450,0			14,85 ^a	
	Caroço de algodão +	270,0+1	Palma forrageira	440,0			13,86 ^{ab}	
	*Ureia	2,0	Palma forrageira	410,0			13,42 ^b	

Adaptado pelo Autor

GMD = Ganho médio diário; PCA = Peso corporal ao Abate; PCF = Peso de carcaça fria e RCF = Rendimento de carcaça fria

* Ureia com sulfato de amônia; ** Nível de significância de 5% ($P < 0,05$) e *** Letras minúsculas diferentes na coluna diferem ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$)

Diante do exposto na Tabela 4, é possível observar algumas variações nos resultados. O efeito quadrático constatado por Felix et al. (2016) foi associado ao ponto máximo da ingestão de matéria orgânica digestível, bem como, a digestibilidade da MS, PB e CNF por volta dos níveis (24,1 e 187,4 g/kg MS) de ureia e palma forrageira, respectivamente. De acordo com Silva et al. (2020), o desempenho menos pronunciado dos animais alimentados com ureia e palma forrageira ocorreu devido menor ingestão de NDT. Ferraz et al. (2021) atribuíram a menor deposição de tecido muscular na carcaça a menor ingestão de matéria orgânica digestível, além de justificar usando como base outros trabalhos, que o uso de ureia pode influenciar na síntese de tecido corporal devido ao menor fluxo de AA para o intestino delgado.

Considerando que as bactérias fermentadoras de CNF têm maiores requerimentos por AA e peptídeos do que por NH_3 (SANTOS; PEDROSO, 2011), pode-se inferir que em dietas com uso de ureia como principal fonte de N, pode comprometer o desenvolvimento desse grupo bacteriano e consequentemente afetar a quantidade de AA absorvíveis no intestino.

Outras pesquisas avaliando o desempenho de ovinos quanto ao uso de ureia na alimentação são reportadas na literatura. Wang et al., (2016) relataram menor desempenho de cordeiros mestiço de Dorper alimentados com inclusão de 25 g/kg MS de ureia substituindo totalmente o farelo de soja. Na mesma pesquisa, a inclusão até 15 g/kg MS de ureia nas rações mostrou-se segura e eficaz para aumentar o desempenho. Xu et al. (2019) não constataram diferença no desempenho de cordeiros da raça Hu quando a ureia foi fornecida na dose de 30 g/kg MS substituindo parcialmente o farelo de soja. Em dietas isoenergéticas e isonitrogenadas, com ureia substituindo até 39% do farelo de soja na dieta controle, (SARO et al., 2019) relataram que cordeiros da raça Assaf podem obter altas taxas de crescimento e reduzir os custos de alimentação.

Lopes et al. (2020) avaliaram dois genótipos de palma forrageira, cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e cv. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw.) Haw em dietas suplementadas com (14 e 12 g/kg MS) de ureia respectivamente, não constataram diferença no desempenho de cordeiros Santa Inês. De acordo com outros trabalhos encontrados na literatura (BEZERRA et al., 2021; MOURA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2018) que utilizaram diferentes proporções de palma forrageira em que o nível de ureia não ultrapassou 11,0 g/kg MS, quando o desempenho dos ovinos foi afetado, as diferenças foram atribuídas aos demais constituintes da dieta.

2.5 Qualidade da carne

Os atributos de qualidade da carne são definidos pelos traços que o consumidor percebe como desejáveis, que incluem atributos sensoriais, os traços de credibilidade de segurança e saúde e atributos mais intangíveis, como ser ecologicamente correto ou sensível ao status de bem-estar do sistema de produção (WANG et al., 2016). Segundo Costa et al. (2017), devido o valor nutricional e aceitabilidade, a carne ovina tornou-se foco de estudos que visam melhorar a produção, bem como os atributos físico-químicos e sensoriais.

Costa et al. (2017) relataram que o uso de palma forrageira em substituição ao capim buffel em dietas com uso de ureia até 8,0 g/kg MS, influenciou significativamente o teor de ácidos graxos na carne de ovinos Santa Inês, melhorando seu perfil lipídico e melhorou as características de coloração conferindo à carne características aceitáveis para o consumidor, sem influenciar seus atributos sensoriais.

Ao avaliar a qualidade da carne proveniente de ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira e ureia até os níveis (281,1 e 29,4 g/kg MS), respectivamente, Abreu et al. (2019) não constaram diferença nos parâmetros de coloração, perdas por cozimento, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento nem nos atributos de qualidade avaliados na análise sensorial da carne. No entanto, houve influência apenas para alguns ácidos graxos insaturados na carne diminuindo os benefícios à saúde.

Ureia associada a diferentes fontes de carboidratos na alimentação de ovinos, Silva et al. (2020) não observaram diferença na capacidade de retenção de água, perdas por cozimento e força de cisalhamento. Entretanto, a carne apresentou maior luminosidade, a qual foi atribuída ao maior teor de umidade e maior intensidade da cor amarela devido à deposição de carotenoides advindos da palma forrageira.

Avaliando diferentes fontes de N em dietas a base de palma forrageira, Ferraz et al. (2021) relataram diferença no teor de proteína da carne e na capacidade de retenção de água, sendo que os animais alimentados com farelo de soja apresentaram maior teor de proteína e os que consumiram ureia tiveram menor capacidade de retenção de água na carne.

Quando a ureia substituiu parcialmente o farelo de soja na dieta de ovinos, Wang et al. (2016) não observaram diferença nos parâmetros de coloração enquanto a força de cisalhamento diminuiu, melhorando a maciez. Saro et al. (2019) não observaram diferenças nos parâmetros de composição química, perdas por cozimento, textura e cor. No entanto, quando a ureia substituiu totalmente o farelo de soja, Wang et al. (2016) observaram menor luminosidade e menor intensidade da coloração vermelha. De acordo com Calnan et al. (2016), os

consumidores esperam e exigem que a carne de cordeiro tenha uma cor vermelha e qualquer descoloração desencorajará sua compra.

Os níveis de associação ureia-palma forrageira na alimentação de ovinos de corte quanto ao desempenho produtivo e a qualidade da carne parece não estar definido, principalmente quando se trata da substituição parcial ou total de fontes de proteína tradicionalmente utilizada na alimentação de ruminantes por ureia. Portanto, se faz necessário mais pesquisas no âmbito da utilização de níveis de ureia substituindo fontes de proteína verdadeira em dietas à base de palma forrageira.

REFERÊNCIAS

- ABDOUN, K. et al. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. **Animal Health Research Reviews**, v.7, n.1-2, p.43-59, 2006.
- ABREU, K. S. F. et al. Quality of meat from sheep fed diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Meat Science**, v.148, p.229-235, 2019.
- ALVES, E. M. et al. Nitrogen metabolism and microbial synthesis in sheep fed diets containing slow-release urea to replace the conventional urea. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.1, p.55-62, 2014.
- ARAUJO, C. M. D. et al. Inclusion of *Opuntia stricta* (Haw.) in sheep diets affects nutrition and the physicochemical characteristics of the rumen content. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.49, p.e20190271, 2020.
- BEZERRA, S. B. L. et al. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed high levels of spineless cactus in the diet. **South African Journal of Animal Science**, v.51, n.4, p.416-425, 2021.
- CALNAN, H. et al. Production factors influence fresh lamb longissimus colour more than muscle traits such as myoglobin concentration and pH. **Meat Science**, v.119, p.41-50, 2016.
- CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.247, p.23-31, 2019.
- CHALUPA, W. Problems in feeding urea to ruminants. **Journal of Animal Science**, v.27, n.1, p.207-219, 1968.
- COSTA, R. G. et al. Physicochemical and sensory characterization of meat from Santa Ines sheep fed with cactus forage (*Opuntia ficus indica* mill). **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.19, p.45-57, 2017.
- FELIX, S. C. R. et al. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Tropical animal health and production**, v.48, p.465-468, 2016.
- FERRAZ, L. V. et al. Nitrogen Sources in Spineless Cactus-Based Diets for Sheep in Finishing, 2021.

FERREIRA, M. A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.

FERREIRA, M. A. et al. **Palma forrageira e ureia na alimentação de vacas leiteiras**. Recife: Editora UFRPE, 2011.

FERREIRA, M. A. et al. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. **Organic Farming and Food Production**, p.1-22, 2012.

GOLOMBESKI, G. L. et al. Slow-release urea and highly fermentable sugars in diets fed to lactating dairy cows. **Journal of dairy Science**, v.89, n.11 p.4395-4403, 2006.

HAILEMARIAM, S. et al. Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. **Animal Nutrition**, v.7, n.4, p.989-996, 2021.

HALIBURTON, J. C.; MORGAN, S. E. Nonprotein nitrogen-induced ammonia toxicosis and ammoniated feed toxicity syndrome. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, v.5, n.2, p.237-249, 1989.

HENNING, P. H. et al. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. **Journal of Animal Science**, v.71, n.9, p.2516-2528, 1993.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.

HRISTOV, A. N. et al. Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. **Journal of Dairy Science**, v.102, n.7, p.5811-5852, 2019.

JIN, D. et al. Urea metabolism and regulation by rumen bacterial urease in ruminants—a review. **Annals of Animal Science**, v.18, n.2, p.303-318, 2018.

KERTZ, A. F. Urea feeding to dairy cattle: A historical perspective and review. **The Professional Animal Scientist**, v.26, n.3, p.257-272, 2010.

KHATTAB, I. M. et al. Effects of urea supplementation on nutrient digestibility, nitrogen utilisation and rumen fermentation in sheep fed diets containing dates. **Livestock Science**, v.155, n.2-3, p.223-229, 2013.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. – 2ª reimpressão, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

KREHBIEL, C. R. et al. Net nutrient flux across the portal-drained viscera and liver in ruminants. In: MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. B.; PACHECO, R. D. L. **Rumenology**. Cham: Springer, 2016, p.243-263.

LINS, S. E. B. et al. Effect of replacing wheat bran with spineless cactus plus urea in sugarcane-based diets for sheep. **South African Journal of Animal Science**, v.47, n.4, p.516-525, 2017.

LOPES, L. A. et al. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.33, n.8, p.1284-1291, 2020.

- LU, Z. et al. Effects of dietary-SCFA on microbial protein synthesis and urinal urea-N excretion are related to microbiota diversity in rumen. **Frontiers in physiology**, v.10, p.1079, 2019.
- MAHMOUDI-ABYANE, M. et al. Effects of different sources of nitrogen on performance, relative population of rumen microorganisms, ruminal fermentation and blood parameters in male feedlotting lambs. **Animal**, v.14, n.7, p.1438-1446, 2020.
- MORA-LUNA, R. E. et al. Spineless Cactus plus Urea and Tifton-85 Hay: Maximizing the Digestible Organic Matter Intake, Ruminal Fermentation and Nitrogen Utilization of Wethers in Semi-Arid Regions. **Animals**, v.12, n.3, p.401, 2022.
- MOURA, M. S. C. et al. The inclusion of spineless cactus in the diet of lambs increases fattening of the carcass. **Meat science**, v.160, p.107975, 2020.
- MOUSQUER, C. J. et al. Metabolismo visceral e eficiência do uso da energia por animais taurinos e zebuínos. **PUBVET**, v.8, n.5, p.1684, 2014.
- NICHOLS, K. et al. Unlocking the limitations of urea supply in ruminant diets by considering the natural mechanism of endogenous urea secretion. **Animal**, v.16, p.S100537, 2022. Suplemento 3.
- OLIVEIRA, J. P. F. et al. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.31, n.4, p.529-536, 2018.
- PEREIRA, E. S. et al. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.125-134, 2005.
- PEREIRA, G. F. C. et al. Urea can replace soybean meal in sheep diet without alter intake, digestibility and ruminal parameters. **International Journal of Development Research**, v.10, n.11, p.42092-42097, 2020.
- PINHO, A. C. A. et al. Spineless cactus-based diets associated with various nitrogen sources in sheep diets. **South African Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.752-760, 2021.
- PUTRI, E. M. et al. Effects of rumen-degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. **Veterinary World**, v.14, n.3, p.640, 2021.
- RIBEIRO, P. R. et al. Aspectos nutricionais da utilização da proteína pelos ruminantes. **Veterinária Notícias**, v.20, n.2, p.1-14, 2014.
- SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas, In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. 2. ed. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2011. p. 265-297.
- SANTOS, K. C. et al. Can urea associated with alternative carbohydrate sources replace conventional concentrate for lambs?. **Livestock Science**, v.239, p.104172, 2020.
- SARO, C. et al. Replacing soybean meal with urea in diets for heavy fattening lambs: Effects on growth, metabolic profile and meat quality. **Animals**, v.9, n.11, p.974, 2019.

SCHUBA, J. et al. Excretion of faecal, urinary urea and urinary non-urea nitrogen by four ruminant species as influenced by dietary nitrogen intake: A meta-analysis. **Livestock Science**, v.198, p.82-88, 2017.

SILVA, F. J. S. et al. Body weight components and meat quality of hair sheep fed diets containing different carbohydrate sources associated with urea. **Chilean journal of agricultural research**, v.80, n.3, p.361-369, 2020.

SIQUEIRA, M. C. B. et al. Cactus Cladodes *Opuntia* or *Nopalea* and By-Product of Low Nutritional Value as Solutions to Forage Shortages in Semiarid Areas. **Animals**, v.12, n.22, p.3182, 2022.

SIQUEIRA, T. D. Q. et al. Cactus cladodes associated with urea and sugarcane bagasse: an alternative to conserved feed in semi-arid regions. **Tropical animal health and production**, v.51, p.1975-1980, 2019.

TADELE, Y., AMHA, N. Use of different non protein nitrogen sources in ruminant nutrition: a review. **Advances in Life Science and Technology**, v.29, p.100-105, 2015.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

WAHYONO, T. et al. Effects of urea supplementation on ruminal fermentation characteristics, nutrient intake, digestibility, and performance in sheep: A meta-analysis. **Veterinary World**, v.15, n.2, p.331-340, 2022.

WANG, B. et al. Effect of urea supplementation on performance and safety in diets of Dorper crossbred sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, n.5, p.902-910, 2016.

XU, L. et al. Morphological adaptation of sheep's rumen epithelium to high-grain diet entails alteration in the expression of genes involved in cell cycle regulation, cell proliferation and apoptosis. **Journal of animal science and biotechnology**, v.9, p.1-12, 2018.

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.

CAPÍTULO 1

**Desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de palma orelha de
elefante mexicana associada a níveis crescentes de ureia**

RESUMO

Objetivou-se avaliar dietas à base de palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw.) Haw (OEM) com níveis crescentes de ureia (0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg matéria seca) em substituição ao farelo de soja sobre a ingestão e digestibilidade de nutrientes, balanço de nitrogênio, metabólitos sanguíneos e desempenho de cordeiros confinados. Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês não castrados, com peso corporal inicial médio de $22,2 \pm 2,1$ kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Os níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM não influenciaram ($P > 0,05$) a ingestão de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (aFDNcp), nutrientes digestíveis totais (NDT) (g/dia) e MS (%PC^{-0,75}), mas aumentaram ($P = 0,035$) a ingestão de MS (%PC), a ingestão (g/dia) de proteína bruta (PB) ($P = 0,018$), extrato etéreo (EE) ($P = 0,000$) e carboidratos não fibrosos (CNF) ($P = 0,028$), sem influenciar ($P > 0,05$) os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDNcp e CNF. As quantidades de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N absorvido (g/dia) ou N retido e N absorvido (% do ingerido) não foram influenciados, mas N urinário (g/dia), e o N retido (% do ingerido) foram influenciados ($P = 0,009$ e $P = 0,000$) com valores máximos (9,5 e 44,5 g/dia) nos níveis (7,3 e 21,9 g/kg MS) de ureia, respectivamente. A glicose plasmática e as concentrações de colesterol total, proteínas totais, creatinina, ureia, ácido úrico, as enzimas hepáticas aspartato aminotransferase, alanina aminotransferase, lipase e as concentrações dos minerais fósforo, magnésio, sódio e a relação cálcio:fósforo não foram influenciadas ($P > 0,05$). No entanto, as concentrações de triglicérido e albumina foram influenciados ($P = 0,003$ e $P = 0,015$) com valores máximos (22,4 e 2,9 g/dL) observados nos níveis (14,6 e 0 g/kg MS) de ureia, respectivamente. As concentrações de lactato ($P < 0,000$), das enzimas gama-glutamiltransferase ($P < 0,000$), fosfatase alcalina ($P = 0,013$) e as concentrações de cálcio ($P < 0,020$) e potássio ($P < 0,002$), aumentaram. O peso corporal ao abate, ganho de peso total e ganho médio diário, diminuíram ($P = 0,029$, $P = 0,003$, $P = 0,003$), respectivamente, enquanto a conversão alimentar aumentou ($P = 0,000$). Os níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM podem substituir parcialmente ou totalmente o farelo de soja na dieta de cordeiros confinados sem alterar a ingestão da matéria seca, ingestão de nutrientes digestíveis totais, digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes, obter balanço de N positivo e manter o perfil de metabólitos sanguíneos dentro ou próximo dos intervalos de referência para ovinos. No entanto, reduz o desempenho e aumenta a conversão alimentar.

Palavras-chave: cordeiros, digestibilidade, proteína microbiana, energia, ganho de peso.

ABSTRACT

The objective was to evaluate diets based on Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw.) Haw (OEM) with increasing levels of urea (0; 7,3; 14,6 and 21,9 g/kg dry matter) in replacement of soybean meal on nutrient intake and digestibility, nitrogen balance, blood metabolites and performance of feedlot lambs. Forty non-castrated Santa Inês lambs, with an average initial body weight of $22,2 \pm 2,1$ kg, were distributed in a completely randomized design. Increasing levels of urea in diets based on OEM cactus cladodes were not influence ($P > 0,05$) intake of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (acpNDF), total digestive nutrients (TDN) (g/day) and DM (%BW^{-0.75}), but increased ($P = 0,035$) the intake of DM (%BW), the intake (g/day) of crude protein (CP) ($P = 0,018$), ether extract (EE) ($P = 0,000$) and non-fiber carbohydrates (NFC) ($P = 0,028$), without influencing ($P > 0,05$) the apparent digestibility coefficients of DM, OM, CP, EE, acpNDF and NFC. The amounts of ingested nitrogen (N), fecal N, absorbed N (g/day) or retained N and absorbed N (% ingested) were not influenced, but urinary N (g/day), and retained N (% ingested) were influenced ($P = 0,009$ and $P = 0,000$) with maximum values (9,5 and 44,5 g/day) in levels (7,3 and 21,9 g/kg DM) of urea respectively. Plasma glucose, and concentrations of total cholesterol, total proteins, creatinine, urea, uric acid, liver enzymes aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, lipase and the concentrations of minerals phosphor, magnesium, sodium, and the calcium:phosphor ratio were not influenced ($P > 0,05$). However, triglycerides and albumin concentrations were influenced ($P = 0,003$ and $P = 0,015$) with maximum values (22,4 and 2,9 g/dL) observed at levels (14,6 and 0,0 g/kg DM) of urea, respectively. The concentrations of lactate ($P < 0,000$), gamma-glutamyltransferase ($P < 0,000$), alkaline phosphatase ($P = 0,013$) and calcium ($P < 0,020$) and potassium ($P < 0,002$) concentrations increased. The body weight at slaughter, total weight gain and average daily gain decreased linearly ($P = 0,029$, $P = 0,003$, $P = 0,003$) respectively, while feed conversion increased ($P = 0,000$). Increasing levels of urea in Orelha de Elefante Mexicana spineless cactus based diets can partially or completely replace soybean meal in the diet of feedlot lambs without changing dry matter intake, total digestible nutrient intake, apparent dry matter and nutrient digestibility, obtain positive N balance and maintain the blood metabolite profile within or close to the reference ranges for sheep. However, it reduces performance and increases feed conversion.

Keywords: Lambs, digestibility, microbial protein, energy, weight gain.

1 INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas por apresentarem irregularidades na distribuição de chuvas e sazonalidade na produção e oferta de forragens, que, por sua vez, compromete a produção de ruminantes em áreas pastáveis durante todo o ano (SOUZA et al., 2020). O confinamento constitui-se, portanto, em estratégia fundamental para manter a produção nas épocas de menor oferta de plantas forrageiras disponíveis para o pastejo. No entanto, a viabilidade dessa estratégia depende da disponibilidade de culturas forrageiras adaptadas a essas regiões e de ingredientes com custo menos oneroso para compor as dietas.

A resiliência da palma forrageira em diferentes ambientes tropicais semiáridos comprova o potencial desta planta como fonte de forragem para alimentação animal (EDVAN et al., 2020). Além das características adaptativas, a palma forrageira, independente do genótipo, possui excelente valor nutricional, principalmente em relação ao seu teor energético e capacidade de armazenamento de água para alimentação de ruminantes (ROCHA FILHO et al., 2021). Nesse contexto, a palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM) (*Opuntia stricta* Haw.) Haw, nas diferentes fases fenológicas apresenta, em média, alto teor de umidade 903 g/kg na matéria fresca, altas concentrações de carboidratos não fibrosos (CNF) 617 g/kg MS, principalmente da fração A+B1 746 g/kg de carboidratos totais. No entanto, as concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) 210 g/kg MS e proteína bruta (PB) 53 g/kg MS são baixas (PESSOA et al., 2020).

A baixa concentração de PB e altas concentrações de carboidratos solúveis de rápida disponibilidade no rúmen da palma fazem dessa forrageira uma importante alternativa para uso de ureia na alimentação de ruminantes. De acordo com Pereira et al. (2020), logo após a alimentação com ureia, aumenta a quantidade de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no rúmen e os carboidratos solúveis são o aporte de esqueletos de carbono para síntese de proteína microbiana e maximização do nitrogênio (N) suplementar.

A utilização de ureia como fonte de nitrogênio não proteico (NNP) aumenta o conteúdo de proteína das dietas para ruminantes e reduz o custo por unidade de nitrogênio, quando comparada às fontes de proteína verdadeira (FELIX et al., 2014). O farelo de soja é o principal ingrediente proteico nas dietas de ruminantes, mas devido ao uso da soja no consumo humano e utilização na indústria de suínos e aves (XU et al., 2019), torna-se oneroso a formulação de dietas com esse ingrediente. Há muito se reconhece que NNP suplementar é mais eficientemente utilizado em rações com baixo teor de proteína e relativamente alto em energia digestível.

Dessa forma, levantamos a hipótese que em dietas à base de palma OEM a ureia pode substituir o farelo de soja sem comprometer a utilização de nutrientes e o desempenho de ovinos de corte. Portanto, objetivou-se avaliar dietas à base de palma OEM com níveis crescentes de ureia em substituição ao farelo de soja na ingestão de alimentos, digestibilidade da MS e dos nutrientes, balanço de nitrogênio, metabólitos sanguíneos e desempenho de cordeiros Santa Inês em confinamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais e tratamentos

O experimento foi realizado no setor de ovinos do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada em Recife, Pernambuco, Brasil, situada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude, 8°04'03''S e longitude, 34°55'00''W. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob o número de aprovação 142/2018.

Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês machos não castrados, com aproximadamente quatro meses de idade e peso corporal inicial (PCI) médio de $22,2 \pm 2,1$ kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e 10 repetições. Os animais foram identificados e alojados em baias individuais com dimensões de $1,0 \times 1,2$ m, providas de bebedouros, comedouros e dispostas em aprisco coberto. O período experimental teve duração de 75 dias, sendo os 15 primeiros dias destinados à adaptação dos animais às instalações, às dietas e ao manejo, e os 60 dias restantes para avaliação e coleta de dados.

Todos os animais foram submetidos ao tratamento de endoparasitas e ectoparasitas antes de iniciar o período de adaptação com Closantel Sódico (Diantel 10%, Hipra Saúde Animal, Porto Alegre - Rio Grande do Sul, Brasil), suplementados à base de aminoácidos, minerais e vitaminas (Modificador orgânico, Laboratório Bravet, Rio de Janeiro, Brasil) e vacinados contra clostridioses com vacina polivalente (Poli-Star, Vallée, MSD Saúde Animal Brasil). No 32° e 44° dia do período experimental os animais foram tratados com Albendazol + Cobalto (Endazol 10% Co, Hipra Saúde Animal, Porto Alegre - Rio Grande do Sul, Brasil) devido alta carga de endoparasitas constatada por exame laboratorial (OPG – Contagem de Ovos por Grama de Fezes).

As dietas experimentais (Tabelas 1 e 2) foram formuladas para atender às exigências nutricionais de ovinos com 30 kg de peso corporal, visando um ganho médio diário de 250 g/animal (NRC, 2007). Os ingredientes utilizados na composição das dietas foram: palma

OEM, feno de tifton-85 (*Cynodon* spp.), milho moído, farelo de soja, ureia, flor de enxofre e mistura mineral. Quatro dietas à base de palma OEM com níveis crescentes de ureia (0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg MS), foram formuladas para serem isonitrogenadas. A ureia utilizada na composição das dietas, foi do tipo Petrobras® misturada previamente a flor de enxofre na proporção (18:1).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca (g/kg MS).

Item	Palma OEM ^a	Feno de tifton-85	Milho moído	Farelo de soja
Matéria seca ^b	113	920	904	918
Matéria orgânica	896	925	981	929
Proteína bruta	60	119	98	465
Extrato etéreo	13	20	41	21
Fibra em detergente neutro ^c	217	689	117	172
Carboidratos não fibrosos	605	97	726	271

^a OEM = Orelha de Elefante Mexicana.

^b g/kg como alimento.

^c Corrigida para cinzas e proteína.

Tabela 2. Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.

Item	Níveis de ureia (g/kg MS)			
	0,0	7,3	14,6	21,9
Ingredientes (g/kg MS)				
Palma OEM ^a	400,0	400,0	400,0	400,0
Feno de tifton-85	300,0	300,0	300,0	300,0
Milho moído	131,6	174,3	217,2	260,2
Farelo de soja	150,7	100,6	50,4	0,0
Ureia + flor de enxofre	0,0	7,3	14,6	21,9
Mistura mineral ^b	17,8	17,8	17,9	17,9
Total	1000	1000	1000	1000
Composição química (g/kg MS)				
Matéria seca ^c	239,1	239,1	239,1	239,1
Matéria orgânica	906,7	909,4	912,1	914,8
Proteína bruta	142,5	142,7	142,9	143,2
Extrato etéreo	19,8	20,5	21,2	21,9
Fibra em detergente neutro ^d	334,9	331,3	327,7	324,1
Carboidratos não fibrosos	409,4	426,5	443,6	460,7

^a OEM = Orelha de Elefante Mexicana.

^b Níveis de garantia fornecidos pelo fabricante: Ca (mín.) 110,00 g/kg; Ca (máx.) 135,00 g/kg; P 87,00 g/kg; S 18,00 g/kg; Na 147,00 g/kg; Co 15,00 mg/kg; Cu 590,00 mg/kg; Cr 20,00 mg/kg; I 50,00 mg/kg; Mn 2.000,00 mg/kg; Mo 300,00 mg/kg; Se 20,00 mg/kg; Zn 3.800,00 mg/kg; F (máx.) 870,00 mg/kg.

^c g/kg como alimento.

^d Corrigida para cinzas e proteína.

As dietas foram pesadas diariamente e fornecidas duas vezes ao dia, às 8h e 16h, e o fornecimento de água *ad libitum*. A palma OEM foi processada previamente ao fornecimento em fatiador de palma, em seguida misturada manualmente aos demais ingredientes da dieta diretamente no comedouro. As sobras foram recolhidas antes da refeição da manhã e pesadas para determinar a ingestão voluntária pela diferença entre o fornecido e sobra de cada animal. A quantidade fornecida foi ajustada diariamente, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de 15% do total de MS ofertada.

2.2 Consumo e digestibilidade

A ingestão de MS e de nutrientes foi calculada pela diferença entre as quantidades fornecidas aos animais e as sobras deixadas no comedouro.

O ensaio de digestibilidade aparente (DA) foi realizado através do método de coleta total de fezes (FUKUMOTO et al., 2007), na sexta semana do período de avaliação e coleta de dados, durante seis dias, sendo dois de adaptação às bolsas coletoras e quatro dias (39° ao 42°) de coleta de fezes e sobras de todos os animais. As bolsas coletoras foram esvaziadas duas vezes ao dia, pela manhã e pela tarde, ao final de 24 horas, as fezes de cada animal foram pesadas homogeneizadas, identificadas e armazenadas em freezer a -20 °C (30% do total excretado em 24 h). Posteriormente, as amostras foram descongeladas e foi formada uma amostra composta individual de 350 g proporcional ao excretado em 24 h por cada animal. As sobras foram recolhidas diariamente, identificadas, pesadas, amostradas e armazenadas em freezer a -20 °C. Quando descongeladas foi formado uma composta individual de 330 g proporcional à sobra de cada dia.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos conforme equação: $CDA (g/kg) = [(nutriente\ ingerido - nutriente\ excretado) / nutriente\ ingerido] \times 1000$.

2.3 Análise química dos alimentos, sobras e fezes

Os ingredientes secos das dietas foram amostrados, identificados e acondicionados para análises posteriores. As amostras de palma OEM, coletadas a cada lote recebido, assim como as amostras de sobras coletadas a cada três dias, foram imediatamente pré-secas em estufa sob ventilação forçada à 55°C, por 72 h. As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram moídas

em moinho tipo Willey (R-TE-650/1 - TECNAL®), com peneira de crivo 1 mm, identificadas e armazenadas para análises bromatológicas.

As análises químicas das amostras de ingredientes, sobras e fezes para determinar as concentrações de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), matéria orgânica (MO = 100 – MM), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), foram realizadas de acordo com AOAC (2000). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest et al. (1991), com adição de enzima α -amilase termoestável Mertens (2002) e utilizando o equipamento autoclave (SENGER et al., 2008). O resíduo da FDN foi corrigido para cinzas (FDNc) por incineração em mufla (600 °C por quatro horas) e a correção da PB foi obtida pela subtração da proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (FDNp), metodologia descrita por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Posteriormente, a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (aFDNcp) foi obtida pela equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010): $aFDNcp \text{ (g/kg MS)} = aFDN - (aFDNc + aFDNp)$.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados, Sniffen et al. (1992), com modificações de Detmann e Valadares Filho (2010), quanto ao uso da aFDNcp: quando não utilizou ureia $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - aFDNcp - PB$ e quando a ureia foi utilizada $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - aFDNcp - (PB - PBu + U)$, em que: CPu = teor de PB oriunda da ureia e U = teor de ureia.

A proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR) das dietas foram estimadas com base nas tabelas de composição de alimentos - parâmetros de formulação de dietas (AFRC, 1993) e os dados de degradabilidade da palma OEM (LOPES et al., 2020). De acordo com a concentração de PDR e PNDR de cada dieta e a ingestão de PB, foi calculado a ingestão de PDR, PNDR (g/dia) e a relação de consumo dessas frações.

A ingestão dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimada pela equação descrita por Weiss (1999), na qual $NDT \text{ (g/dia)} = PBD + EED \times 2,25 + CNFD + aFDNDcp$, sendo $PBD = (PB \text{ ingerida} - PB \text{ fezes})$, $EED = (EE \text{ ingerido} - EE \text{ fezes})$, $CNFD = (CNF \text{ ingeridos} - CNF \text{ fezes})$ e $aFDNDcp = (aFDNcp \text{ ingerido} - aFDNcp \text{ fezes})$.

2.4 Balanço de nitrogênio

A coleta total de urina foi realizada simultaneamente à coleta de fezes do 39º ao 42º dia, utilizando funil coletor adaptado ao animal. A urina era canalizada via mangueira acoplada ao funil e presa no recipiente de retenção contendo 100 mL de uma solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 10% e, quando necessário, a solução de H₂SO₄ foi adicionada para manter o pH

inferior a 3,0 (CHEN; GOMES, 1992). Em intervalos de 24 horas, mediu-se o volume urinário e foi retirada uma alíquota de 3% do volume diário e armazenadas em freezer a -20 °C, para posteriores análises de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (N; método 968.06) de acordo com (AOAC, 2000).

O N absorvido (g/dia) foi determinado pela diferença entre o N ingerido e o N excretado nas fezes, e o balanço de nitrogênio (BN) foi calculado pela equação: $N \text{ retido (g/dia)} = N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})$ e os percentuais de absorção e retenção de N foram calculados pelas equações: $\% N \text{ absorvido} = (N \text{ absorvido} / N \text{ ingerido}) \times 100 \%$ e $N \text{ retido} = (N \text{ retido} / N \text{ ingerido}) \times 100$ respectivamente.

2.5 Coleta de sangue e bioquímica sérica

Para avaliação do perfil metabólico sanguíneo, foram coletadas amostras de sangue de todos os animais no 58º dia do período de avaliação e coleta de dados quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal (às 12h) por venopunção jugular em tubos coletores de sangue Vacuette®, contendo fluoreto/EDTA (tubo BD Vacutainer® Fluoride, Becton Dickinson, Curitiba, Paraná, Brasil), para determinação de glicose plasmática, e Vacutainer® sem anticoagulante (tubo seco BD Vacutainer®, Becton Dickinson, Curitiba, Paraná, Brasil), para determinação de metabólitos energéticos, proteicos e minerais séricos. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipiente de isopor contendo gelo e encaminhadas imediatamente ao laboratório, onde foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos para separação do soro e do plasma, sendo acondicionados em microtubos de 2 mL e armazenados a -20 °C.

Os indicadores bioquímicos e minerais determinados no sangue foram: glicose, colesterol total, triglicerídeos, lactato, ureia, albumina, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, alanina aminotransferase (ALT), gama-glutamilttransferase (GGT), aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (FA), lipase, cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na). Todas as análises foram realizadas utilizando kits comerciais (Labtest Diagnóstica®, Minas Gerais, Brasil) em analisador bioquímico semiautomático (Labmax 240®, Labtest, Minas Gerais, Brasil).

2.6 Ganho de peso e conversão alimentar

Para quantificar o desempenho, os animais foram pesados no início e no final do período de avaliação e coleta de dados (1º e 60º dias) para determinar o ganho de peso total (GPT) pela

diferença entre o peso corporal ao abate (PCA) e PCI: $GPT (kg) = PCA - PCI$, e o ganho médio diário (GMD g/dia) foi calculado pela relação entre o GPT e o total de dias referente ao período de desempenho. A conversão alimentar (CA) foi calculada pela relação entre a ingestão de matéria seca (IMS) e o GPT. As pesagens foram realizadas no período da manhã após jejum prévio de sólidos de 16 h.

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar homocedasticidade e teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. Estando as premissas satisfeitas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o procedimento GLM do software Statistical Analysis System - SAS (versão 9.4), conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (X_{ij} - X) + e_{ij};$$

Em que: Y_{ij} = valor observado da variável dependente; μ = média geral; T_i = efeito do tratamento i ($i = 0; 7,3; 14,6$ e $21,9$ g/kg de ureia MS); $\beta (X_{ij} - X)$ = efeito de covariável (PCI); e_{ij} = erro experimental.

Para análise de regressão (PROC REG), a soma dos quadrados dos tratamentos foi decomposta em dois contrastes: linear ($-3 - 1 + 1 + 3$) e quadrático ($+1 - 1 - 1 + 1$), ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão de ureia substituindo o farelo de soja em dietas à base de palma OEM não influenciou ($P > 0,05$) a ingestão de MS (g/dia) ou MS (%PC^{-0,75}), mas houve aumento ($P = 0,035$) da ingestão de MS (% PC). A ingestão (g/dia) de MO, FDNcp e NDT também não foram influenciadas ($P > 0,05$), enquanto aumentou a ingestão (g/dia) de PB ($P = 0,018$), EE ($P = 0,000$) e CNF ($P = 0,028$) (Tabela 3). O aumento dos níveis de ureia (0,0; 0,73; 14,6 e 21,9 g/kg MS) em substituição ao farelo de soja alterou a proporção de ingestão de PDR:PNDR (93:68, 111:67, 116:57, 131:50 g/dia), que corresponde nas relações (1,37; 1,66; 2,04; 2,62) respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDNcp e CNF não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas dietas à base de palma OEM com níveis crescentes de ureia (Tabela 3).

Tabela 3. Ingestão de matéria seca, nutrientes e digestibilidade aparente em cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Ingestão (g/dia)							
Matéria seca	1115,6	1178,7	1141,2	1176,7	15,911	0,273	0,628
Matéria seca (%PC)	3,76	4,00	3,90	4,03	0,037	0,035	0,410
Matéria seca (g/kg PC ^{0,75})	89,0	93,7	90,7	93,4	0,849	0,175	0,523
Matéria orgânica	1009,0	1067,3	1035,4	1064,4	14,132	0,271	0,576
Proteína bruta	161,5	178,8	173,2	180,8	2,869	0,018	0,291
Extrato etéreo	24,4	26,3	26,6	27,8	0,379	0,001	0,515
Fibra em detergente neutro ^a	349,6	360,3	335,0	347,2	5,607	0,473	0,938
Carboidratos não fibrosos	471,7	517,0	530,1	556,8	8,625	0,000	0,476
Nutrientes digestíveis totais	846,9	880,2	883,6	864,4	13,522	0,648	0,319
Digestibilidade aparente (g/kg)							
Matéria seca	731,5	722,6	743,0	728,6	2,656	0,608	0,591
Matéria orgânica	752,5	746,0	765,0	750,8	2,628	0,543	0,441
Proteína bruta	721,1	682,9	715,9	700,4	5,297	0,512	0,255
Extrato etéreo	693,5	719,2	700,9	708,0	5,085	0,582	0,364
Fibra em detergente neutro ^a	609,2	611,1	613,0	595,1	5,119	0,397	0,350
Carboidratos não fibrosos	890,3	879,9	901,0	882,1	3,188	0,898	0,484

* EPM = Erro Padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático; ^a corrigida para cinzas e proteína.

O aumento dos níveis de ureia em dietas à base de palma OEM não influenciou ($P > 0,05$) as quantidades (g/dia) de N ingerido, N fecal, N absorvido ou N retido e N absorvido (% do ingerido) (Tabela 4). A excreção de N urinário (g/dia), foi influenciada ($P = 0,009$), sendo a maior excreção (9,5 g/dia) observada nos animais alimentados no nível (7,3 g/kg MS) de ureia. O N retido (% do ingerido) também foi influenciado quadraticamente ($P = 0,000$) com maior quantidade (44,45 %) nos animais alimentados no nível (21,9 g/kg MS) de ureia (Tabela 4).

Tabela 4. Balanço de nitrogênio (N) de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
N Ingerido (g/dia)	27,8	28,8	28,1	28,7	0,440	0,643	0,823
N Fecal (g/dia)	7,8	9,2	8,0	8,3	0,219	0,852	0,179
N Urinário (g/dia)	8,2	9,5	8,8	7,5	0,248	0,202	0,009
N Absorvido (g/dia)	20,0	19,6	20,1	20,1	0,326	0,832	0,752
N Retido (g/dia)	11,7	10,2	11,6	11,4	0,222	0,764	0,136
N Absorvido (% do ingerido)	71,45	68,29	71,59	70,17	0,470	0,898	0,318
N Retido (% do ingerido)	41,44	34,33	40,21	44,45	0,908	0,028	0,000

* EPM = Erro Padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático.

A glicose plasmática e as concentrações de colesterol total não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM, mas influenciou ($P = 0,003$) a concentração sérica de triglicerídeo com valor máximo 22,4 mg/dL no nível 14,6 de ureia, e aumentou ($P < 0,000$) as concentrações de lactato (Tabela 5). As concentrações de proteínas totais, creatinina, ureia e ácido úrico não foram influenciadas ($P > 0,05$), enquanto a concentração de albumina foi influenciada ($P = 0,015$) com maior concentração (2,9 g/dL) nos animais do tratamento sem ureia (Tabela 5).

As enzimas hepáticas AST, ALT e lipase não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis de ureia, enquanto GGT e FA aumentaram ($P < 0,000$ e $P = 0,013$), respectivamente. As concentrações de P, Mg, Na e a relação Ca:P não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelas dietas. No entanto, as concentrações séricas de Ca e K aumentaram ($P < 0,020$ e $P < 0,002$), respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Perfil metabólico sanguíneo de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) com níveis crescentes de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Glicose (mg/dL)	77,1	80,8	76,6	77,2	1,186	0,711	0,513
Colesterol total (mg/dL)	37,4	36,9	35,2	37,3	1,006	0,832	0,553
Triglicerídeos (mg/dL)	16,4	19,2	22,4	17,8	0,666	0,166	0,003
Lactato (mg/dL)	20,4	19,6	53,9	39,0	3,034	<,000	0,074
Proteínas totais (g/dL)	6,6	6,5	6,6	6,6	0,049	0,744	0,926
Albumina (g/dL)	2,9	2,8	2,7	2,8	0,021	0,498	0,015
Creatinina (mg/dL)	0,87	0,89	0,93	0,95	0,021	0,110	0,968
Ureia (mg/dL)	40,1	44,8	39,7	40,7	1,065	0,729	0,390
Ácido úrico (mg/dL)	0,04	0,03	0,03	0,03	0,003	0,873	0,590
AST ^a (U/L)	165,5	183,3	182,5	185,1	3,374	0,068	0,258
GGT ^b (U/L)	62,0	60,3	51,4	94,1	3,110	<,000	<,000
ALT ^c (U/L)	17,4	16,6	19,3	19,3	0,572	0,106	0,759
Fosfatase Alcalina (U/L)	440,5	395,5	417,4	551,0	17,002	0,013	0,004
Lipase (U/L)	17,9	18,3	18,4	17,8	0,733	0,964	0,761
Cálcio (mg/dL)	10,6	10,7	10,8	11,1	0,075	0,020	0,697
Fósforo (mg/dL)	5,6	5,2	4,5	5,0	0,264	0,299	0,402
Magnésio (mg/dL)	2,8	2,8	2,7	2,9	0,053	0,927	0,376
Potássio (mmol/L)	4,6	4,7	4,9	4,9	0,049	0,002	0,541
Sódio (mmol/L)	120,2	131,4	125,6	122,9	2,758	0,928	0,220
Relação Ca ^d /P ^e (mg/dL)	2,0	2,0	2,6	2,1	0,139	0,489	0,420

* EPM = Erro Padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático; ^a AST = Aspartato aminotransferase; ^b GGT = Gama-glutamilttransferase; ^c ALT = Alanina aminotransferase; Ca = ^d Cálcio; ^e P = Fósforo.

Os níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM reduziram ($P < 0,05$) o PCA, GPT e GMD, enquanto CA aumentou ($P = 0,000$) (Tabela 6), demonstrando que os animais que receberam dietas com maiores níveis de ureia foram menos eficientes em converter a IMS em ganho de peso.

Tabela 6. Desempenho de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw com níveis crescentes de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Peso corporal inicial (kg)	21,8	21,9	22,1	23,1	0,336	-	-
Peso corporal ao abate (kg)	37,4	36,8	36,1	35,4	0,401	0,029	0,860
Ganho de peso total (kg)	15,5	15,8	14,6	13,5	0,291	0,003	0,167
Ganho médio diário (g/dia)	258	264	243	224	4,874	0,003	0,174
Conversão alimentar (IMS ^a /GPT ^b)	4,38	4,71	4,76	5,15	0,062	0,000	0,818

* EPM = Erro Padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático; ^a CMS = Consumo de Matéria Seca; ^b GPT = Ganho de Peso Total.

A semelhança no consumo de matéria seca (g/dia) ou MS (%PC^{-0,75}) está associada à relação volumoso:concentrado de (70:30) e às proporções de palma OEM e feno de tifton-85 (400,0 e 300,0 g/kg MS), respectivamente, que, em todas as dietas, proporcionaram quantidades de MS, MO e FDNcp similares (Tabela 2), e as alterações nas proporções dos demais ingredientes, no máximo, alterou em 5,4% a diferença entre as concentrações de NDT das dietas. Dessa forma, as concentrações de fibra e energia não foram limitantes entre as dietas. Independentemente dos crescentes níveis de ureia a ingestão de MS e NDT (1153,1 e 868,8 g/dia), respectivamente, foram superiores ao recomendado pelo NRC (2007). Esses resultados estão de acordo com os de McGuire et al. (2013), que não observaram influência da substituição do farelo de soja pela ureia sobre a ingestão de MS e MO em ovinos e novilhos.

Em dietas com proporções de ingredientes e composição química similares, Pessoa et al. (2013), utilizando diferentes fontes de proteína associada a palma forrageira e Pereira et al. (2020), substituindo o farelo de soja por ureia, não observaram diferenças significativas na ingestão de MS e nutrientes por ovinos. Entretanto, no presente estudo, a ingestão de MS (% PC), PB, EE e CNF aumentou com a substituição do farelo de soja pela ureia, sendo que a ingestão de MS (% PC) pode ser explicada pelo decréscimo do PC com o aumento dos níveis de ureia na dieta, confirmado pelo menor ganho de peso observado na (Tabela 6), enquanto a IMS (g/dia) não foi influenciada (Tabela 3).

O fornecimento do concentrado e volumoso simultaneamente e misturados no comedouro pode ter possibilitado a incorporação da ureia na mucilagem da palma OEM e

aumentado à ingestão de PB em função dos níveis crescentes de ureia. De acordo com Ferreira et al. (2012), o processamento da palma reflete na exposição da mucilagem que adere aos componentes da dieta reduzindo seletividade quando inclui componentes de menos aceitabilidade na dieta. Dubeux et al. (2015) também relataram que a palma processada se mistura melhor com ureia ou alimentação concentrada, evitando seleção e aumentando a ingestão.

Os crescentes níveis de ureia nas dietas foram acompanhados com acréscimo de aproximadamente 32,4% de milho moído, sendo esse ingrediente de maior teor de EE e CNF (Tabela 1), o que justifica o aumento da ingestão desses nutrientes mesmo sem diferença na IMS (g/dia).

O resultado de semelhantes coeficientes de digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes pode ser resultado da similaridade na ingestão de MS, FDN_{cp} e NDT que, supostamente, possibilitaram taxa de passagem equivalente e mesmo tempo de ação dos microrganismos para degradação dos alimentos. O aumento da ingestão de PB pode ter assegurado o aporte necessário de N amoniacal para as bactérias fibrolíticas, possibilitando constante degradação da fibra entre as dietas. Até o nível de 24,0 g de ureia/kg MS em substituição ao farelo de soja, Pereira et al. (2020) também não constataram diferença na digestibilidade aparente da MS e de nutrientes em ovinos.

A semelhança nas proporções (g/dia) de N ingerido, N fecal e, conseqüentemente, o N absorvido e o N absorvido (% do ingerido), pode estar relacionado ao fato das dietas serem isonitrogenadas e a IMS não ter sido influenciada pelas dietas, além disso, quando não há diferença na digestibilidade da PB, o N fecal pode estar relacionada com o N ingerido (ALVES et al., 2014).

Em relação à resposta de maior excreção (9,5 g/dia) de N dos animais alimentados no nível de ureia (7,3 g/kg MS) e menor excreção (7,5 g/dia) dos animais alimentados no nível de ureia (21,9 g/kg MS), sugere-se que a NH₃ liberada rapidamente da dieta com maior proporção de NNP, parte foi utilizada pelas bactérias ruminais e o excedente foi absorvido pelo epitélio ruminal. Após o pico de utilização e absorção a concentração de NH₃ no rúmen foi reduzida e estimulou a reciclagem de ureia e menos N foi excretado via urina. Já na dieta com baixa proporção de NNP, possivelmente, a degradabilidade da PB ocorreu gradativamente e manteve constante a contração de NH₃ no rúmen, que repercutiu em menos ureia reciclada para o ambiente ruminal e mais excreção de N via urina. Segundo Kozloski (2019), os compostos nitrogenados não proteico são prontamente metabolizados pelas bactérias ruminais enquanto a degradabilidade ruminal das proteínas pode ser amplamente variável.

No presente estudo, os animais que receberam a dieta com maior nível de ureia, também ingeriram maior quantidade de CNF (Tabela 3) o que pode ter contribuído para reciclagem de ureia e menor excreção de N urinário. Se baixa concentração de NH_3 ruminal ao longo do tempo pode estimular a reciclagem de ureia endógena para o rúmen e sua captura em proteína microbiana e reduzir a excreção de N (NICHOLS et al., 2022), dietas com mais energia disponível no rúmen melhorou a utilização de N, em parte devido a uma maior proporção de ureia endógena sendo transferida para o trato gastrointestinal e sendo usada para fins anabólicos (SCOTT et al., 2020)

Esse comportamento do N urinário não interferiu no N retido (g/dia), enquanto, o N retido (% do ingerido) sofreu efeito quadrático com valores de mínimo e de máximo (33,34 e 44,45 %), inverso ao comportamento do N urinário (9,5 e 7,5 g/dia) nos níveis de ureia (7,3 e 21,9 g/kg MS), respectivamente. Presume-se que esse efeito esteja diretamente relacionado ao N ingerido e a excreção de N urinário. Portanto, o balanço de N foi positivo para todas as dietas experimentais, indicando que não houve deficiência proteica (SANTOS et al., 2020).

Em que pese semelhança nos parâmetros sanguíneos avaliados que representam o metabolismo energético (glicose e o colesterol), com médias de 77,9 e 36,7 mg/dL, respectivamente, o colesterol total ficou abaixo do preconizado (52 - 76 mg/dL) (KANEKO et al., 2008; GONZALEZ; SILVA, 2022), mas a glicose manteve-se dentro dos valores de referência para ovinos (50 – 80 mg/dL), da mesma forma que os triglicerídeos, que mesmo tendo apresentado comportamento quadrático, mantiveram-se dentro dos valores de referência para ovinos (15 – 57 mg/dL) (GONZALEZ; SILVA, 2022).

As baixas concentrações séricas de colesterol no presente estudo podem estar relacionadas com o baixo teor lipídico das dietas experimentais. De acordo com Cardoso et al. (2019), o aumento dos níveis séricos de colesterol, geralmente, ocorre em resposta à ingestão de altos níveis de energia na forma de lipídios, fato esse, que não ocorreu no presente estudo.

O comportamento quadrático nas concentrações de triglicerídeos, identificou maiores concentrações desse metabolito nos animais alimentados com a dieta que continha o nível de ureia (14,6 g/kg MS). Esse resultado, pode estar relacionado com aumento de milho moído nas dietas que resultou em maior ingestão de EE e CNF, e nesse nível de utilização de ureia, possivelmente, a demanda de energia pela microbiota ruminal foi menor em comparação a dos animais alimentados com maior proporção de ureia (21,9 g/kg MS). De acordo com Bach et al. (2005), além da importância das quantidades de suprimento de nutrientes, a sincronia na qual os nutrientes se tornam disponíveis também é importante.

O aumento linear e concentrações do lactato acima dos valores de referência para a espécie ovina (9 – 12 mg/dL) (KANEKO et al., 2008; GONZALEZ; SILVA, 2022) pode ser consequência do aumento de milho associado a proporção de palma OEM na composição das dietas (Tabela 2), visto que são ingredientes de maiores concentrações de CNF (Tabela 1), considerando que o lactato sanguíneo periférico origina-se de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen ou em parte do metabolismo microbiano e tecidual do propionato nas primeiras horas pós-alimentação (Nikkhah, 2012; Nikkhah, 2013).

Os metabolitos sanguíneos avaliados associados ao metabolismo proteico (proteínas totais, albumina, creatinina, ureia e ácido úrico) não foram influenciados pela inclusão de ureia, mas todos encontram-se dentro ou próximo dos valores de referência para ovinos (KANEKO et al., 2008; GONZALEZ; SILVA, 2022). No entanto, foi observado maiores concentrações de albumina nos animais que receberam dieta sem ureia e menores nos animais alimentados no nível de ureia (14,6 g/kg MS), o que pode ser atribuído, conforme Santos et al. (2020), à disponibilidade de proteína e aminoácidos das fontes de N em ovinos alimentados com farelo de soja em relação aos alimentados com ureia. Níveis de albumina diminuídos com altos níveis de ureia, acompanhados de níveis elevados de atividade de enzimas como GGT e FA (Tabela 5), de acordo com Gonzalez e Silva (2022), são indicadores de falha/lesão hepática.

O aumento das concentrações séricas da GGT e da FA, à medida que aumentou os níveis de ureia, pode ser um indicativo de que dietas a base de palma OEM com maiores concentrações de NNP nas condições dessa pesquisa, ocasionem algum dano hepático. De acordo com Soares et al. (2020), elevados níveis séricos de FA em ovinos, também pode estar relacionado com a utilização de palma na dieta.

As concentrações de Ca e K, que aumentaram linearmente com o aumento dos níveis de ureia associado a palma OEM, tiveram, para o Ca, em todos os tratamentos (Tabela 5), manteve-se abaixo do intervalo de referência para ovinos (11,5 – 12,8 mg/dL) (KANEKO et al., 2008; GONZALEZ; SILVA, 2022).

A distribuição final do Ca total depende do pH, da concentração de albumina e da relação ácido-base. Uma queda no nível de albumina causa diminuição aparente do valor de Ca sanguíneo e a absorção intestinal diminui quando a dieta é deficiente em proteína (GONZALEZ; SILVA, 2022). Portanto, o aumento linear dos níveis de Ca pode ter sido devido ao aumento no consumo de proteína (Tabela 3), visto que a queda no nível de albumina não foi suficiente para influenciar as concentrações séricas de Ca. Os níveis séricos de Ca abaixo do intervalo de referência, segundo Silva (2018) o Ca presente nas dietas com maior nível de palma forrageira, provavelmente encontra-se quelatados com o oxalato, na forma de oxalato de cálcio,

aumentando a sua excreção nas fezes e disponibilizando menor quantidade de Ca para ser absorvido.

De acordo com o exposto na Tabela 5, os níveis de P e Mg não foram influenciados pelas dietas e mantiveram-se dentro ou próximo dos valores de referência para ovinos (KANEKO et al., 2008; GONZALEZ; SILVA, 2022).

Para as concentrações séricas de K, sugere-se que o aumento linear na sua concentração ocorreu devido a alguma variação na fermentação ruminal ou na taxa de excreção urinária provocada pela alteração do tipo de N utilizado nas dietas. Nos ruminantes, o K além de outras funções, participa do sistema tamponante do rúmen, favorecendo o crescimento e a função das bactérias ruminais, particularmente as de tipo celulolíticas e o seu balanço depende da taxa de absorção intestinal e de sua excreção via renal, estimulado pela aldosterona e em menor quantidade (13%) das fezes (GONZALEZ; SILVA, 2019).

Níveis crescentes de ureia em dietas a base de palma OEM influenciaram no desempenho dos ovinos reduzindo o PCA, GPT, GMD e aumentaram a CA. De acordo com Santos e Pedroso (2011), o teor de PB, PDR e a qualidade da PDR podem afetar o crescimento microbiano, visto que as bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos (CF) requerem NH_3 como fonte de N, enquanto as fermentadoras de CNF têm maior requerimento por aminoácidos AAs e peptídeos. Dessa forma, o aumento nos níveis de ureia provavelmente reduziu a disponibilidade de AA e peptídeos para desenvolvimento das bactérias fermentadoras de CNF, no entanto, não foi suficiente para reduzir a digestibilidade dessa fração, como visto anteriormente. Além disso, a rápida decomposição de ureia em NH_3 pode ocorrer em uma taxa mais rápida que a ingestão de NH_3 pelas bactérias no ambiente ruminal, levando ao acúmulo e escape de NH_3 do rúmen (MAHMOUDI-ABYANE et al., 2020), e o excesso de NH_3 pode ser convertido em ureia no fígado há um custo energético (KOZLOSKI, 2019), de 12 kcal/g N (VAN SOEST, 1994), ou dois moles de ATP para cada mole de ureia produzida (SANTOS; PEDROSO, 2011).

A substituição do farelo de soja por ureia foi acompanhada do incremento de milho na dieta, e, segundo Silva et al. (2020), a deficiência de proteína degradável e aminoácidos de cadeia ramificada no milho em comparação ao farelo de soja pode limitar à síntese de proteína microbiana no rúmen e reduzir a quantidade de proteína líquida a ser ganha. Nesse contexto, sugere que esses resultados podem estar relacionados a redução da síntese de proteína microbiana e redução no fluxo de AA para o intestino delgado como observado por Broderick e Reynal (2009) quando aumentou a proporção de ureia e diminuiu a proteína verdadeira na PDR.

Com base nas estimativas da ingestão de PDR e PNDR, a alteração nas fontes de proteína aumentou a relação de PDR:PNDR em 91,35% do nível zero para o nível 21,9 g/kg MS de ureia. Possivelmente, essa modificação na ingestão dessas frações da PB também influenciou a quantidade e o perfil de AAs e peptídeos da proteína metabolizável. Segundo Haryanto (2014), a estratégia de alimentação proteica em ruminantes deve considerar a porção de PNDR para que possa ser utilizada como fonte de aminoácidos para posterior metabolismo no tecido animal. Valizadeh et al. (2021) observaram aumento no GMD e na eficiência alimentar de ovinos quando estreitou a relação PDR:PNDR. De acordo com McGuire et al. (2013), a maior eficiência quando aumenta o teor de PNDR na dieta dos ruminantes provavelmente está relacionada à passagem de mais AAs para o intestino delgado. Portanto, quanto maior a produtividade dos animais, maior a contribuição da proteína dietética não degradada no rúmen para o pool total de aminoácidos do corpo (GOLUBENKO; RAZANOVA, 2022).

Quando a ureia substituiu totalmente o farelo de soja na dieta, observa-se que a redução no desempenho foi mais acentuada, esse resultado fortalece a hipótese de que a ausência de uma fonte de proteína verdadeira na dieta nas condições desse estudo, pode limitar o fluxo de proteína metabolizável para o intestino e comprometer o desempenho de ovinos. A substituição total do farelo de soja por ureia associada ao milho ou outras fontes de CNF também resultou em menor desempenho de ovinos (WANG et al., 2016; SANTOS et al., 2020). No presente trabalho, com cordeiros jovens (quatro meses de idade), a substituição de proteína verdadeira pelo farelo de soja contribuiu para o menor desempenho nas dietas com ureia, especialmente nos níveis mais altos.

Diante do exposto, presume-se que disponibilidade de nutrientes para a deposição de tecido corpóreo reduziu quando aumentou os níveis de ureia na dieta refletindo negativamente no desempenho, apesar da IMS e NDT não terem sido influenciadas pela dieta, e dessa forma, resultou no aumento da CA.

4 CONCLUSÕES

Níveis crescentes de ureia em dietas à base de palma OEM podem substituir parcialmente ou totalmente o farelo de soja na dieta de cordeiros confinados sem alterar a IMS, INDT, digestibilidade aparente da MS e nutrientes, obter balanço de N positivo e manter o perfil de metabolitos sanguíneos dentro ou próximo dos intervalos de referência para ovinos.

A substituição do farelo de soja reduz o desempenho de cordeiros confinados e resulta em pior conversão alimentar.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. M. et al. Nitrogen metabolism and microbial synthesis in sheep fed diets containing slow release urea to replace the conventional urea. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.36, n.1 p.55-62, 2014.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Arlington, VA, 2000.
- BACH, A. et al. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v.88, p.E9-E21, 2005.
- BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.6, p.2822-2834, 2009.
- CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.247, p.23-31, 2019.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- An overview of the technical details. **International Feed Resources Unit Rowett Research Institute**, Bucksburn Aberdeen, UK. Occasional Publication. 1992.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.980-984, 2010.
- DUBEUX, J. C. B. et al. Forage Potential of Cacti on Drylands. **Acta Horticulturae**, v.1067, p.181-186, 2015.
- EDVAN, R. L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific reports**, v.10, n.1, p.1-10, 2020.
- FELIX, T. L. et al. Protein supplementation for growing cattle fed a corn silage-based diet. **The Professional Animal Scientist**, v.30, n.3, p.327- 332, 2014.
- FERREIRA, M. A. et al. 2012. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. **Organic Farming and Food Production**, p.1-22, 2012.
- FUKUMOTO, N. M. et al. Consumo e digestibilidade da matéria seca de feno de braquiária decumbens e amendoim forrageiro em ovinos estimados por meio de n-alcanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2 p.471-479, 2007.
- GONZALÉZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Minerais e vitaminas no metabolismo animal. **Faculdade de veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil**, 2019.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. In: ePub rev, atual. e ampl., Porto Alegre. 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/237269>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

GOLUBENKO, T.; RAZANOVA, O. Optimizing the use of protein in the young cattle body. **Știința Agricolă**, n.1, p.143-152, 2022.

HARYANTO, B. Manipulating Protein Degradability in the Rumen to Support Higher Ruminant Production. **WARTAZOA. Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences**, v.24, n.3, p.131–138, 2014.

KANEKO, J. J. et al. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. San Diego: Academic, 2008, 916p.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. – 2ª reimpressão, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

LICITRA, G. et al. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal feed science and technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MAHMOUDI-ABYANE, M. et al. Effects of different sources of nitrogen on performance, relative population of rumen microorganisms, ruminal fermentation and blood parameters in male feedlotting lambs. **Animal**, v.14, n.7, p.1438-1446, 2020.

MCGUIRE, D. L. et al. Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: I—Effects on efficiency of nitrogen use and nutrient digestion. **Livestock Science**, v.155, n.2-3, p.205-213, 2013.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 6th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

NICHOLS, K. et al. Unlocking the limitations of urea supply in ruminant diets by considering the natural mechanism of endogenous urea secretion. **Animal**, v.16, p.S100537, 2022. Suplemento 3.

NIKKHAH, A. Timing of feed presentation entrains periprandial rhythms of energy metabolism indicators in once-daily fed lactating cows. **Biological Rhythm Research**, v.43, n.6, p.651-661, 2012.

NIKKHAH, A. Peripheral lactate rhythmicity in evening-and morning-fed dairy cows: a chronophysiological lactating model. **Biological Rhythm Research**, v.44, n.1, p.73-81, 2013.

PEREIRA, G. F. C. et al. Urea can replace soybean meal in sheep diet without alter intake, digestibility and ruminal parameters. **International Journal of Development Research**, v.10, n.11, p.42092-42097, 2020.

PESSOA, D. V. et al. Forage nutritional differences within the genus *Opuntia*. **Journal of Arid Environments**, v.181, p.104243, 2020.

PESSOA, R. A. S. et al. Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.508-517, 2013.

ROCHA FILHO, R. R. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas?. **Journal of Arid Environments**, v.186, p.104426, 2021.

SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas, In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. 2. ed. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2011. p. 265-297.

SANTOS, K. C. et al. Can urea associated with alternative carbohydrate sources replace conventional concentrate for lambs?. **Livestock Science**, v.239, p.104172, 2020.

SCOTT, K. A. et al. Influence of forage level and corn grain processing on whole-body urea kinetics, and serosal-to-mucosal urea flux and expression of urea transporters and aquaporins in the ovine ruminal, duodenal, and cecal epithelia. **Journal of Animal Science**, v.98, n.4 p.skaa 098, 2020.

SENGER, C. C. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal feed science and technology**, v.146, n.1-2, p.169-174, 2008.

SILVA, F. J. S. et al. Body weight components and meat quality of hair sheep fed diets containing different carbohydrate sources associated with urea. **Chilean journal of agricultural research**, v.80, n.3, p.361-369, 2020.

SILVA, M. P. **Balço de microminerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos alimentados com palma orelha-de-elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SOARES, P. C. et al. Metabolic dynamics of native lambs fed with Tifton 85 hay or Maniçoba hay associated with the spineless cactus. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, n.1, p.215-223, 2020.

SOUZA, R. et al. Optimal management of cattle grazing in a seasonally dry tropical forest ecosystem under rainfall fluctuations. **Journal of Hydrology**, v.588, p.125102, 2020.

VALIZADEH, A. et al. Effects of different rumen undegradable to rumen degradable protein ratios on performance, ruminal fermentation, urinary purine derivatives, and carcass characteristics of growing lambs fed a high wheat straw-based diet. **Small Ruminant Research**, v.197, p.106330, 2021.

VAN SOEST, P. V. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

WANG, B. et al. Effect of urea supplementation on performance and safety in diets of Dorper crossbred sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, n.5, p.902-910, 2016.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Proceedings of 61 th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca: Cornell University, 1999.

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.

CAPÍTULO 2

Características de carcaça e qualidade da carne de ovinos alimentados com dietas à base de palma orelha de elefante mexicana associada a níveis crescentes de ureia

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar dietas à base de palma orelha de elefante mexicana (OEM) associada a níveis de ureia (0,0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg MS) em substituição ao farelo de soja sobre o desempenho, características e composição da carcaça, composição físico-química, qualidade e atributos sensoriais da carne. Quarenta cordeiros da raça Santa Inês, não castrados, com peso corporal inicial médio de $22,2 \pm 2,1$ kg foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia não influenciou ($P > 0,05$) a ingestão de matéria seca (MS), mas reduziu linearmente o ganho médio diário ($P = 0,003$), o peso corporal ao abate ($P = 0,029$), o peso de corpo vazio ($P = 0,009$), peso de carcaça quente ($P = 0,023$) e peso de carcaça fria ($P = 0,015$). No entanto, o conteúdo do trato gastrointestinal, o rendimento de carcaça quente, rendimento de carcaça fria, índice de compactidade da carcaça, conformação da carcaça e gordura de acabamento não foram influenciados ($P > 0,05$). A gordura perirrenal foi influenciada ($P < 0,003$), com índices de engorduramento máximo (2,20) nos níveis (0 e 21,9 g/kg MS) de ureia e o peso do fígado, pulmões + traqueia e rins diminuíram ($P = 0,030$, $P = 0,002$, $P = 0,002$) respectivamente. Quanto aos cortes cárneos comerciais, o peso do pescoço, da paleta, das costelas, do serrote e do lombo, além dos rendimentos de pescoço, costelas, serrote e perna não foram influenciados ($P > 0,05$). O peso da perna ($P = 0,037$) e o rendimento do lombo ($P = 0,027$) reduziram linearmente, enquanto o rendimento de paleta foi influenciado ($P = 0,024$) com maior rendimento (20,20%) no nível (14,6 g/kg MS) de ureia. Com relação à composição tecidual da perna, o peso do músculo *Semitendinoso* ($P = 0,036$), músculo *Adutor* ($P = 0,0230$), peso dos 5 músculos da perna ($P = 0,018$) e índice de musculosidade da perna ($P = 0,019$), diminuíram linearmente. Além disso, o peso dos ossos, rendimento dos ossos, relação músculo/osso foram influenciados ($P = 0,047$, $P = 0,006$, $P = 0,014$) com valores máximos (552 g, 20,69%, 3,5) nos níveis (14,6; 7,3; 21,9) de ureia respectivamente. Os parâmetros avaliados na carne, pH, capacidade de retenção de água, parâmetros de coloração (L^* , a^* , b^*), teor de umidade, proteína bruta e cinzas não foram influenciados ($P > 0,05$). No entanto, diminuíram linearmente a perda por cocção ($P = 0,002$) e força de cisalhamento ($P = 0,044$), enquanto o teor de lipídeos aumentou linearmente ($P = 0,047$). Não houve diferença ($P > 0,05$) para atributos sensoriais da carne como aparência geral, cor, aroma, maciez, suculência e sabor. Dietas a base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia em substituição ao farelo de soja, reduz o ganho médio diário e o peso da carcaça sem comprometer as características e o rendimento de carcaça, enquanto características qualitativas da carne foram melhoradas.

Palavras-chave: Raça Santa Inês, confinamento, fonte de nitrogênio, carboidratos solúveis, cortes cárneos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate diets based on Orelha de Elefante Mexicana spineless cactus (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw (OEM) associated with increasing levels of urea (0; 7.3; 14.6 and 21.9 g/kg dry matter) in replacement of soybean meal on the performance, characteristics and composition of the carcass, physicochemical composition, quality and sensorial attributes of the meat. Forty non-castrated Santa Inês lambs, with an average initial body weight of 22.2 ± 2.1 kg, were distributed in a completely randomized design, with four treatments and ten replications. Diets based on OEM cactus associated with increasing levels of urea did not influence ($P > 0.05$) dry matter (DM) intake, but linearly reduced average daily gain ($P = 0.003$), body weight at slaughter ($P = 0.029$), empty body weight ($P = 0.009$), hot carcass weight ($P = 0.023$) and cold carcass weight ($P = 0.015$). However, the contents of the gastrointestinal tract, hot carcass yield, cold carcass yield, carcass compactness index, carcass conformation and finishing fat were not influenced ($P > 0.05$). The perirenal fat was influenced ($P < 0.003$), with maximum fat indices (2.20) on levels (0 and 21.9 g/kg DM) of urea and the weight of the liver, lungs + trachea and kidneys decreased ($P = 0.030$, $P = 0.002$, $P = 0.001$), respectively. The commercial meat cuts, the weights of the neck, shoulder, ribs, saw and loin, in addition to the neck, ribs, saw and leg yields were not influenced ($P > 0.05$). Leg weight ($P = 0.037$) and loin yield ($P = 0.027$) decreased linearly, while shoulder yield was influenced ($P = 0.024$) with higher yield (20.20%) at the level (14.6 g/kg DM) of urea. Regarding the tissue composition of the leg, the weight of the *Semitendinosus* muscle ($P = 0.036$), *Adductor* muscle ($P = 0.023$), weight of the 5 leg muscles ($P = 0.018$) and leg muscularity index ($P = 0.019$) decreased linearly. In addition, bone weight, bone yield, muscle/bone ratio were influenced ($P = 0.047$, $P = 0.006$, $P = 0.014$) with maximum values (552 g, 20.69%, 3.5) in the levels (14.6; 7.3; 21.9) of urea respectively. The parameters evaluated in the meat, pH, water holding capacity, color parameters (L^* , a^* , b^*), moisture content, crude protein and ash were not influenced ($P > 0.05$). However, cooking loss ($P = 0.002$) and shear force ($P = 0.044$) decreased linearly, while the lipids content increased linearly ($P = 0.047$). There was no difference ($P > 0.05$) for meat sensory attributes such as general appearance, color, aroma, tenderness, juiciness and flavor. Orelha de Elefante Mexicana spineless cactus diets associated with increasing levels of urea in replacement of soybean meal, reduced average daily gain and carcass weight without compromising traits and carcass yield, while meat quality characteristics were improved.

Keywords: Santa Inês breed, feedlot, nitrogen source, soluble carbohydrates, meat cuts.

1 INTRODUÇÃO

Nas regiões semiáridas, a distribuição irregular das chuvas causa sazonalidade na disponibilidade de forragem para assegurar a produção animal (ROCHA FILHO et al., 2021), principalmente de pequenos ruminantes como os ovinos que, culturalmente, baseia-se na vegetação nativa e, dessa forma, não consegue manter a oferta de produtos cárneos com o mesmo padrão de qualidade no decorrer do ano. Devido à importância socioeconômica, o valor nutricional e aceitabilidade da carne ovina tornou-se foco de estudos que visam melhorar a produção, os atributos físico-químicos e sensoriais (COSTA et al., 2017a).

Nesse cenário, o confinamento de cordeiros surgiu como uma prática estratégica de manejo nutricional, garantindo uniformidade na qualidade das carcaças e na produção de carne ao longo do ano (ABREU et al., 2019). No entanto, essa prática geralmente eleva os custos de produção, mas podem ser minimizados com o uso de dietas a base de forrageiras adaptadas e fontes proteicas com custos menos oneroso.

Para superar essas limitações, a palma forrageira tem sido amplamente utilizada como recurso forrageiro para alimentação de rebanhos em regiões semiáridas devido a sua adaptação às condições climáticas e suas características nutricionais (CARDOSO et al., 2021). Segundo Edvan et al. (2020), essa planta forrageira tem altos rendimentos de biomassa e é uma excelente fonte de energia. Em diferentes fases fenológicas, a palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) apresentou, em média, altas concentrações de carboidratos não fibrosos (CNF) 616,7 g/kg MS, principalmente da fração A+B1 746,4 g/kg de carboidratos totais; no entanto, tem sido observadas baixas concentrações de proteína bruta (PB) 53,2 g/kg MS (PESSOA et al., 2020).

Como alternativa às baixas concentrações de PB e o alto teor de CNF, principalmente da fração A+B1, a palma orelha de elefante mexicana (OEM) deve ser associada a fontes de nitrogênio (N) degradável no rúmen para assegurar o sincronismo entre as taxas de degradação e otimizar o crescimento dos microrganismos ruminais. O farelo de soja é a fonte de N com rápida degradação ruminal tradicionalmente utilizada na alimentação de ruminantes, mas em áreas semiáridas a dificuldade de produção e a concorrência de mercado resultam em preços elevados (FERRAZ et al., 2021). Portanto, a utilização de ureia além de aumentar o teor de proteína das dietas de ruminantes, tem sido um importante elemento para aumentar a lucratividade devido ao seu menor custo por unidade de N em comparação como o farelo de soja (SANTOS et al., 2020). Com base nas características desses alimentos, presume-se que a utilização de forma associada, quando em proporções adequadas, possa reduzir os custos de

produção quando comparado com o uso de fontes de proteína tradicionalmente utilizada e maximizar a produção de carne ovina de boa qualidade.

Portanto, hipotetizou-se que dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia em substituição ao farelo de soja, podem otimizar a produção de ovinos confinados sem comprometer o desempenho, as características e composição da carcaça, bem como, a qualidade da carne. Assim, objetivou-se avaliar o uso de dietas à base de palma OEM associada a níveis crescente de ureia em substituição ao farelo de soja sobre o desempenho, características e composição da carcaça, composição físico-química, qualidade e atributos sensoriais da carne de ovinos Santa Inês em confinamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada em Recife, Pernambuco, Brasil, nas seguintes coordenadas geográficas: latitude, 8° 04'03''S e longitude, 34°55'00''W. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob o número de aprovação 142/2018 e a análise sensorial da carne ovina foi realizada conforme parecer substanciado do comitê de ética em pesquisa (CEP/UFRPE) sob o número de aprovação 5.770.895.

2.1 Animais e desenho experimental

Quarenta cordeiros da raça Santa Inês machos não castrados, com aproximadamente quatro meses de idade e peso corporal inicial (PCI) de $22,2 \pm 2,1$ kg foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e dez repetições, no qual, o PCI foi utilizado como covariável, mas removido para variáveis que não teve efeito significativo. Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados, vacinados contra clostridioses e tratados contra endoparasitos. Os animais foram alojados em baias individuais com dimensões de (1,0 x 1,2 m), piso ripado, providas de bebedouros, comedouros e dispostas em galpão coberto. O período experimental teve duração de 75 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais às instalações, às dietas e ao manejo e 60 dias para coleta de dados e amostras.

2.2 Dietas experimentais e manejo de alimentação

Foram avaliadas quatro dietas à base de palma OEM com níveis crescentes de ureia (0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg MS) em substituição ao farelo de soja. Foram formuladas para serem isonitrogenadas e atender as exigências nutricionais de ovinos com 30 kg de peso corporal, visando um ganho médio diário de 250 g/dia, conforme recomendações do National Research Council (NRC, 2007). As dietas foram compostas à base de palma OEM, feno de tifton-85 (*Cynodon* spp.), milho moído, farelo de soja, ureia, flor de enxofre e mistura mineral. A ureia utilizada foi (Petrobras®) e a proporção da misturada com a flor de enxofre foi (18:1).

As amostras de palma OEM foram coletadas a cada lote e imediatamente pré-secas em estufa sob ventilação forçada à 55 °C, por 72 h e os demais ingredientes foram amostrados e identificados. Todas as amostras foram moídas em moinho tipo Willey (R-TE-650/1 - TECNAL®), com peneira de crivo 1 mm e analisadas para determinar a composição química dos ingredientes (Tabela 1) e das dietas (Tabela 2).

Foram determinadas as concentrações de matéria seca (MS; método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), matéria orgânica (MO = 100 – MM), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39), de acordo com AOAC (2000). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest et al. (1991), com adição de enzima α -amilase termoestável (MERTENS, 2002) e utilizando-se o equipamento autoclave (SENGER et al., 2008). O resíduo da FDN foi corrigido para cinzas (FDNc) por incineração em mufla (600 °C por quatro horas) e a correção da PB foi obtida pela subtração da proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (FDNp), metodologia descrita por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Posteriormente, a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp) foi obtida pela equação proposta por Detmann e Valadares Filho, (2010): $aFDNcp$ (g/kg MS) = $aFDN - (aFDNc + aFDNp)$.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta com base na matéria seca (g/kg MS).

Item	Palma OEM ^a	Feno de tifton-85	Milho moído	Farelo de soja
Matéria seca ^b	113	920	904	918
Matéria orgânica	896	925	981	929
Proteína bruta	60	119	98	465
Extrato etéreo	13	20	41	21
Fibra em detergente neutro ^c	217	689	117	172
Carboidratos não fibrosos	605	97	726	271

^a OEM = Orelha de Elefante Mexicana.

^b g/kg como alimento.

^c Corrigida para cinzas e proteína.

Tabela 2. Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.

Item	Níveis de ureia (g/kg MS)			
	0,0	7,3	14,6	21,9
Ingredientes (g/kg MS)				
Palma OEM ^a	400,0	400,0	400,0	400,0
Feno de tifton-85	300,0	300,0	300,0	300,0
Milho moído	131,6	174,3	217,2	260,2
Farelo de soja	150,7	100,6	50,4	0,0
Ureia + flor de enxofre	0,0	7,3	14,6	21,9
Mistura mineral ^b	17,8	17,8	17,9	17,9
Total	1000	1000	1000	1000
Composição química (g/kg MS)				
Matéria seca ^c	239,1	239,1	239,1	239,1
Matéria orgânica	906,7	909,4	912,1	914,8
Proteína bruta	142,5	142,7	142,9	143,2
Extrato etéreo	19,8	20,5	21,2	21,9
Fibra em detergente neutro ^d	334,9	331,3	327,7	324,1
Carboidratos não fibrosos	409,4	426,5	443,6	460,7

^aOEM = Orelha de Elefante Mexicana.

^bNíveis de garantia fornecidos pelo fabricante: Ca (mín.) 110,00 g/kg; Ca (máx.) 135,00 g/kg; P 87,00 g/kg; S 18,00 g/kg; Na 147,00 g/kg; Co 15,00 mg/kg; Cu 590,00 mg/kg; Cr 20,00 mg/kg; I 50,00 mg/kg; Mn 2.000,00 mg/kg; Mo 300,00 mg/kg; Se 20,00 mg/kg; Zn 3.800,00 mg/kg; F (máx.) 870,00 mg/kg.

^cg/kg como alimento.

^dCorrigida para cinzas e proteína.

Os teores de CNF foram obtidos de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010) pelas equações: sem inclusão de ureia, CNF (g/kg MS) = 1000 – MM – EE – FDNcp – PB; com inclusão de ureia, CNF (g/kg MS) = 1000 – MM – EE – FDNcp – (PB – PBu + U), em que: PBu = teor de PB oriunda da ureia e U = teor de ureia.

A proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR) das dietas, foram estimadas com base nas tabelas de composição de alimentos - parâmetros de formulação de dietas (AFRC, 1993) e os dados de degradabilidade da palma OEM (LOPES et al., 2020). De acordo com a concentração de PDR e PNDR de cada dieta e a ingestão de PB foi calculado a ingestão de PDR, PNDR (g/dia) e a relação de consumo dessas frações.

As dietas foram fornecidas na forma de mistura completa, onde a palma OEM foi processada previamente em fatiador de palma, em seguida misturada manualmente ao feno de tifton-85 e ao concentrado diretamente no comedouro duas vezes ao dia, às 8h e 16h, e o fornecimento de água *ad libitum*. As sobras foram recolhidas antes da refeição da manhã e pesadas para determinar a ingestão voluntário pela diferença entre o fornecido e sobra de cada

animal. A quantidade fornecida foi ajustada diariamente, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de 15% do total de MS ofertada.

2.3 Desempenho, abate, características da carcaça e componentes não carcaça

Ao final dos 60 dias de confinamento, os animais foram submetidos à dieta hídrica e jejum de sólidos por 16 h, e antes do abate, os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA), e através da diferença entre o PCI dividida por 60 (número de dias destinados ao desempenho) obteve-se o ganho médio diário (GMD). Os procedimentos de abate foram realizados seguindo as recomendações da Instrução Normativa (Nº 3), de 17 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2000).

Os animais foram insensibilizados com pistola de dardo cativo (Ctrade®, Tec 10 PP) acionado por cartucho de blasto, suspensos pelos membros posteriores sendo realizada a sangria via veias jugulares.

A esfolação e evisceração foram conduzidos segundo as normas e recomendações descritas por Cezar e Sousa (2007). Após retirada da cabeça (secção na articulação atlanto-occipital), patas (secção nas articulações carpo e tarso-metatarsianas), pele e vísceras, foi obtido o peso da carcaça quente (PCQ). Posteriormente, o trato gastrointestinal (TGI) foi pesado cheio e, em seguida, esvaziado, lavado e novamente pesado para obter o conteúdo do trato gastrointestinal (CTGI). Também foram registrados os pesos da vesícula biliar e bexiga cheias e após esvaziamento. O peso do corpo vazio (PCVZ) foi obtido pelo somatório dos constituintes do corpo animal subtraído do peso do CTGI, do conteúdo da bexiga e vesícula biliar. Para determinar o peso do coração, fígado, pulmão, traqueia, baço, gordura omental, mesentérica e inguinal de cada animal, ambos, foram separados e pesados individualmente.

As carcaças quentes foram acondicionadas em câmara fria com temperatura média de 4°C, onde permaneceram por 24 horas. Após este período de resfriamento, foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). As perdas por resfriamento (PR %) foram quantificadas através da fórmula: $PR (\%) = (PCQ - PCF/PCQ) \times 100$. O rendimento biológico, rendimento da carcaça quente e rendimento da carcaça fria foram determinados pelas seguintes fórmulas: $RB (\%) = (PCQ/PCVZ) \times 100$; $RCQ (\%) = (PCQ/PCA) \times 100$ e $RCF (\%) = (PCF/PCA) \times 100$, respectivamente.

Após obter o PCF, prosseguiram-se as avaliações subjetivas da conformação e acabamento da carcaça utilizando notas de um a cinco, e gordura perirrenal com notas de um a três, classificadas de acordo com a metodologia descrita por Cezar e Sousa (2007). Seguido das avaliações subjetivas, realizou-se medidas morfométricas e, a partir do estabelecimento das

relações entre peso da carcaça fria e comprimento interno da carcaça, largura da garupa e comprimento da perna, foram calculados os índices de compacidade da carcaça (ICC kg/cm) = Peso de carcaça fria/comprimento interno da carcaça; e o índice de compacidade da perna (ICP cm/cm) = Largura da garupa/comprimento da perna, segundo descrito por Cezar e Sousa (2007).

Após avaliações subjetivas e morfométricas, os rins, gordura perirrenal e cauda foram retirados e pesados. Em seguida, as carcaças foram divididas sagitalmente e as meias carcaças esquerda foram seccionadas em seis regiões anatômicas que constituem os cortes cárneos comerciais: pescoço, paleta, costelas, serrote, lombo e perna (CEZAR; SOUSA, 2007). A determinação da composição regional relativa da carcaça foi realizada através do cálculo relativo de cada corte pelo peso reconstituído da meia carcaça esquerda. O percentual do peso relativo de cada corte foi calculado pela seguinte fórmula: Corte (%) = (peso do corte/peso da meia carcaça reconstituída) × 100. Após realização dos cortes e pesagens o lombo e a perna da meia carcaça esquerda foram armazenados em freezer (-20 °C), para posterior análises físico-químicas, composição tecidual da perna e atributos sensoriais da carne.

A área de olho de lombo (AOL) foi mensurada na meia carcaça esquerda de cada animal realizando um corte transversal entre a 12^a e 13^a costela para exposição do músculo *Longissimus lumborum*, cuja área foi tracejada por meio de marcador permanente sobre película plástica transparente, posteriormente a área foi convertida em (cm²), utilizando-se a média de três leituras com o auxílio do software ImageJ® (SCHINDELIN et al., 2012, 2015). Na mesma região foi mensurada a espessura de gordura subcutânea (EGS) conforme Cezar e Souza (2007), com auxílio de paquímetro digital.

2.4 Composição tecidual da perna e qualidade da carne

Para avaliar a composição tecidual da perna esquerda, houve descongelamento prévio em câmara fria à temperatura de aproximadamente 4 °C durante 24 h, seguido da separação dos seguintes grupos tissulares: gordura subcutânea, gordura intermuscular, músculo, osso e outros tecidos (tendões, linfonodos, nervos e vasos sanguíneos), bem como os cinco principais músculos que envolvem o fêmur (*Bíceps femoral*, *Semimembranoso*, *Semitendinoso*, *Quadríceps femoral* e *Adutor*) e os rendimentos dos tecidos em relação ao peso da perna reconstituída, e as relações entre músculo/osso e músculo/gordura, foram separados, pesados e calculados de acordo com metodologia descrita por Cezar e Souza (2007). O cálculo do índice de musculosidade da perna (IMP) foi realizado de acordo com a seguinte fórmula: IMP =

$\sqrt{(P5M/CF)/CF}$, onde P5M representa o peso dos cinco músculos (g) e CF o comprimento do fêmur (cm) (PURCHAS et al., 1991).

O músculo *Longissimus lumborum* foi utilizado para realização das análises físico-química da carne e foi descongelado por 24 h sob refrigeração em temperatura de 4 °C. A mensuração do pH foi realizada segundo metodologia descrita por Zapata (2000), onde amostras de 5g de músculo foi pesada e homogeneizada com auxílio de um almofariz e pistilo com 50 mL de água deionizada seguido por leitura em medidor de pH digital.

A avaliação da coloração foi realizada após padronização dos cortes em uma espessura de 2,5 cm, seguida de exposição ao ar por 30 minutos em ambiente refrigerado (4 °C). As leituras foram realizadas em colorímetro KONIKA MINOLTA (Modelo CR 400, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japão), operando em sistema CIELAB (L*, a*, b*) que determina os componentes da cor, sendo L* a luminosidade (0 -100, variando de preto para branco), a* intensidade de vermelho (componente vermelho - verde) e b* intensidade de amarelo (componente amarelo - azul) (MACDOUGALL, 1994). O colorímetro foi calibrado para um padrão de branco e com um tamanho de abertura de 8 mm, com iluminador D65, observador padrão de 10° operado com cone aberto. Essa análise foi realizada em três pontos diferentes no músculo estudado, e a média foi calculada para representar a coloração.

A capacidade de retenção de água (CRA) foi medida com base no método proposto por Sierra (1973). Para determinação da perda por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC), de acordo com a metodologia de Wheeler et al. (1993), as amostras foram cortadas em bifés de 2,5 cm de espessura, pesadas, colocadas em bandeja revestida de papel alumínio e cozidas em forno pré-aquecido a 170 °C. A temperatura interna dos bifés foi monitorada com auxílio de um termômetro e ao atingir 40 °C a posição dos bifés foi invertida e retirados quando atingiu 70 °C. A PPC foi calculada como a diferença entre o peso dos bifés antes e depois do forno. Posteriormente, os mesmos bifés da PPC foram utilizados para avaliar a FC, as amostras foram dispostas no analisador de textura CT3 (Ametek Brookfield), de forma que o corte ocorresse perpendicularmente à direção de suas fibras musculares e a FC foi registrada e expressa em kgf/cm² como a média de três medições por amostra.

Em relação à composição química da carne, amostras do músculo *Longissimus lumborum* foram processadas em liquidificador para obter uma pasta homogênea, as quais, foram liofilizadas para posteriores análises do teor de umidade (Método nº 925.04), proteína bruta (Método Nº. 981.10), extrato etéreo (Método Nº. 935.38) e cinzas (Método nº. 938.08) (AOAC, 1995).

2.5 Análise sensorial

Foi realizado o teste afetivo de aceitação em cabines individuais com painel composto por 12 provadores treinados com idade entre 18 e 35 anos, que avaliaram os atributos sensoriais de aparência geral, cor, aroma, maciez, suculência e sabor, utilizando-se uma escala não estruturada de 10 cm correspondente a intensidade de atributos variando de zero (menor intensidade) a dez (maior intensidade). As amostras do músculo *Longissimos lumborum* de cada animal, foram cozidas de acordo com metodologia para determinação das perdas por cocção. Em seguida, foram fracionadas em cubos de 2,5 cm³ de modo a permitir amostras de aproximadamente 15 g, embaladas em papel alumínio e servidas em recipientes descartáveis de cor branca codificados com três dígitos numéricos. Cada provador recebeu ficha de avaliação e as amostras foram servidas em duplicatas. Para remover o sabor residual entre amostras, foi servida água a temperatura ambiente e uma bolacha “cream cracker” sem sal.

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar homocedasticidade e teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade. Estando as premissas satisfeitas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o procedimento GLM do software Statistical Analysis System - SAS (versão 9.4), conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (X_{ij} - X) + e_{ij};$$

Em que: Y_{ij} = valor observado da variável dependente; μ = média geral; T_i = efeito do tratamento i ($i = 0; 7,3; 14,6$ e $21,9$ g/kg de ureia MS); $\beta (X_{ij} - X)$ = efeito de covariável (PCI); e_{ij} = erro experimental.

Para análise de regressão (PROC REG), a soma dos quadrados dos tratamentos foi decomposta em dois contrastes: linear ($-3 - 1 + 1 + 3$) e quadrático ($+1 - 1 - 1 + 1$), ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Para a análise sensorial da carne, também foi utilizado DIC e para todos os procedimentos adotou-se o PROC MIXED do SAS (versão 9.4) utilizando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + e_{ij};$$

Em que: Y_{ij} = variável dependente da observação ij ; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tratamento i ; P_j = efeito aleatório do provador j ; e_{ij} = erro aleatório residual.

As diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia não influenciaram ($P < 0,05$) a ingestão MS (Tabela 3), mas alteraram a proporção de ingestão de PDR:PNDR (93:68, 111:67, 116:57, 131:50 g/dia) nos níveis 0,0; 7,3; 14,6 e 21,9 g/kg MS, respectivamente.

O aumento nos níveis de ureia diminuiu ($P = 0,003$) o ganho médio diário (GMD), o peso corporal ao abate (PCA, $P = 0,029$), peso de corpo vazio (PCVZ, $P = 0,009$), peso de carcaça quente (PCQ, $P = 0,023$) e peso de carcaça fria (PCF, $P = 0,015$) (Tabela 3). No entanto, o conteúdo do trato gastrintestinal (CTGI), o rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), rendimento biológico (RB), perdas por resfriamento (PR), não foram influenciados ($P > 0,05$; Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescentes de ureia

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Ingestão matéria seca (g/dia)	1115,6	1178,7	1141,2	1176,7	15,911	0,273	0,628
Ganho médio diário (g/dia)	258	264	243	224	4,874	0,003	0,174
Peso corporal ao abate (kg)	37,4	36,8	36,1	35,4	0,401	0,029	0,860
Peso de corpo vazio (kg)	31,6	30,7	29,7	29,6	0,357	0,009	0,452
Conteúdo do trato gastrintestinal (kg)	5,5	5,8	6,1	5,9	0,114	0,130	0,208
Peso de carcaça quente (kg)	18,4	18,3	17,5	17,3	0,263	0,023	0,857
Peso de carcaça fria (kg)	17,7	17,7	17,1	16,3	0,269	0,015	0,393
Rendimento de carcaça quente (%)	48,65	48,63	48,06	49,07	0,296	0,801	0,405
Rendimento de carcaça fria (%)	47,04	46,88	46,17	46,50	0,342	0,472	0,731
Rendimento biológico (%)	57,61	58,34	58,57	58,58	0,255	0,184	0,499
Perdas por resfriamento (%)	3,95	3,90	3,82	3,75	0,092	0,455	0,962
Espessura da gordura subcutânea (mm)	0,98	1,05	1,01	0,85	0,031	0,106	0,056
Área de olho de lombo (cm ²)	12,42	12,89	12,70	12,10	0,248	0,567	0,243
ICC (kg/cm) ^a	0,30	0,30	0,30	0,29	0,005	0,429	0,643
ICP (cm/cm) ^b	0,48	0,48	0,49	0,47	0,004	0,502	0,478
Acabamento (1-5)	3,30	3,60	3,40	3,67	0,089	0,273	0,926
Conformação (1-5)	3,60	3,45	3,22	3,30	0,114	0,263	0,619
Gordura perirrenal (1-3)	2,20	1,80	1,70	2,20	0,076	0,873	0,003

* EPM = Erro padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático; ^a ICC = Índice de compacidade da carcaça; ^b ICP = Índice de compacidade da perna.

As dietas também não influenciaram ($P > 0,05$) na espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL), índice de compacidade da carcaça (ICC), índice de compacidade da perna (ICP), bem como, os resultados da avaliação subjetiva de conformação e gordura de acabamento. Entretanto, a gordura perirrenal foi influenciada quadraticamente ($P < 0,003$), com índices de engorduramento 2,20 nos níveis (0 e 21,9 g/kg MS) de ureia em dietas à base de palma OEM, enquanto os níveis intermediários (7,3 e 14,6 g/kg MS) apresentaram 1,80 e 1,70 respectivamente, (Tabela 3).

Dentre os componentes não carcaça, o coração e a quantidade de gordura inguinal não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas dietas (Tabela 4). Diminuiu linearmente o peso do fígado ($P = 0,030$), dos pulmões mais traqueia ($P = 0,002$) e dos rins ($P = 0,001$), enquanto o peso do baço foi influenciado quadraticamente ($P = 0,032$), assim como, o peso da gordura mesentérica ($P = 0,021$), da gordura omental ($P < 0,000$), da gordura perirrenal ($P < 0,000$), com valores máximos (0,083; 0,352; 0,656 e 0,341 kg), nos níveis (7,3; 21,9; 21,9 e 0,0 g/kg MS) de inclusão de ureia na dieta, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Componentes não carcaça de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Peso (kg)							
Coração	0,169	0,169	0,166	0,164	0,003	0,548	0,887
Fígado	0,674	0,649	0,609	0,615	0,011	0,030	0,473
Pulmão + traqueia	0,571	0,583	0,541	0,503	0,010	0,002	0,139
Baço	0,075	0,083	0,082	0,066	0,003	0,277	0,032
Rins	0,130	0,132	0,120	0,111	0,003	0,001	0,205
Gordura mesentérica	0,325	0,311	0,289	0,352	0,010	0,431	0,021
Gordura omental	0,568	0,453	0,360	0,656	0,029	0,352	<,000
Gordura perirrenal	0,341	0,225	0,208	0,311	0,014	0,263	<,000
Gordura inguinal	0,124	0,121	0,116	0,101	0,005	0,106	0,555

* EPM = Erro padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático.

Quanto ao peso dos cortes cárneos comerciais, não houve influência das dietas ($P > 0,05$) no peso do pescoço, da paleta, das costelas, do serrote e do lombo, enquanto o peso da perna reduziu linearmente ($P = 0,037$) (Tabela 5). Os rendimentos de pescoço, costelas, serrote e perna não foram influenciados ($P > 0,05$), mas o rendimento de paleta foi influenciado ($P = 0,024$) com maior rendimento (20,20%) no nível (14,6 g/kg MS) de ureia, e o rendimento do lombo reduziu ($P = 0,027$) (Tabela 5).

Tabela 5. Peso e rendimento dos cortes cárneos comerciais de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Peso (kg)							
Pescoço	0,616	0,616	0,604	0,569	0,012	0,186	0,479
Paleta	1,602	1,642	1,612	1,500	0,027	0,084	0,074
Costelas	1,711	1,692	1,642	1,688	0,039	0,728	0,665
Serrote	0,829	0,809	0,701	0,811	0,021	0,360	0,112
Lombo	0,899	0,826	0,787	0,797	0,022	0,082	0,339
Perna	2,706	2,765	2,671	2,531	0,039	0,037	0,125
Rendimentos (%)							
Pescoço	7,44	7,30	7,40	7,53	0,139	0,765	0,639
Paleta	19,04	19,62	20,20	19,00	0,195	0,823	0,024
Costelas	20,37	20,80	20,59	21,21	0,357	0,484	0,898
Serrote	9,98	10,03	9,27	10,00	0,224	0,724	0,453
Lombo	10,85	10,95	9,78	9,77	0,226	0,027	0,902
Perna	32,30	32,20	33,52	32,82	0,262	0,222	0,568

* EPM = Erro padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático.

As dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia não influenciaram ($P > 0,05$) o peso da perna reconstituída, peso dos músculos totais, peso dos músculos *Semimembranoso*, *Bíceps femoral*, *Quadríceps femoral*, outros músculos, peso do fêmur, peso da gordura subcutânea, gordura intermuscular e gordura total, bem como o peso de outros tecidos (Tabela 6). No entanto, diminuiu o peso do músculo *Semitendinoso* ($P = 0,0356$) e o músculo *Adutor* ($P = 0,023$) e P5M ($P = 0,018$). O peso dos ossos totais foi influenciado ($P = 0,047$), com peso máximo de 552 g no nível de 14,6 g/kg MS de ureia (Tabela 6).

O rendimento de músculo, gordura e outros tecidos não foram influenciados ($P > 0,05$), enquanto o dos ossos foi influenciado ($P = 0,006$), com rendimento máximo (20,69%) no nível (7,3 g/kg) de ureia (Tabela 6). Quanto às relações de musculosidade da perna a relação músculo/osso foi influenciada ($P = 0,014$), com valores de 3,50 e 3,12 g/g nos níveis de 21,9 e 14,6 g/kg MS de ureia, respectivamente, enquanto a relação músculo/gordura e comprimento do fêmur não foram influenciados ($P > 0,05$), mas o índice de musculosidade da perna (IMP) diminuiu linearmente ($P = 0,019$) (Tabela 6).

Tabela 6. Pesos e rendimentos dos componentes tissulares da perna esquerda de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
Peso (g)							
Perna reconstituída	2619	2581	2565	2478	0,042	0,188	0,731
Músculos totais	1789	1748	1723	1684	0,029	0,123	0,989
<i>Semitendinoso</i>	218	202	195	197	0,004	0,036	0,197
<i>Semimembranoso</i>	248	247	232	231	0,004	0,057	0,948
<i>Biceps femoral</i>	146	140	138	146	0,002	0,177	0,653
<i>Quadriceps femoral</i>	374	367	353	350	0,007	0,152	0,883
<i>Adductor</i>	154	136	122	128	0,004	0,023	0,158
Outros músculos	641	651	681	637	0,016	0,894	0,352
P5M ^a	1145	1096	1044	1045	0,018	0,018	0,426
Fêmur	165	173	167	157	0,002	0,224	0,096
Ossos totais	523	531	552	483	0,010	0,253	0,047
Gordura subcutânea	157	166	153	156	0,007	0,777	0,844
Gordura intermuscular	75,0	77,1	69,2	86,4	0,004	0,577	0,466
Gordura total	229	220	222	252	0,010	0,459	0,354
Outros tecidos	84,4	29,9	70,5	64,5	0,005	0,146	0,976
Rendimentos (%)							
Músculo	68,14	67,57	67,27	68,09	0,379	0,901	0,381
Ossos	20,03	20,69	20,61	19,51	0,263	0,804	0,006
Gordura total	8,90	8,63	8,61	9,84	0,334	0,360	0,280
Outros tecidos	2,90	3,09	2,77	2,20	0,157	0,910	0,235
Musculosidade							
Músculo/osso (g/g)	3,43	3,29	3,12	3,50	0,052	0,904	0,014
Músculo/gordura (g/g)	7,52	7,29	7,24	7,01	0,225	0,446	0,995
Fêmur (cm)	18,32	18,68	18,57	18,62	0,096	0,358	0,408
IMP ^b	0,53	0,51	0,51	0,50	0,004	0,019	0,393

* EPM = Erro padrão da média; Contrastes: L = Linear e Q = Quadrático; ^a P5M = Representa o peso dos cinco músculos (*Semitendinoso*, *Semimembranoso*, *Biceps femoral*, *Quadriceps femoral* e *Adutor*);

^b IMP = Índice de musculosidade da perna.

Quanto aos parâmetros avaliados na carne, o pH, a capacidade de retenção de água (CRA), parâmetros de coloração (L*, a*, b*), teor de umidade, proteína bruta (PB), e cinzas não foram influenciados ($P > 0,05$) (Tabela 7). No entanto, diminuíram a perda por cocção ($P = 0,002$) e força de cisalhamento ($P = 0,044$), enquanto o teor de extrato etéreo aumentou ($P = 0,047$).

Na análise sensorial da carne de ovinos alimentados com dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia em substituição do farelo de soja não houve diferença ($P > 0,05$) para os parâmetros de aparência geral, cor, aroma, maciez, suculência e sabor (Tabela 8).

Tabela 7. pH e parâmetros físico-químicos do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros alimentados com dieta à base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.

Variáveis	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P	
	0,0	7,3	14,6	21,9		L	Q
pH	5,82	5,83	5,76	5,86	0,028	0,896	0,405
CRA (%) ^a	22,4	22,9	23,9	24,9	0,821	0,062	0,646
PPC (%) ^b	29,3	26,2	26,9	21,8	0,840	0,002	0,237
FC (kg/cm ²) ^c	3,97	3,60	3,67	2,72	1,851	0,044	0,363
L * (Luminosidade)	42,9	42,8	42,7	44,2	0,446	0,348	0,388
a * (Vermelho)	14,1	14,9	14,3	15,0	0,237	0,797	0,450
b * (Amarelo)	5,79	6,12	5,15	6,44	0,228	0,623	0,290
Umidade (g/kg)	745	753	761	751	0,246	0,231	0,067
Proteína Bruta (g/kg)	200	193	187	194	0,247	0,295	0,180
Lipídeos (g/kg)	23,9	22,9	24,2	27,4	0,065	0,047	0,105
Cinzas (g/kg)	9,8	9,4	9,5	9,8	0,013	0,917	0,240

* EPM = Erro padrão da média; CRA = Capacidade de retenção de água; PPC = Perda por cocção; FC = Força de cisalhamento.

Tabela 8. Avaliação sensorial do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros alimentados com dieta a base de palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw associada a níveis crescente de ureia.

Atributos	Níveis de ureia (g/kg MS)				EPM*	Valor P
	0	7,3	14,6	21,9		
Aparência geral	4,92	6,11	5,56	6,17	0,528	0,108
Cor	2,84	3,23	3,49	3,21	0,378	0,559
Aroma	3,48	2,80	3,19	3,54	0,435	0,422
Maciez	5,70	5,75	4,94	5,54	0,681	0,728
Suculência	4,86	5,13	4,45	5,02	0,725	0,816
Sabor	2,58	2,52	2,06	2,52	0,323	0,544

* EPM = Erro padrão da média

Em relação à ingestão de MS, os animais ingeriram, em média 1153 g/dia, situando-se acima do previsto pelo NRC (2007) para mesma categoria animal (30 kg peso corporal, visando ganho de 250 g/dia), que preconiza ingestão de MS de 950 g/dia. Provavelmente, a alta ingestão de MS resultou em GMD de 258 e 264 g acima do preconizado nos animais alimentados nos níveis 0,0 e 7,3 g/kg MS de ureia na dieta respectivamente, enquanto nos níveis 14,6 e 21,9 g/kg MS de ureia na dieta, os GMD de 243 e 224 g, respectivamente, ficaram abaixo do preconizado com queda mais acentuada no último nível, no qual, o farelo de soja foi totalmente substituído pela ureia. Portanto, essa variação no GMD parece não estar relacionada com a ingestão de MS, e sim, com os produtos resultantes do metabolismo dos componentes de cada dieta.

De acordo com Santos e Pedroso (2011), o teor de PB, de proteína degradável no rúmen (PDR) e a qualidade dela podem afetar o crescimento microbiano, visto que as bactérias

fermentadoras de carboidratos fibrosos (CF) requerem NH_3 como fonte de N, enquanto as fermentadoras de CNF têm maior requerimento por aminoácidos (AA) e peptídeos. Dessa forma, quando a ureia substituiu totalmente a fonte de proteína verdadeira, isso parece ter comprometido a síntese de proteína microbiana e, conseqüentemente, a quantidade de AA e peptídeos para síntese de tecidos, ocasionando menor GMD.

De acordo com estimativas da ingestão de PDR e PNDR a alteração nas fontes de N, aumentou a relação de PDR:PNDR em 91,35% do nível zero para o nível 21,9 g/kg MS de ureia. Supõem-se, que a magnitude dessa alteração na ingestão dessas frações da PB também tenha influenciado a quantidade e o perfil de AAs e peptídeos da proteína metabolizável. Segundo Haryanto (2014), a estratégia de alimentação proteica em ruminantes deve considerar a porção de PNDR para que possa ser utilizada como fonte de aminoácidos para posterior metabolismo no tecido animal.

Quando a ureia foi usada como a principal fonte de N, sem uso de uma fonte de proteína verdadeira na dieta de ovinos (WANG et al., 2016; SANTOS et al., 2020) também observaram redução no GMD. No entanto, quando a ureia foi suplementada até 15 g/kg MS em substituição parcial do farelo de soja (WANG et al. (2016) relataram que não houve efeito negativo no GMD. A suplementação parcial de ureia nos níveis 14 e 12 g/kg MS, em dietas à base de palma forrageira, Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw, respectivamente, Lopes et al. (2020) relataram não afetar negativamente o desempenho dos cordeiros em crescimento. Xu et al. (2019), também não observaram diferença no GMD de ovinos suplementados com até 30,0 g/kg MS de ureia em dietas que a proteína verdadeira fez parte da formulação quando comparados com animais alimentados na dieta controle sem ureia.

O efeito linear decrescente no GMD refletiu no PCA, PCVZ, PCQ e PCF, nos quais seguiram o mesmo padrão linear decrescente. O menor PCVZ, PCQ e PCF também foi observado por Silva et al. (2020), quando ovinos foram alimentados com ureia em comparação aos alimentados com farelo de soja. De acordo com Ferraz et al. (2021), o uso de ureia na dieta de ovinos reduziu cerca de 12% o peso das carcaças quando comparado com outras fontes de N como o farelo de soja e farelo de algodão. Torna-se evidente, que a substituição da proteína verdadeira por NNP como ureia pode reduzir o desempenho e o peso de carcaça de ovinos. Nesse contexto, sugere que esses resultados estão relacionados ao efeito deprimente da síntese de proteína microbiana e redução no fluxo de AA para o intestino delgado como observado por Broderick e Reynal (2009) quando foi aumentada a proporção de ureia e diminuída a proteína verdadeira na PDR.

Com relação ao RCQ, RCF e RB, estes não foram influenciados devido ao mesmo comportamento linear decrescente observado no peso de componentes não carcaça, como o fígado, pulmões mais traqueia e rins (Tabela 4), que associado a ausência de efeito no CTGI e PR, resultou em rendimentos de carcaça semelhantes. A ausência de efeito no peso do CTGI está relacionada a semelhante ingestão de MS aliada à similaridade do teor de FDNcp das dietas (Tabela 2). Quanto às PR, estas não diferiram devido o mesmo nível de engorduramento da carcaça, comprovado pela ausência de efeito nas medidas subjetivas de acabamento e na EGS, a qual, segundo Cardoso et al. (2021), funciona como proteção contra perdas de umidade durante o resfriamento da carcaça.

O efeito quadrático com relação à deposição de gordura perirrenal, mostra que os animais alimentados nos níveis 0,0 e 21,9 g/kg de ureia na dieta, apresentaram maior deposição nessa região, mas ao associar esse resultado com o efeito quadrático no peso da gordura mesentérica, omental e perirrenal observado na (Tabela 4), pode-se inferir que houve maior deposição de gordura interna nos animais alimentados com 21,9 g/kg de ureia em substituição total do farelo de soja na dieta. De acordo com Oliveira et al. (2018), a maior deposição de gordura interna é uma característica da raça Santa Inês, mas como os animais dos demais grupos experimentais pertenciam ao mesmo genótipo, provavelmente esse efeito está associado ao maior teor de milho na dieta com o nível 21,9 g/kg de ureia (Tabela 2), que, por sua vez, apresenta alto teor de amido 689 g/kg MS (LIMA et al., 2006), aumentando, assim, o teor de propionato, que, segundo Abdul-Razzaq et al. (1988), está associado a um aumento nos níveis plasmáticos de glicose e insulina e um aumento na deposição de gordura.

A deposição de gordura interna, segundo Moreno et al. (2014), não é desejada, pois há aumento das exigências de energia para manutenção, devido à maior taxa metabólica do tecido adiposo e há desperdício da energia fornecida pela dieta, além disso, Costa et al. (2017b) afirmam não ser vantajosa porque não tem valor comercial e porque seu peso tem um efeito sobre os pesos e rendimentos das carcaças. Entretanto, a quantidade de gordura interna constatada no presente estudo não foi suficiente para interferir no rendimento de carcaça.

Quanto aos componentes não carcaça, o fígado, pulmões mais traqueia e os rins seguiram o mesmo comportamento do GMD, enquanto o peso do baço foi influenciado, mas o menor peso também foi observado nos animais alimentados no nível 21,9 g/kg de ureia em dietas a base de palma OEM. De acordo com Cavalcante et al (2022), a taxa de crescimento dos órgãos e tecidos são afetados pelo nível nutricional. Dessa forma, sugere-se que a disponibilidade de nutrientes não foi suficiente para comportar o mesmo desenvolvimento, ou

a assincronia entre a disponibilidade de AA e peptídeos com o suprimento energético comprometeu a síntese proteica de tecido.

Em relação aos cortes cárneos comerciais, não houve efeito das dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia sobre o peso do pescoço, paleta, costelas, serrote e lombo, enquanto o peso da perna apresentou efeito linear decrescente. De acordo com Furusho-Garcia et al. (2006), o desenvolvimento da perna é semelhante ao PCVZ em animais da raça Santa Inês, fato esse, que foi observado no presente estudo. O peso da perna também seguiu o peso da carcaça fria, possivelmente esse efeito tornou-se evidente apenas nesse corte, por ele ser um dos mais representativos da carcaça.

O rendimento dos cortes cárneos comerciais está intimamente relacionado com peso da carcaça e a precocidade de desenvolvimento de cada corte. Segundo Cezar e Sousa (2007), as proporções dos cortes de desenvolvimento precoce, como perna e paleta, diminuem com o aumento do peso da carcaça. O contrário ocorre com os cortes de desenvolvimento tardio, como as costelas, lombo e pescoço, que tem seus pesos incrementados à medida que o peso da carcaça aumenta. Dessa forma, o efeito quadrático observado no rendimento de paleta e o efeito linear decrescente no rendimento de lombo (Tabela 5), estão de acordo com os relatos de Cezar e Sousa (2007), uma vez que, os animais que apresentaram carcaças mais pesadas (Tabela 3) conseqüentemente mostraram menor rendimento de paleta e maior rendimento de lombo (Tabela 5).

Na composição tecidual da perna o peso dos músculos *Semitendinoso* e *Adutor* apresentou efeito linear decrescente e, conseqüentemente, influenciou o P5M, que seguiu o mesmo comportamento. Cardoso et al. (2021) sugeriram que o tecido muscular da perna acompanha o desenvolvimento do PCF, fato que foi observado no presente estudo. O peso dos ossos foi influenciado e os animais alimentados nos níveis 0,0 e 21,9 g/kg de ureia apresentaram menor peso desse tecido, enquanto os animais alimentados nos níveis 7,3 e 14,6 apresentaram maior peso dessa estrutura. Conseqüentemente, o rendimento dos ossos seguiu o comportamento observado para o peso. De acordo com Oliveira, F., et al. (2018), os ossos compõem a maior parte da fração não comestível da perna. Portanto, menor rendimento dessa estrutura pode afetar positivamente a quantidade de tecidos comestíveis, conforme demonstrado pelo efeito quadrático na relação músculo/osso, animais com menor rendimento de osso apresentaram maior rendimento de musculo/osso (Tabela 6).

O IMP decresceu linearmente quando aumentou os níveis de ureia em dietas a base de palma OEM. Esse efeito seguiu o mesmo comportamento do P5M, visto que não houve variação no comprimento do fêmur. Dessa forma, torna-se evidente que a fonte de N em dietas à base de

palma OEM exerce efeito sobre a deposição muscular em ovinos, uma vez que animais alimentados com farelo de soja (fonte de proteína verdadeira) resultou em maior deposição desse tecido, animais alimentados com farelo de soja e ureia resultou em deposição intermediária e quando o farelo de soja foi totalmente substituído por ureia, a deposição muscular foi menor.

Quanto aos parâmetros físico-químicos da carne, a PPC e FC reduziram linearmente com o aumento dos níveis de ureia em dietas a base de palma OEM, enquanto na composição química da carne, foi observado aumento linear no teor de lipídeos. A redução na PPC pode estar relacionada com o maior teor de lipídeos observado na carne, que por sua vez, é um indicativo de maior quantidade de gordura intramuscular. De acordo com Joo et al. (2013), o conteúdo de gordura intramuscular afeta a suculência, aumentando a capacidade de retenção de água da carne, lubrificando as fibras musculares durante o cozimento. Segundo Gois et al. (2017), maiores níveis de gordura intramuscular conduzem a menores PPC e à obtenção de carnes mais macias e suculentas, visto que a gordura presente na carne atua como barreira contra a perda de umidade.

De acordo com Cezar e Sousa (2007), a inclusão de ureia nas dietas conferiu a carne uma classificação de maciez mediana, enquanto a dieta com farelo de soja resultou em carne classificada como dura, conforme observadas as respostas da força de cisalhamento. Segundo Parente et al. (2020), a redução da força de corte pode estar associada a maior quantidade de gordura intramuscular.

O aumento linear no teor de lipídeos na carne pode estar relacionado com o aumento de milho nas dietas (Tabela 2), visto que esse ingrediente foi o que apresentou maior teor desse nutriente (Tabela 1) e como não houve diferença na ingestão de MS, possivelmente, os animais consumiram mais desse nutriente o qual refletiu na composição da carne.

A CRA e a cor da carne são parâmetros que estão relacionados e que geralmente sofre influência do pH, a ausência de efeito neste, também resultou na ausência de efeito CRA e na cor da carne. Segundo Joo et al. (2013), a cor da carne é a característica qualitativa de aparência mais importante, porque é o primeiro fator visto pelo consumidor e é usado como uma indicação de frescor e salubridade, enquanto a CRA determina a perda por gotejamento, propriedades alimentares de carne cozida, além de outras características físicas da carne. Portanto, de acordo com esses resultados, a inclusão de ureia em dietas a base de palma OEM, confere a carne de ovinos boas características qualitativas.

Apesar dos efeitos na PPC, FC e no teor de lipídeos, não houve diferença na análise sensorial da carne. Segundo Madruga et al. (2020), a quantidade de gordura intramuscular pode

afetar diretamente as propriedades sensoriais da carne, produzindo alterações detectáveis na palatabilidade. No entanto, apesar do aumento no teor de lipídeos, não foi possível detectar diferença no sabor. Esperava-se, que o efeito nos lipídeos associado à redução na PPC tivesse influenciado na suculência e maciez. Entretanto, os provadores não constataram diferença nesses atributos, provavelmente a magnitude desses efeitos não foi o suficiente para expressar alterações nessas características. Além disso, a redução na FC também poderia ter influenciado na maciez. A média para esse atributo foi em torno de 5,5, considerando a escala de 1 a 10 sugere que a carne apresentou maciez mediana, estando de acordo com a classificação obtida para FC (CEZAR; SOUSA, 2007).

4 CONCLUSÕES

Dietas à base de palma OEM associada a níveis crescentes de ureia em substituição ao farelo de soja reduzem o GMD e o peso da carcaça de ovinos sem comprometer as características e o rendimento de carcaça e destaca-se por melhorar características qualitativas da carne de ovinos confinados sem interferir nos atributos sensoriais.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-RAZZAQ, H. A. et al. The influence of rumen volatile fatty acids on blood metabolites and body composition of growing lambs. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, n.3, p.505-515, 1988.
- ABREU, K. S. F. et al. Quality of meat from sheep fed diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Meat Science**, v.148, p.229-235, 2019.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16th Ed. Washington DC, USA. Science Education, 1995.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Arlington, VA, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico De Métodos De Insensibilização Para O Abate Humanitário De Animais De Açougue**. Instrução Normativa, 2000.
- BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.6, p.2822-2834, 2009.
- BROWN, A. J.; WILLIAMS, D. R. Sheep Carcass Evaluation: Measurement of Composition Using a Standardized Butchery Method. Langford: **Memorandum-Meat Research Council Institute**, 1979.

- CARDOSO, D. B. et al. Growth performance, carcass traits and meat quality of lambs fed with increasing levels of spineless cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v.272, p.114788, 2021.
- CAVALCANTE, I. T. R. et al. Animal feed based on forage cactus: use of viscera in traditional dishes. Production of by-products that can result in an economic return. **Food Science and Technology**, V.42, p.105921, 2022.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcaças Ovinas e Caprinas: Obtenção, Avaliação e Classificação**. 1. ed. Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, 2007.
- COSTA, R. G., et al. Physicochemical and sensory characterization of meat from Santa Ines sheep fed with cactus forage (*Opuntia ficus indica* mill). **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.19, p.45-57, 2017a.
- COSTA, R. G. et al. Characterization of the lipid profile of internal fat deposits of sheep in the semiarid region of Brazil. **Small Ruminant Research**, v.149, p.214-217, 2017b.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.4, p.980-984, 2010.
- EDVAN, R. L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific reports**, v.10, n.1, p.1-10, 2020.
- FERRAZ, L. V. et al. Nitrogen Sources in Spineless Cactus-Based Diets for Sheep in Finishing, 2021.
- GOIS, G. C. et al. Qualidade da carne de ovinos terminados em confinamento com dietas com silagens de diferentes cultivares de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, p.1653-1659, 2017.
- JOO, S. T. et al. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v.95, n.4, p.828-836, 2013.
- LICITRA, G. et al. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal feed science and technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LIMA, R. F. et al. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de energéticos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.28, n.2, p.215-221, 2006.
- LOPES, L. A. et al. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.33, n.8, p.1284-1291, 2020.
- MACDOUGALL, D. B. Colour of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Eds.), **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Advances in Meat Research, vol 9. Boston: Springer, 1994. p. 79-93.
- MADRUGA, M. S. et al. Physicochemical and sensory characterization of meat from lambs subjected to feeding restrictions. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.23, e2019264, 2020.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

MORENO, G. M. B. et al. Rendimentos de carcaça, cortes comerciais e não-componentes da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de erva-sal e concentrado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, V.15, p.192-205, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 6th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2007.

OLIVEIRA, J. P. F. et al. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.31, n.4, p.529-536, 2018.

OLIVEIRA, F. G. et al. Carcass characteristics of Santa Ines sheep with different biotypes and slaughtering weights. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.19, n.3 p.347-359, 2018.

PARENTE, M. O. M. et al. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**, v.160, p.107971, 2020.

PESSOA, D. V. et al. Forage nutritional differences within the genus *Opuntia*. **Journal of Arid Environments**, v.181, p.104243, 2020.

PURCHAS, R. W. et al. An objective measure of muscularity: changes with animal growth and differences between genetic lines of Southdown sheep. **Meat Science**, v.30, n.1, p.81–94, 1991.

ROCHA FILHO, R. R. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas?. **Journal of Arid Environments**, v.186, p.104426, 2021.

SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas, In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. 2. ed. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2011. p. 265-297.

SANTOS, K. C. et al. Can urea associated with alternative carbohydrate sources replace conventional concentrate for lambs?. **Livestock Science**, v.239, p.104172, 2020.

SIERRA, I. Contributions to the study Blanco Belga x Landrace: productive characteristics of the channel and the meat quality. **Revista del Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro**, v.16, p.43, 1973.

SILVA, F. J. S. et al. Body weight components and meat quality of hair sheep fed diets containing different carbohydrate sources associated with urea. **Chilean journal of agricultural research**, v.80, n.3, p.361-369, 2020.

VAN SOEST, P. V. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WANG, B. et al. Effect of urea supplementation on performance and safety in diets of Dorper crossbred sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, n.5, p.902-910, 2016.

WHEELER, T. T. et al. Effects of marbling degree on palatability and caloric content of beef. **Beef Research Program Progress Report**, n.4, p.133-134, 1993.

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.

ZAPATA, J. F. F. et al. Estudo da qualidade da carne ovina do nordeste brasileiro: propriedades físicas e sensoriais. **Food Science and Technology**, v.20, n.2, p.274-277, 2000.