



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

Gabriela Rayane da Rocha Costa

**Sódio suplementar sobre a regulação do balanço hídrico de ovinos de
corte alimentados com dietas a base de palma forrageira**

Recife - PE, 2024

Gabriela Rayane da Rocha Costa

Sódio suplementar sobre a regulação do balanço hídrico de ovinos de corte alimentados com dietas a base de palma forrageira

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

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador:

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

Coorientador:

Profa. Dra. Andréia Fernandes de Souza

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

Prof. Dr. Pierre Castro Soares

Recife – PE, 2024

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)

- C838s Costa, Gabriela Rayane da Rocha
Sódio suplementar sobre o balanço hídrico de ovinos de corte alimentados com dietas a base de palma forrageira / Gabriela Rayane da Rocha Costa. - 2024.
42 f. : il.
- Orientador: Joao Paulo Ismerio dos Santos Monnerat.
Coorientador: Andreia Fernandes de Souza; Francisco Fernando Ramos de Carvalho; Pierre Castro Soares.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2024.
1. indicadores da função renal. 2. ingestão de água. 3. minerais. 4. Opuntia stricta. 5. regulação hidroeletrolítica. I. Monnerat, Joao Paulo Ismerio dos Santos, orient. II. Soares, Andreia Fernandes de Souza; Francisco Fernando Ramos de Carvalho; Pierre Castro, coorient. III. Título

CDD



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

Sódio suplementar sobre a regulação do balanço hídrico de ovinos decorte alimentados com dietas a base de palma forrageira

Dissertação elaborada por:
GABRIELA RAYANE DA ROCHA COSTA

APROVADA EM: 26/07/2024

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO PAULO ISMERIO DOS SANTOS MONNERA
Data: 31/07/2024 14:20:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos
Monnerat**
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCELO DE ANDRADE FERREIRA
Data: 31/07/2024 09:06:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Universidade Federal Rural de
Pernambuco Departamento de Zootecnia

Documento assinado digitalmente
gov.br KELLY CRISTINA DOS SANTOS
Data: 31/07/2024 11:52:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Kelly Cristina dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco

A Deus, por me sustentar nos momentos mais difíceis e me fortalecer quando forças me faltaram. À minha mãe, Márcia Oliveira da Rocha; à minha avó, Denise Maria Mendes de Oliveira, à minha bisavó, Maria Cândida Mendes de Oliveira (*in memoriam*); ao meu irmão João Paulo da Rocha Monteiro e à minha filha, Lívia Maria da Rocha Dutra, por serem meus maiores incentivadores e fontes de inspiração e força, sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus, amigos pelo acolhimento e companheirismo.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e saúde para enfrentar as batalhas diárias e por nunca me desamparar nos momentos difíceis, mostrando que os planos Dele são infinitamente maiores e melhores que os meus.

À minha família, que é a responsável pela pessoa que me tornei, a quem devo tudo. À minha mãe, por me incentivar a ser o melhor que eu posso, respeitando meus limites e seguindo meu coração.

À minha avó, por ser uma fortaleza e refúgio nos momentos difíceis e por me ensinar a ser forte.

Ao meu orientador, João Paulo, por toda paciência, incentivo e dedicação. Tê-lo nesta jornada foi um grande presente, muito obrigada.

Aos meus coorientadores, professor Pierre, Francisco e Andreia, por todo apoio e auxílio durante o processo.

Aos professores da Pós-Graduação, pelos ensinamentos que iam além da academia.

A todos os participantes do setor de ovinos, vocês foram essenciais, obrigada pela dedicação, tempo e companheirismo. Os dias foram mais leves e felizes graças à presença de vocês.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia, em especial dona Silvana e Rafa, pela força e companhia diária, minha gratidão eterna a vocês duas.

Aos colegas do programa de Pós-Graduação que encontravam espaço em suas agendas e compromissos para longos períodos de descarregamento de palma, manejos, coletas e ombros amigos nas horas de desespero.

Aos meus colegas de experimento, Ronan e Vitória, por dividirem comigo as responsabilidades, os fardos, o cansaço e, ao final, a alegria do êxito.

A Vitória, Yasmin e Ronan, por serem meus braços e pernas quando não pude estar presente, nunca conseguirei agradecer o suficiente por isso.

A Vitória, que suportou todo processo ao meu lado, dividindo o experimento e os surtos.

A Yasmin, que sem nenhuma obrigação encarou todo esse processo integralmente comigo, desde as noites em claro no departamento às noites em claro em casa.

A Caio, meu companheiro, amor e amigo, por ficar ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis, me incentivar, encorajar e, ao final, me presentear com o maior amor do mundo. Obrigada por nossa família.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desse processo, minha eterna gratidão.

Muito obrigada!

Sódio suplementar sobre a regulação do balanço hídrico de ovinos de corte alimentados com dietas a base de palma forrageira

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de cloreto de sódio em ovinos alimentados com dieta à base de palma forrageira sobre balanço hídrico, metabólitos sanguíneos e urinários e índices urinários. O experimento foi realizado com 40 ovinos machos não castrados com peso inicial médio de $21,6 \pm 2,04$ kg, dispostos em delineamento inteiramente casualizado durante 75 dias, sendo 15 dias de adaptação e 60 dias para coleta de dados. As dietas foram formuladas com palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, feno de tifton, milho moído, farelo de soja, sal mineral e ureia. Os tratamentos consistiram em inclusões crescentes de cloreto de sódio nas dietas 0,00; 3,51; 7,00; 10,45g/kg de matéria seca). Foram coletadas amostras do alimento oferecido, sobras, fezes, urina e sangue, além de quantificar o consumo hídrico. A inclusão de diferentes níveis de sódio na dieta não influenciou o balanço hídrico dos animais nem a excreção de metabólitos urinários ($P>0,05$). Entre os metabólitos sanguíneos analisados, houve apenas efeito linear para a concentração de albumina e efeito quadrático para os triglicerídeos ($P<0,05$) com ponto mínimo a partir da inclusão de 3,1g/kg de sódio. Os índices de excreção urinária de sódio e cloro ($\text{mmol/L/PC}^{0,75}$), a taxa de excreção fracional de cloreto (%), bem como a taxa de excreção de Sódio(mg/dia) e taxa de Reabsorção de Água (%) aumentaram linearmente ($P<0,05$). A taxa de reabsorção tubular de sódio e cloreto diminuíram linearmente ($P<0,05$). O balanço mineral de sódio, potássio e fósforo foi significativamente influenciado ($P<0,05$) pela inclusão de sódio, demonstrando efeito quadrático, indicando melhora no equilíbrio, retenção e absorção de sódio e potássio quando cerca de 3,635g de Na/kg MS foram incluídos na dieta, deixando a relação K:Na em torno de 4,92:1. A suplementação com cloreto de sódio não é eficiente para regular a ingestão ou retenção de água em ovinos em crescimento, a inclusão de 3,635 g de Na/kg MS e relação K:Na abaixo de 5:1 em dietas a base de palma é indicado para melhorar o aproveitamento dos minerais sem afetar a função renal dos animais.

Palavras-chave: indicadores da função renal, ingestão de água, minerais, *Opuntia stricta*, regulação hidroeletrolítica, terminação de cordeiros.

SUPPLEMENTARY SODIUM ON THE REGULATION OF WATER BALANCE IN MEAT SHEEP FED DIETS BASED ON PRICKLY PEAR

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of sodium supplementation in sheep fed a diet based on forage cactus on water balance, blood and urinary metabolites, and urinary indices. The experiment was conducted with 40 non-castrated male sheep with an average initial weight of 21.6 ± 2.04 kg, arranged in a completely randomized design for 75 days, including 15 days of adaptation and 60 days for data collection. Diets were formulated with Mexican Elephant Ear forage cactus, tifton hay, ground corn, soybean meal, mineral salt, urea, and the treatments consisted of progressively increasing inclusions of sodium chloride in the diets (0.00, 3.51, 7.00, 10.45 g/kg of dry matter). Samples of offered food, leftovers, feces, urine, and blood were collected, and water consumption was quantified. The inclusion of different levels of sodium in the diet did not influence the water balance of the animals or the excretion of urinary metabolites ($P>0.05$). Among the blood metabolites analyzed, there was a linear effect only for albumin concentration and a quadratic effect for triglycerides ($P<0.05$), with a minimum point starting from the inclusion of 3.1 g/kg of sodium. Urinary excretion indices of sodium and chloride (mmol/PC0.75), fractional chloride excretion rate (%), as well as sodium excretion rate (mg/day) and water reabsorption rate (%) increased linearly ($P<0.05$). The tubular reabsorption rate of sodium and chloride decreased linearly ($P<0.05$). The mineral balance of sodium, potassium, and phosphorus was significantly influenced ($P<0.05$) by the inclusion of sodium, showing a quadratic effect, indicating improvement in the balance, retention, and absorption of sodium and potassium when approximately 3.635 g of Na/kg DM were included in the diet, maintaining the K:Na ratio around 4.92:1. Sodium chloride supplementation was not efficient in regulating water intake or retention in growing sheep; however, the inclusion of 3.635 g of Na/kg DM and a K:Na ratio below 5:1 in diets based on forage cactus is recommended to improve mineral utilization without affecting renal function in animals.

Keywords: renal function indicators, water intake, minerals, *Opuntia stricta*, hydroelectrolytic regulation, lamb finishing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais..	19
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.	19
Tabela 3. Metabólitos sanguíneos de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio.....	24
Tabela 4. Balanço hídrico de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio. ..	25
Tabela 5. Metabólitos urinários de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio.....	26
Tabela 6. Índices urinários de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio .	27
Tabela 7 . Balanço de minerais de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 <i>Semiárido e produção de ovinos.....</i>	10
2.2 <i>Palma forrageira: benefícios e limitações.....</i>	11
2.3 <i>Regulação hidroeletrolítica dos animais</i>	13
2.4 <i>Balanço de macro minerais nos animais</i>	14
2.5 <i>Função renal de ovinos alimentados com palma.....</i>	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 <i>Animais, instalações e dietas</i>	18
3.2 <i>Coleta e análise das amostras</i>	20
3.3 <i>Coleta e análise de sangue e urina</i>	20
3.4 <i>Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico</i>	22
3.5 <i>Determinação dos macrominerais</i>	23
3.6 <i>Delineamento estatístico</i>	23
4. RESULTADOS	23
5. DISCUSSÃO.....	31
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia spp*) apresenta características como elevados teores de água (88,3%), carboidratos solúveis (61,79%) e nutrientes digestíveis totais (62%), contrastando com um baixo teor de proteínas (4,8%). Esta composição é especialmente benéfica devido à sua contribuição significativa de água, o que é crucial em regiões áridas e semiáridas, onde há escassez tanto quantitativa, quanto qualitativa desse nutriente para animais e seres humanos. Portanto, ao ser utilizada como forragem, pode reduzir a dependência de fornecimento de água aos animais, como observado em estudos com bovinos (Lima et al. 2003), caprinos (Vieira et al. 2008) e ovinos (Bispo et al. 2007), que demonstraram redução ou supressão da ingestão de água quando alimentados com dietas contendo palma forrageira.

O elevado teor de umidade na forragem frequentemente está associado ao aumento do volume urinário nos animais. Vieira et al. (2006) observaram que o aumento na proporção de palma na dieta resultou em redução na ingestão de água de bebida e aumento na excreção urinária. No entanto, Pedro Neto et al. (2016) constataram um aumento no volume urinário em ovinos alimentados tanto com palma forrageira *in natura*, quanto com farelo de palma, sugerindo que os efeitos diuréticos podem estar relacionados a fatores além do teor de umidade da forragem, como os elevados teores de minerais presentes na forragem, uma vez que o balanço de minerais apresenta implicações diretas sobre o funcionamento renal (Neto, 2016). Szentmihályi et al. (1998) atribuem o efeito diurético à alta concentração de potássio presente na palma, e ainda que seu mecanismo não seja totalmente conhecido, relações de K:Na entre 5,61:1 e 615:1 estão intimamente relacionadas à efeitos diuréticos.

As altas concentrações de potássio na palma forrageira (2,14%) estão associadas ao aumento do volume urinário e à excreção de potássio, mostrando uma correlação positiva com o aumento da ingestão desse vegetal pelos animais (Neto et al. 2016).

A diurese induzida pela palma é atribuída à ação do potássio na manutenção do potencial osmótico intracelular e na regulação da função renal normal (NRC, 2001; Harrison et al. 2011). Além disso, o potássio influencia a secreção de aldosterona,

que, por sua vez, afeta a excreção urinária de potássio e a retenção de sódio devido à baixa concentração dietética deste último (0,08%) (Batista et al. 2003).

O desequilíbrio na bomba de sódio/potássio resulta em aumento desnecessário nas perdas hídricas, levando os animais a aumentarem o consumo de água como forma de compensação para manter os níveis hídricos adequados em seus organismos. Isso pode reduzir a eficiência no uso da água durante o ciclo produtivo dos animais. Este desequilíbrio eletrolítico pode também alterar a homeostase hidroeletrólítica dos animais, exigindo estratégias de manejo alimentar para otimizar o uso dos recursos hídricos e sustentar a produção pecuária nas condições desafiadoras do semiárido.

Objetivou-se avaliar o efeito do sódio suplementar sobre a regulação do balanço hídrico, balanço de minerais, índices urinários e parâmetros sanguíneos e fisiológicos de ovinos de corte alimentados com dietas a base de palma forrageira. Hipotetizando que a adição de sódio à dieta de ovinos alimentados com palma forrageira pode melhorar a regulação fisiológica dos eletrólitos, reduzindo o efeito diurético causado pelos elevados níveis de potássio na forragem e, assim, regular o consumo de água e o equilíbrio hídrico dos animais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Semiárido e produção de ovinos

O semiárido brasileiro abrange cerca de 982.566 km², aproximadamente 18,5% do território nacional, sendo considerado uma das regiões semiáridas mais úmidas do mundo, com precipitação pluviométrica anual variando entre 400 e 800 mm (Alves et al. 2022). A criação de pequenos ruminantes nestas áreas enfrenta desafios significativos devido à irregularidade pluviométrica e às secas estacionais (Moreira et al. 2006), estes fatores influenciam e aumentam a competição por recursos hídricos entre humanos, animais e sistemas agrícolas, ressaltando a necessidade urgente de implementação de sistemas agrícolas e pecuários eficientes no manejo da água (Santos Rocha, Guimarães & Oliveira, 2024).

Durante o período de estiagem, caracterizada por altas temperaturas e secas prolongadas, os ovinos são expostos a condições extremas de estresse hídrico, seja pela distância entre as fontes de água, seja pela falta dela em qualidade e quantidade suficientes (Alarem e Al-Hozab, 2004; Castro et al. 2017). Para tanto, a restrição hídrica pode desencadear a diminuição do apetite, desidratação, redução do crescimento e desempenho reprodutivo, diminuição das respostas imunes e, conseqüentemente, aumento da suscetibilidade a doenças. Isso porque a água se trata de um nutriente essencial em todos os processos metabólicos necessários à vida (NRC, 2001).

Portanto, para viabilizar e desenvolver a ovinocultura em condições ambientais adversas, é essencial minimizar a pegada hídrica através de estratégias como o uso eficiente da água, a utilização de raças adaptadas e a gestão adequada dos recursos alimentares. Estas medidas são fundamentais para melhorar a saúde e a produtividade dos rebanhos.

Nesse contexto, o uso da palma forrageira (*Opuntia spp*) como alimento fresco apresenta-se como uma estratégia promissora para sustentar os sistemas de criação na região (Galvão Júnior et al. 2014). Este vegetal não só indica alto potencial produtivo e capacidade de adaptação às adversidades edafoclimáticas, como também é eficiente no uso e armazenamento de água doce, além de possuir elevado valor energético e digestibilidade (Souza, 2018). Estas características tornam a palma forrageira uma opção alimentar crucial para mitigar os impactos da escassez de água e agregar valor à produção de carne ovina em áreas secas.

2.2 Palma forrageira: benefícios e limitações

Considerando as particularidades do Nordeste brasileiro, diversos recursos alimentares locais têm sido extensivamente pesquisados. Entre eles, a palma forrageira se destaca devido à sua capacidade de se adaptar às condições de solo e clima nas áreas semiáridas, uso eficiente da água e, conseqüentemente, capacidade de suportar secas prolongadas (Barbera et al. 2001; Santos et al. 2013; Dubeux Júnior et al. 2015; Gusha et al. 2015; Edvan et al. 2020). Além disso, devido ao seu alto teor de água (80 – 90%), a palma é reconhecida como uma excelente fonte de hidratação através da alimentação (Lucena, 2011).

Devido à sua significativa contribuição hídrica, tem sido associada às estratégias voltadas para mitigar os impactos da irregularidade pluviométrica e da escassez hídrica em regiões semiáridas. Esta planta demonstra capacidade para atender substancialmente às necessidades hídricas dos ruminantes por meio da alimentação, reduzindo, assim, o consumo livre de água por esses animais (Vieira et al. 2008). Outros estudos também constataram a diminuição da ingestão inadvertida de água potável por pequenos ruminantes (Abidi et al. 2009; Andrade Montemayor et al. 2011), como Silva et al. (2023), que observaram uma redução no consumo de até 2,11 kg/dia de água quando os animais foram alimentados com palma forrageira.

Além de suas vantagens quanto à disponibilidade de água, a palma se destaca nutricionalmente como uma fonte de energia altamente eficaz na dieta de ruminantes, devido ao seu elevado teor de carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais (Wanderley et al. 2002; Pessoa et al. 2020), além do baixo teor de matéria seca, variando entre 7,01% e 11,94% (Valdez e Rivera, 1992), característica que proporciona ao alimento elevada taxa de digestão ruminal e favorece maior taxa de passagem, consumo e digestibilidade, resultando em uma forragem que se equipara, em termos nutricionais, a alimentos concentrados, especialmente devido ao alto teor de pectina encontrado na palma (15%).

No que concerne à composição mineral da planta, Batista et al. (2003) realizaram análise da composição mineral da palma forrageira e observaram níveis superiores de potássio (50mg/100g de matéria seca), cálcio (18-57mg/100g de matéria seca) e magnésio (11-17mg/100g de matéria seca), seguidos por manganês (Mn) (62-103µg/g de matéria seca), ferro (Fe) (59-66µg/g de matéria seca), zinco (Zn) (22-27µg/g de matéria seca) e cobre (Cu) (8-9µg/g de matéria seca). A variação na composição mineral da palma é atribuída à variação entre espécies, locais de cultivo e estado fisiológico do cladódio.

Destacam-se seus elevados teores de cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) na matéria seca, com baixas concentrações de fósforo (P) e sódio (Na). No entanto, o desequilíbrio nas proporções dos macrominerais presentes no alimento pode prejudicar ou reduzir o desempenho satisfatório dos animais (Tokarnia et al. 2000), dado que os elementos minerais desempenham papel crucial na nutrição de ruminantes, influenciando significativamente a absorção de nutrientes, o estado fisiológico dos animais e o consumo de matéria seca (Andrade et al. 2015).

Conforme destacado por Szentmihályi et al. (1998), as elevadas concentrações de potássio na palma e sua alta relação K:Na podem ser associadas aos efeitos diuréticos da planta quando incluída na alimentação de ruminantes, devido ao impacto que o desequilíbrio mineral pode ter sobre a função renal e a produção de urina. Portanto, é evidente a necessidade de aprofundar as investigações sobre os efeitos das relações desequilibradas entre minerais na palma forrageira, uma vez que tais características podem influenciar o metabolismo e os parâmetros morfofisiológicos dos sistemas e órgãos dos animais alimentados com essas dietas.

2.3 Regulação hidroeletrólítica dos animais

De acordo com NRC (2007), o sucesso do manejo nutricional depende da oferta adequada de água para atender às necessidades hídricas dos animais por meio de ingestão voluntária. No entanto, determinar essas necessidades é um processo complexo que requer a resolução de uma equação de balanço hídrico, onde a ingestão de água (IA) deve equilibrar as perdas totais de água (PA) e a retenção de água (AR).

Há três principais fontes de água disponíveis para os animais: água potável, água contida nos alimentos e água metabólica gerada durante o catabolismo de nutrientes (Esminger et al. 1990). Contudo, a água pode ser perdida por sudorese, respiração, excreção renal e intestinal, sendo a urina uma via significativa para a eliminação de produtos do metabolismo solúveis em água. O organismo animal, por sua vez, empreende esforços para manter seus fluidos de forma constante, equilibrando seus ganhos e perdas. A renovação da água corporal representa um mecanismo regulatório extremamente eficiente para compensar as perdas hídricas (Reece, 2006).

Quando ocorrem perdas hídricas que excedem os ganhos, o organismo aciona mecanismos regulatórios em resposta a situações como diminuição do volume sanguíneo e pressão arterial, ou aumento da osmolaridade sanguínea. Este último está intimamente relacionado ao aumento na concentração de solutos e é considerado mais eficiente do ponto de vista regulatório. Isso ocorre porque qualquer aumento de 1 a 2% na osmolaridade sanguínea já é suficiente para desencadear os mecanismos responsáveis pelo restabelecimento da homeostase hidroeletrólítica (Dukes, 2017; Díaz González, Corrêa e Silva, 2010).

Nesses casos, diferentes sistemas e mediadores entram em ação, todos com o objetivo comum de restabelecer o equilíbrio hídrico do corpo. O hormônio antidiurético (ADH) desempenha papel crucial, respondendo principalmente ao aumento da osmolaridade sanguínea, aumentando a permeabilidade dos túbulos coletores à água, o que promove a reabsorção de água de volta para a circulação. Isso resulta na produção de uma urina mais concentrada e na preservação da água corporal. Além disso, o ADH estimula o centro da sede, aumentando a ingestão de água e restaurando o equilíbrio hídrico nos animais (Dukes, 2017).

Por outro lado, o sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona (SRAA) é sensível à redução do volume sanguíneo e da pressão arterial, através de receptores especializados nos rins detectam essa mudança e estimulam a liberação de renina pelas células justaglomerulares (Finberg e Peart, 1970; Carey e Siragy, 2003). A renina, por sua vez, cliva o angiotensinogênio, produzido pelo fígado, gerando a angiotensina I (Chappell, 2016), que é convertida em angiotensina II pela enzima conversora de angiotensina (ECA) (Grönham-Riska e Fyhrquist 1980; Guang et al. 2012). A angiotensina II atua diretamente no centro da sede, aumentando o consumo de água. Além disso, ela estimula a liberação de aldosterona, que age nos rins para aumentar a reabsorção de água e sódio e para promover a excreção de potássio, mantendo, assim, o equilíbrio eletrolítico.

Estes mecanismos ilustram como os sistemas regulatórios complexos dos animais são essenciais para a manutenção da homeostase hídrica e eletrolítica, sendo cruciais para o adequado funcionamento fisiológico e produtivo dos organismos.

2.4 Balanço de macro minerais nos animais

Existem minerais essenciais para o funcionamento normal do organismo animal, divididos em macro e microminerais dependendo da quantidade requerida, conforme o NRC (2007). Os macrominerais incluem cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, cloro (Cl) e enxofre (S) (Cavalheiros, 1992). Esses minerais desempenham diversas funções vitais, como estruturais, cofatores enzimáticos, transmissão de impulsos nervosos, armazenamento de energia, contração muscular, manutenção da osmolaridade celular e transporte intracelular de compostos (Underwood; Suttle, 1999). Portanto, sua presença em quantidades adequadas é crucial para o

desenvolvimento e desempenho dos animais. No entanto, fatores como idade, sexo, categoria animal e dieta podem influenciar a composição mineral, suas necessidades e o desempenho dos animais (AFRC, 1993).

De acordo com Underwood e Suttle (1999), o cálcio e o fósforo são dois macroelementos cujas funções estão intimamente relacionadas. O cálcio atua como mensageiro intracelular para a transmissão de impulsos nervosos, a contração muscular e a regulação da constrição e relaxamento dos vasos sanguíneos. Enquanto isso, o fósforo está envolvido nos processos de utilização e transferência de energia, participando da produção de adenosina trifosfato (ATP) e adenosina difosfato (ADP).

O sódio e o potássio atuam em conjunto através da A bomba Na/K ATPase, regulando funções corporais como a manutenção da pressão osmótica, balanço ácido-base, balanço cátion-aniônico do fluido corporal, contração muscular e transmissão de impulsos nervosos (Dias, Martins e Borges, 2018). O sódio é um íon predominantemente extracelular, essencial para o metabolismo normal da água, função intra e extracelular, regulação da pressão osmótica e para manter o equilíbrio ácido-base (González, 2000), seu excesso, uma vez que intimamente ligado à pressão arterial e osmolaridade sanguínea, é rapidamente excretado via urina. Em casos de dietas com deficiência do mineral, o organismo ativa seus mecanismos para aumentar sua reabsorção e evitando suas perdas urinárias (Klein, 2014).

Enquanto o sódio está predominantemente no espaço extracelular, o potássio é o principal cátion presente no líquido intracelular (Cavalheiros, 1992), essencial no equilíbrio ácido-base e na manutenção do balanço hídrico-corporal, participa de vários sistemas enzimáticos, age como regulador dos batimentos cardíacos, provê o armazenamento do glicogênio no fígado e é o principal fator no balanço da pressão osmótica. (Underwood & Suttle, 1999). A regulação do estado do potássio corporal é principalmente pelos rins, onde a reabsorção tubular é restrita durante a sobrecarga com a influência da aldosterona (Michell, 1978).

Existe uma relação inversa entre a ingestão de sódio e a excreção de potássio, conforme destacado por Dewhurst et al. (1968), onde menor ingestão de sódio resulta em maior excreção de potássio. Este mecanismo é mediado pela aldosterona, que aumenta a atividade da bomba Na^+/K^+ -ATPase, modificando os gradientes de

concentração no néfron e promovendo a reabsorção de sódio e a excreção de potássio para o lúmen, como explicado por Reece (2006).

O magnésio, assim como o potássio e o sódio, é um cátion extremamente distribuído no corpo do animal. A maior parte do Mg no corpo (70%) está presente no esqueleto, 25% na massa muscular e apenas 1% está no espaço extracelular (Grace, 1986). Considera-se que o metabolismo do Mg não está sob controle hormonal, e a reposição de Mg para os fluidos extracelulares é dependente dos *pools* de estoque nos ossos e tecidos (Underwood; Suttle, 1999). No entanto, Suttle (2010) determinou efeito antagônico entre o potássio e magnésio, ao passo que níveis elevados de potássio podem interferir negativamente a absorção de magnésio, mesmo que estes estejam sendo supridos em níveis ideais através da dieta.

Assim, diante dessas interações, dos mecanismos de regulação e dos efeitos antagônicos entre os macrominerais no funcionamento e metabolismo animal, é evidente a necessidade de aprofundar o entendimento sobre o equilíbrio desses minerais. Isso é crucial para desenvolver estratégias alimentares que estabeleçam níveis minerais que se complementem sem impactar negativamente o metabolismo global dos animais.

2.5 Função renal de ovinos alimentados com palma

Os rins desempenham múltiplas funções essenciais na regulação da homeostase corporal, sendo responsáveis pela filtração do sangue para eliminar resíduos metabólicos e simultaneamente reter substâncias filtradas necessárias ao organismo (Rufato et al. 2011; Klein, 2014). A função renal pode ajustar-se de maneira específica diante de desequilíbrios nos fluidos corporais, eletrólitos e no equilíbrio ácido-base, modulando a taxa de reabsorção ou secreção dessas substâncias conforme as exigências fisiológicas, garantindo um ambiente interno estável para a sobrevivência e a manutenção das funções celulares (Guyton & Hall, 2002).

A fase inicial da função renal compreende a filtração sanguínea no glomérulo, uma estrutura composta por uma rede de capilares que retêm componentes celulares e proteínas de peso molecular médio a elevado, ao passo que expelle um fluido cuja composição hídrica e eletrolítica é quase idêntica à do plasma. Este fluido é

denominado filtrado glomerular (Klein, 2014). A maior parte do filtrado é reabsorvida pelos túbulos renais. O túbulo proximal, em particular, reabsorve pelo menos 60% das substâncias filtradas (Texeira, 2013). Diversos mecanismos de transporte, como difusão passiva, transporte ativo primário e transporte ativo secundário, são responsáveis pela reabsorção de solutos e substâncias filtradas, enquanto excretam os componentes plasmáticos. Este processo ocorre nos túbulos renais, onde uma significativa fração do filtrado é reabsorvida e não eliminada na urina (Klein, 2014). Esta reabsorção é crucial para evitar a perda total de sais como sódio, potássio, bicarbonato e glicose.

A eliminação de diversos produtos do catabolismo ocorre através da urina, incluindo ureia, creatinina, albumina, proteína, ácido úrico, sódio e potássio. Contudo, nenhum desses metabólitos individualmente é capaz de indicar lesões renais. Conforme Henriques et al. (2016), a ureia e a creatinina são marcadores mais específicos de disfunção renal, sendo eliminadas do corpo pelos rins, responsáveis pela depuração dessas substâncias nitrogenadas não proteicas. A concentração de albumina sérica e a presença de proteínas na urina são indicativos de alterações na função renal (Klein, 2014).

O equilíbrio entre sódio e potássio é mantido pela bomba de Na-K-ATPase, que, ao expulsar o sódio das células, transporta potássio para o interior das mesmas, um processo que requer energia (Pugh, 2009). Um aumento na ingestão de potássio resulta em maior excreção desse íon pela urina e em retenção de sódio. Portanto, é evidente a influência da dieta oferecida aos ovinos sobre a função renal, se mostrando capaz de desencadear mecanismos adaptativos essenciais para a manutenção de suas funções vitais. Embora a palma seja amplamente utilizada na alimentação de ruminantes, há pouca informação sobre a disponibilidade, interações entre minerais presentes nesse alimento e seu impacto na função renal dos animais.

Pedro Neto et al. (2016) estudaram a excreção renal de substâncias em ovinos alimentados com palma forrageira e observaram que tanto o farelo, quanto a palma *in natura* aumentaram o volume urinário, mas não alteraram a função renal. Este resultado indica que a influência da palma forrageira sobre a função renal não se restringe apenas à disponibilidade hídrica, mas também aos compostos como oxalato e minerais que aumentam a excreção urinária. Isso, por sua vez, pode influenciar a

ingestão voluntária de água, crucial para a eliminação de frações não digeríveis e resíduos metabólicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob a licença de número 4448060922. O estudo foi conduzido no Departamento de Zootecnia (DZ) da UFRPE, Recife, Brasil.

3.1 Animais, instalações e dietas

O experimento foi conduzido utilizando 40 ovinos machos, não castrados, com peso inicial médio de 21,6 kg. O período experimental teve duração de 75 dias, sendo 15 para adaptação dos animais às dietas e instalações, e 60 para coleta de dados. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado contando com quatro tratamentos e dez repetições.

A dieta experimental base era composta por palma forrageira (PF), variedade Orelha Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), feno de capim tifton-85 (*Cynodon dactylon*), milho moído, farelo de soja, ureia pecuária e mistura mineral. A dieta total foi ofertada na proporção, volumoso: concentrado de 70:30, dos quais 25% de feno de Tifton, 45% de PF e 30% de concentrado.

As concentrações de K e Na da dieta experimental base foi de 16,83 e 0,78 g/kg de matéria seca, respectivamente. Assim, os tratamentos foram compostos por níveis distintos de inclusão de cloreto de sódio suplementar, sendo a dieta base com inclusão de 0,00 g/kg MS cloreto de sódio suplementar (0,78Na) como o tratamento controle deixando a relação K:Na em 21,58:1, a dieta base com adição de 3,51 g/dia de cloreto de sódio (2,07Na), ajustando a relação K:Na para 8,7:1; a dieta base com adição de 7,00 g de cloreto de sódio (3,36Na), ajustando a relação K:Na para 5,2:1, e a dieta base com adição de 10,45 g/dia de cloreto de sódio (4,64Na), ajustando a relação K:Na para 3,86:1 conforme a Tabela 2.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Item	Palma OEM	Feno de Tifton - 85	Milho moído	Farelo de Soja
¹ MS	80,35	886,4	8864	88640
² MO	848,7	945,3	9453	94530
³ PB	44,8	74	740	7400
⁴ EE	17,7	17,9	179	1790
⁵ Na	0,83	1,01	0,47	0,42
⁶ K	26,45	0,33	0,23	11,96

¹ Matéria seca; ² Matéria orgânica; ³ Proteína bruta; ⁴ Extrato etéreo; ⁵ Sódio; ⁶ Potássio

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.

Teores de inclusão de cloreto de sódio nas dietas (g/kg MS)				
Ingredientes	0,00	3,51	7,0	10,45
Proporção dos ingredientes, g/kg MS				
Feno de Tifton-85	254,05	254,09	253,76	253,97
Palma OEM	441,07	440,70	440,76	440,42
Milho moído	174,39	170,29	166,32	162,51
Farelo de soja	114,76	115,61	116,41	116,99
Ureia	10,48	10,54	10,49	10,45
Núcleo Mineral ¹	5,24	5,27	5,25	5,22
Cloreto de Sódio	0,00	3,51	7,00	10,45
Composição química, g/kg de MS				
MS	518,00	515,00	512,00	509,00
MO	889,6	886,12	867,05	879,48
PB	143,23	143,42	143,39	143,18
EE	25,42	25,22	25,04	24,85
Potássio (K)	16,83	18,02	17,48	17,91
Sódio (Na)	0,78	2,07	3,36	4,64
Relação K:Na	21,58	8,70	5,20	3,86

¹/fosfato bicálcico (60,604%); flor de enxofre (32,824%); selênio zimpro (6,572%).

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007), objetivando atender às exigências nutricionais dos animais, visando um ganho médio de peso de 250g/dia.

3.2 Coleta e análise das amostras

Durante o período de digestibilidade, foram coletadas amostras dos ingredientes e água ofertados e sobras dos animais, além da coleta total de fezes e urina, para determinação do consumo de matéria seca e balanço hídrico. As amostras foram identificadas e imediatamente armazenadas a -20°C .

Previamente ao ensaio de digestibilidade, os animais passaram por um período de adaptação ao uso das bolsas coletoras para coleta total de fezes. As fezes coletadas foram homogeneizadas, pesadas, amostradas proporcionalmente a 10% do volume excretado (Minson, 1981) e armazenadas a -20°C .

As amostras dos ingredientes, sobras e fezes no momento das análises foram descongeladas, pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a $55 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por em média 72 horas e moídas em moinho tipo Willey com crivo de 1 mm, seguido pela secagem definitiva em estufa a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 16 horas para determinação da matéria seca das amostras e balanço hídrico dos animais.

3.3 Coleta e análise de sangue e urina

O sangue foi coletado no primeiro dia da digestibilidade, cerca de quatro horas após a alimentação matinal dos animais. As coletas foram realizadas por venopunção jugular com auxílio de tubos siliconizados à vácuo (Vacutainer®) sem anticoagulante para obtenção de soro e em tubos contendo anticoagulante de fluoreto de sódio para obtenção do plasma. Após a coleta, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente, centrifugadas para obtenção do soro e plasma; as alíquotas de soro e plasma foram, então, acondicionadas em tubos de polietileno (tipo Eppendorf) de 2 mL previamente identificados e congeladas em freezer a -20°C para posteriores análises.

Foram analisados vários biomarcadores sanguíneos, incluindo enzimas hepáticas Alanina Aminotransferase (ALT), Aspartato Aminotransferase (AST), Fosfatase Alcalina (FA), Gamma-Glutamiltransferase (GGT), lipídios (colesterol, triglicerídeos), frutossamina, ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, cálcio total (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) foram

analisados no soro sanguíneo, enquanto no plasma avaliou-se os teores de glicose e lactato.

As amostras de urina foram coletadas mediante coleta total durante os quatro dias do ensaio de digestibilidade. Os animais foram equipados com funis adaptados presos ao prepúcio, com mangueiras ligadas diretamente a recipientes plásticos contendo 75 mL de ácido sulfúrico a 20%. Ao final de cada 24h de digestibilidade, os recipientes foram trocados para respectiva quantificação do volume excretado, retirava-se uma amostra proporcional ao volume excretado, formando, então, uma amostra composta da urina, que, ao final das 72h, foi homogeneizada e retirada uma alíquota para análises posteriores de ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, Ca, P, Mg, Na e K.

Todas as análises sanguíneas e urinárias foram analisadas através de kits comerciais Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labtest® (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão), no laboratório de doenças metabólicas e nutricionais – LDMN, seguindo as instruções do fabricante. Os índices de excreção urinária (IEU) e as taxas de excreção fracional (TEF) foram obtidos através de equações propostas por Garry et al. (1990).

Determinou-se, portanto, osmolaridade sérica, índice de excreção urinária de Y substância e taxa de excreção fracional de Y substâncias, tais como: ureia, ácido úrico, proteína total, glicose, Ca, P, Mg, Na, K e Cl. Para a determinação dos respectivos índices, as análises dos metabólitos e macroelementos (Y substância) foram determinadas tanto no soro quanto na urina, conforme as fórmulas:

$$\text{Osmolaridade sérica } \left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) = (2 * \text{NaSr}) + \left(\frac{\text{GliSr}}{18} \right) + \left(\frac{\text{UrSr}}{6} \right)$$

$$\text{TDECr } \left(\frac{\frac{\text{mL}}{\text{min}}}{\text{kg}} \right) = \frac{[(\text{CrUr} * \text{Volume de urina} / \text{CrSr})]}{\text{PV (kg)}}$$

$$\text{IEUrY } \left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) = \left(\frac{\text{UrY}}{\text{CrUr}} \right) * \text{PV}^{0,75}$$

$$\text{TeH}_2\text{O } \left(\frac{\text{mL}}{\text{h}} \right) = \text{volume de urina} * \left(\text{NaUr} + \frac{\text{KUr}}{\text{NSr}} - 1 \right)$$

Onde:

UrY = Y substância determinada na urina;

SrY = Y substância determinada no soro;

CrUr = Creatinina urinária;

CrSr = Creatinina sérica;

PV = Peso vivo;

PV^{0,75} = Peso metabólico;

NaUr = Sódio urinário;

NaSr = Sódio sérico;

KUr = Potássio urinário;

GliSr = Glicose sérico, e

UrSr = Ureia sérico.

3.4 Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico

Água foi fornecida pela manhã em baldes plásticos de 5,0 L. O consumo de água livre foi monitorado diariamente pela diferença entre a quantidade oferecida e a quantidade restante nos baldes. Para determinar a taxa evaporativa da água, sete baldes com a mesma capacidade foram distribuídos pelo galpão experimental.

Para avaliação do balanço hídrico dos animais, foram computados os quantitativos de água consumida e perdida pelo animal durante o mesmo período do ensaio de digestibilidade. Foram utilizadas as seguintes equações: ingestão total de água (ITA) (g/dia) = água ingerida livre + água ingerida no alimento + água metabólica; excreção total de água (g/dia) = água excretada na urina + água excretada nas fezes; água absorvida (g/dia) = ITA – água excretada na urina, e água retida (g/dia) = ITA – excreção total de água.

Balanço hídrico (BH)% = (água retida/ITA) *100.

3.5 Determinação dos macrominerais

Amostras de ração, sobras e fezes (aproximadamente 0,5 g cada) foram digeridas em recipientes de teflon com 5 mL de ácido nítrico (65% p/p) usando um forno de micro-ondas (Mars® Model Xpress: Technology Inside, CEM Corporation, Charlotte, NC), seguindo os programas de aquecimento descritos por Pereira et al. (2020).

Os extratos foram transferidos para tubos Falcon estéreis de 15 mL e diluídos (10–100x) com água deionizada em tubos Falcon estéreis de 50 mL. As concentrações de Ca, P, Mg, Na e K foram determinadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O controle de qualidade foi realizado usando soluções de referência multielementares (Merck Certipur®) contendo 1000 mg/L para análise de ICP-OES, preparadas por diluição dos elementos em ácido nítrico. A ingestão mineral foi calculada pela diferença entre a quantidade oferecida e a quantidade presente nas sobras.

3.6 Delineamento estatístico

As análises estatísticas foram realizadas usando PROC GLIMMIX do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Todas as variáveis foram avaliadas assumindo o delineamento inteiramente casualizado com dieta como efeito fixo. Os *outliers* foram identificados usando o gráfico de resíduos *studentized* contra os valores previstos, bem como pelos coeficientes D de Cook, onde valores superiores a 2,5 distribuições *t studentized* foram considerados *outliers* e removidos dos dados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão, assumindo significância em $P \leq 0,05$

4. RESULTADOS

Metabólitos sanguíneos

A inclusão de níveis crescentes de sódio na dieta dos ovinos não influenciou as concentrações plasmáticas de glicose, colesterol e frutossamina ($P > 0,05$). No entanto, o sódio influenciou os níveis de triglicerídeos ($P < 0,05$), com comportamento

quadrático, tendo seu ponto mínimo de 13,63 mmol/L para a inclusão de 3,1 g/kg MS de inclusão de sódio, deixando a relação K:Na em 5,81:1 (Tabela 1).

A inclusão de níveis crescentes de sódio na dieta dos ovinos não alterou o perfil mineral dos animais, não havendo variação nas concentrações séricas de Ca, P, Mg, Na e K ($P>0,05$). O mesmo ocorreu quando avaliada a atividade enzimática dos animais, não havendo diferenças estatísticas entre os valores de ALT, AST, GGT e FA ($P>0,05$).

Em relação ao perfil proteico dos animais, a inclusão dos níveis crescentes de sódio na dieta dos ovinos não alterou as concentrações séricas de creatinina, ureia, ácido úrico e proteínas totais ($P>0,05$). Entretanto, foi observada uma redução linear ($P<0,05$) nas concentrações de albumina a partir da inclusão dos níveis de sódio na dieta dos animais (Tabela 3).

Tabela 3. Metabólitos sanguíneos de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio.

Variáveis	Teores de inclusão de cloreto de sódio nas dietas (g/kg MS)				EPM	P - Valor	
	0,00	3,51	7,00	10,45		L	Q
Minerais							
Sódio (mmol/L)	168,5	172,01	161,76	171,48	1,6832	0,9727	0,3277
Potássio (mmol/L)	5,03	5,31	4,94	5,36	0,0701	0,2557	0,6212
Cálcio (mg/dL)	10,45	10,42	10,21	9,91	0,1025	0,0400	0,4910
Magnésio (mg/dL)	3,26	3,26	3,17	3,16	0,0535	0,4228	0,9494
Fósforo (mg/dL)	10,21	10,3	10,62	10,90	0,2715	0,3340	0,8713
Cloro (mEq/L)	105,86	106,76	107,82	106,49	0,5150	0,5534	0,2944
SID (mmol/L)	67,87	70,56	63,62	71,55	1,5443	0,6597	0,4831
Bioquímica sérica							
Ureia (mg/dL)	54,72	56,09	54,27	56,90	0,7423	0,4385	0,6756
Albumina (g/dL)	2,97	3,03	2,88	2,82	0,0267	0,0079	0,2121
Globulina (g/dL)	3,48	3,51	3,56	3,35	0,0653	0,5000	0,3831
Albumina:glubulina	0,86	0,87	0,81	0,84	0,0145	0,5321	0,7505

Proteínas totais (g/dL)	6,45	6,54	6,44	6,17	0,0803	0,1648	0,2701
Ácido úrico (mg/dL)	0,04	0,03	0,02	0,03	0,004	0,4389	0,2941
Creatinina (mg/dL)	0,64	0,64	0,69	0,66	0,0141	0,3932	0,6863
Frutosamina (mmol/L)	188,29	195,30	189,20	180,92	2,1348	0,1154	0,0704
Triglicerídeos (mmol/L)	17,32	15,21	13,63	15,74	0,4652	0,1221	0,0203
Lactato (mmol/L)	1,77	1,65	1,58	1,61	0,0852	0,4897	0,6687
Colesterol (mg/dL)	31,59	31,09	29,29	28,02	0,7854	0,0774	0,8129
Glicose plasmática (mg/dL)	81,06	82,85	80,23	78,46	0,9092	0,184	0,3112
Glicose plasmática (mmol/L)	4,50	4,60	4,46	4,36	0,0505	0,184	0,3112
HDL (mg/dL)	23,49	22,44	20,93	21,23	0,5778	0,1121	0,5675
LDL (mg/dL)	11,11	12,95	11,26	8,98	0,5590	0,0768	0,0641
Atividade enzimática (U/L)							
ALT	18,50	18,36	14,4	17,39	0,6999	0,2663	0,2564
AST	110,05	113,63	100,16	107,76	2,7605	0,4462	0,7170
GGT	60,66	66,58	57,57	59,75	1,7884	0,488	0,606
FA	425,05	493,94	422,42	509,72	21,1361	0,2886	0,8203
Osmolaridade Séria (mmol/L)	350,51	357,94	342,33	353,40	3,407	0,8255	0,7410

Balanço hídrico

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) nos parâmetros analisados no balanço hídrico dos animais entre os tratamentos testados (Tabela 4).

Tabela 4. Balanço hídrico de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio.

Variáveis	Teores de inclusão de cloreto de sódio nas dietas (g/kg MS)				EPM	P - Valor	
	0,00	3,51	7,00	10,45			
CMS (kg/dia)	1,18	1,25	1,25	1,24	0,0259	0,4303	0,4825
Ingestão de água							
Bebida	0,03	0,28	0,23	0,22	0,0425	0,1597	0,1242
Alimento	5,73	6,18	5,93	6,02	0,1548	0,6603	0,5691
Total	5,76	6,46	6,17	6,24	0,1678	0,4492	0,3626

g/kg de PC	0,21	0,22	0,21	0,22	0,0042	0,8376	0,9922
g/kg de PC ^{0,75}	0,48	0,51	0,48	0,50	0,0103	0,6960	0,7562
Excreção de água							
Fezes (kg/dia)	0,97	1,04	1,07	1,07	0,045	0,4140	0,7257
Urina (kg/dia)	3,31	3,83	3,70	3,53	0,1235	0,6260	0,1753
Total	4,28	4,87	4,77	4,61	0,1496	0,5143	0,2205
Balanço hídrico							
Balanço hídrico (kg/dia)	1,48	1,58	1,40	1,63	0,0640	0,6451	0,6223

Metabólitos urinários

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($P>0,05$) nos metabólitos urinários dos ovinos entre os tratamentos testados (Tabela 5).

Tabela 5. Metabólitos urinários de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio

Variáveis	Teores de inclusão de cloreto de sódio nas dietas (g/kg MS)				EPM	P-Valor	
	0,00	3,51	7,00	10,45		L	Q
Concentração de ureia na urina (mg/dL)	1114,79	1043,48	970,79	1114,36	25,6679	0,8189	0,0518
Excreção diária de ureia (g/dia)	38,40	4,24	35,75	38,78	1,0429	0,6364	0,9132
Concentração de creatinina na urina (mg/dL)	18,78	15,91	18,49	20,68	0,6921	0,2398	0,1342
Excreção diária de creatinina (g/dia)	0,63	0,65	0,66	0,71	0,0182	0,1309	0,6252
Concentração de ácido úrico na urina (mg/dL)	1114,79	1043,48	970,79	1114,36	0,2379	0,8189	0,0518

Índices urinários

Foi observado um aumento linear significativo ($P < 0,05$) nos índices de excreção urinária de sódio e cloro, assim como um aumento linear ($P < 0,05$) na taxa de excreção de sódio e na taxa de excreção fracional de cloro, reabsorção de água livre de eletrólitos e na diferença de íons fortes (SID), à medida que os níveis de sódio nas dietas foram aumentados. Por outro lado, as taxas de reabsorção de cloro e sódio apresentaram um decréscimo linear ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de sódio na dieta (Tabela 6).

Tabela 6. Índices urinários de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio

Variáveis	Teores de inclusão de cloreto de sódio nas dietas (g/kg MS)				EPM	P - Valor	
	0,00	3,51	7,00	10,45		L	Q
Índice de excreção urinária (mmoL/PC ^{0,75})							
Ureia	1277,97	1394,61	1175,54	1350,72	43,9635	0,9833	0,6868
Ácido Úrico	1277,97	1394,61	1175,54	1350,725	0,1354	0,9833	0,6868
Cálcio	2,82	2,73	2,63	2,76	0,1049	0,8021	0,6492
Fósforo	28,32	26,81	41,13	39,94	4,6227	0,1427	0,9886
Magnésio	19,63	21,12	17,17	19,11	0,7288	0,4251	0,8881
Potássio	67,32	68,67	69,81	62,16	3,0559	0,6469	0,4848
Sódio	113,01	173,70	280,61	313,51	17,873	<0,001	0,5407
Cloreto	0,52	0,67	0,68	0,84	0,0318	<0,001	0,9286
Glicose	0,10	0,10	0,07	0,03	0,0218	0,1328	0,5891
Taxa de Excreção Fracional (%)							
Ureia	63,13	65,31	60,53	64,92	2,449	0,9772	0,6192
Cálcio	0,46	0,48	0,46	0,48	0,0235	0,7706	0,8845
Fósforo	0,30	0,35	0,24	0,29	1,0813	0,3987	0,5036
Magnésio	6,38	7,09	7,08	7,00	0,5392	0,4114	0,4024
Potássio	6,09	5,76	6,52	5,38	0,3774	0,5348	0,4216
Cloreto	0,52	0,67	0,72	0,82	0,228	<0,001	0,5951
Proteína	6,32	8,19	9,91	12,63	1,3126	0,0380	0,8363
Glicose	0,02	0,01	0,01	0,00	0,0024	0,0519	0,8436
Taxa de Reabsorção Tubular (%)							
Cálcio	99,50	99,51	99,50	99,46	0,0235	0,4423	0,6158
Sódio	99,63	99,54	99,17	99,05	0,0660	<0,001	0,8417
Cloreto	97,74	97,16	96,73	96,20	0,2280	<0,001	0,9204

Fósforo	95,84	96,43	94,34	93,85	1,0813	0,1104	0,6381
Potássio	93,90	94,23	93,49	94,62	0,3774	0,4943	0,4663
Magnésio	93,61	92,90	92,86	92,92	0,5392	0,2925	0,3527
Taxa de Excreção de Sódio (mg/dia)	1,97	3,21	5,25	5,85	0,3078	<0,001	0,3734
TDECr ¹ (ml/min/PC ^{0,75})	4,08	3,91	4,01	3,89	0,1292	0,6434	0,9213
Taxa de Reabsorção de Água (L/dia)	51,52	89,41	143,86	163,20	0,0666	<0,001	0,4297
SIDUr ²	23,98	30,36	49,60	56,53	2,1191	<0,001	0,9243

¹ Taxa de depuração endógena de creatinina; ² Saldo de íons fortes da urina

Balanço de minerais

Foi observado um efeito linear positivo ($P < 0,05$) em relação ao balanço de sódio ao avaliar diversos parâmetros (Tabela 6), incluindo o sódio dietético consumido via dieta, consumo total, excreção na urina, absorção, retenção (em mg/dia) e a biodisponibilidade do mineral. Concomitantemente, as perdas fecais de sódio diminuíram linearmente ($P < 0,05$), conforme aumentava a inclusão de sódio na dieta dos ovinos. Além disso, parâmetros como a retenção de sódio em relação ao ingerido e absorvido foram influenciados de forma quadrática ($P < 0,05$), alcançando seus pontos máximos com a inclusão de 3,741 g/kg e 3,635 g/kg, respectivamente, à medida que os níveis de sódio na dieta dos animais foram aumentados. A relação entre potássio e sódio na dieta e o sódio ingerido também mostraram efeito quadrático ($P < 0,05$), se mostrando mais eficiente do ponto de vista do aproveitamento dos minerais e absorção quando as dietas apresentaram relação K:Na de 4,78:1 e 4,92:1, quando consideramos K:Na em função do ingerido e absorvido, respectivamente.

O potássio demonstrou respostas distintas aos tratamentos, manifestando aumento linear ($P < 0,05$) na biodisponibilidade e na fração retida em relação ao ingerido e absorvido, à medida que os níveis de sódio na dieta dos ovinos foram aumentados. Além disso, a excreção urinária de fósforo e a sua perda fecal (%) demonstraram uma relação positiva com a inclusão de sódio na dieta dos animais, aumentando linearmente ($P < 0,05$) conforme os níveis de sódio aumentavam. Por outro lado, a

biodisponibilidade de fósforo reduziu de forma linear ($P < 0,05$) com o aumento do sódio dietético (Tabela 7).

Tabela 7 . Balanço de minerais de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio

Variáveis	Teores de sódio nas dietas (g/kgMS)				EPM	P - Valor	
	0,78	2,07	3,36	4,64		L	Q
Magnésio (Mg)							
Consumido (mg/dia)	9802,24	10238,46	10042,90	10026,14	329,3325	0,8769	0,7429
Consumo total (mg/dia)	9811,59	10314,15	10105,98	10086,46	329,5137	0,8411	0,7055
Excreção fecal (mg/dia)	2309,59	3003,82	2764,55	2624,10	203,0104	0,7045	0,3215
Excreção urinária (mg/dia)	218,32	255,86	241,40	237,09	8,0366	0,5629	0,2027
Biodisponibilidade	76,03	71,59	72,41	74,36	1,5538	0,7670	0,3245
Retido (mg/dia)	7283,68	7054,46	7100,01	7225,26	281,3824	0,9600	0,7647
Sódio							
Consumido (mg/dia)	861,00	2609,53	4038,14	5648,03	310,9481	<0,001	0,7575
Consumo total (mg/dia)	898,27	2911,14	4289,48	5888,41	327,4546	<0,001	0,3871
Excreção fecal (mg/dia)	235,21	619,23	659,57	681,40	49,0261	<0,001	0,0306
Excreção urinária (g/dia)	1,03	1,89	2,70	3,73	0,2012	<0,001	0,7033
Absorvido (mg/dia)	663,06	2291,90	3629,90	5207,00	300,2776	<0,001	0,9479
Biodisponibilidade	73,63	78,06	84,97	88,25	1,3281	<0,001	0,7860
Retido (mg/dia)	-370,26	393,48	925,94	1475,48	140,0957	<0,001	0,5444
Retido / ingerido (%)	-44,95	13,99	21,09	25,30	5,9258	<0,001	0,0006
Retido / absorvido (%)	-63,74	18,33	25,43	28,27	8,1858	<0,001	0,0007

Perda fecal (%)	26,36	21,93	15,02	11,74	1,3281	<0,001	0,7860
-----------------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

Potássio

Consumido (mg/dia)	14835,09	16474,95	15592,01	15930,67	411,6976	0,5229	0,4397
--------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Consumo total (mg/dia)	14863,80	16707,26	15785,60	16115,82	421,0207	0,4589	0,3774
------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Excreção fecal (mg/dia)	1901,50	1180,89	1156,48	1064,05	104,7723	0,0042	0,0993
-------------------------	---------	---------	---------	---------	----------	--------	--------

Excreção urinária (mg/dia)	1291,67	1457,99	1423,80	1136,17	54,0476	0,2925	0,0359
----------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	--------

Absorvido (mg/dia)	13496,19	15911,32	14939,42	15369,34	441,3521	0,2382	0,2597
--------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Biodisponibilidade	90,62	95,17	94,19	95,15	0,5389	0,0041	0,0595
--------------------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

Retido (mg/dia)	12204,52	14453,32	13515,61	14233,16	407,6537	0,1561	0,3411
-----------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Retido / ingerido (%)	81,88	86,47	85,14	88,10	0,58	0,0001	0,3726
-----------------------	-------	-------	-------	-------	------	--------	--------

Retido / absorvido (%)	90,35	90,88	90,39	92,58	0,2851	0,0098	0,1086
------------------------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

Cálcio

Consumido (mg/dia)	18696,50	20153,79	18984,14	18217,14	614,5648	0,3306	0,6845
--------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Consumo total (mg/dia)	18702,80	20196,38	19029,27	18256,21	614,9895	0,6828	0,4008
------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Excreção fecal (mg/dia)	10591,67	11762,39	13854,41	10890,54	833,6849	0,6665	0,2077
-------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------

Excreção urinária (mg/dia)	55,10	70,34	59,99	68,10	3,1969	0,3110	0,6661
----------------------------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

Absorvido (mg/dia)	11020,04	12486,93	9387,85	10190,08	654,5711	0,3533	0,8864
--------------------	----------	----------	---------	----------	----------	--------	--------

Biodisponibilidade	56,35	61,06	48,61	54,79	2,1431	0,3669	0,7502
--------------------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

Retido (mg/dia)	10964,93	12416,59	9327,86	10121,97	653,7296	0,3502	0,8879
-----------------	----------	----------	---------	----------	----------	--------	--------

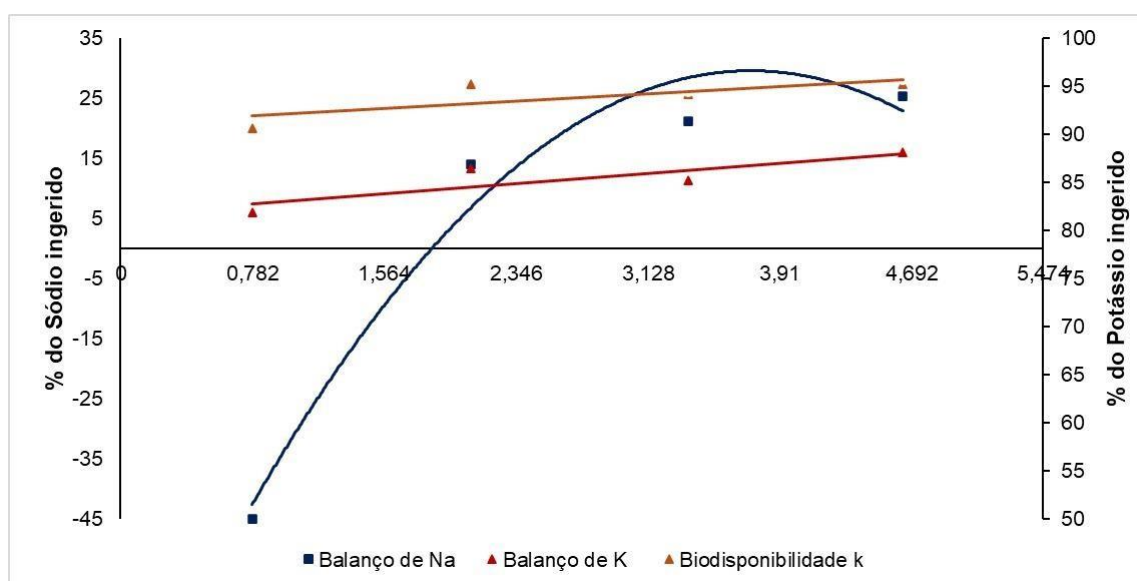
Fósforo

Consumido (mg/dia)	5488,14	5709,96	5523,96	5285,74	134,2028	0,5146	0,4257
--------------------	---------	---------	---------	---------	----------	--------	--------

Consumo total (mg/dia)	5489,06	5713,33	5528,98	5290,73	134,3351	0,5222	0,4237
Excreção fecal (mg/dia)	2960,40	4194,80	3830,65	3526,85	171,3055	0,3447	0,0271
Excreção urinária (mg/dia)	466,48	231,48	548,04	721,82	62,3085	0,0368	0,0923
Absorvido (mg/dia)	3459,69	2907,20	2770,98	2701,80	156,2647	0,0861	0,4540
Biodisponibilidade	61,93	50,31	49,70	50,03	1,8833	0,0221	0,1006
Retido (mg/dia)	2993,20	2675,72	2222,93	1979,98	177,2446	0,5383	0,899

Foi observada uma relação entre a biodisponibilidade e retenção do potássio conforme a inclusão dos níveis de sódio na dieta dos animais (Figura 1).

Figura 1. Relação entre balanço de sódio e potássio de ovinos suplementados com níveis crescentes de sódio.



5. DISCUSSÃO

A falta de diferenças significativas no balanço hídrico dos animais entre os tratamentos investigados pode ser atribuída à osmolaridade sanguínea, que se

manteve ligeiramente elevada em relação ao intervalo de referência para a espécie de 310 mmol/L, conforme descrito Garza et al. (1989). Este fenômeno está possivelmente relacionado à elevada concentração de carboidratos solúveis na dieta devido ao alto teor de palma forrageira combinado com concentrado. Esta combinação cria um ambiente ruminal com redução do pH, aumento na produção de propionato e proliferação de bactérias lácticas (Santana et al. 2014). O ligeiro aumento na concentração sanguínea de lactato, que excede o intervalo de referência para a espécie (1,2 mmol/L), conforme Kaneko et al. (2008), também corrobora diretamente esses resultados.

Devido aos valores médios da osmolaridade sanguínea estarem ligeiramente acima do intervalo de referência, esperava-se um aumento correspondente no consumo hídrico ou redução da excreção através da urina, visando a diluição desses solutos e, conseqüentemente, a redução da osmolaridade sanguínea. Contudo, no que se refere ao balanço hídrico, não foram observadas diferenças na ingestão total de água entre os tratamentos. A quantidade total de água consumida diariamente é determinada pela soma da água de bebida e da água contida nos alimentos. Devido ao elevado teor de umidade da palma forrageira, a ingestão de água através dos alimentos pode influenciar significativamente a ingestão total de água dos animais alimentados com dietas ricas nesse componente. Além disso, como destacado por Cymbaluk (1989), a ingestão de água está diretamente relacionada à quantidade de matéria seca e energia consumidas. Estes resultados são consistentes com os encontrados neste estudo, onde o consumo de matéria seca e energia não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, corroborando a análise da ingestão total de água.

Apesar de a dieta fornecer água em quantidade suficiente para atender às necessidades hídricas dos animais, os animais continuaram a ingerir água através do bebedouro, como observado por Lucena (2011). Inicialmente, pensava-se que esse comportamento estava relacionado ao desequilíbrio mineral da dieta. No entanto, foi observado que, mesmo em condições de equilíbrio mineral, o consumo de água não foi suprimido. Este fenômeno é atribuído à elevada osmolaridade sanguínea, influenciada pela concentração aumentada de solutos resultantes do processo fermentativo da dieta.

O aumento no teor de inclusão do sódio nas dietas e de sua retenção no organismo animal (partindo de -44,95% do sódio ingerido até 25,3%) pode estar associado à

redução na concentração de albumina sérica. Conforme mencionado por González e Silva (2017), o excesso de sódio na dieta pode resultar em maior retenção de fluidos corporais, contribuindo para a redução linear na concentração de albumina sérica, como consequência de um possível hipervolemia nos animais. Entretanto, este aumento do volume plasmático se mostraria insuficiente para alterar as concentrações séricas de sódio, ureia e glicose, portanto, a osmolaridade sérica.

A expansão do volume de líquido extracelular tipicamente ocorre em casos de insuficiência hepática e, principalmente, renal. A atividade enzimática de GGT e FA ficaram acima dos intervalos de referência determinados por Kaneko et al. (2008) de 20 – 52 U/L e 68 – 387 U/L, respectivamente, corroborando para a manutenção de mais elevados níveis de osmolaridade no sangue.

Os valores observados dos triglicerídeos alcançaram o ponto mínimo em 13,63 mmol/L quando a relação K:Na foi de 5,38:1. Apesar dessa variação, os valores permaneceram dentro do intervalo de referência estabelecido para a espécie por Kaneko et al. (2008). Durante a fase de crescimento, quando alimentados com dietas de baixa energia, os cordeiros utilizam triglicerídeos para a deposição muscular, resultando em concentrações sanguíneas reduzidas desse metabólito (Santos et al. 2015).

Observa-se que a inclusão de níveis elevados de sódio na dieta dos ovinos em crescimento não influenciou adversamente o seu metabolismo, nem comprometeu a saúde dos animais, evidenciando, assim, a eficácia na função renal. Esta conclusão é reforçada pelos dados de excreção, metabólitos e índices urinários. Além disso, ao analisar variáveis como as concentrações e dinâmica de metabólitos e minerais urinários, observou-se que os animais foram capazes de regular seus fluidos corporais mediante mecanismos fisiológicos, mesmo com alterações na relação K:Na da dieta, sem sinais de sobrecarga na função renal.

À medida que a de inclusão de sódio na dieta dos animais foram aumentados, houve uma redução na concentração urinária de potássio. Este resultado pode ser associado ao efeito antidiurético causado pelo excesso de potássio (K^+) presente na palma forrageira. O potássio desempenha um papel crucial na manutenção do potencial osmótico dentro das células e na função renal normal, conforme descrito pelo NRC (2001) e por Harrison et al. (2011). Além disso, o potássio influencia a

secreção de aldosterona, hormônio que regula a excreção urinária de potássio e a retenção de sódio devido à sua baixa concentração dietética (Batista et al. 2003). Portanto, conforme os níveis eletrolíticos da dieta são ajustados, o organismo realiza adaptações metabólicas para regular a excreção dos eletrólitos de acordo com sua ingestão. Resultado semelhante foi encontrado em caprinos por Vieira et al. (2006).

Os resultados obtidos quando analisados os índices urinários ajudam a elucidar e corroborar os dados encontrados, demonstrando a regulação eficaz do organismo através da atividade do ADH (hormônio antidiurético), descrita por Reece (2006) como sendo a resposta ao aumento dos eletrólitos dietéticos e à osmolaridade sanguínea, aumentando a permeabilidade dos túbulos coletores à água, o que promove a reabsorção de água de volta para a circulação. Isso resulta na produção de uma urina mais concentrada e na preservação da água corporal. Além disso, o ADH estimula o centro da sede, aumentando a ingestão de água e restaurando o equilíbrio hídrico nos animais através da regulação renal do organismo. Este mecanismo evidencia a eficiência metabólica dos animais em baixos níveis de inclusão de sódio, onde observou-se menor excreção urinária de sódio e cloro acompanhada por uma maior taxa de reabsorção tubular desses compostos. À medida que os níveis de sódio na dieta aumentaram, ocorreu uma inversão desses resultados, indicando que os animais maximizaram a utilização dos minerais por meio de uma maior reabsorção. Isso sugere que os excessos estão sendo eliminados para manter o equilíbrio hidroeletrolítico do organismo (Gonzalez e Silva, 2017).

No entanto, apesar do aumento na excreção dos metabólitos excedentes e dos elevados valores de osmolaridade sanguínea, que sugeririam um aumento na ingestão de água e, conseqüentemente, no volume urinário, os animais demonstraram aumento da eficiência na reabsorção de água livre de eletrólitos à medida que a inclusão dietética de sódio aumentava, resultando na maximização da utilização corporal de água e na concentração da composição urinária para a eliminação dos excessos iônicos.

O saldo de íons fortes (SID) representa a capacidade renal de equilibrar a carga iônica do corpo. Mudanças nos valores de SID podem indicar desequilíbrios eletrolíticos ou distúrbios renais quando associados a outros parâmetros clínicos. O aumento nos valores desta variável juntamente da observação anterior de aumento na

excreção de Na^+ , cátion, cuja concentração aumentou com a inclusão crescente de sódio na dieta, evidencia a eficiência da regulação renal dos eletrólitos.

Conforme os níveis de sódio na dieta aumentaram, as perdas fecais de sódio como porcentagem do consumo total diminuíram linearmente. Isso pode indicar uma maior eficiência na retenção de sódio pelo organismo dos ovinos à medida que a ingestão dietética de sódio aumenta, no entanto, a retenção de sódio em relação ao ingerido e absorvido mostrou um efeito quadrático, alcançando seus pontos máximos em níveis específicos de inclusão de sódio na dieta. Isso sugere que há um ponto ótimo de absorção e retenção de sódio que pode não aumentar indefinidamente com o aumento da ingestão dietética. Ao analisar estes resultados em conjunto das respostas obtidas em relação ao balanço do K, foi possível observar que este ponto máximo de retenção do Na em relação ao absorvido é capaz de promover maiores níveis de retenção e biodisponibilidade do K, indicando que esta relação é capaz de melhorar o aproveitamento e retenção dos minerais de forma sinérgica, sem que haja prejuízo renal ou excreção dos excedentes.

A partir da inclusão de 3,635g de Na/kg MS em dietas à base de palma forrageira, é possível proporcionar maior aproveitamento do potássio dietético, reduzindo sua excreção via urinária e aumentando sua biodisponibilidade, além disso, esse nível de sódio promove uma maior eficiência metabólica, prevenindo as perdas excessivas e evitando sobrecarga renal associada à excreção.

6. CONCLUSÃO

O fornecimento suplementar de sódio em dietas à base de palma forrageira não otimiza o uso da água por ovinos em crescimento, entretanto, ajustar as fórmulas dietéticas para a relação K:Na inferior a 5,1:1 é recomendado por demonstrar maior capacidade de retenção e aproveitamento do sódio e potássio por ovinos em crescimento.

7. REFERÊNCIAS

- ABIDI, S., SALEM, H. B., VASTA, V., & PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v.87,p. 9-16, 2009.
- AFRC. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux International. p.159, 1993.
- ANDRADE-MONTEMAYOR, H. M., CORDOVA-TORRES, A. V., GARCÍA-GASCA, T., & KAWAS, J. R. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). **Small Ruminant Research**, v.98,p. 83-92, 2011.
- ARAÚJO, G. G. L. D., VOLTOLINI, T. V., CHIZZOTTI, M. L., TURCO, S. H. N., & CARVALHO, F. F. R. D. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39,p. 326-336, 2010.
- ARAÚJO, P. B.; ANDRADE, R. P. X. ; FERREIRA, M. A. ; BATISTA, A. M. V. ; CARVALHO, C. C. D. ; SOARES, P. C. . Efeito da substituição do feno de capim tifton (*Cynodon* spp.) por casca de mamona (*Ricinus communis*) em dietas à base de palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dick)) sobre o metabolismo energético, protéico e mineral em ovinos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 4, p. 327-335, 2012.
- BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E.P. Apresentação. In: Barbera, G.; Inglese, P.: Barrios, E.P. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. p.216, 2001.
- BATISTA, A. M. V., MUSTAFA, A. F., SANTOS, G. R. A., DE CARVALHO, F. F. R., B. DUBEUX JR, J. C., LIRA, M. A., & BARBOSA, S. B. P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal of Agronomy and crop Science**, v.189, p.123-126, 2003
- BRAVO, D., SAUVANT, D., BOGAERT, C., & MESCHY, F. A bibliographic database for quantitative analysis of phosphorus flow in ruminants. **Reproduction Nutrition Development**, v. 43,p. 251-269, 2003.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. Hafner Press, 1964.

- CARDOSO, D. B., DE CARVALHO, F. F. R., DE MEDEIROS, G. R., GUIM, A., CABRAL, A. M. D., VÉRAS, R. M. L., ... & DE OLIVEIRA NASCIMENTO, A. G. 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.
- CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre: Fundação Banco do Brasil. p.142, 1992.
- CLARK, R. C., BUDTZ-OLSEN, O. E., CROSS, R. B., FINNAMORE, P., & BAUERT, P. A. The importance of the salivary glands in the maintenance of phosphorus homeostasis in the sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, p. 913-919, 1973.
- CYMBALUK N.F. **Water balance of horses fed various diets**. Equine Pract. V.11, p.19-24, 1989.
- DE SANTOS ROCHA, L. O., GUIMARÃES, C. R. R., & DE OLIVEIRA, R. A. P. Exploração do uso eficiente de recursos hídricos na agricultura: investigação de técnicas de irrigação e tecnologias para a minimização do desperdício de água. **Revista foco**, v.17, p. e4950-e4950, 2024.
- DEWHURST, J. K., HARRISON, F. A., & KEYNES, R. D. Renal excretion of potassium in the sheep. **The Journal of physiology**, v.195, p. 609-621, 1968.
- DIAS, N. C., MARTINS, T. L. T., & BORGES, I. Macrominerais: deficiências e interações com a produção e nutrição de ruminantes. **Scientia Agraria Paranaensis**, p.263-271, 2018.
- DÍAZ GONZÁLEZ, F.H., SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária 3**. Ed, Porto Alegre, 2017.
- DOS SANTOS, M. V. F., LIRA, M. D. A., FARIAS, I., BURITY, H. A., & TAVARES FILHO, J. J. EFEITO do Período de Armazenamento Pos-colheita sobre o Teor de Matéria Seca e Composição Química das Palmas Forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p. 777-783, 1992.
- DOS SANTOS, R. P., SOUSA, L. F., DE SOUSA, J. T. L., ANDRADE, M. E. B., JÚNIOR, G. D. L. M., & DA SILVA, S. P. Parâmetros sanguíneos de cordeiros em crescimento filhos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, p. 473-478, 2015.

- DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 181-186, 2015.
- EDVAN, R. L., MOTA, R. R. M., DIAS-SILVA, T. P., DO NASCIMENTO, R. R., DE SOUSA, S. V., DA SILVA, A. L., ... & ARAÚJO, J. S. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v.10, p. 10040, 2020.
- ENSMINGER, M. E., OLDFIELD, J. E., & HEINEMANN, W. W. **Feeds and nutrition**, 1990.
- FORBES, J. M. The water intake of ewes. **British Journal of Nutrition**, v.22, p. 33-43, 1968.
- GARZA F, J. D., OWENS, F. N., & BREAZILE, J. E. Effects of diet on ruminal liquid and on blood serum osmolality and hematocrit in feedlot heifers. **Agricultural Experiment Station**, v.127, p.68-76.1989.
- GONZÁLEZ, F.H.D.O. **perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**.Porto Alegre: UFRGS,p.108, 2000.
- GRACE, N. D., WATKINSON, J. H., & MARTINSON, P. L. Accumulation of minerals by the foetus (es) and conceptus of single-and twin-bearing ewes. **New Zealand journal of agricultural research**, v.29, p. 207-222, 1986.
- GUSHA, J., HALIMANI, T. E., KATSANDE, S., & ZVINOROVA, P. I. The effect of Opuntia ficus indica and forage legumes based diets on goat productivity in smallholder sector in Zimbabwe. **Small Ruminant Research**, v.125, p.21-25, 2015.
- JÚNIOR, J. G. B. G., DA SILVA, J. B. A., MORAIS, J. H. G., & DE LIMA, R. N. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, p. 78-85, 2014.
- KANEKO, J. J., HARVEY, J. W., & BRUSS, M. L. (Eds.). **Clinical biochemistry of domestic animals**, 2008.
- KLEIN, B.G. Fisiologia renal. In: CUNNINGHAM, J. G; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**, p.1159-1180, 2014.
- LUCENA, R.B. Utilização da palma forrageira (Nopalea cochenillífera Salm-Dyck) nas formas in natura e desidratada: consumo, digestibilidade, balanço hídrico e absorção

- dos minerais em ovinos. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2011.
- MACIEL, T. A., ARAÚJO, V. V., SILVA FILHO, A. B., GOMES, D. L. S., BARBOSA, A. M. S., FARIAS, C. C., ... & OLIVEIRA, D. Avaliação dos perfis minerais séricos, urinários e sedimentares de ovinos recebendo dieta calculogênica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.967-976, 2016.
- MOREIRA, J. N., LIRA, M. D. A., SANTOS, M. V. F. D., FERREIRA, M. D. A., ARAÚJO, G. G. L. D., FERREIRA, R. L. C., & SILVA, G. C. D. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, p.1643-1651, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy Press, p.381, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirement of Small ruminants**. Washington, D.C.: National Academy Press, p.362. 2007.
- NEFZAOU, A., & BEN SALEM, H. Opuntia: a strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA (West Asia/North Africa) region. FAO Plant Production and Protection Paper (FAO), (169), 2001.
- PESSOA, D. V., DE ANDRADE, A. P., MAGALHÃES, A. L. R., TEODORO, A. L., DOS SANTOS, D. C., DE ARAÚJO, G. G. L., ... & CARDOSO, D. B. Forage nutritional differences within the genus Opuntia. **Journal of Arid Environments**, v.181, p.104243, 2020.
- PUPPEL, K., & KUCZYŃSKA, B. Metabolic profiles of cow's blood; a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.96, p.4321-4328, 2016.
- REECE, W. O. **Função renal nos mamíferos**. In: REECE, WO DUKES–Fisiologia dos animais domésticos, 12, 68-96, 2006.
- SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; SILVA, R.M. Estratégias para uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e Uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica de Produção Animal**. v.15, p.111-121, 2013.
- SILVA NETO, I. F. D. Resposta metabólica da associação da palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) com feno de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) e feno de capim

- tifton 85 (*Cynodon dactylon*) na alimentação de ovinos morada nova e de caprinos Moxotó. Garanhuns, PE. Dissertação de Mestrado em Sanidade e Reprodução de Ruminantes, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE. P. 50, 2011.
- SILVA, M. P., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â., ARAUJO, C. M., SOARES, P. C., SOUZA, A. P., ... & MEDEIROS, A. N. Nutritional and mineral composition of *Opuntia stricta* Haw: Balance of macrominerals, renal function and blood metabolites in sheep. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.75, p.333-346, 2023.
- SIROHI, S. K., KARIM, S. A., & MISRA, A. K. Nutrient intake and utilisation in sheep fed with prickly pear cactus. **Journal of Arid Environments**, v.36, p.161-166, 1997.
- SOARES, P. C., GOUVEIA, L. N. F., SILVA, T. G. P., O FILHO, E. F., CARVALHO, F. F. R., BATISTA, Â., ... & CARDOSO, D. B. Dinâmica metabólica de cordeiros nativos alimentados com feno de capim-tifton 85 ou feno de maniçoba associados à palma forrageira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, p.215-223, 2020.
- SOUZA, A. F. DO N. Características De Carcaça E qualidade da carne de cordeiros alimentados com silagem de palma e com ofertas intermitentes de água. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, p. 97, 2018.
- SUTTLE, N. **Mineral nutrition of livestock**. GB: Cabi, 2022.
- SZENTMIHÁLYI, K., KÉRY, Á., THEN, M., LAKATOS, B., SÁNDOR, Z., & VINKLER, P. Potassium–sodium ratio for the characterization of medicinal plant extracts with diuretic activity. **Phytotherapy Research**, v.12, p.163-166, 1998.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3a. ed., CAB International. p.614, 1999.
- VALDEZ, C.A.F.; RIVERA, J.R.A. **El nopal como forrage**. 2. ed. Chapingo. Universidad Autonoma Chapingo, p.177, 1992.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994
- VIEIRA, E. D. Adição de fibra em dietas contendo palma forrageira (*Opuntia ficus indica*

Mill) para caprinos. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

- VIEIRA, E. L., BATISTA, Â. M., MUSTAFA, A. F., ARAÚJO, R. F. S., SOARES, P. C., ORTOLANE, E. L., & MORI, C. K. Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livestock science**, v.114, p.354-357, 2008.
- VITTI, D. M. S. S., KEBREAB, E., LOPES, J. B., ABDALLA, A. L., DE CARVALHO, F. F. R., DE RESENDE, K. T., ... & FRANCE, J. A kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2706-2712, 2000.
- WANDERLEY, W. L., FERREIRA, M. D. A., ANDRADE, D. K. B. D., VÉRAS, A. S. C., FARIAS, I., LIMA, L. E. D., & DIAS, A. M. D. A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.273-281, 2002.

