

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

YASMIN DOS SANTOS SILVA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS EM OVELHAS ALIMENTADAS
COM DIETAS CONTENDO PALMA FORRAGEIRA E SUPLEMENTADAS COM
VITAMINA C**

RECIFE – PE

2025

YASMIN DOS SANTOS SILVA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS EM OVELHAS ALIMENTADAS
COM DIETAS CONTENDO PALMA FORRAGEIRA E SUPLEMENTADAS COM
VITAMINA C**

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.

Comitê de orientação:

Prof^o. Dr^o. Marcelo de Andrade
Ferreira

Prof^o. Dr^o. João Paulo Ismério dos
Santos Monnerat

**RECIFE – PE
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

S586a Silva, Yasmin dos Santos.

Aspectos fisiológicos e nutricionais em ovelhas alimentadas com dietas contendo palma forrageira e suplementadas com vitamina c / Yasmin dos Santos Silva. - Recife, 2025.

51 f.

Orientador(a): Marcelo de Andrade Ferreira.

Co-orientador(a): João Paulo Ismério dos Santos Monnerat.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Vitamina C. 2. Ovelhas - Bem-estar. 3. Hidratação. 4. Metabólitos I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient. II. Monnerat, João Paulo Ismério dos Santos, coorient. III. Título

CDD 636



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

**Aspectos fisiológicos e nutricionais em ovelhas alimentadas com dietas contendo
palma forrageira e suplementadas com vitamina C**

Dissertação elaborada por:

YASMIN DOS SANTOS SILVA

APROVADA EM: 21/02/2025

BANCA EXAMINADORA:

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

Prof^a. Dr^a. Stela Antas Urbano
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Membro externo ao programa

Prof^o. Dr^o. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

À minha família, por serem meu alicerce e fonte inesgotável de amor: João Maria, Luciene, Isabella (Valentina e Emilly) e Douglas.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo amor incondicional, que me sustentou e me amparou durante todos esses anos, fazendo com que eu permanecesse firme e forte em busca dos meus objetivos. Sem Ele eu nada seria!

Aos meus pais e irmãos, por terem sido fonte infinita de apoio e amor quando eu mais precisei, por me ensinarem a importância da dedicação, da humildade e, principalmente, da honestidade. Sem vocês eu não teria chegado onde cheguei! Aos meus padrinhos, Alcides e Ecleide, por serem presentes na minha vida, por toda a ajuda, por todas as conversas regadas de motivação e boas vibrações. Aos meus avós, Margarida, Rosemiro (*in memoriam*), Rita (*in memoriam*) e Chico, por terem sido aconchego e amor. Aos meus familiares, por todo o apoio. Às minhas primas queridas, que mesmo com a distância, sempre estiveram torcendo por mim (Milla e Manu). A Arthur, meu bem, por ter sido tão parceiro, por ter me amparado nos momentos de angústia e por estar sempre disposto a me fazer feliz.

Ao meu orientador, professor Marcelo de Andrade Ferreira, pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado, sempre disposto a ajudar e tirar toda e qualquer dúvida. O senhor é fera, bicho!

Ao meu coorientador, professor João Paulo, por ter confiado em mim para executar um projeto de sua autoria e pelo apoio durante todo o mestrado, sempre disponível e solícito.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e também do Departamento de Zootecnia, em especial aos professores Andreia e Pierre, por estarem presentes em todas as sete coletas de sangue do meu experimento, além de sanarem minhas incansáveis dúvidas sempre que necessário.

A todos os participantes do Grupo de Estudos em Palma Forrageira (GEPAF, vulgo “Fazendinha”), por todo comprometimento, ajuda e trabalho empenhado no experimento. Sem vocês, eu não teria conseguido (Pâmela, Stephania, Thayane, Alice, Milena, Emília, Adson, Jéssica, Roger, Silas, Rafael, Hugo, Caio, Kaique, Darlan, Felipe, Izaac e Michelle linda)!

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial dona Silvania e Rafa, por serem luz em minha vida, sempre dispostas a ajudar no que fosse preciso, obrigada por me acolherem e me auxiliarem durante todo o período experimental (e após ele também).

A todos os colegas que encontrei na pós-graduação (Matheus H., Rabia (*in memoriam*), Rafael, Darlan, Caio, Kaique, Victória, Gaby, Luiz, Salmo, Adrielle, Elton, Webert, Telma, Matheus R.), por toda a ajuda (braçal e mental) durante todo o período do mestrado. Vocês são incríveis, galerinha!

Aos integrantes do Setor de Ovinos, por terem me acolhido desde o início, sempre dispostos a ajudar, em especial a Débora, Renan, Pedro, Davi e Neto.

À Gabriela, Vitória e Ronan, por terem sido parceiros de experimentos (diferentes), por toda a luta compartilhada, pelos incontáveis processamentos de palma, fornecimentos do trato e pelo dia a dia dividido. Ficou tudo muito mais leve com vocês!

Em especial, gostaria de destacar o meu agradecimento às minhas meninas: Gabriela e Vitória. Vocês foram essenciais nessa jornada!

À Gabriela, pela chance que me deu quando eu não sabia o que fazer, por ter me acolhido em uma cidade desconhecida, por ter sido minha parceira de casa e de vida durante quase dois anos. Obrigada por tudo, amiga. Você é muito especial!

À Vitória, que sempre esteve presente e disposta a entregar seu ombro amigo nos momentos de lamentações, mas que também divide os momentos de alegria. Você é muito especial, amiga. Obrigada por tudo!

Às minhas queridas Maria Alice, Carolinne, Letícia e Professora Stela (Só tem gata nesse grupo), por me ajudarem a desopilar, fofocando sobre todo e qualquer ser existente na face da terra, e por sempre me apoiarem, mesmo com a distância. Também gostaria de agradecer aos meus amigos Paulo Vitor e Pedro, que mesmo com a distância, sempre estiveram na torcida. À minha amiga Natália, por todas as conversas, risadas e palavras de conforto e estímulo.

À minha querida e eterna orientadora, professora Stela, por todos os conselhos, puxões de orelha e conversas maduras, para que eu enfrentasse a pós-graduação da melhor maneira possível, sempre disposta a me ajudar e tornar a caminhada mais leve. Obrigada por tudo, gata!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oferta do curso de pós-graduação e por todo o suporte realizado durante todo o mestrado (Professor Francisco e Cynthia). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa, possibilitando a realização do presente trabalho. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Carne (INCT-Carne), pelo apoio.

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

“Sempre que Deus contrariou o meu, no final, Ele estava certo. Claro, eu faço a minha parte, mas não há mérito, há graça.

Por quê? Porque, mesmo com todo mérito do mundo, no final as coisas dão certo por uma questão de sorte. Por uma questão de graça. Por uma questão de Deus”.

- Samer Agi

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS EM OVELHAS
ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO PALMA FORRAGEIRA E
SUPLEMENTADAS COM VITAMINA C**

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação com vitamina C sobre a redução do estresse hídrico de fêmeas ovinas alimentadas com dietas a base de palma forrageira. Foram utilizadas 20 fêmeas adultas (peso médio de 50 kg \pm 3,3) em um experimento com duração 45 dias, sendo 15 dias de adaptação e 30 de coleta de dados e amostras. Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas e receberam dieta composta por 46,3% de feno de Tifton-85, 51,5% de palma forrageira, 1,1% de ureia + sulfato de amônio e 1,1% de mistura mineral. Os tratamentos incluíram: controle com água *ad libitum*, restrição de água (bebedouro) e 0 g de vitamina C, e restrição de água (bebedouro) com suplementação de 3,33; 6,67 ou 10 g/dia de vitamina C. Foram avaliados consumo e digestibilidade aparente, parâmetros bioquímicos do sangue e urina, além do balanço hídrico e índices urinários. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, além do balanço hídrico e de nitrogênio dos animais suplementados com diferentes dosagens de vitamina C com ou sem restrição. Foi observado comportamento quadrático para as seguintes variáveis avaliadas no sangue: ácido úrico, glicose, colesterol, LDL e GGT em função dos níveis ($P < 0,05$), contudo, apenas os níveis de GGT estiveram acima do intervalo de referência preconizado. Verificou-se também comportamento quadrático ($P < 0,05$) para: volume urinário, cálcio, fósforo e creatinina. Com relação aos índices urinários, apenas a taxa de excreção fracional do fósforo sofreu efeito da suplementação ($P < 0,05$). A inclusão de vitamina C com restrição hídrica não foi capaz de interferir a condição de estresse em ovelhas alimentadas com palma forrageira.

Palavras-chave: ácido ascórbico, bem-estar, ingestão hídrica, metabólitos, ovelhas, palma forrageira.

**PHYSIOLOGICAL AND NUTRITIONAL ASPECTS IN SHEEP FED DIETS
CONTAINING FORAGE PALM AND SUPPLEMENTED WITH VITAMIN C**

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of vitamin C supplementation on reducing water stress in female sheep fed diets based on forage cactus. Twenty adult females (mean weight of 50 kg \pm 3.3) were used in an experiment lasting 45 days, with 15 days of adaptation and 30 days of data and sample collection. The animals were kept in metabolic cages and received a diet composed of 46.3% Tifton-85 hay, 51.5% forage cactus, 1.1% urea + ammonium sulfate and 1.1% mineral mixture. The treatments included: control with water ad libitum, water restriction (drinker) and 0 g of vitamin C, and water restriction (drinker) with supplementation of 3.33; 6.67 or 10 g/day of vitamin C. Consumption and apparent digestibility, blood and urine biochemical parameters, as well as water balance and urinary indices were evaluated. No significant differences ($P>0.05$) were observed on the consumption and apparent digestibility of nutrients, as well as on the water and nitrogen balance of animals supplemented with different doses of vitamin C with or without restriction. A quadratic behavior was observed for the following variables evaluated in the blood: uric acid, glucose, cholesterol, LDL and GGT as a function of the levels ($P<0.05$); however, only GGT levels were above the recommended reference range. There was also quadratic behavior ($P<0.05$) on the following urinary metabolites evaluated: urinary volume, calcium, phosphorus and creatinine. Regarding urinary indices, only the fractional excretion rate of phosphorus was affected by supplementation ($P<0.05$). The inclusion of vitamin C with water restriction not interfere with the stress condition in sheep fed with forage cactus.

Keywords: ascorbic acid, forage cactus, metabolites, sheeps, well-being, water intake.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química da dieta base, com base na matéria seca.	23
Tabela 2. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.	29
Tabela 3. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o balanço hídrico dos animais.	30
Tabela 4. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os metabólitos sanguíneos dos animais.	30
Tabela 5. Efeitos do tempo de coleta sobre os metabólitos sanguíneos dos animais. ..	32
Tabela 6. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os metabólitos urinários dos animais.	33
Tabela 7. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os índices urinários dos animais	34
Tabela 8. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o balanço de nitrogênio.....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 <i>Ovinocultura: influência do estresse hídrico no potencial produtivo</i>	14
2.2 <i>Palma forrageira: importância no semiárido</i>	16
2.3 <i>Efeito do estresse hídrico sobre parâmetros fisiológicos dos animais</i>	17
2.4 <i>Vitamina C: utilização na dieta de ruminantes</i>	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 <i>Animais, instalações e dietas</i>	23
3.2 <i>Coleta e análise das amostras</i>	24
3.3 <i>Coleta e análise de sangue e urina</i>	26
3.4 <i>Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico</i>	28
3.5 <i>Balanço de nitrogênio</i>	28
3.6 <i>Delineamento estatístico</i>	29
4. RESULTADOS	30
5. DISCUSSÃO	36
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura representa uma atividade agropecuária importante no Brasil, especialmente para a produção de carne. A região Nordeste destaca-se nesse cenário, sendo responsável por aproximadamente 69% do rebanho ovino nacional (IBGE, 2022). O semiárido é marcado por elevadas temperaturas, escassez hídrica e irregularidade na distribuição de chuvas ao longo do ano. Esses fatores refletem desafios significativos para a criação de ovinos, especialmente devido à limitação de recursos naturais e ao impacto negativo das condições climáticas hostis sobre o bem-estar e o desempenho dos animais. Entre os principais problemas enfrentados pelos produtores estão o estresse hídrico e o calórico, que prejudicam a homeostase, afetam processos metabólicos e comprometem a produtividade dos rebanhos. Nessas condições, os animais muitas vezes não dispõem de fontes adequadas de água potável, o que aumenta a dependência da água contida nos alimentos e em processos metabólicos para atender às demandas fisiológicas.

A água desempenha um papel essencial na fisiologia animal, sendo indispensável para funções biológicas como o transporte de nutrientes, regulação térmica e excreção de resíduos metabólicos. Contudo, em ambientes semiáridos, a escassez hídrica e as altas temperaturas levam os animais a desenvolverem mecanismos fisiológicos de adaptação, como a diminuição da produção de urina e saliva e o aumento da retenção de água pelos rins. Apesar dessas adaptações, o estresse hídrico pode resultar em hemoconcentração, desequilíbrios eletrolíticos e complicações metabólicas que afetam negativamente o crescimento, a reprodução e a saúde geral dos ovinos (González e Silva, 2017; Dukes, 2017). Além disso, o estresse calórico devido às altas temperaturas intensifica esses efeitos, contribuindo para a diminuição da ingestão de alimentos e água e aumentando a susceptibilidade a doenças.

Nesse contexto, a adoção de estratégias alimentares adequadas torna-se essencial para mitigar os impactos das condições climáticas adversas e garantir a sustentabilidade da ovinocultura no semiárido. Uma solução eficiente é o uso da palma forrageira (*Opuntia* spp) como componente fundamental na dieta dos ovinos. Essa planta apresenta características notáveis que a tornam ideal para regiões de baixa disponibilidade hídrica, como alta capacidade de armazenamento de água, elevada produção de biomassa, adaptabilidade ao semiárido e excelente aceitabilidade (Ferreira et al., 2012). Por conter cerca de 90% de água em sua composição, a palma reduz a necessidade de consumo direto de água pelos animais, aliviando os efeitos da escassez hídrica. Estudos demonstram que a inclusão de palma forrageira na dieta não apenas melhora o desempenho animal, mas também contribui para melhor utilização dos recursos naturais disponíveis (Cavalcanti et al., 2008; Rossa, 2024).

Outra abordagem promissora é a suplementação com vitamina C, que desempenha papel crucial na atenuação dos efeitos do estresse oxidativo e no fortalecimento do sistema imunológico dos animais submetidos a condições adversas. Embora os ruminantes sejam capazes de sintetizar essa vitamina endogenamente, situações de estresse intenso, como altas temperaturas e baixa ingestão de água, aumentam significativamente a demanda por ácido ascórbico, tornando necessária sua suplementação na dieta. A vitamina C auxilia na regulação da temperatura corporal, na neutralização de radicais livres e na melhora da imunidade, contribuindo para o bem-estar e produtividade dos ovinos em ambientes desafiadores (Akinmoladun et al., 2022).

Portanto, a integração de estratégias como o uso da palma forrageira e a suplementação com vitamina C oferece soluções fisiologicamente viáveis para superar os desafios impostos pelo semiárido à ovinocultura. Essas medidas não apenas minimizam

os efeitos negativos das condições ambientais, mas também promovem a sustentabilidade da atividade, possibilitando que os produtores explorem de forma eficiente o potencial dessa cadeia produtiva em regiões semiáridas. Além disso, o aprimoramento de técnicas de manejo e alimentação contribui para o fortalecimento da ovinocultura como atividade viável e lucrativa, adaptada às especificidades do semiárido brasileiro. Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação com vitamina C sobre a redução do estresse hídrico de fêmeas ovinas alimentadas com dietas a base de palma forrageira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ovinocultura: influência do estresse hídrico no potencial produtivo

Muitos produtores possuem visão otimista sobre a atividade da ovinocultura, justificando o investimento na exploração e valorização deste mercado, principalmente para produção de carne. No que se refere ao rebanho ovino, a região Nordeste ocupa posição de destaque, sendo a detentora que 69% de todo o rebanho nacional (IBGE, 2022). Contudo, vale ressaltar que a maior parte da região Nordeste é caracterizada pelo seu clima semiárido, que apresenta condições edafoclimáticas próprias como: elevadas temperaturas, déficit hídrico, além de irregularidade na distribuição da precipitação pluviométrica durante o ano.

Apesar do exposto, produzir ovinos em locais secos como o semiárido possui fatores limitantes que dificultam ascensão e organização da cadeia produtiva. As características edafoclimáticas da região impelem os produtores rurais a trabalharem na maior parte do ano com recursos limitados. Além disso, outro fator que influencia diretamente no desempenho do rebanho são as condições extremas de estresse hídrico combinado com as elevadas temperaturas que animais são submetidos durante os longos períodos de

estiagem na região, uma vez que as fontes de água ou são escassas e distantes, ou não se encontram em qualidade e/ou quantidade suficientes (Alamer e Al-Hozab, 2004).

Conforme o NRC (2007), para que o manejo nutricional seja exitoso, é necessário que haja oferta adequada de água, a fim de suprir as demandas hídricas dos animais por meio da ingestão voluntária. O estresse hídrico em ovinos é uma condição fisiológica resultante da falta de água disponível para o animal, interferindo sua homeostase e comprometendo o funcionamento adequado do metabolismo (González e Silva, 2017). Esse tipo de estresse pode ocorrer tanto em situações de escassez de água quanto em ambientes com altas temperaturas, onde a demanda por água para manutenção da temperatura corporal e dos processos metabólicos aumenta significativamente. A água é essencial para várias funções biológicas, incluindo o transporte de nutrientes, a regulação térmica e a excreção de resíduos metabólicos, tornando o estresse hídrico um fator crítico para o bem-estar e desempenho dos animais (González e Silva, 2017).

O organismo desencadeia uma série de adaptações fisiológicas para preservar o equilíbrio hídrico quando os ovinos enfrentam escassez de água ou são expostos a condições ambientais, como altas temperaturas. Entre as respostas mais frequentes estão a diminuição da diurese e alterações nos padrões de ingestão de água. O sistema endócrino, especialmente o eixo renina-angiotensina-aldosterona, é ativado para promover a conservação de água e sódio, com a liberação de hormônios como a aldosterona, que estimula a reabsorção de sódio nos rins, contribuindo para a manutenção do volume plasmático (González e Silva, 2017).

Além disso, ocorre um aumento na secreção de vasopressina (hormônio antidiurético), o que reduz ainda mais a excreção de água pelos rins (Dukes, 2017). Outro fator preocupante que, aliado ao estresse hídrico, pode influenciar negativamente o desempenho animal, é o estresse calórico. Algumas respostas como diminuição da

ingestão de alimentos e utilização de alimentos, aumento da frequência respiratória, redução da taxa metabólica, redução do crescimento e desempenho reprodutivo, desidratação, diminuição das respostas imunes e, conseqüentemente, aumento da suscetibilidade a doenças, são observadas em animais que estão sob estresse (Akinmoladun et al. 2019).

Esses distúrbios podem afetar negativamente processos metabólicos essenciais, como a produção de energia e a síntese proteica. A diminuição da ingestão de água também pode prejudicar a função digestiva, comprometendo a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, afetando o desempenho do animal, especialmente em termos de crescimento e capacidade reprodutiva (González e Silva, 2017; Dukes, 2017). Autores relataram comprometimento da função e desenvolvimento ovariano quando o animal é submetido a condições de estresse hídrico e calórico, em que este redistribui os recursos corporais, incluindo energia e proteína, diminuindo a fertilidade, o desempenho e o bem-estar dos animais (Kandemir et al. 2013).

2.2 Palma forrageira: importância no semiárido

Toda água corporal que é perdida por evaporação, respiração, defecação e micção, é repostada da ingestão de água, alimentação ou processos metabólicos (Araújo et al., 2010). Diante disso, grande parte da hidratação dos animais em ambientes de clima semiárido é quantificada através da água disponível nos alimentos, além da água metabólica produzida, uma vez que a água potável pode ser insuficiente para atender as necessidades hídricas.

Com isso, o uso da palma forrageira (*Opuntia spp*) *in natura* tornou-se eficaz estratégia alimentar que permite viabilizar a atividade da ovinocultura na região, sobretudo pela elevada capacidade de produção de biomassa em situações de baixa disponibilidade hídrica, além de elevada adaptabilidade e aceitabilidade (Ferreira et al.,

2012). Somado a isso, características como a eficiência no armazenamento de grandes quantidades de água doce, por se tratar de uma planta suculenta, elevados teores de carboidratos não fibrosos e digestibilidade fazem da palma fonte alimentar capaz de reduzir os efeitos negativos da estação seca sobre o desempenho animal (Tegegne et al., 2007). Em virtude das elevadas quantidades de água armazenada, uma vez que a matéria seca se encontra próximo de 10%, a palma pode proporcionar dieta capaz de reduzir o consumo de água livre de forma drástica. Alguns autores como Bezerra et al. (2023) e Moura et al. (2020) observaram redução linear na ingestão involuntária de água à medida que a inclusão de palma na dieta aumentava.

Vieira et al. (2008) observaram redução linear na ingestão de água em um experimento com níveis progressivos de palma forrageira na dieta de caprinos. Além disso, Cavalcanti et al. (2008), ao substituírem o feno de capim Tifton-85 por palma na dieta de vacas holandesas em lactação, relataram um aumento no consumo de água via dieta, o que resultou em redução na ingestão de água diretamente dos bebedouros. De acordo com Reece (2006), o aumento na ingestão de água proveniente da dieta pode levar a maior excreção urinária, funcionando como um mecanismo compensatório para o ajuste do volume total de líquidos circulantes no organismo. Outros autores como Rossa (2024) encontraram resultados satisfatórios com a inclusão de palma na dieta de vacas leiteiras, proporcionando diminuição da ingestão de água do bebedouro à medida que a proporção de palma forrageira na dieta aumentava, sem interferências na produção.

2.3 Efeito do estresse hídrico sobre parâmetros fisiológicos dos animais

O estresse hídrico associado ao estresse calórico pode provocar hemoconcentração devido a desidratação nos animais (Li et al., 2000; Ghanem, 2008). Alguns autores relatam aumento nas concentrações de proteínas séricas e albumina (Hamadeh et al., 2009), devido à diminuição do volume sanguíneo (Cork e Halliwell, 2002). Contudo, após

um período prolongado de restrição hídrica, os níveis de albumina e proteína tendem a diminuir (Hamadeh et al., 2006; Ghanem et al., 2008), o que pode indicar deficiência alimentar. A albumina sérica desempenha um papel crucial na osmorregulação e no controle do movimento de fluidos entre os diferentes compartimentos do corpo, sendo um dos principais responsáveis pela pressão osmótica coloidal do sangue. Por essa razão, as taxas de degradação e síntese de albumina são reguladas em resposta à desidratação para manter a pressão osmótica coloidal e garantir a distribuição normal de fluidos (Dukes, 2017).

Ademais, o estresse hídrico resulta em redução na produção de urina e nas fezes secas, processos regulados pela vasopressina e pelo aumento da reabsorção de água no trato gastrointestinal (Olsson et al., 1997; Chedid et al., 2014). Nessas condições, a função de filtração renal é comprometida (Kataria et al., 2007), com diminuição na taxa de filtração glomerular e um aumento na reabsorção de ureia (Silanikove, 2000). Como consequência, há um aumento nos níveis de ureia e creatinina no sangue (Jaber et al., 2004; Chedid et al., 2014). No entanto, após um período prolongado de restrição hídrica e redução na ingestão de ração, os níveis de ureia podem começar a diminuir, refletindo um aumento na reciclagem de ureia no intestino (Igbokwe et al., 1993; Marini et al., 2004), permitindo que ela seja utilizada como fonte de nitrogênio pela microflora ruminal.

Além disso, outra consequência da diminuição do volume sanguíneo e do aumento da retenção de fluidos pelos rins é a hiperosmolalidade, acompanhada pela elevação das concentrações de eletrólitos, principalmente sódio e cloro (Ghanem, 2008; González e Silva, 2017). Segundo Silanikove (1994), o organismo do animal lança mão de uma série de mecanismos para conservar a homeostase durante o período de desidratação. Entre eles, destacam-se o aumento da retenção pelos rins de água e sódio, além da redução na produção de saliva.

2.4 Vitamina C: utilização na dieta de ruminantes

A vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico, é um antioxidante não enzimático e hidrossolúvel presente no plasma e nos tecidos. Atua como forte antioxidante devido a sua capacidade de perder elétrons, auxiliando na diminuição das espécies reativas de oxigênio (Akinmoladun et al., 2022). O ascorbato, ao sofrer oxidação por um único elétron, reage com radicais livres e gera um intermediário chamado radical ascorbil, caracterizado por sua baixa reatividade. Esse radical pode se transformar novamente em ascorbato ou em ácido deidroascórbico. Dessa maneira, o ascorbato atua na neutralização de espécies reativas de oxigênio, desempenhando um papel vital nos processos celulares de organismos aeróbicos (Combs Jr. e McClung, 2017; Akinmoladun et al., 2022). A vitamina C, devido à sua habilidade de doar elétrons (associados a moléculas de hidrogênio), exerce ação antioxidante que preserva a estabilidade das membranas celulares, reduzindo sua vulnerabilidade ao processo de peroxidação lipídica (Bernabucci et al., 2002).

Em condições de estresse térmico, a vitamina C desempenha um papel importante na regulação do consumo de oxigênio, favorecendo a dissipação de calor através de trocas térmicas mais eficientes entre o corpo e o ambiente, ou diminuindo a geração de calor proveniente das atividades metabólicas internas (Minka e Ayo, 2010). Além disso, acredita-se que a vitamina C fortaleça a imunidade humoral e celular, contribuindo para maior resistência a infecções, aprimorando os mecanismos de defesa e o equilíbrio antioxidante do organismo, ao mesmo tempo que atenua os efeitos nocivos de determinados eicosanoides (Chambial et al., 2013).

Nos ruminantes, esta vitamina é sintetizada, a partir da glicose, no fígado e nos rins (Combs Jr., 2008), sendo dispensável a suplementação de tal em animais que podem sintetizá-la (Akinmoladun, 2022). No entanto, Kim et al. (2012) relataram diminuições

drásticas da concentração plasmática de ácido ascórbico em animais expostos a situações de estresse ou doença. Esta afirmação pode ser explicada tanto pela diminuição da síntese endógena de vitamina C, quanto pela elevada demanda do ácido ascórbico no organismo, além da combinação de ambos (Akinmoladun, 2022).

Neste sentido, foi observado que, após a suplementação com vitamina C em animais submetidos a situações de estresse ou com estado de saúde comprometido, foram registradas melhorias significativas, o que pode ser indicativo da deficiência da vitamina em situações de estresse (Ranjan et al. 2012; Biobaku et al. 2016). A exposição contínua dos animais às condições estressantes resulta em inúmeras alterações fisiológicas que afetam o sistema imunológico do animal, através do aparecimento de radicais metabólicos (espécies reativas de oxigênio), que influenciam diretamente na produtividade, imunidade, fertilidade, causando prejuízos econômicos severos aos produtores (Kumar et al. 2012).

Sob condições de estresse, o organismo desencadeia uma série de respostas fisiológicas para proteção, incluindo a liberação de neurotransmissores (adrenalina) e glicocorticóides (cortisol). Essas substâncias modulam a função renal, aumentando o fluxo sanguíneo renal e a filtração glomerular, o que pode resultar em maior produção de urina (González e Silva, 2022). Nesse sentido, o mecanismo de ação da vitamina C sobre o estresse está relacionado, não apenas à eliminação dos radicais livres causadores de danos oxidativos nas células sanguíneas, como também a potencialização do ácido α -aminobutírico (GABA), responsável por retardar a liberação de cortisol (Brikas, 1994; Minka e Ayo, 2010, Carr & Maggini, 2017), amenizando os efeitos da perda de água como consequência do estresse. O ácido ascórbico, quando utilizado para amenizar estímulos estressantes, é considerado mais seguro, prático, além de estar prontamente disponível,

ser facilmente administrado e absorvido, sem período de carência e ainda, permitir uso de dosagens mais altas (Akinmoladun, 2022; Seif et al., 2010).

Os ruminantes, quando expostos a situações de estresse, aumentam a frequência de micção e defecação. Esse comportamento é associado a maior motilidade intestinal e à diurese estimulada pelo cortisol (Karl et al., 2018). Nwe et al. (1996) relacionaram o aumento na excreção de urina e fezes durante o transporte ao nervosismo ou à excitação dos animais. Esse quadro de estresse pode ser agravado por uma ingestão inadequada de água e por condições climáticas desfavoráveis, resultando em desidratação (Popkin et al., 2010).

Minka e Ayo (2012) observaram que cabras transportadas e suplementadas com vitamina C apresentaram menor teor de água nas fezes e menos eliminação, indicando que a vitamina C pode ajudar a reduzir a estimulação do sistema nervoso causada pelo transporte rodoviário. Akinmoladun et al. (2020) relataram redução da perda de peso em um estudo com cabras restritas e suplementadas com vitamina C (3 g/d).

Outros pontos positivos como: aumento da contagem de linfócitos em caprinos impactados pelo estresse do transporte, redução da atividade da superóxido dismutase e catalase, enzimas antioxidantes que protegem as células de danos causados por espécies reativas de oxigênio, em búfalas estressadas pelo calor (Minka e Ayo, 2011; Akinmoladun, 2022) também foram observados quando os animais foram suplementados com vitamina C (100 mg/kg de PV para os caprinos; 10g/dia para as búfalas). Dessa forma, a vitamina C contribui para a proteção do sistema de defesa do organismo e auxilia na estabilização da saúde dos animais ao neutralizar o excesso de radicais livres produzidos em situações de estresse (Sivakumar et al., 2010). De acordo com Belge et al. (2003), a vitamina C desempenha um papel fundamental na redução dos níveis de MDA,

eliminando espécies reativas como oxigênio singlete, hidroperoxila, superóxido, radicais lipídicos peroxil e livres em animais expostos ao estresse.

A suplementação com vitamina C em ruminantes que se encontram em condições claramente estressantes associada ao uso de palma forrageira na alimentação pode ser uma alternativa interessante para mitigar os efeitos causados por situações de estresse hídrico.

3. MATERIAL 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 da UFRPE, Recife, Brasil.

3.1 Animais, instalações e dietas

Foram utilizadas 20 fêmeas adultas da raça santa inês com peso vivo médio de 50 kg \pm 3,3. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, providas de comedouro e bebedouro (a depender do tratamento), instaladas em galpão coberto, com pouca ventilação natural. Antes do início do período experimental, os animais foram submetidos ao tratamento preventivo contra endoparasitas com uso de anti-helmíntico. O período experimental teve duração de 45 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais às instalações e ao manejo, e 30 dias para coleta de dados e amostras.

A dieta experimental base foi composta por palma forrageira (PF), variedade Orelha Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw), feno de Tifton-85 (*Cynodon dactylon*), ureia pecuária + sulfato de amônio (9:1) e sal mineral. A proporção dos ingredientes foi 46,3% de feno de Tifton-85, 51,5% de PF, 1,1% de ureia + sulfato de amônio e 1,1% de mistura mineral (tabela 1), fornecida duas vezes ao dia (08h e 16h), nas proporções de 50% e 50%, do total de MS oferecida.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química da dieta base, com base na matéria seca.

Alimentos	Dieta base (g/kg)
Feno de Tifton-85	463,00
Palma OEM	515,00
Ureia + sulfato de amônio (9:1) ¹	11,00
Sal mineral	11,00
Composição química	
Matéria seca (MS)	215,70
Matéria orgânica (MO)	898,24
Proteína bruta (PB)	110,73
Extrato etéreo (EE)	16,83
Fibra em detergente neutro (FDN)	491,75
Carboidratos não fibrosos (CNF)	291,67

¹9 partes de ureia e 1 parte de sulfato de amônio.

Os animais foram distribuídos de forma casualizada em cinco tratamentos distintos: dieta base com acesso livre ao bebedouro (Controle); dieta base sem acesso ao bebedouro (0); dieta base, sem acesso ao bebedouro e com suplementação oral de 3,33g/dia de vitamina C (3,33); dieta base, sem acesso ao bebedouro e com suplementação oral de 6,67g/dia de vitamina C (6,67) e dieta base, sem acesso ao bebedouro e com suplementação oral de 10,00g/dia de vitamina C (10). A vitamina C utilizada era purificada e apresentada na forma de pó, sendo diluído em 50 mL água para fornecimento por via oral. Os animais que não estavam em tratamentos com suplementação, receberam 50 mL de água destilada diariamente para proporcionar as mesmas condições estressantes em todos os animais.

3.2 Coleta e análise das amostras

Os ensaios de digestibilidade ocorreram em dois momentos, entre os dias 10 e 13 e 24 e 27 do período experimental. As fezes dos animais alojados em gaiolas metabólicas foram coletadas durante os quatro dias de cada período. As fezes coletadas foram homogeneizadas, pesadas, e amostras proporcionalmente a 10% do volume total foram coletadas (Minson, 1981). Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, MO,

PB, EE, FDN e CNF foram obtidos pela diferença entre a quantidade de alimento ingerido e excretado nas fezes, conforme a equação: $CDA (\%) = [(nutriente\ ingerido - nutriente\ excretado) / nutriente\ ingerido] \times 100$. Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foi utilizada a equação descrita por Weiss (1999), na qual $NDT\% = PBD\% + (EED\% \times 2,25) + CNFD\% + FDNcpD\%$, sendo $FDND\%$ e $CNFD\%$ corrigidos para cinzas e compostos nitrogenados.

As amostras dos ingredientes, sobras e fezes foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas sob temperatura média de -20°C . No momento das avaliações, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a $55 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 72 horas ou até atingir o peso constante, e moídas em moinho tipo Willey com crivo de 1 mm. Após esse procedimento, as amostras foram submetidas a análise de composição química. Foram determinadas as concentrações de matéria seca (MS; método INCT-CA no. G-003/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA no M-001/1), matéria orgânica ($MO = 100 - MM$; método INCT-CA no. M-001/1), proteína bruta (PB; método de Kjeldhal; método INCT-CA no. N 001/1) e extrato etéreo (EE; método INCT-CA no. G-004/1), de acordo³³ 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 4h) 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): $aFDNcp (g/kg\ MS) = aFDN - (aFDNc + aFDNp)$. A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com Detmann et al. (2012). Os carboidratos totais

(CT) foram estimados segundo a equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, enquanto os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos segundo Detmann e Valadares Filho (2010).

3.3 Coleta e análise de sangue e urina

Durante os dias 9, 13, 14, 23, 27 e 28 do período experimental, amostras de sangue foram coletadas por venopunção jugular, quatro horas após a primeira alimentação, em tubos de coleta a vácuo siliconizados, sendo subdivididas em dois tipos: sem anticoagulante para a obtenção de soro e com fluoreto de sódio para a obtenção de plasma. Após a coleta, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente, centrifugadas para separação do soro e do plasma, e posteriormente armazenadas a -20°C para análises subsequentes.

A coleta de urina foi realizada por meio da coleta total de urina durante um período de 72 horas (entre os dias 16º e 20º do período experimental), utilizando-se gaiolas metabólicas para a quantificação da excreção urinária total. A urina coletada foi filtrada em gaze para remoção de impurezas e, em seguida, uma alíquota de 10 mL foi diluída em 40 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,036 N, sendo armazenada a -18°C para análise posterior dos parâmetros de nitrogênio total, ureia e creatinina.

Para a avaliação do perfil metabólico sanguíneo, foram determinadas as concentrações dos seguintes parâmetros bioquímicos e minerais: creatinina, ureia, ácido úrico, proteínas totais, albumina, glicose, triglicerídeos, colesterol, sódio, potássio, cálcio, fósforo e magnésio, utilizando-se um analisador bioquímico automatizado Labtest (Labmax 240®), no Laboratório de Doenças Metabólicas e Nutricionais - Centro de Estudos Avançados em Caprinos e Ovinos – Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Além disso, a concentração de ureia na urina foi determinada utilizando-se kits comerciais, com o valor de N-ureico obtido pela multiplicação da concentração de ureia por 0,466, que corresponde à fração nitrogenada presente na ureia. A determinação da concentração de creatinina na urina foi realizada pelo método de ponto final, utilizando-se os mesmos kits comerciais para análise. Ademais, foi determinada também a osmolaridade sérica. Determinou-se, também, a taxa de excreção fracional de Y substâncias, tais como: uréia, ácido úrico, Ca, P, Mg, Na, K, além da taxa de reabsorção de água e saldo de íons fortes na urina. Para a determinação dos respectivos índices, foram realizadas análises dos metabólitos e macroelementos no sangue e na urina, e os índices foram calculados com base nas equações descritas abaixo.

$$TEFY (\%) = \left(\frac{Ux \times Pcreat}{Px \times Ucreat} \right) \times 100$$

$$TeH_2O (\%) = volume \ de \ urina * \left(NaUr + \frac{KUr}{NaSr} - 1 \right)$$

$$SIDurina \ (mEq/L) = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$$

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

Onde:

NaSr = Sódio sérico;

GliSr = Glicose sérica;

UrSr = Ureia sérica;

NaUr = Sódio urinário;

NaSr = Sódio sérico;

KUr = Potássio urinário;

Ux = concentração do soluto na urina;

Px = concentração do soluto no plasma;

Ucreat = concentração de creatinina na urina;

Pcreat = concentração de creatinina no plasma.

3.4 Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico

O tratamento controle, que recebia água ad libitum, teve ingestão determinada por meio de pesagem diária, registrando-se diferença entre a quantidade oferecida e a sobra, descontando-se fração perdida por evaporação. Para isso, baldes com a mesma quantidade ofertada foram distribuídos ao longo do galpão experimental, e por diferença de peso no período de 24 horas, foi quantificada a perda por evaporação. Para avaliação do balanço hídrico dos animais que receberam água, foram computados os quantitativos de água consumida e perdida pelos animais durante o 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 captada (g/dia) = ITA – água excretada na urina; água retida (g/dia) = ITA – excreção total de água. Balanço hídrico (BH)% = (água retida/ITA) * 100. A produção de água metabólica foi estimada a partir de nutrientes digeridos, assumindo que 40, 50 e 107 g de água foram produzidos pela oxidação de 100 g de proteína, carboidratos e gordura, respectivamente (Brody, 1964).

3.5 Balanço de nitrogênio

O balanço de nitrogênio, expresso em quantidades diárias de compostos nitrogenados, foi calculado pela equação: N retido (g/dia) = N ingerido (g/dia) - N fecal (g/dia) - N urinário (g/dia).

3.6 Delineamento estatístico

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o PROC GLIMMIX do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. As comparações de médias entre todos os cinco tratamentos foram feitas utilizando a declaração LSMEANS com o ajuste de Dunnett para efeitos significativos, com significância estabelecida em $P \leq 0,05$, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_{ij} + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = valor da variável estudada no indivíduo j no tratamento i ; μ = média geral; T_i = efeito do tratamento i (de 1 a 5); P_{ij} = efeito aleatório do período no indivíduo e tratamento experimental; e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação. Para comparação das médias entre os níveis de suplementação com vitamina C, sob restrição, foi feita análise de regressão. Tendências foram consideradas para valores de P até 0,10.

4. RESULTADOS

Consumo e digestibilidade

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) sobre o consumo de nutrientes, nem no consumo de nutrientes digestíveis totais dos animais suplementados com diferentes dosagens de vitamina C (Tabela 2). Foi observado efeito quadrático ($P<0,05$) apenas para digestibilidade da proteína bruta.

Tabela 2. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.

Variável	Controle	Suplementação da vitamina C, g/dia				Nível de vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
Consumo (kg/dia)								
MS	1,35	1,21	1,26	1,36	1,30	0,1359	0,2850	11,99
MO	1,20	1,07	1,12	1,21	1,15	0,1268	0,2833	12,08
PB	0,16	0,14	0,15	0,16	0,15	0,1846	0,2925	11,49
EE	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,3610	0,1657	9,96
FDN	0,66	0,58	0,60	0,66	0,63	0,1943	0,3662	12,82
CNF	0,41	0,38	0,40	0,41	0,40	0,3260	0,2229	8,15
CHOT	1,08	1,01	1,05	1,09	1,06	0,2338	0,2922	8,46
NDT (g/kg)	782,40	720,00	725,40	783,80	766,60	0,1718	0,7242	11,92
Digestibilidade (g/kg)								
MS	574,2	577,8	564,9	575,5	590,5	0,2963	0,1824	5,02
MO	593,4	601,6	609,5	609,6	608,9	0,7133	0,7484	6,30
PB	687,4	701,2	687,7	691,6	726,0	0,0599	0,0117	3,64
EE	489,5	561,6	590,1	592,6	599,8	0,3400	0,6964	13,52
FDN	590,8	577,8	552,3	565,3	564,0	0,5923	0,3091	5,84
CNF	631,0	665,9	656,9	648,2	676,6	0,7369	0,2285	6,58
CHOT	609,8	632,7	611,4	601,4	613,6	0,3721	0,3190	7,50

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos; CHOT = carboidratos totais; CV = coeficiente de variação; NDT = nutrientes digestíveis totais; Efeitos lineares e quadráticos foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

Balanco de nitrogênio

Não foi observado efeito da suplementação com vitamina C ($P>0,05$) sobre os parâmetros relacionados ao balanço de nitrogênio (Tabela 3).

Tabela 3. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o balanço de nitrogênio.

Variável (g)	Controle	Nível de Vitamina C ¹				Nível de Vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
Nitrogênio consumido	25,2	22,5	23,6	25,2	24	0,2013	0,2662	12,37
N - Urina	7,84	6,74	7,35	7,81	6,63	0,9415	0,0773	15,76
N - Fezes	9,32	7,65	9,83	10,93	9,32	0,2541	0,1419	34,14
Balanço de nitrogênio	7,87	8,09	6,44	6,50	8,04	0,9836	0,1421	42,39
Balanço de nitrogênio (%)	30,73	35,54	27,70	25,61	34,16	0,7474	0,1481	39,36

N = nitrogênio; CV = coeficiente de variação.

Balanço hídrico

Não foram observados efeitos do nível de vitamina C sobre os parâmetros relacionados ao balanço hídrico dos animais ($P > 0,05$). Contudo, foi perceptível certa tendência de comportamento linear nas variáveis de água excretada na urina e nas fezes em percentual, além da absorção de água em percentual ($P < 0,10$).

Tabela 4. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre o balanço hídrico dos animais.

Variável	Controle	Nível de Vitamina C ¹				Nível de Vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
Ingestão hídrica (kg/dia)								
Bebedouro	0,187	-	-	-	-	-	-	-
Dieta	5,78	5,23*	5,44*	5,73	5,48*	0,3640	0,4456	2,35
Metabólica	0,39	0,37	0,37	0,39	0,38	0,5659	0,8320	7,45
Total	6,35	5,67*	5,86*	6,17*	5,91*	0,3559	0,4419	2,04
Perdas hídricas								
Urina, kg/dia	2,74	2,69	3,03*	2,94	2,78	0,6853	0,1128	8,71
Fezes, kg/dia	1,36	1,09*	1,20	1,35	1,27	0,1448	0,2354	10,03
Totais	4,10	3,78	4,23	4,36	4,05	0,3284	0,1172	6,98
Urina, % do ingerido	66,69	71,6*	71,89*	68,99	68,77	0,0940	0,2689	3,70
Fezes, % do ingerido	33,31	28,4*	28,11*	31,01	31,23	0,0940	0,2689	8,47
Balanço								
Balanço, kg/dia	2,25	1,88	1,63	1,81	1,86	0,8060	0,4401	15,69
Balanço, %	35,36	32,96	28,05	30,35	31,47	0,6630	0,1740	15,26
Absorção de água, % ingerido total	78,61	80,96	79,74	78,20	78,68	0,1051	0,1700	2,43

¹Médias dos tratamentos com restrição hídrica e doses de Vitamina C acompanhadas com * são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes do tratamento controle pelo teste Dunnett. Efeitos lineares e quadráticos foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

Metabólitos sanguíneos

O nível de suplementação com vitamina C influenciou as concentrações de ácido úrico ($P < 0,05$). Na atividade enzimática verificou-se efeito quadrático para a gama glutamil transferase (GGT), que podem ser observados na tabela 4. Ademais, também foram influenciados pelo nível de suplementação: colesterol, LDL e glicose, todos com efeito quadrático ($P < 0,05$).

Não houve efeito da interação entre o período de coleta e tratamentos avaliados no presente estudo sobre os metabólitos sanguíneos dos animais ($P > 0,05$). Contudo, foram observados efeitos significativos em função do tempo de coleta ($P < 0,05$) sobre os parâmetros relacionados ao perfil proteico: albumina, globulina e ureia, além dos minerais sódio e potássio (Tabela 5).

Tabela 5. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os metabólitos sanguíneos dos animais.

Variável	Controle	Suplementação da vitamina C, g/dia				Nível Vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
Albumina (mg/dL)	2,999	2,996	3,146	2,929	2,983	0,4178	0,5525	10,07
Globulina (mg/dL)	3,854	3,965	4,010	3,926	4,071	0,6186	0,8840	15,03
Relação A/G	0,796	0,768	0,794	0,782	0,750	0,5412	0,7600	20,67
Proteína total (mg/dL)	6,862	6,886	7,158	6,841	7,055	0,8129	0,9548	9,78
Ureia (mg/dL)	31,873	31,476	30,313	32,475	29,362	0,3878	0,2593	15,70
Ácido úrico (mg/dL)	0,053	0,043	0,076*	0,056	0,036	0,2969	0,0034	61,09
Creatinina (mg/dL)	0,824	0,849	0,866	0,807	0,803	0,1056	0,2696	15,22
Frutosamina (Mmol/L)	196,400	190,520	198,250	192,000	196,400	0,8134	0,498	10,17
Glicose (mg/dL)	52,397	51,515	52,639	50,340	49,846	0,3370	0,0330	8,33
Lactato (mmol/L)	9,814	7,506*	7,314*	7,775*	8,137*	0,3957	0,6871	24,72
Cálcio (mg/dL)	9,211	9,569	9,247	9,163	9,542	0,8641	0,2639	11,51
Fósforo (mg/dL)	6,402	5,559	6,247	5,137	5,565	0,5709	0,3497	23,91
Sódio (Mmol/L)	159,960	161,470	156,240	153,090	157,570	0,3704	0,3222	10,46
Potássio (Mmol/L)	4,740	4,724	4,573	4,682	4,696	0,9165	0,7286	9,17
Magnésio (mg/dL)	3,017	2,766	2,795	2,648	2,667	0,1769	0,2098	34,82
Colesterol (mg/dL)	32,304	28,304	34,669*	29,815	30,799	0,4735	0,0499	24,40
Triglicerídeos (mg/dL)	11,053	11,25	13,578	10,897	11,574	0,6032	0,1734	19,20
HDL (mg/dL)	20,478	19,763	21,984	19,796	20,005	0,8019	0,3146	20,37
LDL (mg/dL)	12,863	11,837	16,120*	13,102	14,090	0,3498	0,0312	26,35
ALT (u/L)	20,356	22,996	23,164	26,659	24,074	0,1663	0,1985	22,53
AST (u/L)	81,851	94,624	99,894	91,261	96,747	0,1798	0,2203	16,63
GGT (u/L)	40,710	46,381*	56,923*	50,868*	41,937	0,0175	<0,0001	21,90
FAL (u/L)	121,860	112,730	106,130	106,590	105,910	0,5372	0,4877	33,08
Osmolaridade sérica (mEq/L)	320,81	325,61	324,66	314,53	326,08	0,8221	0,7553	7,37

CV = coeficiente de variação; Relação A/G = relação albumina/globulina; Médias dos tratamentos com restrição hídrica e doses de Vitamina C acompanhadas com * são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes do tratamento controle pelo teste Dunnett; Efeitos lineares e quadráticos foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

Tabela 6. Efeitos do tempo de coleta sobre os metabólitos sanguíneos dos animais.

Variável	Tempo de Coleta			Coleta	CV
	Antes	Restrição	Reidratação		
Albumina (mg/dL)	3,107a	2,942b	2,891a	0,0385	10,23
Globulina (mg/dL)	4,188a	3,79b	3,917a	0,0152	15,03
Relação A/G	0,747	0,828	0,759	0,1721	20,67
Proteína total (mg/dL)	7,217	6,860	6,726	0,1708	10,35
Ureia (mg/dL)	32,802a	27,420b	31,160a	<0,001	17,81
Ácido úrico (mg/dL)	0,056	0,057	0,044	0,1649	58,86
Creatinina (mg/dL)	0,866	0,826	0,795	0,2092	16,36
Frutosamina (Mmol/L)	198,51	191,67	184,43	0,1735	13,15
Glicose (mg/dL)	52,008	50,553	51,481	0,2495	10,23
Lactato (mg/dL)	8,483	8,248	7,597	0,1975	24,72
Cálcio (mg/dL)	9,734	9,211	9,196	0,1587	11,51
Fósforo (mg/dL)	5,920	5,736	5,722	0,1419	23,91
Sódio (Mmol/L)	163,64a	152,37b	156,19a	0,0303	10,46
Potássio (Mmol/L)	4,799a	4,465b	4,700a	0,0024	9,17
Magnésio (mg/dL)	2,783	2,642	2,732	0,1956	34,82
Colesterol (mg/dL)	31,703	30,005	30,759	0,8954	25,85
Triglicerídeos (mg/dL)	11,727	12,121	12,403	0,6258	21,59
HDL (mg/dL)	20,911	20,509	20,126	0,9152	22,14
LDL (mg/dL)	14,376	13,850	13,495	0,9564	28,88
ALT (u/L)	25,552	25,160	22,332	0,1148	24,07
AST (u/L)	103,01	95,793	95,590	0,3441	22,13
GGT (u/L)	48,679	45,459	47,953	0,2661	22,35
FAL (u/L)	111,160	106,890	108,130	0,8667	37,34

CV = coeficiente de variação; Relação A/G = relação albumina/globulina; Médias com letras distintas na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$).

Metabólitos urinários

Houve efeito da suplementação com vitamina C ($P < 0,05$) sobre os seguintes metabólitos urinários avaliados: volume urinário, cálcio, fósforo e creatinina (Tabela 7).

Com relação aos índices urinários, apenas a taxa de excreção fracional do fósforo sofreu efeito da suplementação ($P < 0,05$).

Tabela 7. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os metabólitos urinários dos animais.

Variável	Controle	Suplementação da vitamina C, g/dia				Nível Vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
Volume urinário (L)	2,819	2,762	3,068	3,067	2,859	0,5206	0,0462	17,50
<i>Excreção dos metabólitos (mg/L)</i>								
Ureia	770,570	776,630	737,640	803,06	788,92	0,4631	0,5437	26,84
Creatinina	40,615	39,251	38,337	37,794	38,392	0,5748	0,8800	16,19
Ácido úrico	7,380	7,630	7,000	7,350	7,500	0,9853	0,5832	24,21
Magnésio	6,016	6,088	6,114	6,062	6,180	0,1650	0,3243	4,07
Fósforo	3,450	3,115	3,840*	4,063*	3,222	0,6690	0,0459	44,79
Cálcio	6,569	6,031	4,379*	5,094*	5,872	0,8255	0,0006	32,48
Sódio	29,238	30,953	27,937	27,819	30,447	0,6976	0,2737	24,18
Potássio	7,981	8,800	9,066	7,998	8,876	0,5667	0,5924	21,06
<i>Excreção dos metabólitos (mg/dia)</i>								
Ureia	20505	21266	21416	24185	22098	0,9690	0,5301	23,21
Creatinina	1112,08	1060,40	1120,27	1140,00	1061,74	0,5789	0,0384	12,98
Ácido úrico	211,770	205,980	213,330	223,310	206,470	0,2479	0,9188	27,96
Magnésio	167,26	165,88	185,69	185,63	169,46	0,6366	0,1142	19,09
Fósforo	91,539	85,624	116,00*	118,14*	88,911	0,7210	0,0213	27,49
Cálcio	178,63	155,80	135,19*	157,49	162,57	0,3367	0,2773	35,30
Sódio	81,428	82,264	82,712	86,258	88,982	0,3526	0,6153	29,82
Potássio	24,746	24,918	27,858	24,944	25,391	0,7317	0,6239	26,94
<i>Excreção dos metabólitos (mg/kg)</i>								
Ureia	371,17	390,45	382,78	427,82	390,57	0,6972	0,9168	27,42
Creatinina	19,948	18,961	20,385	20,114	19,067	0,1516	0,3963	14,43
Ácido úrico	3,819	3,775	3,827	3,877	3,625	0,7586	0,9708	29,74
Magnésio	3,002	3,031	3,364	3,281	3,026	0,8580	0,1493	20,66
Fósforo	1,569	1,401	2,339*	2,122*	1,514	0,9047	0,0028	25,50
Cálcio	3,682	3,209	2,395*	2,788*	3,023	0,8648	0,0456	23,00
Sódio	1,468	1,500	1,471	1,522	1,601	0,4456	0,7953	30,71
Potássio	0,414	0,451	0,486	0,440	0,426	0,2221	0,2905	23,19

CV = coeficiente de variação; Médias dos tratamentos com restrição hídrica e doses de Vitamina C acompanhadas com * são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes do tratamento controle pelo teste Dunnett; Efeitos lineares e quadráticos foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

Tabela 8. Efeitos dos níveis de suplementação com vitamina C sobre os índices urinários dos animais.

Variável	Controle	Suplementação da vitamina C, g/dia				Nível Vitamina C		CV
		0	3,33	6,67	10	Linear	Quadrático	
<i>Taxa de Excreção Fracional (%)</i>								
Ureia	49,180	53,108	56,827	54,279	61,004	0,2489	0,4863	15,78
Magnésio	4,682	4,724	4,941	4,880	4,845	0,7414	0,7859	14,18
Fósforo	1,077	1,105	1,540*	1,731*	1,208	0,5891	0,0488	32,60
Cálcio	1,696	1,401	1,075*	1,203	1,320	0,8606	0,2940	29,46
Sódio	0,405	0,418	0,396	0,387	0,430	0,8468	0,5416	14,91
Potássio	4,391	4,284	4,654	3,882	4,249	0,5509	0,8396	19,69
SID (mEq/L)	38,466	40,059	37,437	36,142	41,760	0,7514	0,2822	11,58
Taxa de reabsorção de água (%)	3,078	3,104	3,135	3,477	3,514	0,2250	0,4851	18,37

CV = coeficiente de variação; Médias dos tratamentos com restrição hídrica e doses de Vitamina C acompanhadas com * são estatisticamente ($P < 0,05$) diferentes do tratamento controle pelo teste Dunnett; Efeitos lineares e quadráticos foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

5. DISCUSSÃO

Consumo e digestibilidade

O consumo de ração está diretamente associado ao consumo de água, sendo essencial que os animais tenham acesso a níveis adequados de água para garantir eficiência na digestão (Silanikove, 1992; Hadjigeorgiou et al., 2000; Berchielli et al., 2011). Sob condições de estresse, a atividade anabólica diminui, enquanto o catabolismo tecidual aumenta e ambos se combinam gerando efeitos no desempenho animal através da redução da ingestão voluntária de alimentos (Akinmoladun, 2022). Ghanem et al. (2008), ao avaliarem ovelhas suplementadas com vitamina C e submetidas ao estresse hídrico, encontraram diminuições contundentes no consumo. No presente estudo, a suplementação com vitamina C não teve impacto sobre o consumo alimentar, o que sugere que os animais não estiveram submetidos a situações de estresse capazes de interferir no hábito alimentar, mantendo sua ingestão normal.

Condições estressantes podem gerar alterações na motilidade do trato gastrointestinal, prejudicando a digestibilidade dos nutrientes (Berchielli et al., 2011). Os coeficientes de digestibilidades observados no estudo não diferiram do tratamento

controle, permitindo inferir que, apesar da ausência de água do bebedouro e presença da vitamina C na dieta, os animais não apresentaram prejuízos nos processos de digestão e, conseqüentemente, aproveitamento da dieta.

Apenas a digestibilidade da proteína bruta sofreu influência da suplementação com vitamina C, sendo observado efeito quadrático com maiores valores para o nível de suplementação de 10g. Em virtude da rápida degradação da vitamina no ambiente ruminal pelos microrganismos (Akinmoladun, 2022), a melhora na digestibilidade da proteína em níveis mais elevados de suplementação pode ser entendida por um suposto favorecimento de bactérias proteolíticas específicas, aumentando a eficiência da digestão proteica no rúmen.

Balanço de nitrogênio

No presente estudo, é possível observar que o balanço de nitrogênio, muito embora não tenha alterado com os níveis de suplementação, esteve sempre positivo e não diferiu do tratamento controle, permitindo inferir que a eficiência do metabolismo dos compostos nitrogenados não foi afetada pela inclusão da vitamina C na dieta de ovinos.

Balanço hídrico

A retirada do bebedouro influenciou significativamente a ingestão hídrica total, com todos os tratamentos apresentando diferenças em relação ao grupo de controle. Esse comportamento pode ser atribuído à disponibilidade de água *ad libitum* fornecida aos animais sem tratamento controle, o que resultou em maior ingestão hídrica total para os animais inseridos no tratamento controle. Além disso, o consumo de água via dieta foi influenciado pela restrição hídrica, havendo diminuição na ingestão hídrica através do alimento quando os animais estavam restritos do acesso ao bebedouro. A suplementação com vitamina C não exerceu influência significativa sobre os parâmetros gerais

relacionados ao balanço hídrico. Entretanto, as perdas urinárias e fecais, expressas em percentual, nos tratamentos 0 e 3,33 diferiram do controle. Tais perdas tiveram tendência linear decrescente, com redução proporcional à elevação nos níveis de suplementação, aproximando-se dos valores observados no grupo controle.

Os tratamentos 0 e 3,33 propiciaram efeitos adversos no percentual de perdas urinárias, indicando que a suplementação com níveis mais elevados de vitamina C parece ter exercido suave efeito antioxidante, possivelmente mitigando níveis um pouco mais elevados de cortisol na corrente sanguínea desses animais, o que gerou uma perda urinária proporcional ligeiramente menor nos tratamentos com doses mais altas de vitamina C.

Metabólitos sanguíneos

As concentrações de albumina são comumente utilizadas como indicadores de desidratação, sendo maiores concentrações séricas geralmente atribuídas a um quadro de desidratação em virtude da diminuição do volume total de sangue (Hamadeh et al., 2009). Alguns estudos apontam tendências opostas sobre a concentração de albumina quando os animais com restrição de água são suplementados com vitamina C (concentrações maiores ou menores em relação ao tratamento controle) (Ghanem et al., 2008; Hamadeh et al., 2009). Entretanto, no presente estudo não foi observado nenhuma alteração nos animais sem acesso ao bebedouro em relação ao grupo controle, permitindo inferir que os animais não estiveram desidratados durante o experimento.

Kour et al. (2020), ao avaliarem o efeito da suplementação com vitamina C em cabras sob restrição hídrica, observaram concentrações de ureia fora do intervalo de referência no período em que os animais estiveram mais estressados, conseguindo contornar os valores à faixa normal com a suplementação com vitamina C. As concentrações de ureia sérica e ácido úrico crescem em situações de estresse hídrico, já que a função de

transferência do rim é alterada, resultando em taxa de filtração glomerular mais lenta e maior absorção destes componentes no sangue (Silanikove, 2000; Kataria e Kataria, 2007; Kour et al., 2020). Contudo, apesar da oscilação entre os níveis de ácido úrico, tais concentrações permaneceram dentro do intervalo de referência proposto por González e Silva (2022), corroborando com o supracitado, de que não houve um quadro de desidratação induzido pelo período de restrição da água via bebedouro.

A suplementação com vitamina C e a restrição do bebedouro influenciaram os níveis de atividade da enzima gama glutamil transferase (GGT). A GGT é específica para função hepática, além de ser encontrada também nos rins, e muito eficiente em ruminantes (González e Silva, 2017). Os autores relataram que sua atividade pode indicar fluxo de bile reduzido e, em casos mais graves, início de falência do tecido hepático. Além disso, a peroxidação lipídica das membranas hepáticas pode induzir a liberação de GGT na circulação dos animais, favorecendo o aumento desta enzima no sangue (González e Silva, 2017). Os níveis de GGT do estudo estiveram acima do proposto (52 u/L) por González e Silva (2022) no tratamento 3,33g, indicando ligeiro comprometimento do tecido hepático nos animais desse tratamento.

Atrelado a isso, a restrição da água livre influenciou os níveis de lactato, já que todos os tratamentos diferiram do tratamento controle. Contudo, os valores estiveram dentro dos valores de referência propostos por González e Silva (2022), evidenciando que não houve alteração no equilíbrio homeostático. Quanto ao perfil energético, houve comportamento quadrático para os níveis de glicose, entretanto, os valores encontrados nessa variável não diferiram do tratamento controle e permaneceram dentro do intervalo de referência proposto por González e Silva (2022). Em ruminantes suplementados com vitamina C, não foram relatadas alterações nos metabólitos sanguíneos relacionados à

energia, como glicose (Pogge e Hansen, 2013; Matsuda e Takahashi, 2014), corroborando com os dados encontrados no presente estudo.

Os níveis de colesterol encontrados estiveram abaixo do intervalo de referência proposto por González e Silva (2022) em todos os tratamentos (52 – 76 mg/dL). Esse comportamento pode ser reflexo da dieta com nível baixo de extrato etéreo (González e Silva, 2017), refletindo em menores valores de colesterol no sangue desses animais. Além disso, Akinmoladun (2022) relataram, ainda, efeito hipocolesterolêmico na vitamina C em animais restritos de água e suplementados com a vitamina. O comportamento dos níveis de LDL idêntico ao do colesterol observado pode ser explicado pela hidrofobia do colesterol em água (consequentemente em sangue), permitindo a circulação pela corrente sanguínea ligado a lipoproteínas, principalmente pela LDL (Mangueira, 2008; González e Silva, 2017).

É válido ressaltar que, muito embora tenha havido essa oscilação dos valores semelhante nas variáveis supracitadas (ácido úrico, glicose, colesterol e LDL), todos os valores permaneceram dentro da faixa ideal proposta pelos autores e não diferiram do tratamento controle. Com isso, é possível inferir que a suplementação com vitamina C e a restrição do bebedouro não causaram respostas que indicassem qualquer alteração metabólica pertinente, já que todos os valores se mantiveram dentro dos intervalos de referência. Hashem et al. (2016) também não observaram mudanças significativas nos índices bioquímicos do sangue de ovelhas em situações de estresse quando avaliaram efeito da suplementação oral de vitamina C.

Em situações de restrição hídrica em animais, ocorre hemoconcentração devido à redução do volume plasmático, resultando em um sangue mais concentrado e no aumento da concentração dos metabólitos circulantes (Akinmoladun, 2022). Entretanto, quando os parâmetros bioquímicos foram avaliados em função do tempo de coleta, observou-se que

o comportamento inverso ocorreu, sendo os menores valores encontrados dos metabólitos no período de restrição do acesso ao bebedouro. Contudo, todos os valores encontrados estiveram dentro do intervalo de referência proposto por González e Silva (2022), indicando que a retirada do bebedouro não foi capaz de influenciar os metabólitos sanguíneos dos animais, nem gerar um quadro de desidratação.

Metabólitos urinários

A suplementação com vitamina C influenciou a excreção de fósforo e cálcio na urina. Observou-se que, com o aumento da dosagem de vitamina C, as excreções de fósforo aumentaram e, em contrapartida, houve diminuição da excreção de cálcio. Com o aumento na dose de vitamina C, é possível que tenha havido um aumento proporcional na quantidade de ânions circulantes na corrente sanguínea. Dessa forma, o organismo do animal precisou lançar mão de mecanismos que auxiliassem o reestabelecimento do equilíbrio iônico, excretando moléculas com carga negativa na tentativa de neutralizar o sangue através do sistema tampão fosfato (González e Silva, 2017).

O fósforo é excretado pelo organismo como fosfato (HPO_4^{2-} ou H_2PO_4^-), que é uma molécula negativa, e essa excreção pode ser uma tentativa do corpo de compensar o aumento da carga negativa proveniente da vitamina C. Neste sentido, é possível observar um aumento na excreção do fósforo nos tratamentos 3,33 e 6,67, reforçando o que foi dito anteriormente. O efeito observado na excreção do cálcio é descrito por González e Silva (2017), quando relatam que as concentrações deste mineral tendem a realizar o caminho inverso do fósforo, a fim de manter a relação Ca:P ótima. Além disso, o corpo do animal pode ter reabsorvido mais cálcio nesses tratamentos na tentativa de auxiliar o tamponamento do sangue. À medida que a dose de vitamina C aumentou, como no tratamento com 10g, o efeito sobre a excreção urinária do fósforo foi minimizado. Este

resultado indica um possível ajuste metabólico promovendo a modificação na forma da vitamina C, havendo a oxidação de ascorbato em ácido deidroascórbico (forma não ionizada) na tentativa de reduzir a quantidade de ânions presentes na corrente sanguínea (Haiying et al., 2003; González e Silva, 2017; Akinmoladun, 2022).

A produção de creatinina no organismo animal é constante e reflete a taxa de filtração glomerular (González e Silva, 2017). Com isso, o aumento da concentração de creatinina nos tratamentos 3,33 e 6,67 podem ser reflexo do ajuste metabólico realizado pelos animais a fim de restaurar o equilíbrio metabólico. Ademais, a taxa de excreção fracional do fósforo também sofreu efeito da suplementação com vitamina C, aumentando nos mesmos tratamentos. Tal efeito pode estar relacionado também ao mecanismo realizado pelo animal para reestabelecer sua homeostase mineral.

6. CONCLUSÃO

A inclusão de vitamina C com restrição hídrica não interfere na condição de estresse em ovelhas alimentadas com palma forrageira. Em virtude do emprego de mão de obra e custos, não é recomendado o uso de suplementação com vitamina C em ovelhas sob condições de estresse hídrico.

7. REFERÊNCIAS

- ALAMER, M.; AL-HOZAB, A. Effect of water deprivation and season on feed intake, body weight and thermoregulation in Awassi and Najdi sheep in Saudi Arabia. **Journal of Arid Environments**, v. 59, n. 1, p. 71-84, 2004.
- AKINMOLADUN, O. F. et al. Small ruminants: farmers' hope in a world threatened by water scarcity. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 456, 2019.
- AKINMOLADUN, O. F. Stress-alleviating potential of vitamin C in ruminants: a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 1, p. 24-34, 2022.
- AKINMOLADUN, F. et al. Performance, heat tolerance response and blood metabolites of water-restricted Xhosa goats supplemented with vitamin C. **Translational Animal Science**, v. 4, n. 2, p. 1113-1127, 2020.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC**, 15th Ed. Arlington, Va, USA, 2000.
- ARAÚJO, G. G. L. et al. Produção de água e pequenos ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 326-336, 2010.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2011.
- BERNABUCCI, U. et al. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during the warm season. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 9, p. 2173-2179, 2002.
- BIOBAKU, K. T. et al. Ascorbic acid supplementation improves meat quality characteristics in Sahelian goats exposed to long-distance road transport. **Alexandria Journal of Veterinary Sciences**, v. 51, n. 1, 2016.
- BRIKAS, P. The role of GABA receptors in the control of omasal myoelectric activity in sheep. **Research in Veterinary Science**, v. 56, n. 1, p. 69-74, 1994.

- BRODY, S. Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex in domestic animals. **Hafner Press**, 1964.
- CARR, A. C.; MAGGINI, S. Vitamin C and immune function. **Nutrients**, v. 9, n. 11, p. 1211, 2017.
- CAVALCANTI, C. V. A. et al. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capim-tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 689-693, 2008.
- CHAMBIAL, S. et al. Vitamin C in disease prevention and cure: An Overview. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, v. 28, p. 314-328, 2013.
- CHEIDID, M. et al. Water stress in sheep raised in arid conditions. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 243-257, 2014.
- COMBS JR, G. F.; MCCLUNG, J. P. Vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. **Academic Press**, 2016.
- CORK, S. C.; HALLIWELL, R. The Veterinary Laboratory and Field. **Manual 3ª edição**, 5m Books Ltd, 2019.
- DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos. **Visconde Do Rio Branco: Suprema**, v.1, 214 p; 2012.
- 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, p. 980-984, 2010.
- DUKES, H. H.; SWENSON, M. J. Fisiologia dos animais domésticos, **7 Guanabara Koogan**. Rio de Janeiro, 2017.
- FERREIRA, M. A. et al. O uso da palma forrageira para vacas leiteiras em regiões

semiáridas do Brasil. **Agricultura Orgânica e Produção de Alimentos**, p. 169-189, 2012.

GHANEM, A. M. et al. Physiological and chemical responses in water-deprived Awassi sheep treated with vitamin C. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 3, p. 141-149, 2008.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. **Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 3ª ed, 2017.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. **Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 4ª ed, 2022.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. **Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: LACVet, c. 3, p. 30 - 45**, 2018.

GRÜNBERG, W. Treatment of phosphorus balance disorders. **Clínicas Veterinárias: Food Animal Practice**, v. 30, n. 2, p. 383 - 408, 2014.

HADJIGEORGIOU, I. et al. The effect of water availability on feed intake and digestion in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 37, n. 1-2, p. 147-150, 2000.

HAIYING, L. et al. Determination of plasma vitamin C concentration in fattening cattle. **Animal Science Journal**, v. 74, n. 1, p. 7-10, 2003.

HAMADEH, S. K. et al. Changes in physiological and blood parameters in water-restricted Awassi sheep supplemented with different levels of vitamin C. In: **European Federation for Animal Science EAAP, 60th Annual Meeting, Barcelona**. 2009. p. 26.

HAMADEH, SK et al. Physiological responses to water restriction in dry and lactating

- Awassi ewes. **Livestock Science**, v. 101, n. 1-3, p. 101-109, 2006.
- HASHEM, N. M. et al. Effect of vitamin A or C on physiological and reproductive response of Rahmani ewes during subtropical summer breeding season. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 313-319, 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ovinos (ovelhas e carneiros) - Tamanho do rebanho. **Rio de Janeiro: IBGE**, 2022.
- IGBOKWE, I. O. Hemoconcentration in Yankasa sheep exposed to prolonged water deprivation. **Small Ruminant Research**, v. 12, n. 1, p. 99-105, 1993.
- JABER, L. S. et al. The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 54, n. 1-2, p. 115-120, 2004.
- KANDEMIR, C., KOSUM, N., TASKIN, T. The effects of heat stress on physiological characteristics in sheep. **Macedonian Journal of Animal Science**, v. 3, p. 25–29, 2013.
- KARL, J. P. et al. Effects of psychological, environmental and physical stressors on the intestinal microbiota. **Frontiers in microbiology**, v. 9, 2018.
- KATARIA, A. K.; NALINI KATARIA, N. K.; GAHLOT, A. K. Large scale outbreaks of peste des petits ruminants in sheep and goats in Thar desert of India. 2007.
- KIM, J. H. et al. Hemato-biochemical and cortisol profile of growing Holstein calves supplemented with vitamin C during summer. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 25, n. 3, p. 361, 2012.
- KOUR, S. et al. Effect of vitamin C on some biochemical profiles in water-deprived goats. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 9, n. 10, p. 524-537, 2020.
- KUMAR, B.; MANUJA, A.; AICH, P. Stress and its impact on farm animals. **Frontiers**

in **Bioscience-Elite**, v. 4, n. 5, p. 1759-1767, 2012.

LI, B. T.; CHRISTOPHERSON, R. J.; COSGROVE, S. J. Effect of water restriction and environmental temperatures on metabolic rate and physiological parameters in sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, n. 1, p. 97-104, 2000.

LI, Y.; SCHELLHORN, H. E. New developments and new therapeutic perspectives for vitamin C. **The Journal of nutrition**, v. 137, n. 10, p. 2171-2184, 2007.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

MANGUEIRA, J. M. et al. Perfil metabólico de ovinos Santa Inês submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* Wild.) e Faveleira (*Cnidioscolus phyllacanthus* Pax e K. Hoffm.) no Semiárido Paraibano. 2008.

MARINI, J. C. et al. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p. 1157-1164, 2004.

MATSUDA, K.; TAKAHASHI, C. Effect of vitamin C supplementation on blood components and carcass quality in Japanese black cattle during the late fattening period. **Journal of Clinical Medicine of Industrial Animals**, v. 5, n. 1, p. 9-14, 2014.

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.

- MINKA, N. S.; AYO, J. O. Physiological responses of food animals to road transportation stress. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 40, p. 6601-6613, 2010.
- MINKA, N. S. et al. Assessment and scoring of stresses imposed on goats during handling, loading, road transportation and unloading, and the effect of pretreatment with ascorbic acid. **Livestock Science**, v. 125, n. 2-3, p. 275-282, 2009.
- MINSON, D. J. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. **World Animal Science (Países Baixos)**, 1981.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. **National Academy Press**, 2007.
- NWE, T. M. et al. Significance of catecholamines and cortisol levels in blood during transportation stress in goats. **Small Ruminant Research**, v. 20, n. 2, p. 129-135, 1996.
- OLSSON, K.; CVEK, K.; HYDBRING, E. Preference for drinking warm water during heat stress affects milk production in food-deprived goats. **Small Ruminant Research**, v. 25, n. 1, p. 69-75, 1997.
- POGGE, DJ; HANSEN, SL Vitamina C suplementar melhora o marmoreio em gado de confinamento que consome dietas ricas em enxofre. **Journal of Animal Science** , v. 91, n. 9, p. 4303-4314, 2013.
- POPKIN, B. M.; D'ANCI, K. E.; ROSENBERG, I. H. Water, hydration, and health. **Nutrition reviews**, v. 68, n. 8, p. 439-458, 2010.
- POSSENTI, C. G. R. et al. Avaliação de estresse oxidativo no plasma de bovinos leiteiros com mastite. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018.
- RANJAN, R. et al. L-Ascorbic acid (vitamin C) supplementation to optimize health and

reproduction in cattle. **Veterinary Quarterly**, v. 32, n. 3-4, p. 145-150, 2012.

REECE, W. O. Função renal nos mamíferos. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. Dukes, fisiologia dos animais domésticos. 12.ed. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, p. 67-96, 2006.

ROSSA, F. (2024). Palma forrageira em dietas para vacas leiteiras confinadas, Itapetinga, BA: UESB, p. 63, 2024.

SEIF, H. A.; MOHRI, M.; DELARAMY, M.; HARATI, M. Effect of short-term excessive ascorbic acid supplementation on hematology, serum biochemistry and growth performance of neonatal dairy calves. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 48, n. 2, 2010.

SENGER, C. C. D. 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.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 3, p. 175-194, 1992.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1-2, p. 1-18, 2000.

SILANIKOVE, N. The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals suffering from severe dehydration and rapid rehydration: the story of ruminants. **Experimental Physiology: Translation and Integration**, v. 79, n. 3, p. 281 - 300, 1994.

- SIVAKUMAR, A. V. N.; SINGH, G.; VARSHNEY, V. P. Antioxidants supplementation on acid base balance during heat stress in goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 11, p. 1462-1468, 2010.
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 2, p. 175-194, 2005.
- TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, v. 72, n. 2-3, p. 157-164, 2007.
- URBAN-CHMIEL, R. et al. The influence of different doses of α -tocopherol and ascorbic acid on selected oxidative stress parameters in in vitro culture of leukocytes isolated from transported calves. **Livestock Science**, v. 124, n. 1-3, p. 89-92, 2009.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 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.
- VIEIRA, E. L. et al. Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 141, n. 3-4, p. 199-208, 2008.
- WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell nutrition conference for feed manufacturers**. 1999. p. 176-185.