

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HISTOLÓGICAS EM CAPRINOS E
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA
FORRAGEIRA**

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

**RECIFE – PE
DEZEMBRO – 2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HISTOLÓGICAS EM CAPRINOS E
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA
FORRAGEIRA**

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

Zootecnista

**RECIFE – PE
DEZEMBRO – 2020**

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

**ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HISTOLÓGICAS EM CAPRINOS E
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA
FORRAGEIRA**

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

Área de Concentração: Zootecnia

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista – Orientadora

Profa. Dra. Adriana Guim – Co-orientadora

Prof. Dr. Valdemiro Amaro da Silva Júnior – Co-orientador

**RECIFE – PE
DEZEMBRO – 2020**

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)

- S586a Silva, Tomás Guilherme Pereira da
Alterações metabólicas e histológicas em caprinos e ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira / Tomás
Guilherme Pereira da Silva. - 2020.
152 f. : il.
- Orientadora: Angela Maria Vieira Batista.
Coorientadora: Adriana Guim.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,
2021.
1. bioquímica sanguínea. 2. cactácea. 3. fatores antinutricionais. 4. função renal. 5. histopatologia. I. Batista, Angela
Maria Vieira, orient. II. Guim, Adriana, coorient. III. Título

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

**ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HISTOLÓGICAS EM CAPRINOS E
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA
FORRAGEIRA**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 16 de dezembro de 2020.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Presidente

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Prof. Dr. Francisco de Assis Leite Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

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

**RECIFE – PE
DEZEMBRO – 2020**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA, filho de José Guilherme da Silva e Marilene Pereira do Nascimento, natural de São Lourenço da Mata, Pernambuco, nasceu no dia 05 de dezembro de 1991. Em 2008 iniciou sua formação profissional no Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI/UFRPE), tornando-se Técnico em Agropecuária com ênfase em Agricultura e Zootecnia, em 2011. No mês de agosto de 2010 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), atuando durante o período do curso como estagiário do Setor de Caprinos e Ovinos (DZ/UFRPE), bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu) e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UFRPE), voltando suas atividades para as áreas de produção e nutrição de ruminantes. Em agosto de 2012 ingressou no Curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas, nesta mesma instituição. Em julho de 2015 concluiu os cursos de Bacharelado em Zootecnia e Licenciatura em Ciências Agrícolas, ambos pela UFRPE. Iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) da UFRPE em agosto de 2015, concentrando seus estudos na área de Nutrição Animal, tornando-se Mestre em fevereiro de 2017. Neste mesmo ano ingressou no Doutorado pelo mesmo programa e instituição, voltando suas pesquisas para a área de Nutrição Animal, defendendo tese em dezembro de 2020.

"Faça o seu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores para fazer melhor ainda."

Mario Sergio Cortella

Aos meus pais, **José Guilherme da Silva e Marilene Pereira do Nascimento**, pelo amor incondicional e por fazerem dos meus sonhos, seus sonhos.

Aos meus sobrinhos **Pedro Lucas, Hiago Guilherme e Maria Luiza**, por todo amor a mim direcionado e por me encherem de fôlego quando o ar ameaça faltar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Esse momento é o somatório das pessoas que passaram por minha vida. Logo, não se trata apenas de mérito, mas é sobre o meu lugar de partida.

Agradeço primeiramente a Deus, por sua presença constante em minha vida, sempre me guiando pelos melhores caminhos.

Aos meus pais, José Guilherme e Marilene Pereira, que nunca mediram esforços para que eu seguisse adiante em meus projetos, além de toda paciência e apoio irrestritos.

Ao meu irmão Helder Santana, pelo incentivo de sempre. Obrigado a vocês por todo AMOR!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que me acolheu como verdadeiro membro da família, desde os anos do CODAI, sendo um alicerce importante em minha vida profissional e em minhas realizações pessoais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado, ao qual agradeço em nome do Prof. Dr. Francisco Carvalho, coordenador e figura humana singular.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos - Código de Financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto.

À minha estimada orientadora, Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista, exemplo de pesquisadora competente e mulher forte. Grato pela orientação, pela confiança, pela compreensão e pelos valiosos conselhos, dos quais lembrarei durante toda a minha vida. Que honra!

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Adriana Guim, por ser meu leme, pela confiança, pelo incentivo, pelo carinho e por sempre me receber com um sorriso em sua sala. Meu carinho por você é incondicional.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Valdemiro Amaro da Silva Júnior, pelas relevantes contribuições e por todos os conhecimentos compartilhados.

Aos professores do DMFA/UFRPE, Prof. Dr. Francisco Leite e Prof. Dr. Joaquim Evêncio, pelas contribuições ao presente trabalho e pela disponibilização do

Laboratório de Histologia Animal, respectivamente.

Ao Prof. Pierre Soares (DMV/UFRPE) pela disponibilização do Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas, situado no Centro de Pesquisa em Caprinos e Ovinos (DMV/UFRPE), para a realização de análises bioquímicas, pela confiança e por todas as oportunidades.

Aos colegas Levi Auto Lopes, Joana Albino Munhame, Daurivane Sousa e Suellen Costa, pela parceria quanto aos experimentos de campo. Foram dias difíceis, porém de muito aprendizado. Muito obrigado por tudo e por tanto!

A Maria Edna Gomes de Barros, Zootecnista e Técnica do Laboratório de Histologia Animal do DMFA/UFRPE, por toda ajuda, paciência, disponibilidade e amizade. Mais que uma profissional de excelência, você representa a bondade personificada. Obrigado, minha amiga!

À Zootecnista Maria Presciliana de Brito Ferreira (Priscila), minha primeira orientadora e “mãe” na Zootecnia, por ser um exemplo de profissional e ser humano, a quem só tenho a agradecer por me mostrar que menos é mais.

Aos professores da UFRPE, pelos ensinamentos e dedicação, em especial a Francisco Carvalho, Antonia Sherlânea, João Monnerat, Pierre Soares, Ricardo Pessoa, Maria do Carmo Ludke, Alexandre Mello, Mércia Santos, Helena Emília, Maria Norma, Guilherme Moreira, Tayara Lima, Luciana Felizardo e Andreia Souza.

Esse momento é a soma dos meus amigos e colegas (acadêmicos ou não), que me encorajaram a continuar e que, em diversas ocasiões, confiaram mais em mim do que eu mesmo. Emprestaram-me ombros, deram-me conselhos e indicaram-me caminhos: Edwilka Cavalcante, Jasiel Moraes, João Vitor, Gaby Melo, Levi Lopes, Joana Munhame, Thays Lira, Marina Almeida, Michelle Siqueira, Tuanny Araújo, Bueno Abreu, Rayanne Souza, Rodrigo Barbosa, Carol Cerqueira, Camilla Gomes, Ana Carolina, Manoel Sousa, Julyana Sena, Núbia Epifânio, Thaíse Peixoto, Robert Luna, Thalita Polyana, Juliane Viapiana, Marilene Maciel, Luiz Wilker, Michel Maciel, Juliana Ferreira, Sharlane Oliveira, Eduardo Henrique, Salmo Olegário, Agni Martins, Aurielle Medeiros, Erick Magalhães, Maria Gabriela, Nara Núbia, Roberta Freitas, Lucas Cirilo, Karen Abreu, Francisco Almeida, Cledir Lima, Priscila Pereira, Deise Lima e Jefferson Bernardo.

A todos os integrantes dos grupos em redes sociais: ‘CdaF’, ‘Ofensivos’ e

‘Bolsistas CAPES’, por toda troca de conhecimentos, experiências e aflições que permeiam a pós-graduação brasileira.

Aos membros dos grupos de estudo ‘GENAPRU’ e ‘GERPA’, coordenados pelas professoras Adriana Guim e Andreia Souza, respectivamente, pelas oportunidades e troca de conhecimentos.

Ao meu grande amigo e ex-professor de inglês, Alexandre Lippi, pela contribuição com a revisão ortográfica e tradução, bem como pelo carinho e amizade de todas as horas.

Ao Dr. Daniel Barros Cardoso (PNPD/UFAPE), a Dra. Janaína Arandas (PNPD/UFRPE) e à Profa. Dra. Janaína Lima (UFOB), seres humanos iluminados e grandes profissionais. Obrigado por todo apoio e pelas constantes considerações.

Aos alunos de graduação: Aildson Nascimento, Andreza Guedes, Amanda Castro, Eduardo Henrique, Francisco Neto e Letícia Aline, pelas inúmeras vezes que me ajudaram nas mais diversas atividades laboratoriais. Gratidão, amig@s!

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal (DZ/UFRPE) e hoje meus amigos, Carlos Henrique e Vanessa Fitipaldi, pela amizade, paciência e ajuda na realização das análises químicas.

A Rebeka Menezes (MSc. em Ciências Veterinárias) e ao Dr. Cleyton Carvalho (Técnico de Laboratório), por todo auxílio com as análises bioquímicas de sangue e urina.

A Patrícia Souza, química lotada no CENAPESQ/UFRPE, pela ajuda com a digestão das amostras para análises de composição mineral.

À Profa. Dra. Ana Paula Paim, do Departamento de Química Analítica (DQF) da UFPE e às técnicas da Central Analítica (DQF/UFPE), Ihasmyn Nunes e Natália Sant’ana, pelo auxílio nas análises de minerais. Obrigado pela paciência e eficiência.

À Profa. Dra. Patrícia Paiva e ao Prof. Dr. Thiago Napoleão, do Departamento de Bioquímica da UFPE, bem como ao Prof. Dr. Luiz Alberto Soares, à Dra. Magda Ferreira e à MSc. Liliane Lima, do Departamento de Ciências Farmacêuticas da UFPE, por possibilitarem a realização das análises dos compostos bioativos nas amostras de palma forrageira.

A Cynthia Alves Marino, secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por toda paciência e solicitude imediata.

Aos funcionários do DZ/UFRPE, pelos serviços prestados e pela atenção recebida, dentre os quais destaco Lúcia dos Anjos (Lucinha), Rosi, Sr. Pedro, Lili e Kamila, além de Cristina, pessoa que contribui significativamente com a organização do DZ/UFRPE e é um exemplo de alegria.

A Dona Lika, funcionária da “Xerox” do DZ/UFRPE, por sempre me tratar com tanto carinho e por ser um exemplo de perseverança. A senhora é luz. Obrigado por ser nossa mãe em diversos momentos.

Aos professores Ariosvaldo Medeiros, Francisco Leite, João Monnerat e Pierre Soares, pelas contribuições no exame de qualificação.

Aos professores Ariosvaldo Medeiros, Dorgival Júnior, Francisco Leite e Francisco Carvalho, pelas contribuições na defesa da tese.

Aos meus colegas docentes e aos alunos do curso de Medicina Veterinária da UNINASSAU, pelo apoio, paciência, oportunidades e por me ensinarem diariamente.

A Lula e Dilma, ex-presidentes da república, que, através de inúmeras políticas públicas, oportunizaram a realização de sonhos a cidadãos como eu. Obrigado por se preocuparem com os menos favorecidos. A luta continua!

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a conclusão de mais esta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE QUADROS.....	xvi
LISTA DE TABELAS.....	xvii
RESUMO GERAL.....	xx
ABSTRACT.....	xxii
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	24
Capítulo 1 - Referencial Teórico: Implicações nutricionais, metabólicas e histológicas da utilização de palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes.....	26
1.1. Composição bromatológica da palma forrageira.....	27
1.2. Concentração de macrominerais na palma forrageira.....	32
1.3. Fatores antinutricionais na palma forrageira.....	33
1.4. Consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes por caprinos e ovinos alimentados com dietas à base de palma forrageira.....	37
1.5. Efeitos da palma forrageira sobre a fermentação ruminal.....	39
1.6. Bioquímica sanguínea de caprinos e ovinos alimentados com palma forrageira.....	41
1.7. Parâmetros histopatológicos e histomorfométricos do epitélio estomacal e intestinal de pequenos ruminantes recebendo palma forrageira.....	45
1.8. Influência da palma forrageira sobre aspectos histológicos do fígado.....	48
1.9. Diurese e condição renal de ovinos alimentados com palma forrageira.....	49
Referências bibliográficas.....	53
Capítulo 2 - Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos.....	65
Resumo.....	66
Abstract.....	67
Introdução.....	68
Material e Métodos.....	69
Resultados.....	76
Discussão.....	82
Conclusões.....	85
Referências Bibliográficas.....	85
Capítulo 3 - Parâmetros metabólicos e renais de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (<i>Dactylopius opuntiae</i>).....	89
Resumo.....	90

Abstract.....	91
Introdução.....	92
Material e Métodos.....	93
Resultados.....	99
Discussão.....	109
Conclusões.....	117
Referências Bibliográficas.....	117
Capítulo 4 - Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (<i>Dactylopius opuntiae</i>).....	123
Resumo.....	124
Abstract.....	125
Introdução.....	126
Material e Métodos.....	127
Resultados.....	133
Discussão.....	142
Conclusões.....	146
Referências Bibliográficas.....	146
CONSIDERAÇÕES FINIAIS E IMPLICAÇÕES.....	152

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 - Referencial Teórico: Implicações nutricionais, metabólicas e histológicas da utilização de palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes

	Página
Figura 1. Valores de pH no líquido ruminal de caprinos, em função dos tempos de coleta.....	39
Figura 2. Valores de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal de caprinos, em função dos tempos de coleta.....	40
Figura 3. Fotomicrografias do epitélio ruminal de ovinos.....	46

Capítulo 2 - Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos

	Página
Figura 1. Ingestão de magnésio (mg/dia) via água por ovinos alimentados com palma forrageira.....	81
Figura 2. Ingestão total de água e matéria seca fecal de ovinos alimentados com palma forrageira.....	81

Capítulo 4 - Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

	Página
Figura 1. Fotomicrografias do fígado de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	139
Figura 2. Peso corporal inicial e final de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	141

LISTA DE QUADROS

Capítulo 2 - Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos

	Página
Quadro 1. Escore de lesão para avaliação histopatológica do intestino grosso de ovinos de acordo com o grau de intensidade e distribuição.....	74

Capítulo 4 - Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

	Página
Quadro 1. Escore de lesão para avaliação histopatológica do fígado de caprinos de acordo com o grau de intensidade e distribuição.....	132

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - Referencial Teórico: Implicações nutricionais, metabólicas e histológicas da utilização de palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes

	Página
Tabela 1. Composição química de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim cultivados no Nordeste brasileiro.....	28
Tabela 2. Composição de macrominerais na palma forrageira.....	32
Tabela 3. Fatores antinutricionais em genótipos de palma forrageira cultivados no Brasil.....	34
Tabela 4. Concentração sanguínea de glicose, ureia e atividade da enzima fosfatase alcalina em pequenos ruminantes submetidos a dietas contendo palma forrageira.....	43
Tabela 5. Lesões histopatológicas do parênquima hepático de ovinos alimentados com palma forrageira.....	48
Tabela 6. Produção de urina por caprinos e ovinos alimentados com palma forrageira.....	51
Tabela 7. Alterações histopatológicas observadas nos rins de ovinos submetidos a dietas com feno de Tifton, parte aérea da mandioca e palma forrageira.....	53

Capítulo 2 - Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos

	Página
Tabela 1. Composição bromatológica de ingredientes de dietas para ovinos (g/kg de MS).....	71
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais.....	72
Tabela 3. Consumo de matéria seca e seus componentes, desempenho, ingestão de água e teor sérico de magnésio em ovinos alimentados com palma forrageira.....	76
Tabela 4. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas no ceco de ovinos alimentados com palma forrageira.....	77
Tabela 5. Medianas da distribuição e intensidade de alterações histopatológicas no ceco de ovinos alimentados com palma forrageira.....	78

Tabela 6. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas no cólon de ovinos alimentados com palma forrageira.....	79
---	----

Tabela 7. Medianas da distribuição e intensidade de alterações histopatológicas no cólon de ovinos alimentados com palma forrageira.....	80
---	----

Capítulo 3 - Parâmetros metabólicos e renais de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg de MS).....	94
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.....	95
Tabela 3. Consumo de matéria seca e seus componentes, de oxalatos e balanço hídrico de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.....	100
Tabela 4. Bioquímica sanguínea de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.....	102
Tabela 5. Perfil enzimático e concentração sérica de bilirrubinas de ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.....	103
Tabela 6. Indicadores do metabolismo energético e proteico de ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.....	105
Tabela 7. Minerais séricos em ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.....	107
Tabela 8. Parâmetros urinários de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.....	108

Capítulo 4 - Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg de MS).....	128
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.....	129

Tabela 3. Bioquímica sanguínea de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	134
Tabela 4. Perfil enzimático e concentração sérica de bilirrubinas de caprinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.....	135
Tabela 5. Indicadores do metabolismo energético e proteico de caprinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.....	136
Tabela 6. Parâmetros produtivos de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	137
Tabela 7. Frequência relativa (%) e absoluta de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	138
Tabela 8. Medianas da distribuição de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	140
Tabela 9. Medianas da intensidade de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.....	141

**ALTERAÇÕES METABÓLICAS E HISTOLÓGICAS EM CAPRINOS E
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA
FORRAGEIRA**

RESUMO GERAL

A palma forrageira configura um relevante recurso alimentar para zonas secas do mundo. No entanto, ainda há carência de maiores elucidações quanto ao impacto do uso dessa cactácea no organismo de pequenos ruminantes. Assim, objetivando-se investigar o efeito de dietas contendo diferentes variedades de palma forrageira sobre a morfologia tecidual do intestino grosso, a bioquímica sanguínea e parâmetros urinários de ovinos, assim como a condição hepática de caprinos, foram conduzidos três experimentos, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. No experimento I, foram utilizados quarenta ovinos, mestiços Santa Inês, machos, não castrados, com peso corporal médio de $21,0 \pm 2,0$ kg, os quais foram abatidos após 93 dias de confinamento. Substituiu-se parte do feno de capim elefante e todo o milho por palma forrageira Miúda, IPA-Sertânia ou Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.). O intestino grosso dos ovinos alimentados com palma forrageira, independente da variedade, apresentou predomínio de infiltrados inflamatórios, sendo esse um achado histopatológico observado no ceco de 100% dos animais que receberam as dietas contendo palma Miúda e O.E.M., bem como constatado no cólon de 71,43% dos ovinos. A inflamação no ceco causada pelas palmas Miúda e O.E.M. foi considerada acentuada ($P=0,009$). Observou-se menor consumo voluntário de água pelos animais submetidos às dietas com palma forrageira ($P<0,001$), com diminuição de até 69,42% entre as dietas com palma O.E.M. e a dieta controle, assim como maiores teores de água nas fezes ($P<0,001$). A palma forrageira causa lesões histopatológicas no ceco e no cólon de ovinos, sem prejuízos ao desempenho. No experimento II, o feno de capim Tifton-85 foi parcialmente substituído por palma forrageira Miúda ou O.E.M. Foram utilizados trinta e seis ovinos da raça Santa Inês, machos, não castrados, com cerca de seis meses de idade. As dietas contendo palma forrageira Miúda e O.E.M. causaram redução de 68,35 e 77,03% na ingestão voluntária de água, respectivamente. A palma Miúda provocou aumento na atividade sérica da enzima gama glutamiltransferase (53,66 U/L) e no conteúdo sanguíneo de glicose e frutamina, bem como provocou alcalinização

urinária (pH=8,14) e redução no índice de excreção urinária (IEU) e na taxa de excreção fracional (TEF) do cálcio total (Ca_t). O genótipo O.E.M. propiciou menor teor sérico de colesterol (41,33 mg/dL). Independente do genótipo houve decréscimo no teor sérico de bilirrubina indireta, ureia e sódio (Na), elevação na concentração de magnésio sérico (Mg) e urinário, além de redução nas concentrações urinárias de ureia, creatinina, proteínas totais, Ca_t , fósforo (P), IEU da ureia e do P, bem como na TEF do P. O teor urinário de Mg e o IEU do ácido úrico e do Mg aumentaram e a TEF do P diminuiu com a participação das palmas nas dietas. A palma forrageira modifica parâmetros sanguíneos e urinários, aumenta o aporte hídrico e a diurese de ovinos, sem comprometer o funcionamento renal. No experimento III, utilizou-se trinta e seis caprinos, sem padrão racial definido, machos, castrados, com média de um ano de idade, os quais foram abatidos após 100 dias de confinamento. Substituiu-se parte do feno de capim Tifton-85 por palma forrageira Miúda ou O.E.M. O uso de palma forrageira, independente do genótipo, reduziu a concentração sérica de colesterol ($P=0,002$), cujas médias foram de 73,24; 51,55 e 56,93 mg/dL, para os tratamentos controle, com palma Miúda e com palma O.E.M., respectivamente. Os animais que consumiram palma forrageira apresentaram predomínio de processos degenerativos e inflamatórios e a dieta com palma O.E.M. provocou difusa e acentuada necrose de coagulação no tecido hepático ($P=0,033$). Independente do genótipo, a palma forrageira causa diminuição no teor de colesterol sérico e, sobretudo o genótipo O.E.M., ocasiona lesões teciduais marcantes no fígado de caprinos, sem afetar parâmetros produtivos. Conclui-se que a utilização de dietas contendo palma forrageira, em especial as variedades Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, altera parâmetros metabólicos e histológicos de pequenos ruminantes, sem comprometer variáveis produtivas.

Palavras-chave: bioquímica sanguínea, cactácea, fatores antinutricionais, função renal, histopatologia

METABOLIC AND HISTOLOGICAL CHANGES IN GOATS AND SHEEP FED WITH DIETS CONTAINING CACTUS CLADODES

ABSTRACT

The cactus cladodes are a relevant food resource for dry areas of the world. However, there is still a lack of further clarifications regarding the impact of the use of this cactus on the organism of small ruminants. Thus, aiming to investigate the effects of diets containing different varieties of cactus cladodes on the tissue morphology of the large intestine, blood biochemistry and urinary parameters of sheep, as well as the liver condition of goats, three experiments were carried out in the Animal Science Department of the Federal Rural University of Pernambuco. In experiment I, forty male, noncastrated, crossbred Santa Inês lambs were used, averaging 21.0 ± 2.0 kg body weight, which were slaughtered after 93 days of feedlot. Part of the elephantgrass hay and all the corn was replaced by Miúda cactus cladodes, IPA-Sertânia cactus cladodes or Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) cactus cladodes. The large intestine of sheep fed with cactus cladodes, regardless of variety, showed a predominance of inflammatory infiltrates, this being a histopathological finding observed in the cecum of 100% of animals that received diets containing Miúda and O.E.M. cactus cladodes, as well as found in the colon of 71.43% of sheep. The inflammation in the cecum caused by Miúda and O.E.M. cactus cladodes was considered accentuated ($P=0.009$). Less voluntary water intake was observed for animals submitted to diets with cactus cladodes ($P<0.001$), with a decrease of up to 69.42% among diets with O.E.M. cactus cladodes and the control diet, as well as higher water content in the feces ($P<0.001$). The cactus cladodes causes lesions in the tissue morphology of the cecum and colon of sheep, without compromising productive performance. In experiment II, the Tifton-85 grass hay was partially replaced by Miúda cactus cladodes or O.E.M. cactus cladodes. Thirty-six Santa Inês male lambs, noncastrated, were used, approximately six months old. The diets containing Miúda cactus cladodes and O.E.M. cactus cladodes caused a reduction of 68.35 and 77.03% in voluntary water intake, respectively. The Miúda cactus cladodes caused an increase in the serum activity of the gamma glutamyltransferase enzyme (53.66 U/L) and in the blood content of glucose and fructosamine, as well as causing urinary alkalinization ($\text{pH}=8.14$) and a reduction in the urinary excretion index (UEI)

and the fractional excretion rate (FER) of total calcium (Ca_t). The O.E.M. cactus cladodes provoked lower serum cholesterol content (41.33 mg/dL). Regardless of the genotype, there was a decrease in the serum content of indirect bilirubin, urea and sodium (Na), an increase in the concentration of serum magnesium (Mg) and urine, in addition to a reduction in the urinary concentrations of urea, creatinine, total proteins, Ca_t , phosphorus (P), UEI of U and P, as well as in FER of P. Urinary Mg content and UEI of uric acid and Mg increased and FER of P decreased with the participation of different genotypes of cactus cladodes in the diets. The cactus cladodes alter blood and urine parameters, increases water intake and diuresis in sheep, without compromising kidney function. In experiment III, thirty-six goats male, castrated, without a defined racial pattern were used, with an average of one year of age, which were slaughtered after 100 days of feedlot. The Tifton-85 grass hay was partially replaced by Miúda cactus cladodes or O.E.M. cactus cladodes. The use of cactus cladodes, regardless of genotype, decreased the serum concentration of cholesterol ($P=0.002$), whose averages were 73.24; 51.55 and 56.93 mg/dL, for the control treatments, with Miúda and with O.E.M. cactus cladodes, respectively. The animals that consumed cactus cladodes showed a predominance of degenerative and inflammatory processes and the O.E.M. cactus cladodes caused diffuse and accentuated coagulative necrosis in liver tissue ($P=0.033$). Regardless of the genotype, the cactus cladodes causes a decrease in serum cholesterol and, especially the O.E.M. genotype, causes outstanding tissue damage in the liver of goats, without affecting productive parameters. It is concluded that the use of diets containing cactus cladodes, especially the Miúda and Orelha de Elefante Mexicana varieties, alters metabolic and histological parameters of small ruminants, without compromising productive variables.

Keywords: antinutritional factors, blood biochemistry, cactaceae, histopathology, kidney function

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A palma forrageira, por seus atributos agronômicos, como uso eficiente da água e, por conseguinte, capacidade de suportar secas prolongadas, adaptabilidade a solos poucos férteis e alta produtividade (BARBERA et al., 2001; SANTOS et al., 2013; DUBEUX JÚNIOR et al., 2015; GUSHA et al., 2015; EDVAN et al., 2020), tornou-se importante recurso alimentar para os ruminantes explorados em regiões secas do mundo, sendo crescentemente utilizada na dieta de bovinos, ovinos e caprinos. De acordo com Nunes et al. (2017) e Edvan et al. (2020), características estas relacionadas ao seu ciclo de fixação de carbono, denominado metabolismo ácido das crassuláceas, o que confere a essa cactácea grande capacidade adaptativa às condições adversas das zonas semiáridas.

Em termos bromatológicos, a palma forrageira apresenta altos teores de umidade, além de elevado conteúdo de carboidratos não fibrosos e de nutrientes digestíveis totais, independente do gênero (*Opuntia* ou *Nopalea*) (BATISTA et al., 2003a; TOSTO et al., 2007; PESSOA et al., 2020), configurando-se como uma forragem única. Em função de suas características nutricionais, a palma forrageira tem integrado significativamente dietas de animais ruminantes, de modo que diversas avaliações de desempenho produtivo de ovinos e caprinos têm sido realizadas, demonstrando que sua associação a diferentes fontes nitrogenadas e fibrosas proporciona ganhos de peso na ordem de 120 a 265 g/dia (VÉRAS et al., 2005; COSTA et al., 2013; ANDRADE et al., 2016; FELIX et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; FERRAZ et al., 2018; CARDOSO et al., 2019; LOPES et al., 2020).

Estudos com cabras leiteiras, com emprego de genótipos de palma forrageira em diferentes percentuais, reportaram produção de leite que varia de 1,54 a 2,21 kg/dia (COSTA et al., 2009; LIMA et al., 2010; GÓES NETO, 2014; NEVES, 2016; SOUZA, 2019). Por outro lado, a diminuição sérica de colesterol e ureia, bem como a elevação no nível de glicose plasmática e na atividade da enzima fosfatase alcalina (FA) (DANTAS et al., 2011; SILVA, 2017a; MACIEL et al., 2019; CARDOSO et al., 2019), além do aumento no volume urinário (VIEIRA et al., 2008b; PORDEUS NETO et al., 2016) e na perda de água via fezes (ANDRADE et al., 2016), indicam alterações no metabolismo dos animais que recebem esse alimento.

Existem poucas informações sobre possíveis fatores antinutricionais que possam comprometer a qualidade da palma forrageira como alimento e afetar, assim, a saúde animal (DESSIMONI et al., 2014). Em adição, nota-se a necessidade de intensificar as investigações sobre os efeitos das desequilibradas relações entre minerais e a presença de compostos antinutricionais em sua composição, características estas que poderiam interferir no metabolismo e em parâmetros morfofisiológicos dos sistemas e órgãos dos animais submetidos a dietas contendo esse recurso forrageiro. Estudos prévios sinalizam algumas modificações no balanço eletrolítico, aspectos anatomopatológicos do sistema digestório, condição hepática e renal quando a dieta de pequenos ruminantes tem a palma forrageira como base alimentar (NEIVA et al., 2006; VIEIRA et al., 2008b; SILVA, 2017a; LIMA et al., 2018; LUCENA et al., 2018; BARBOZA et al., 2019; SILVA et al., 2020a).

Diante dos fatos apresentados, esta tese é composta por quatro capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se um referencial teórico, cujo objetivo foi sistematizar resultados e inferências de estudos com uso de dietas baseadas em diferentes genótipos de palma forrageira sobre parâmetros nutricionais, metabólicos e histológicos de caprinos e ovinos. No segundo capítulo, objetivou-se avaliar a condição do intestino grosso de ovinos por meio da histopatologia frente ao consumo de genótipos de palma forrageira. No terceiro capítulo, o objetivo foi analisar o perfil metabólico e a função renal de ovinos alimentados com dietas contendo genótipos de palma forrageira. Por fim, no quarto capítulo, pretendeu-se investigar as alterações hepáticas, por meio da bioquímica sanguínea e histopatologia, em caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

Implicações nutricionais, metabólicas e histológicas da utilização de palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Composição bromatológica da palma forrageira

A concentração de nutrientes na palma forrageira pode ser influenciada por fatores genéticos, ambientais e de manejo, como espécie, variedade, idade fisiológica, ordem do cladódio, além de tratos culturais, como irrigação e adubação (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010; SOUSA, 2015; PESSOA et al., 2020). Dentre os genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.) cultivados no Nordeste do Brasil, destacam-se a Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e a Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) (*Opuntia stricta* Haw), além da IPA-Sertânia (*Nopalea* sp.) e da Orelha de Elefante Africana (O.E.A.) (*Opuntia undulata* Griffiths), sendo o cultivo de genótipos resistentes a esse inseto a melhor forma de controle dessa praga que tem dizimado os palmais dessa região (VASCONCELOS et al., 2009; LOPES et al., 2010; SILVA et al., 2018).

Independente do gênero e da espécie, a palma forrageira apresenta altos teores de água e de carboidratos não fibrosos (CNF), além de baixas concentrações de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em relação à recomendação de níveis mínimos indicados para ruminantes, devendo ser fornecida em associação a fontes nitrogenadas e de fibra de alta efetividade física (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim cultivados no Nordeste brasileiro.

Referência	Palma Forrageira	MS ¹	MO ²	MM ²	PB ²	EE ²	CNF ²	FDN _{cp} ²	FDA ²
Silva et al. (2020a)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	118	890	-	57	26	548	259	-
Lopes et al. (2020)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	124	870	129	40	14	564	253	137
Cardoso et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	142	887	81	34	22	567	267	104
Maciel et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	73	782	218	55	20	418	290	146
Paula et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	201	916	-	36	-	612	252	-
Silva et al. (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	157	929	-	34	10	639	246	-
Siqueira et al. (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	139	860	-	41	16	523	277	-
Ferraz et al. (2018)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	105	-	-	48	5	480	308	-
Lopes et al. (2017)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ²	83	789	211	75	18	460	236	-
Silva et al. (2017)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ²	140	913	87	32	11	667	202	200
Oliveira et al. (2017)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ²	109	844	-	45	15	534	243	146
Lins et al. (2016)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	99	851	-	51	13	555	232	-
Andrade et al. (2016)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck ³	73	815	185	80	10	454	272	-
Média		120	862	152	48	15	540	257	147
Silva et al. (2020a)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	117	889	-	59	31	556	243	-
Cruz et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	212	925	-	37	19	549	321	-
Lopes et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	97	851	149	55	18	580	198	95
Pessoa et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	97	887	113	53	15	617	210	141
Moraes et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	108	893	-	64	-	545	272	-
Paula et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	164	917	-	36	-	642	219	-
Siqueira et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	119	890	-	40	-	563	302	178
Inácio et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	91	870	-	44	-	585	233	-
Conceição et al. (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ¹	105	802	198	55	12	406	291	-
Silva et al. (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	94	881	-	60	13	547	262	-
Monteiro et al. (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	123	914	86	55	-	550	259	-
Silva (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	130	844	156	50	15	549	230	-
Barros et al. (2018)	<i>Opuntia stricta</i> Haw ⁴	112	869	131	51	16	528	257	-

Média		121	879	139	51	17	555	253	138
Silva et al. (2020a)	<i>Nopalea</i> sp. ⁵	144	894	-	57	28	555	253	-
Moraes (2012)	<i>Nopalea</i> sp. ⁵	134	863	137	20	-	-	177	90
Rocha Filho (2012)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck ⁵	74	815	-	59	16	504	236	140
Média		117	857	137	45	22	504	222	115
Pessoa et al. (2020)	<i>Opuntia undulata</i> Griffiths ⁶	108	886	114	56	15	518	290	143
Rocha Filho (2012)	<i>Opuntia undulata</i> Griffiths ⁶	82	860	-	51	10	549	250	155
Média		95	873	114	53	12,5	533,5	270	149

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³palma Miúda; ⁴palma Orelha de Elefante Mexicana; ⁵palma IPA-Sertânia; ⁶palma Orelha de Elefante Africana; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; CNF: carboidratos não fibrosos; FDN_{cp}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Baixos teores de matéria seca (MS) têm sido observados nos diferentes genótipos de palma forrageira (*Opuntia* ou *Nopalea*) (Tabela 1), sendo esses níveis dependentes da idade dos artigos e da disponibilidade hídrica no solo. Em razão dessa característica e quando fornecida em altas proporções, pode ocorrer comprometimento das funções ruminais normais e, desse modo, distúrbios digestivos podem ocorrer nos animais (EDVAN et al., 2020). Por outro lado, devido ao seu alto conteúdo de umidade, a palma representa uma fonte hídrica indispensável à dessedentação animal, sobretudo para as criações exploradas em regiões áridas e semiáridas, nas quais além da limitação quantitativa, muitas vezes a água disponível é de baixa qualidade. Vários estudos demonstraram reduções na ingestão voluntária de água por caprinos e ovinos com a inclusão de palma forrageira na dieta (BISPO et al., 2007; VIEIRA et al., 2008b; COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2012; CARDOSO et al., 2019; GOUVEIA et al., 2019).

Os teores médios de PB variam de 43 a 53 g/kg de MS, em função da espécie de palma, sendo ligeiramente mais altos nas espécies do gênero *Opuntia* (Tabela 1). No entanto, a concentração média de PB, independente do genótipo, encontra-se abaixo do mínimo necessário para o atendimento dos requerimentos da microbiota ruminal (VAN SOEST, 1994), o que implica na necessidade de suplementação proteica (proteína verdadeira ou nitrogênio não proteico - NNP), quando se usa essa cactácea como base da alimentação.

O uso de concentrados proteicos e forrageiras nativas conservadas ou *in natura*, assim como uma fonte de NNP (como a ureia pecuária), podem ser opções viáveis de suplementação proteica em dietas baseadas em palma forrageira, considerando-se que a fração de carboidratos de degradação rápida e intermediária corresponde a aproximadamente 430 g/kg de MS (BATISTA et al., 2003b). De acordo com Lira (2013), em dietas contendo até 60% de palma forrageira para ovinos, a ureia pode ser incluída em até 1,2% da MS. Já Neves (2016) recomendou a substituição do farelo de soja por ureia em até 1,95%, com base na MS, em dietas com 52% de palma forrageira, uma vez que não houve comprometimento do desempenho e da composição do leite de cabras mestiças Saanen x Alpina Americana.

A palma apresenta alta concentração de CNF (Tabela 1), sendo superior a da maioria dos alimentos volumosos utilizados nas dietas, fato que a evidencia como excelente fonte energética para ruminantes e tem estimulado a condução de diversos estudos realizando a substituição de fontes convencionais de energia, como milho, sorgo e trigo, por palma forrageira (COSTA et al., 2013; CONCEIÇÃO et al., 2018; REZENDE et al., 2020).

Ao fracionar os carboidratos da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*), Pereira et al. (2010) descreveram os seguintes valores em relação ao percentual de carboidratos totais: 73,4% para as frações A+B1 (A: açúcares solúveis com rápida degradação ruminal; B1: amido e pectina), 3,90% para a B2 (que correspondente à fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e 22,7% para a C (que apresenta característica de indigestibilidade).

Batista et al. (2003a), ao avaliarem os efeitos de diferentes variedades de palma forrageira sobre a composição química, desaparecimento *in situ* dos nutrientes e produção *in vitro* de gases, mencionaram concentração média, com base na matéria seca, de 129 g/kg de amido, sendo um nível relativamente alto para forragens em geral, além de 72,0 g/kg de ácido galacturônico, o que reporta à elevada quantidade de β -glucano e/ou frutanas. Pessoa et al. (2020), analisando o valor nutritivo de variedades de palma forrageira em distintas fases fenológicas, reportaram teor de pectina de até 212,8 g/kg de MS em cladódios jovens.

Ao utilizar distintos genótipos de palma forrageira na alimentação de ovinos em crescimento, cultivados sob as mesmas condições edafoclimáticas e de manejo, Silva (2017b) constataram níveis levemente mais elevados de matéria mineral (MM), PB e CNF no genótipo O.E.M., em relação às palmas Miúda e IPA-Sertânia, o que demonstra o efeito do genótipo sobre a composição bromatológica. Os valores médios de MM em função da espécie de palma forrageira variam de 114 a 152 g/kg de MS (Tabela 1) e fatores como umidade e conteúdo de minerais do solo podem exercer influência sobre a concentração de cinzas e dos minerais isolados.

1.2. Concentração de macrominerais na palma forrageira

Os alimentos, quando em quantidades adequadas, são capazes de fornecer os minerais para suprir as necessidades diárias dos rebanhos, porém em muitas regiões os alimentos são pobres em determinados elementos ou os contêm em proporções desequilibradas, o que impede o desempenho satisfatório dos animais (TOKARNIA et al., 2000). Nesse cenário, deve-se ressaltar que a palma, quando em comparação a outras plantas forrageiras, apresenta elevados teores de cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) na matéria seca. Entretanto, tem baixas concentrações de fósforo (P) e de sódio (Na) (Tabela 2).

Tabela 2. Composição de macrominerais na palma forrageira.

Palma forrageira	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Autor
	4,10	0,50	1,30	-	-	Batista et al. (2003a) ¹
	5,26	0,21	1,27	0,05	1,90	Cordova-Torres et al. (2015) ¹
<i>Opuntia</i>	4,56	0,18	1,82	0,03	1,44	Santos et al. (2009) ¹
	2,39	0,24	0,82	0,07	2,78	Silva (2018) ²
	4,16	0,71	2,12	0,03	7,36	Mayer e Cushman (2019) ¹
	4,09	0,37	1,47	0,04	3,37	Média
<i>Nopalea</i>	3,84	0,20	0,87	-	3,53	Germano et al. (1999) ³
	5,70	0,60	1,70	-	-	Batista et al. (2003a) ³
	2,30	0,20	-	-	-	Andrade et al. (2016) ³
	3,95	0,33	1,28	-	3,53	Média

¹palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill); ²palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw); ³palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os altos teores de cálcio e baixos teores de fósforo na palma forrageira resultam em relação Ca:P extremamente alta, chegando a 40:1 (SANTOS, 1992). Segundo Santos et al. (2009), o desbalanço na relação desses minerais pode provocar redução no consumo de matéria seca e aparecimento de cálculos renais em caprinos. Apesar dessas características, problemas relacionados ao excesso de Ca não têm sido relatados no Nordeste do Brasil, mesmo com a utilização rotineira de palma na dieta de vacas

leiteiras, o que leva a entender que a disponibilidade deste mineral seja baixa, sobretudo em função da presença de oxalatos nesta forragem.

Os elementos minerais são fundamentais na nutrição de ruminantes, uma vez que há forte relação dos minerais com a absorção de nutrientes, o *status* fisiológico do animal, o consumo de matéria seca e desempenho produtivo (ANDRADE et al., 2015). Quanto à composição mineral da palma forrageira, há grande amplitude de variação nos teores de alguns desses microelementos em razão de fatores como densidade de plantio, uso de fertilizantes e irrigação, além da ordem dos artigos (TELES et al., 2004; SOUZA et al., 2017; FERRAZ et al., 2020).

1.3. Fatores antinutricionais na palma forrageira

No tocante aos fatores antinutricionais, Radostits et al. (2002) afirmaram que os vegetais sintetizam compostos secundários durante seu metabolismo, sendo substâncias que integram o sistema de defesa contra herbívoros, insetos, moluscos e ataque de patógenos, bem como tem a função de beneficiá-los na competição com outros vegetais. Na palma forrageira, são raras as pesquisas que analisaram os níveis dessas substâncias (Tabela 3), o que aponta para a necessidade de mais investigações, pois mesmo em baixas concentrações, a médio e longo prazo essas substâncias podem gerar consequências desfavoráveis ao metabolismo animal e, por conseguinte, afetar negativamente os índices produtivos dos sistemas.

Tabela 3. Fatores antinutricionais em genótipos de palma forrageira cultivados no Brasil.

Substância	Palma forrageira	Concentração	Referência
Oxalatos totais (g/kg de MS)	<i>Nopalea</i> sp. ¹	21,0	Silva et al. (2020a)
	<i>Opuntia stricta</i> Haw ²	26,0	Silva et al. (2020a)
	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck ³	18,0	Silva et al. (2020a)
	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill ⁴	16,2	Ribeiro (2009)
	<i>Opuntia stricta</i> Haw ²	9,8	Silva (2018)
	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck ³	0,002	Batista et al. (2009)
Ácido cianídrico (mg/kg de MS)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck ³	50,9	Ferraz et al. (2018)
	<i>Nopalea</i> sp. ¹	49,7	Silva (2017b)
	<i>Opuntia stricta</i> Haw ²	45,5	Silva (2017b)
Taninos condensados (%)	<i>Opuntia ficus</i> ⁵	0,1	Silva et al. (2011)
	<i>Opuntia stricta</i> Haw ²	19,3	Moraes et al. (2012)
Compostos fenólicos totais (mg/kg de MS)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck ³	14,5	Moraes et al. (2012)
	<i>Nopalea</i> sp. ⁶	12,9	Moraes et al. (2012)
	<i>Nopalea</i> sp. ¹	10,4	Moraes et al. (2012)
Nitrato (mg/100g na MS)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	83,3	Dessimoni et al. (2014)
FIT ⁷ (UTI/mg de MS)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	1,8	Dessimoni et al. (2014)

¹genótipo IPA-Sertânia; ²genótipo Orelha de Elefante Mexicana; ³genótipo Miúda; ⁴genótipo Gigante; ⁵genótipo Redonda; ⁶genótipo IPA-F24; ⁷Fator inibidor de tripsina.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O oxalato é um desses compostos contidos na palma forrageira, tratando-se de um ânion derivado de ácido orgânico que pode se ligar com minerais formando cristais, desencadeando efeitos negativos sobre a ingestão e digestão em ruminantes (BEN SALEM et al., 2002), além de afetar o equilíbrio osmótico do organismo (NICODEMO e LAURA, 2001). Para Blaney et al. (1982), níveis altos de oxalatos (1,30 a 1,80%) podem reduzir a biodisponibilidade do cálcio da planta forrageira em cerca de 20,0%. Por outro lado, o cálcio quelatado pelo ácido oxálico se torna parcialmente disponível para animais ruminantes através de sua degradação ruminal. Segundo Cymbaluk et al. (1986), a degradação no rúmen é realizada por uma bactéria gastrointestinal altamente especializada, *Oxalobacter formigenes*, que metaboliza o oxalato para obter energia, disponibilizando parte do cálcio para o animal.

De acordo com González e Scheffer (2003), os oxalatos podem reduzir a disponibilidade de cálcio e, conseqüentemente, estimular a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos deste mineral. Este composto ao se ligar ao cálcio forma um complexo insolúvel (oxalato de cálcio) que não pode ser absorvido no intestino (AGUILAR, 2015), podendo causar irritações na mucosa intestinal (KRAUSE e MAHAN, 2005; TADELE, 2015) e estomacal (NEIVA et al., 2006; SILVA et al., 2020a). Dantas et al. (2011), estudando os marcadores bioquímicos de ovinos alimentados com dietas contendo palma Miúda (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck), observaram que ocorreu efeito linear positivo da atividade da enzima FA em função dos níveis crescentes de palma, ratificando a hipótese de que ocorre relação direta da modificação da relação Ca:P, ação direta do oxalato na quelação do cálcio e alteração no perfil enzimático.

Existem poucos dados sobre concentração de oxalatos em variedades de palma forrageira cultivadas no Nordeste do Brasil e eles são variáveis (Tabela 3) e mais baixos do que os 105 g/kg de MS, reportados por Rekik et al. (2010) na Tunísia, norte da África. A síntese de oxalato é considerada uma forma de reduzir o impacto negativo do excesso de cálcio captado pela planta (LIBERT e FRANCESCHI, 1987). Assim, os mais baixos valores de oxalatos determinados nas amostras coletadas no Brasil devem representar as diferenças climáticas desta região em relação a outros semiáridos do mundo e os tratos culturais empregados nas diferentes localidades.

Em pesquisas recentes, Silva (2017a) e Ferraz et al. (2018) mencionaram a presença de ácido cianídrico (HCN) em diferentes genótipos de palma forrageira, achado inédito para esta espécie vegetal (Tabela 3). As plantas cianogênicas são aquelas que possuem o HCN como princípio ativo. Este é um líquido incolor, muito volátil, considerado uma das substâncias tóxicas mais conhecidas (AMORIM et al., 2006). No Brasil, as plantas do gênero *Manihot* (mandioca, maniçoba e pornunça) são consideradas as espécies cianogênicas de maior importância. No entanto, outras espécies economicamente relevantes podem apresentar diferentes quantidades de glicosídeos cianogênicos e, conseqüentemente, de HCN em sua composição, a exemplo do sorgo, do trevo branco, da ameixa e da seringueira (HAQUE e BRADBURY, 2002).

As concentrações de taninos condensados na palma forrageira (Tabela 3) encontram-se abaixo do considerado prejudicial para a saúde dos animais (5,0%) (CRUZ et al., 2007). Frutos et al. (2002) constataram que seriam necessárias concentrações dietéticas de taninos condensados na ordem de 6,0 a 12,0% da matéria seca para ocasionar efeito depressivo sobre o consumo voluntário, redução na eficiência do processo digestivo e, por conseguinte, diminuição da produtividade animal. Para os fenóis totais, não foi encontrada na literatura a quantidade limite que levaria a efeitos negativos.

Outros compostos de importância na nutrição animal são os nitratos. Mais de 90 espécies de plantas podem causar intoxicação por nitratos e nitritos em ruminantes (MEDEIROS et al., 2003). Dessimoni et al. (2014) encontraram valores baixos de nitrato na palma forrageira (Tabela 3). Esses mesmos autores, ao avaliar a composição química, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), relataram que a atividade do fator inibidor de tripsina foi de 1,78 UTI/mg, ressaltando ser uma concentração incapaz de oferecer risco a saúde humana e animal. Os inibidores de proteases são compostos antinutricionais que apresentam especificidade para inibir enzimas proteolíticas e, conseqüentemente, reduzir a digestão proteica do alimento, proporcionando diminuição do ganho de peso e do crescimento animal (MONTEIRO et al., 2004).

Silva et al. (2016), ao investigarem a atividade antibacteriana, antioxidante e citotóxica de cladódios de *Opuntia* sp., verificaram presença de saponinas nessa espécie

vegetal, o que evidencia a necessidade de mais análises fitoquímicas (qualitativas e quantitativas) nas diferentes variedades de palma forrageira empregadas na alimentação animal.

1.4. Consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes por caprinos e ovinos alimentados com dietas à base de palma forrageira

A palma é uma forragem com alta aceitabilidade por pequenos ruminantes e, que, em geral, propicia altas ingestões de MS. No entanto, devido a diferenças na composição química e na morfologia, como presença de espinhos, pode existir efeito dos genótipos sobre a ingestão da dieta. Moraes et al. (2009), avaliando a preferência de ovinos por diferentes variedades de palma forrageira ofertadas separadamente, verificaram que as variedades IPA-Sertânia (*Nopalea* sp) e Miúda (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) foram as mais consumidas, seguidas das variedades IPA-20 (*Opuntia ficus-indica*) e O.E.M. (*Opuntia stricta* Haw) e, por sua vez, as variedades IPA F-24 (*Opuntia ficus-indica*) e O.E.A. (*Opuntia undulata* Griffiths) foram as menos aceitas. Os autores associaram os menores consumos das variedades OEA, OEM e IPA F-24 a presença de espinhos, que pode proporcionar dificuldade para apreensão e incômodo na cavidade oral dos animais.

Quando se avalia o fornecimento da palma na forma de mistura completa, os resultados podem ser diferentes. Rocha Filho (2012) avaliando os efeitos de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (Miúda, IPA-Sertânia, O.E.M. e O.E.A.) em comparação ao fornecimento de palma Gigante em dietas para ovinos, não observaram diferenças significativas ($P>0,05$) nos consumos de MS, MO, FDN, CNF, carboidratos totais e energia metabolizável entre a dieta controle e as demais dietas. Já Cavalcanti et al. (2008) verificaram redução no consumo de MS por caprinos e ovinos quando a palma O.E.A. (*Opuntia undulata*) substituiu a palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) na dieta.

A variação no consumo de matéria seca e de nutrientes pode ainda ocorrer em função do nível de palma na dieta, das fontes fibrosas associadas à palma, da espécie animal ou da junção desses fatores. Nesse contexto, Lopes et al. (2017) avaliando a substituição do feno de capim Tifton por feno de alfafa em dietas com 400 g/kg de MS

de palma Miúda para cabras leiteiras, reportaram aumento no consumo de MS. Em oposição, Souza et al. (2009) ao avaliar a substituição do feno de capim Tifton por casca de soja em dietas contendo 600g/kg de palma Gigante na dieta de caprinos, relataram diminuição linear na ingestão de MS, MO e CNF. Oliveira et al. (2017) observaram efeito quadrático para ingestão de MS, MO, PB, FDN e MO digestível conforme a palma Miúda substituía a cana-de-açúcar na dieta de ovinos Santa Inês. Os consumos de MS foram de 1,10; 1,35; 1,19 e 0,97 kg/dia em função dos níveis de 0; 33; 66 e 100% de substituição da cana-de-açúcar por palma forrageira, respectivamente.

Souza et al. (2010) investigando o impacto do fornecimento de dietas contendo palma forrageira, na forma de mistura completa ou ingredientes separados, sobre o consumo, a digestibilidade aparente dos nutrientes e o desempenho produtivo de ovelhas de grupos genéticos nativos (Cariri, Barriga-preta, Cara-curta e Morada Nova), reportaram que os consumos de MS e FDN aumentaram quando os animais receberam a dieta na forma de mistura completa e atribuíram o aumento a aderência do feno e do concentrado à palma. Adicionalmente, Fotius et al. (2014), ao avaliar os efeitos de diferentes sequências de fornecimento dos ingredientes da dieta à base de palma forrageira, não observaram diferença no consumo de matéria seca e dos nutrientes por ovinos.

Independente do genótipo, a palma forrageira apresenta alta degradabilidade ruminal da MS, com pequena diferença entre as espécies (BATISTA et al., 2003b; BATISTA et al., 2009). A matéria seca da palma é rapidamente degradada, verificando-se desaparecimento de aproximadamente 60% até 12 horas de incubação ruminal, diferente de outras forragens, cuja degradabilidade potencial somente é atingida após 48 horas de permanência no rúmen. A alta degradabilidade ruminal da palma deve-se ao alto conteúdo de carboidratos não estruturais e ao baixo percentual de lignina, o que pode explicar a alta taxa de degradação da fração lentamente degradável. Quando se avalia a digestibilidade *in vivo*, verifica-se maior diferença entre os genótipos de palma do que é observado na degradabilidade *in situ*.

1.5. Efeitos da palma forrageira sobre a fermentação ruminal

A adição de palma forrageira à dieta reduz o pH no rúmen de caprinos e ovinos (BISPO et al., 2007; VIEIRA et al., 2008a; LIMA et al., 2018). Os altos níveis de carboidratos não fibrosos e a rápida digestão da MS da palma aumentam a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen (LINS et al., 2016), resultando, então, na redução dos valores de pH. Em caprinos, os valores de pH são em geral mais baixos do que os observados em ovinos e permanecem abaixo ou muito próximo de 6,0 por várias horas, mesmo com inclusão de 25,0 ou 45,0% de feno de capim Tifton (Figura 1).

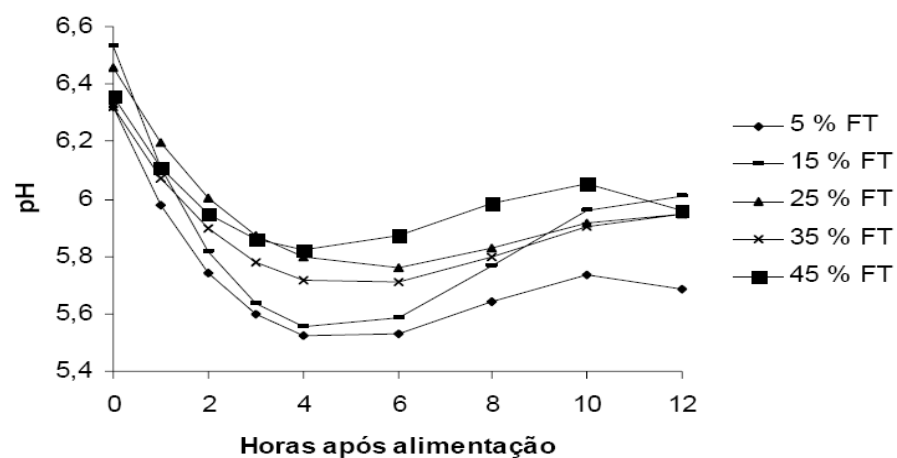


Figura 1. Valores de pH no líquido ruminal de caprinos, em função dos tempos de coleta (Adaptado de Vieira, 2006).

O pH é um fator crítico na manutenção do funcionamento normal do rúmen, devido ao seu efeito sobre a população microbiana e os produtos da fermentação, bem como sobre a motilidade e a capacidade absorptiva do epitélio ruminal. Ocorre variação fisiológica nos valores de pH ao longo do dia, com maiores depressões após a alimentação, em função do maior aporte de nutrientes para os microrganismos, entretanto, se o pH ruminal decresce abaixo de 5,2 por várias horas, caracteriza-se acidose aguda (OWENS et al., 1998), podendo levar a acidose sistêmica.

A acidose é considerada subaguda quando o pH diminui para 6,0 a 5,6 (BRITTON e STOCK, 1989; KRAUZE e OETZEL, 2006). Portanto, o ponto crítico para determinação da acidose ruminal parece ser 5,6. O tempo de permanência do pH na faixa crítica é também importante no estabelecimento da acidose ruminal. Lima et al.

(2018), analisando os parâmetros ruminiais de ovinos alimentados com níveis crescentes de palma forrageira cv. Baiana na dieta de ovinos, reportaram que 4 horas após a alimentação houve diminuição linear no pH ruminal, cujos valores foram de 6,74; 6,61; 6,43 e 5,98 para as dietas com 0, 15, 30 e 45% de palma forrageira em substituição ao feno de capim Tifton, respectivamente.

A concentração de nitrogênio amoniacal (NH_3) no rúmen de caprinos e ovinos é reduzida em função da inclusão de palma na dieta (BISPO et al., 2007; VIEIRA et al., 2008a). A concentração de NH_3 no rúmen reflete as diferentes relações entre quantidade e degradabilidade da proteína e quantidade de carboidratos da dieta, ou seja, a sincronia entre proteína e energia disponível para os microrganismos do rúmen. Em geral, ocorre pico de produção de NH_3 de uma a três horas após alimentação (VAN SOEST, 1994). Entretanto, em dietas com mais de 200g de palma/kg de MS de ração, o aumento de NH_3 em relação aos valores observados antes da alimentação é muito baixo (Figura 2).

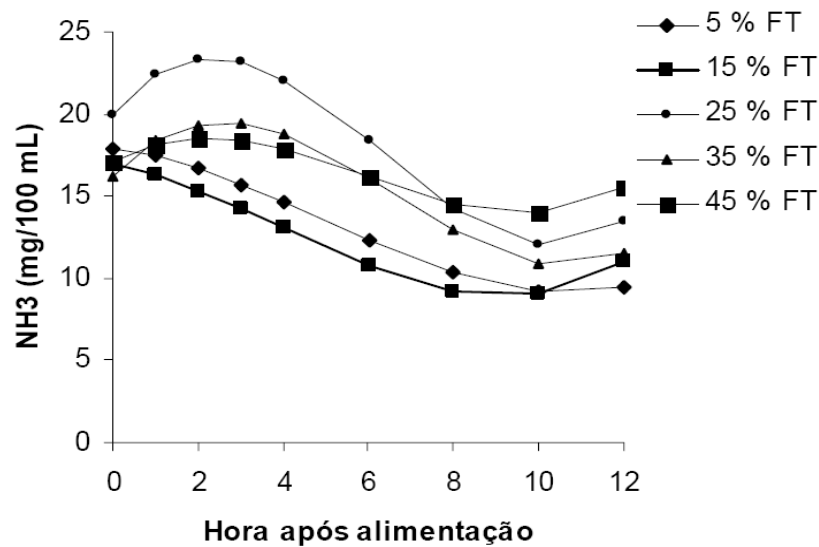


Figura 2. Valores de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal de caprinos, em função dos tempos de coleta (Adaptado de Vieira, 2006).

As quantidades de carboidratos não fibrosos da dieta influenciam as proporções dos diferentes de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) produzidos no rúmen. Lins et al. (2016), ao avaliar o efeito da substituição do farelo de trigo por palma forrageira (0, 25, 50, 75 e 100%) em dietas à base de cana-de-açúcar sobre consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminiais de ovinos, observaram maiores concentrações de

acetato, propionato e butirato à medida em que se aumentou a participação de palma forrageira na dieta.

Essas alterações nas características do ambiente ruminal podem refletir negativamente sobre a utilização dos nutrientes da dieta e propiciar modificação morfológica na mucosa dos compartimentos aglandulares do estômago (NEIVA et al., 2006; COSTA et al., 2008; SILVA et al., 2020a). Segundo Penner et al. (2011), a alimentação com dietas altamente fermentáveis para ruminantes é uma estratégia para aumentar a ingestão de energia. Contudo, esse aumento da produção de AGCC e redução do pH ruminal impõem um desafio ao metabolismo e à regulação da homeostase do pH intracelular do epitélio do rúmen.

1.6. Bioquímica sanguínea de caprinos e ovinos alimentados com palma forrageira

A busca pela maior rentabilidade econômica na pecuária tem provocado intensificação nos sistemas de criação com modificações no manejo, sobretudo alimentar, aumentando o risco da ocorrência de transtornos nutricionais e metabólicos em função de desequilíbrios entre o aporte de nutrientes, a capacidade de metabolização e o nível de produção (CORREIA, 2016). Desse modo, os marcadores bioquímicos são substâncias endógenas que apresentam praticidade na determinação por técnicas analíticas e que podem ser identificados em excreções ou no sangue, sinalizando a ocorrência de fenômenos fisiológicos, metabólicos, nutricionais ou patológicos (PAYNE e PAYNE, 1987; CALDEIRA et al., 2007).

A determinação de metabólitos sanguíneos para monitoramento do *status* energético, proteico e mineral em ruminantes tem sido uma ferramenta de grande valor que permite estabelecer o estado nutricional dos animais, refletindo de maneira confiável o fluxo (ingresso e egresso) e a metabolização dos nutrientes nos tecidos animais (GONZÁLEZ, 2000), assim como possibilita avaliar a funcionalidade de órgãos, como o fígado e os rins (PEIXOTO e OSÓRIO, 2007).

Para o diagnóstico preciso de disfunções hepáticas, os metabólitos sanguíneos, a atividade enzimática e a determinação de bilirrubinas no soro podem ser empregados na rotina de clínica médica (BIRGEL JÚNIOR et al., 2003). Adicionalmente, a avaliação da condição clínica de ruminantes com ênfase na função renal permite verificar se

existem danos capazes de interferir nos mecanismos de excreção e reabsorção de nutrientes, os quais podem afetar de modo significativo a saúde animal (VIEIRA et al., 2008b; PORDEUS NETO et al., 2016).

Diversas investigações científicas têm reportado alterações na bioquímica sanguínea de pequenos ruminantes alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração sanguínea de glicose, ureia e atividade da enzima fosfatase alcalina em pequenos ruminantes submetidos a dietas contendo palma forrageira.

Referência	Animal	Genótipo da palma	Palma (%)	Glicose plasmática	Ureia sérica	FA sérica (U/L)
Araújo et al. (2012)*	Ovinos	Miúda ¹	40,0	77,6 mg/dL	7,74 mmol/L	1130,1
			40,0	75,4 mg/dL	7,36 mmol/L	926,6
			40,0	81,9 mg/dL	8,12 mmol/L	1191,1
			40,0	77,6 mg/dL	7,77 mmol/L	981,7
Gouveia et al. (2015) [#]	Ovinos	<i>Opuntia ficus-indica</i>	36,0	93,4 mg/dL	10,70 mmol/L	944,2
			40,0	100,1 mg/dL	9,47 mmol/L	772,8
			40,0	96,3 mg/dL	8,05 mmol/L	835,9
Lopes et al. (2017) [^]	Cabras	Miúda ¹	40,0	54,1 mg/dL	6,78 mmol/L	-
			40,0	52,0 mg/dL	5,67 mmol/L	-
			40,0	52,8 mg/dL	5,48 mmol/L	-
			40,0	53,7 mg/dL	5,65 mmol/L	-
Silva (2017a) [§]	Ovinos	-	0,0	50,1 mg/dL	10,37 mmol/L	146,4
		Miúda ¹	54,0	67,3 mg/dL	5,47 mmol/L	519,3
		IPA-Sertânia ²	51,6	78,7 mg/dL	4,72 mmol/L	563,7
		O.E.M. ³	57,3	73,6 mg/dL	4,46 mmol/L	561,6
Cardoso et al. (2019) [‡]	Ovinos	Miúda ¹	0,0	77,8 mg/dL	7,63 mmol/L	-
			15,0	84,0 mg/dL	6,28 mmol/L	-
			30,0	87,1 mg/dL	5,51 mmol/L	-
			45,0	86,9 mg/dL	4,54 mmol/L	-
Maciel et al. (2019) [‡]	Ovinos	Miúda ¹	0,0	55,1 mg/dL	9,40 mmol/L	-
			25,0	62,3 mg/dL	9,57 mmol/L	-
			50,0	60,8 mg/dL	9,51 mmol/L	-
			75,0	64,6 mg/dL	8,70 mmol/L	-

*Substituição do feno de capim Tifton por casca de mamona (0, 33, 66 e 100%); [#]Substituição total do feno de capim Tifton por feno ou silagem de maniçoba; [^]Substituição do feno de capim Tifton por feno de alfafa (0, 33, 66 e 100%); [§]Substituição parcial do feno de capim Tifton pelos genótipos de palma forrageira Miúda, IPA-Sertânia ou Orelha de Elefante Mexicana; [‡]Substituição do feno de capim Tifton por palma forrageira; ¹*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck; ²*Nopalea* sp.; ³*Opuntia stricta* Haw.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A inclusão de palma forrageira na dieta de caprinos e ovinos tende a aumentar o teor plasmático de glicose, fazendo com que a concentração desse metabólito por vezes fique acima da faixa de normalidade (Tabela 4). Gouveia et al. (2015) relataram valores de até 100,1 mg/dL de glicose circulante em ovinos alimentados com dieta contendo 40,0% de palma forrageira, média superior aos valores de referência preconizados por Kaneko et al. (2008) para a espécie ovina (50,0-80,0 mg/dL). Por outro lado, Lima et al. (2016) salientaram que a glicose sanguínea pouco se altera em ruminantes como consequência do aporte dietético, devido a um eficiente mecanismo de regulação hormonal que mantém relativamente constante a concentração desse indicador bioquímico na corrente sanguínea desses animais.

A redução nos níveis séricos de ureia em animais que recebem palma forrageira, independente do genótipo, também configura um resultado comumente reportado na literatura. Silva (2017a), avaliando o uso de diferentes genótipos de palma resistentes à cochonilha do carmim na dieta de ovinos, observou diminuição significativa na concentração sérica de ureia (Tabela 4), fazendo com que os valores ficassem dentro da faixa de referência (2,86-7,14 mmol/L) (KANEKO et al., 2008). Segundo Cardoso et al. (2019), as dietas com palma forrageira parecem provocar sincronismo mais adequado entre a disponibilidade de nitrogênio e de energia no ambiente ruminal, o que pode acarretar em menor teor de ureia sanguínea. Adicionalmente, é provável que a maior taxa de passagem de dietas contendo palma forrageira (COSTA et al., 2016) tenha diminuído a transformação da proteína dietética em amônia e, posteriormente, em ureia, reduzindo o teor circulante desse metabólito. Bispo et al. (2007) encontraram decréscimo linear na concentração de nitrogênio amoniacal ruminal com a substituição do feno de capim elefante por palma forrageira na dieta de ovinos.

Diversos estudos têm verificado que o consumo de palma forrageira é capaz de elevar a atividade sérica da enzima FA em pequenos ruminantes (Tabela 4), levando os valores a ficarem acima da faixa considerada normal. De acordo com Kaneko et al. (2008), a FA é uma enzima sintetizada em vários tecidos, sendo as maiores concentrações encontradas no intestino, rins, ossos e fígado. Para González e Silva (2006), a maior parte da FA sérica é de origem hepática, uma vez que essa enzima está presente nas células do epitélio biliar e nas membranas caniculares dos hepatócitos. Todavia, a elevação na atividade da FA pode ter origem renal ou óssea. Com relação à

motivação óssea, a palma forrageira contém altos teores de oxalatos e que estes podem causar hipocalcemia e hipomagnesemia, o que estimula a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos destes minerais, justificando o aumento da atividade da FA (GONZÁLEZ e SCHEFFER, 2003; RAHMAN et al., 2013).

É importante destacar que a palma forrageira tem sido apontada como causadora de diminuição de colesterol em ruminantes. Silva (2017a) encontrou concentrações de 56,6; 45,9; 49,6 e 46,9 mg/dL de colesterol total em ovinos alimentados com dieta sem palma e com três dietas nas quais parte do feno de capim Tifton foi parcialmente substituído por palma forrageira Miúda, IPA-Sertânia ou Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente. A palma forrageira é um alimento com alto nível de ácido linoleico (ômega-6), sendo este um precursor do ácido araquidônico que tem provocado efeitos hipocolesterolêmicos (EL-MOSTAFA et al., 2014).

1.7. Parâmetros histopatológicos e histomorfométricos do epitélio estomacal e intestinal de pequenos ruminantes recebendo palma forrageira

As características morfológicas dos compartimentos aglandulares do estômago de ruminantes, sobretudo do rúmen, podem ser modificadas pelos alimentos consumidos. Segundo Cunningham (1992), as papilas ruminais, que são projeções da túnica mucosa para a luz do rúmen, apresentam diversidade de tamanho e de formato, tendo em vista que são completamente sujeitas às mudanças da dieta. Neiva et al. (2006) em pioneira investigação que associou a ingestão de palma forrageira e sua implicação nas características teciduais do trato gastrointestinal de ruminantes, analisaram o efeito do consumo de altas proporções de palma sobre a estrutura histológica da mucosa ruminal de ovinos. Os autores encontraram que os animais submetidos a dietas com maior percentual de palma apresentaram maior desenvolvimento papilar e erosão no estrato córneo (células vacuolizadas na camada queratinizada), atribuindo esse último achado ao afeito abrasivo gerado pelos oxalatos.

Mais de uma década depois dos achados de Neiva et al (2006), a pesquisa realizada por Silva et al. (2020a), ao avaliar a substituição parcial do feno de capim elefante por genótipos de palma forrageira na dieta de ovinos em crescimento, também encontrou alterações nas características morfológicas do epitélio do rúmen, do retículo e

do omaso, como espessamento da camada queratinizada desses compartimentos e aumento na altura das papilas ruminais (Figura 3).

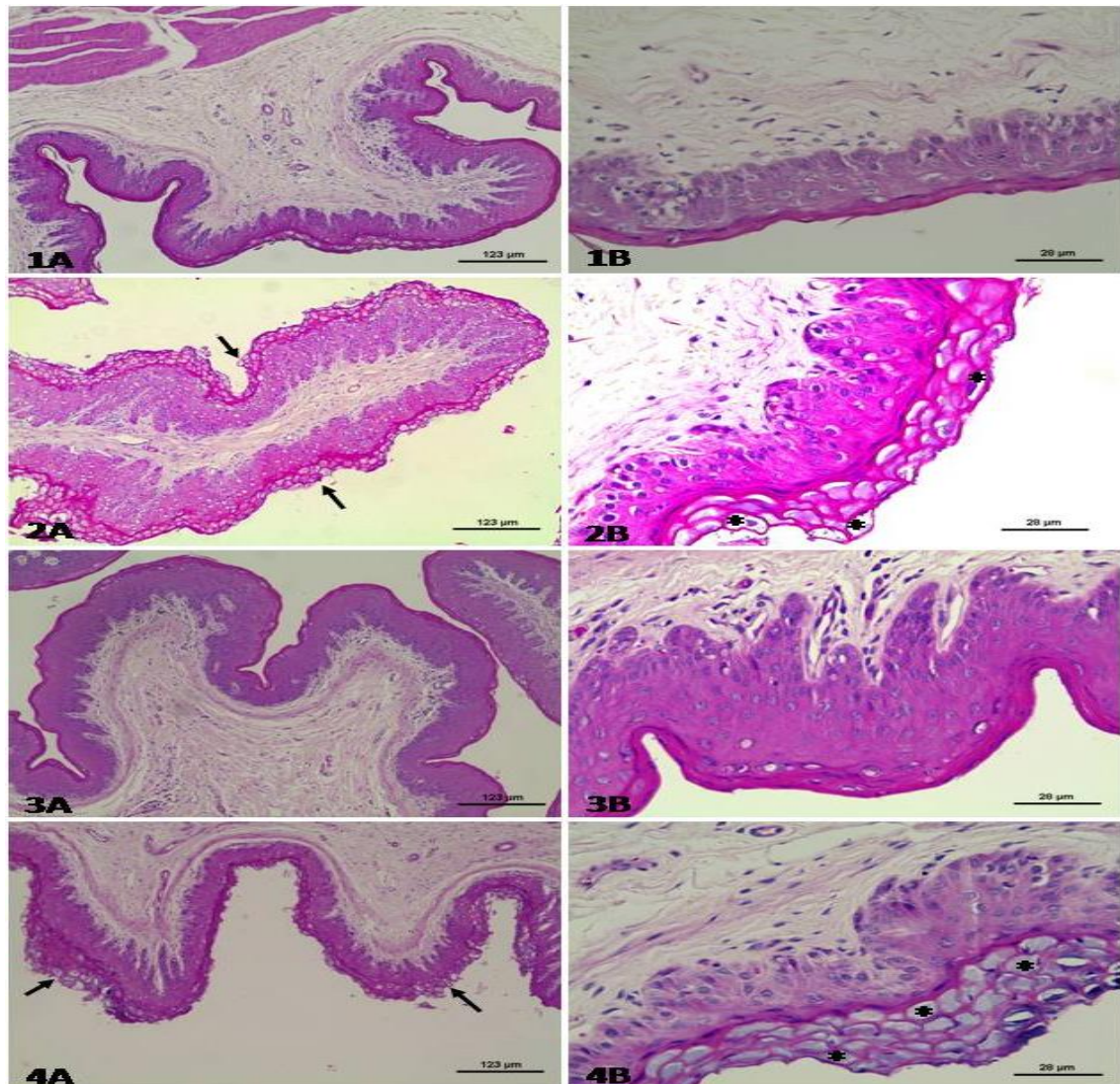


Figura 3. Fotomicrografias do epitélio ruminal de ovinos. 1A/1B) tratamento controle com camada de queratina apresentando poucas células vacuolizadas; 2A/2B) tratamento com palma Miúda apresentando acentuadas vacuolizações nas células da camada queratinizada (setas e asteriscos); 3A/3B) tratamento com palma IPA-Sertânia apresentando poucas células vacuolizadas; 4A/4B) tratamento com palma Orelha de Elefante Mexicana apresentando acentuadas vacuolizações nas células da camada de queratina (setas e asteriscos); hematoxilina-eosina.

Fonte: Silva et al. (2020a)

Em recente estudo, Barboza et al. (2019), ao avaliar parâmetros histológicos do sistema digestivo de ovinos com idade entre 6 e 8 meses submetidos a dietas com feno da folha da mandioca e sua associação com palma forrageira, verificaram maior altura

papilar nos animais que receberam a dieta contendo feno da parte aérea da mandioca mais palma forrageira (1971,3 μm), atribuindo esse achado a maior produção de propionato durante a fermentação ruminal, em razão da maior concentração de CNF na dieta com palma. Além disso, observaram maior espessura na camada de queratina com a inclusão da palma forrageira e relacionaram ao efeito citotóxico dos oxalatos sobre a mucosa ruminal.

Por outro lado, Lima et al. (2018) reportaram que a adição de palma forrageira cv. Baiana (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) em até 45,0% da dieta de ovinos com 5 meses de idade resultou em redução linear ($P=0,001$) na altura das papilas ruminais e camada muscular, associando esses resultados à baixa ingestão de FDN. Adicionalmente, especularam que a diminuição na altura papilar pode ter ocorrido pela maior produção de acetato, uma vez que a palma contém grande quantidade de pectina e seu metabolismo ruminal produz maior proporção de acetato.

O consumo de dietas contendo palma forrageira também pode proporcionar alterações em parâmetros histológicos do epitélio intestinal de ruminantes. Lima et al. (2018) relataram aumento linear ($P=0,006$) na altura das vilosidades intestinais de ovinos: 540, 780, 590 e 740 μm com a inclusão de 0, 15, 30 e 45% de palma Miúda, respectivamente. Os autores justificaram esse comportamento como uma compensação intestinal frente à diminuição linear na altura das papilas ruminais, sendo esse mecanismo uma maneira encontrada pelo organismo de equilibrar a absorção de nutrientes. Em oposição, Barboza et al. (2019) não constataram influência da palma forrageira na altura das vilosidades intestinais, mas verificaram que a profundidade das criptas foi maior nas dietas com palma forrageira, o que poderia estar relacionado com a abrasão provocada por fatores antinutricionais presentes nesse alimento, como os oxalatos.

Apesar dos resultados contrastantes e das alterações teciduais observadas, os estudos supracitados sugerem a palma forrageira como opção alimentar para ovinos, pois as modificações na morfologia estomacal e intestinal não chegaram a afetar o desempenho produtivo. Dessa forma, investigações científicas com tempo mais prolongado de fornecimento de dietas à base de palma forrageira seriam oportunas, com

vistas à análise dos efeitos crônicos desse alimento como ingrediente dietético para pequenos ruminantes.

1.8. Influência da palma forrageira sobre aspectos histológicos do fígado

O fígado é um órgão que exerce funções cruciais, dentre as quais se destacam a produção e secreção biliar, excreção de substâncias tóxicas ao organismo, além de sua influência no metabolismo animal (BERNE e LEVY, 2009). Analisando a utilização de diferentes genótipos de palma forrageira na dieta de ovinos sobre parâmetros histomorfométricos e histopatológicos do fígado, Silva (2017a) verificou que o parênquima hepático apresentava como achados mais marcantes: necrose de coagulação pericentro lobular, congestão da tríade portal hepática e hiperplasia do ducto biliar (Tabela 5), associando a ocorrência dessas lesões aos níveis de HCN e de oxalatos totais contidos nas dietas testadas.

Tabela 5. Lesões histopatológicas do parênquima hepático de ovinos alimentados com palma forrageira.

Lesões	Dietas			
	Controle	Miúda	IPA-Sertânia	O.E.M. ¹
	Intensidade			
Hipertrofia de hepatócitos	+	+	+	++
Congestão da tríade portal hepática	++	+++	+++	+
Hepatite focal crônica	+	+	+	-
Atrofia do cordão dos hepatócitos	+	+	+	+
Estreitamento dos capilares sinusoides	+	++	+	-
Necrose de coagulação pericentrolobular	++	+++	+++	+++
Dilatação dos capilares sinusoides	-	+	+	+
Esteatose	-	+	+	-

¹Palma Orelha de Elefante Mexicana; Notas: (+) lesão discreta, (++) lesão moderada, (+++) lesão intensa, (-) ausente.

Fonte: Silva (2017a)

De acordo com Mariz et al. (2006), considerando que o fígado é responsável pelo metabolismo animal, a presença de compostos antinutricionais em ingredientes

dietéticos pode causar alterações na condição hepática e assim diminuir o estoque de glicogênio. Barboza et al. (2019) analisou a ocorrência de alterações histológicas nos sistemas digestório e renal de ovinos alimentados com dietas baseadas em feno de capim Tifton, feno da parte aérea da mandioca, feno de Tifton+feno da parte aérea da mandioca, feno de Tifton+palma forrageira e feno da parte aérea da mandioca+palma forrageira. Os autores não observaram diferença significativa no índice de armazenamento de glicogênio hepático dos animais submetidos as diferentes dietas experimentais, cujos valores médios foram de 1,07; 1,35; 1,07; 1,39 e 1,10, respectivamente.

Esses resultados indicam que a participação da palma forrageira na dieta de pequenos ruminantes não provoca prejuízos marcantes ao parênquima hepático, sendo possível seu fornecimento a animais confinados por períodos curtos. Todavia, estudos que objetivam averiguar os efeitos da ingestão dessa cactácea por um maior período tornam-se necessários.

1.9. Diurese e condição renal de ovinos alimentados com palma forrageira

As concentrações de alguns metabólitos no sangue e na urina são importantes indicadores da função renal em humanos e animais, a exemplo dos teores de ureia, creatinina e albumina. De acordo com Braun et al. (2003), a creatinina é produzida pela degradação da creatina e fosfato de creatina, presentes principalmente nos músculos esqueléticos. Os níveis sanguíneos de creatinina refletem a taxa de filtração glomerular, de modo que valores altos desse analito sinalizam deficiência na funcionalidade renal. A ureia, por sua vez, representa um dos principais produtos do metabolismo proteico, sendo sintetizada no fígado e distribuída por todos os fluidos do corpo. Em casos de desidratação, ocorre elevação nos níveis sanguíneos de ureia, assim como são observadas diminuições em animais excessivamente hidratados (CIRIO et al., 2000).

O teor de albumina configura outro importante parâmetro utilizado na avaliação da função dos rins, sendo esta a proteína mais abundante no plasma, que é sintetizada no fígado e contribui em 80% para osmolaridade do plasma sanguíneo, além de representar uma importante reserva proteica. Em casos de doenças renais, as lesões glomerulares e tubulares causam aumento da filtração das proteínas plasmáticas e diminuição da

reabsorção destas, provocando hipoalbuminemia (DUSSE et al., 2018). A concentração de albumina sérica juntamente com a presença de proteínas na urina são biomarcadores de alteração na função renal. Para Alves (2004), a análise de proteínas totais e albumina na urina são relevantes marcadores laboratoriais de lesão do parênquima renal. Além disso, avaliação da relação albumina/creatinina (ou proteínas totais/creatinina) tem sido recomendada.

Estudos com caprinos e ovinos submetidos a dietas contendo palma forrageira, tanto fresca quanto na condição de farelo ou de silagem, mostraram que a palma forrageira causa aumento da diurese, em função do aporte hídrico proporcionado pelo consumo de palma, da presença de oxalatos e de altos teores de potássio nesse recurso forrageiro, porém sem comprometimento da função renal (Tabela 6).

Tabela 6. Produção de urina por caprinos e ovinos alimentados com palma forrageira.

Espécie animal	Genótipo	Palma (%)	Volume urinário (L/dia)	Referência
Caprina	Gigante ¹	37	3,09	Vieira et al. (2008b)
		47	3,01	
		57	4,39	
		67	4,71	
		77	4,66	
Caprina	Miúda ²	80	2,98	Lopes et al. (2019)
		65	3,45	
		50	2,68	
		34	2,52	
Caprina	Gigante ¹	0	0,29 [#]	Albuquerque et al. (2020)
		21 [*]	0,55 [#]	
		42 [*]	1,16 [#]	
Ovina	O.E.M. ³	0	0,35	Silva (2018)
		12,1	0,71	
		24,5	0,82	
		37,1	0,86	
		50	1,30	
Ovina	Miúda ²	0	1,20	Cardoso et al. (2019)
		15	1,36	
		30	1,42	
		45	1,70	
Espécie animal	Genótipo	Dietas	Volume urinário (L/dia)	Referência
Ovina	Miúda ²	FT ⁴	1,19	Pordeus Neto et al. (2016)
		FT + FP ⁵	1,13	
		FT + PF ⁶	3,13	
		FP ⁷	1,66	
		PF ⁸	4,01	

¹*Opuntia ficus-indica* Mill; ²*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck; ³Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw); ⁴feno de capim Tifton; ⁵feno de capim Tifton + farelo de palma; ⁶feno de capim Tifton + palma fresca; ⁷farelo de palma; ⁸palma fresca; ^{5,6}dietas com 37,1% de farelo de palma ou palma fresca; ^{7,8}dietas com 74,2% de farelo de palma ou palma fresca; ^{*}Silagem de palma; [#]Kg/dia.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além da perda de água via urina, caprinos e ovinos alimentados com palma forrageira apresentam diarreia osmótica, isto é, aumento no teor de umidade das fezes, sem caracterizar um quadro patológico. Esse efeito laxativo já foi reportado em pesquisas científicas e vem sendo associado a causas como alto nível de magnésio e carboidratos solúveis na palma forrageira (LUCENA, 2011; ANDRADE et al., 2016; PORDEUS NETO et al., 2016). Ademais, Silva et al. (2020b) observaram alterações histopatológicas no ceco e cólon de ovinos recebendo genótipos de palma forrageira na

dieta, sendo as palmas Miúda e O.E.M. responsáveis por ocasionar maior predomínio de infiltrados inflamatórios, o que pode diminuir a eficiência de absorção de água pelo intestino grosso e, assim, otimizar a ocorrência de fezes amolecidas.

Segundo Henriques et al. (2016), a dosagem quantitativa de ureia e creatinina não é indicada como prova precoce de alteração da função glomerular, pois os seus níveis séricos só se alteram quando 3/4 do parênquima renal já se encontra comprometido, sendo então fundamentais as avaliações teciduais. São escassos os trabalhos na literatura que abordam parâmetros histopatológicos e histomorfométricos dos rins de pequenos ruminantes alimentados com palma forrageira, fato que enfatiza a necessidade de mais estudos sobre o assunto.

Lucena et al. (2018) ao investigar a influência de dietas contendo palma forrageira fresca ou desidratada sobre o parênquima renal de ovinos por meio de análise histopatológica, relacionaram o uso desse recurso forrageiro na ração com o surgimento de lesões glomerulares (atrofia), nefrose e acúmulo de restos celulares, além de calcificação distrófica intratubular e intersticial. Por outro lado, concluíram que o fornecimento de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) por até 60 dias não provoca lesões marcantes no parênquima renal de ovinos, podendo ser utilizada como alternativa alimentar, tanto *in natura* como desidratada.

Ao associar palma forrageira com feno de Tifton ou feno da parte aérea da mandioca, Barboza et al. (2019) constataram que essas dietas levaram a elevação da congestão aguda nos rins e vacuolização das células dos túbulos renais contorcidos, além de aumentar a presença de proteína intratubular e causar necrose renal moderada (Tabela 7).

Tabela 7. Alterações histopatológicas observadas nos rins de ovinos submetidos a dietas com feno de Tifton, parte aérea da mandioca e palma forrageira.

Variáveis	Dietas				
	FT	FPAM	FT+FPAM	FT+PF	FPAM+PF
Congestão	+	+++	++	++	+++
Vacuolização	+	++	++	+++	+++
Proteína intratubular	+	+	+	+++	+
Necrose	-	+	+	++	++

FT = feno de capim Tifton; FPAM = feno da parte aérea da mandioca; PF = palma forrageira; (-) Ausente; (+) Leve; (++) Moderado; (+++) Agudo.

Fonte: Barboza et al. (2019)

Com base nesses resultados, os autores concluíram que a palma forrageira é uma opção alimentar viável, mas que pode levar a algumas alterações histológicas nos rins, porém sem afetar o desempenho zootécnico dos ovinos que a recebem por até 75 dias.

Referências bibliográficas

- AGUILAR, V.V. Calcium availability in specific foods: milk and dairy products, legumes, vegetables, cereals, baked goods and cooked meals. In: **Calcium: Chemistry, Analysis, Function and Effects**; Preedy, V.R., Ed.; Royal Society of Chemistry: London, UK, 2015. 650p.
- ALBUQUERQUE, I.; et al. Performance, body water balance, ingestive behavior and blood metabolites in goats fed with cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) silage subjected to an intermittent water supply. **Sustainability**, v. 12, n. 2881, p. 1-15, 2020.
- ALVES, M. A. R. Diagnóstico de doença renal crônica: avaliação de proteinúria e sedimento urinário. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 26, n. 3 (Supl.1), p. 6-8, 2004.
- AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.
- ANDRADE, D. R.; et al. Teores de cálcio e fósforo na parte aérea da palma forrageira cv. Gigante sob diferentes cultivos em Quixadá-CE. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Fortaleza, 2015. **Anais...** ABZ, Fortaleza. 2015. (CD-ROM).

ANDRADE, S. F. J.; et al. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 155-161, 2016.

ARAÚJO, P. B.; et al. Efeito da substituição do feno de capim tifton (*Cynodon spp*) por casca de mamona (*Ricinus communis*) em dietas a base de palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) sobre o metabolismo energético, protéico e mineral em ovinos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 34, n. 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**. Paraíba: SEBRAE, p.s/n. (Estudo da FAO em Produção Vegetal, 132), 2001. 216p.

BARBOZA, S. C. R.; et al. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1689-1697, 2019.

BARROS, L. J. A.; et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 1, p. 149-154, 2018.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 189, n. 2, p. 123-126, 2003b.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, p. 440-445, 2003a.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN SALEM, L. Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus-indica* F. *Inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 96, n. 1-2, p. 15-30, 2002.

BERNE, R.B.; LEVY, M.N. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 6 ed., 2009. 864p.

BIRGEL JUNIOR, E. H.; et al. Avaliação da influência da gestação e do puerpério sobre a função hepática de bovinos da raça Holandesa. **Ars Veterinária**, v. 19, n. 2, p. 172-178, 2003.

BISPO, S. V.; et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.

BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; HEAD, T. A. . The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. **Journal of Agriculture Science**, v. 99, n. 3, p. 533-539, 1982.

BRAUN, J. P.; LEFEBVRE, H. P.; WATSON, A. D. Creatinine in the dog: a review. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 32, n. 4, p. 162-179, 2003.

BRITTON, R.; STOCK, R. **Acidosis: A continual problem in cattle fed high grain diets**. In: Proceeding Cornell Nutrition Conference Feed Manufacture. Cornell University. Ithaca, N.Y. p. 8-15. 1989.

CALDEIRA, R. M.; et al. The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. **Small Ruminant Research**, v. 68, n. 3, p. 233-241, 2007.

CARDOSO, D. B.; et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.

CAVALCANTI, M. C. A.; et al. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CIRIO, A.; et al. Determination of parotid urea secretion in sheep by means of ultrasonic flow probes and a multifactorial regression analysis. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 471-476, 2000.

CONCEIÇÃO, M. G.; et al. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 10, p. 1627-1634, 2018.

CORDOVA-TORRES, A. V.; et al. Nutritional composition, *in vitro* degradability and gas production of *Opuntia ficus indica* and four other wild cacti species. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2S, p. 42-54, 2015.

CORREIA, F. R. **Perfil endócrino, metabólico, composição de leite e taxa de prenhez de vacas girolanda recebendo dieta com gordura protegida**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), 2016.

COSTA, C. T. F.; et al. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Science**, v. 188, p. 55-60, 2016.

COSTA, R. G.; et al. Effects of increasing level of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v. 82, p. 62-65, 2009.

- COSTA, R. G.; et al. Consumo de água de ovinos alimentados com diferentes níveis de nopal (*Opuntia ficus indica*) em Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 301-304, 2012.
- COSTA, R. G.; et al. Feeding behavior and performance of sheep fed cactus pear in substitution of corn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 11, p. 785-791, 2013.
- COSTA, S. F.; et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. Aspectos ultra-estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 10-18, 2008.
- CRUZ, A. A. C.; et al. Sugarcane and cactus cladodes plus urea: a new option for Girolando dairy heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. e.20200016, 2020. doi.org/10.37496/rbz4920200016
- CRUZ, S. E. S. B. S.; et al. Caracterização dos taninos condensados das espécies maniçoba (*Manihot pseudoglazovii*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa*, L) e jureminha (*Desmanthus virgatus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1038-1044, 2007.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 4 ed., 1992. 1137p.
- CYMBALUK, N. F.; MILLAR, J. O. ; CHISTENSEN, O. A. Oxalate concentration in feeds and its metabolism by ponies. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 66, p. 1107-1116, 1986.
- DANTAS, A. C.; et al. Perfil enzimático (AST, GGT e FA) de ovinos recebendo dieta com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) *in natura* ou desidratada. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, p. 385-388, 2011.
- DESSIMONI, G. V.; et al. Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 3, p. 51-55, 2014.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae (ISHS)**, v. 1, p. 181-186, 2015.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.
- DUSSE, L. M. S.; et al. Biomarcadores da função renal: do que dispomos atualmente? **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 49, p. 41-51, 2018.
- EDVAN, R. L.; et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v. 10, n. 10040, 2020.

EL-MOSTAFA, K.; et al. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. **Molecules**, v. 19, n. 9, p. 14879-14901, 2014.

FELIX, S. C. R.; et al. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 2, p. 465-468, 2016.

FERRAZ, R. L. S.; et al. Composição mineral da palma forrageira variedade baiana sob níveis de reposição de água no solo. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 3 p. 319-328, 2020.

FERRAZ, L. V.; et al. Cassava dreg as replacement of corn in goat kid diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 2, p. 309-315, 2018.

FOTIUS, A. C. A.; et al. Estratégia de nutrientes para ovinos em distintas sequências de fornecimento alimentar em dieta à base de palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 504-516, 2014.

FRUTOS, P.; et al. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v. 95, n. 3-4, p. 215-226, 2002.

GERMANO, R. H; et al. Avaliação da composição química e mineral de cactáceas no semiárido Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v. 20, n. 1, p. 51-57, 1999.

GÓES NETO, P. E. **Desempenho de cabras leiteiras alimentadas com diferentes espécies de cactáceas**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 58f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), 2014.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: I SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, Porto Alegre, 2003. **Anais...** Porto Alegre, 2003. (CD-ROM).

GONZÁLEZ, F. H. D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S. (Eds.) **Perfil metabólico em ruminantes: Seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, 2000. p. 63-74.

GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS; 2006. p. 318-37.

GOUVEIA, L. N. F.; et al. Perfil metabólico de ovinos em crescimento alimentados com dietas constituídas de feno ou silagem de maniçoba e palma forrageira. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, supl. 1, p. 5-9, 2015.

- GOUVEIA, L. N. F.; et al. Metabolic profile and renal function of lambs fed with maniçoba hay replacement by spineless cactus. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 4, p. 41-51, 2019.
- GUSHA, J.; et al. 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.
- HAQUE, M. R.; BRADBURY, J. H. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. **Food Chemistry**, v. 77, p. 107-114, 2002.
- HENRIQUES, L. C. S.; et al. Avaliação dos fatores etários sobre a função renal de ovelhas Santa Inês. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 642-646, 2016.
- INÁCIO, J. G.; et al. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets added to concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 35-43, 2019.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6 ed. Academic Press: New York, 2008. 896p.
- KRAUSE, K. M.; OETZEL, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, n. 3-4, p. 215-236, 2006.
- KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. Estado nutricional do indivíduo. In: KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. (Org.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca; 2005. p. 192-236.
- LIBERT, B.; FRANCESCHI, V. R. Oxalate in crop plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, p. 926-938, 1987.
- LIMA, A. G. V. O.; et al. Produção de leite e custos da alimentação de cabras alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em substituição ao farelo de milho. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 12, n. 1, p. 68-71, 2010.
- LIMA, E. H. F.; et al. Efeito da monensina sódica sobre o perfil metabólico de ovelhas antes e após o parto. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 105-118, 2016.
- LIMA, T. J.; et al. Ruminal and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 2, p. 363-368, 2018.
- LINS, S. E. B.; et al. Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2016.

- LIRA, J. T. **Palma forrageira e ureia em substituição ao feno de Tifton na alimentação de ovinos**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2013.
- LOPES, E. B.; et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.
- LOPES, L. A.; et al. Replacement of tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) for dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 156, p. 7-11, 2017.
- LOPES, L. A.; et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em cabras leiteiras alimentadas com feno de alfafa e palma forrageira. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 13, n. 4, p. 583-590, 2019.
- LOPES, L. A.; et al. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 8, p. 1284-1291, 2020.
- LUCENA, R. B. **Utilização da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* 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.
- LUCENA, R. B.; et al. Histopatologia dos rins de ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) *in natura* e desidratada. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, Supl., p. 408-410, 2018.
- MACIEL, L. P. A. A.; et al. Intake, digestibility and metabolism in sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1717-1723, 2019.
- MARIZ, S. R.; et al. Estudo toxicológico do extrato etanólico de partes aéreas de *Jatropha gossypifolia* L. em ratos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 16, n. 3, p. 372-378, 2006.
- MAYER, J. A.; CUSHMAN, J. C. Nutritional and mineral content of prickly pear cactus: A highly water-use efficient forage, fodder and food species. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 00, p. 1-10, 2019.
- MEDEIROS, R. M. T.; et al. Intoxicação por nitratos e nitritos em bovinos por ingestão de *Echinochloa polystachya* (capim-mandante) e *Pennisetum purpureum* (capim-elefante) no sertão da Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 17-20, 2003.
- MONTEIRO, C. C. F.; et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v. 59, n. 3, p. 479-485, 2018.

MONTEIRO, M. R. P.; et al. Qualidade proteica de linhagens de soja com ausência do inibidor de tripsina kunitz e das isoenzimas lipoxigenases. **Revista Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.

MORAES, A. C. A. **Valor nutritivo de diferentes variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 69f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2012.

MORAES, T. M.; et al. Fenóis totais em função do solvente em variedades de palma forrageira. In: XII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, Recife, 2012. **Anais...** UFRPE, Recife. 2012. (CD-ROM)

MORAES, A. C. A.; et al. Comportamento seletivo de ovinos alimentados com seis diferentes variedades de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, Recife, 2009. **Anais...** UFRPE, Recife, 2009. (CD-ROM)

MORAES, G. S. O.; et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? **Livestock Science**, v. 221, p. 133-138, 2019.

NEIVA, G. S. M.; et al. Mucous membrane of the rumen of ovines, fed with spineless, forrage cactus or palm (Barbary fig) (*Opuntia ficus indica* Mil): histochemical study by means of light microscopy. **International Journal of Morphology**, v. 24, n. 4, p. 723-728, 2006.

NEVES, R. S. **Substituição do farelo de soja por ureia em dietas a base de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) para cabras em lactação**. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2016.

NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A. **Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 39p. (DOCUMENTOS 115).

NUNES, V. X.; et al. Physico-chemical characterization of prickly pear (*Opuntia Ficus indica*) in the semi-arid region of Bahia State, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 3537-3541, 2017.

OLIVEIRA, J. P. F.; et al. Spineless cactus as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 1, p. 139-144, 2017.

OWENS, F. N.; et al. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**. v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

PAULA, T. A.; et al. Concentrate levels associated with a new genotype of cactus (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) cladodes in the diet of lactating dairy cows in a semi-arid region. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 10, p. 1251-1258, 2019.

PAYNE, J. M.; PAYNE, S. **The Metabolic Profile**. Oxford University Press, Oxford. 1987. 179p.

PEIXOTO, L. A. O.; OSÓRIO, M. T. M. Perfil metabólico proteico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 299-304, 2007.

PENNER, G. B.; et al. Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 4, p. 1108-1119, 2011.

PEREIRA, E. S.; et al. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PESSOA, D. V.; et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, 2020. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104243

PORDEUS NETO, J.; et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016.

RADOSTITS, O. M.; et al. **Clínica Veterinária: um tratado de doenças de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e equídeos**. 9 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 1737p.

RAHMAN, M. M.; ABDULLAH, R. B.; WAN KHADIJAH, W. E. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 605-614, 2013.

REKIK, M.; et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**, v. 90, n. 1-3, p. 53-57, 2010.

RIBEIRO, V. L. **Utilização do feno de erva sal (*Atriplex nummularia* Lind) e farelo de milho em substituição à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) em dieta para ovinos**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2009.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2012.

SANTOS, D. C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones de palma forrageira** *Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 1992.

SANTOS, D. C.; et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SANTOS, K. L. L.; et al. Balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 3, p. 546-559, 2009.

SILVA, A. L. L.; et al. Avaliação da atividade antibacteriana, citotóxica e antioxidante da espécie vegetal *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 307-315, 2016.

SILVA, E. T. S.; et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 761-767, 2017.

SILVA, M. P. **Balanço de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos alimentados com palma orelha-de-elefante-mexicana** (*Opuntia stricta* Haw). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2018.

SILVA, R. C.; et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.

SILVA, S. M. C. **Histopatologia e morfometria do fígado de ovinos alimentados com palma forrageira resistente à cochonilha do carmim**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2017a.

SILVA, T. G. P. **Histomorfometria do epitélio ruminal e reticular de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2017b.

SILVA, T. G. P.; et al. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 3, p. 1299-1307, 2020a.

SILVA, T. G. P.; et al. Alterações histopatológicas no intestino grosso de ovinos alimentados com palma forrageira. In: I WEBINÁRIO DE CIÊNCIA ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, Petrolina, 2020. **Anais...** UNIVASF, Petrolina, 2020b.

- SILVA, V. L.; et al. Caracterização físico-química e bioquímica do farelo de palma forrageira redonda (*Opuntia ficus*) utilizado na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v. 5, n. 2, p. 1-13, 2011.
- SIQUEIRA, M. C. B.; et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, p. 13-22, 2018.
- SIQUEIRA, T. D. Q.; et al. Cactus cladodes associated with urea and sugarcane bagasse: an alternative to conserved feed in semi-arid regions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 7, p. 1975-1980, 2019.
- SOUSA, A. P. F. **Palma forrageira adubada e irrigada no sertão paraibano**. Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2015.
- SOUZA, J. S. R. **Produção e composição do leite de cabras saanen alimentadas com diferentes carboidratos associados à ureia**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 69f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2019.
- SOUZA, T. C.; et al. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 555-560, 2017.
- SOUZA, C. M. S.; et al. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma forrageira na dieta na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1146-1153, 2010.
- SOUZA, E. J. O; et al. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Small Ruminant Research**, v. 85, n. 1, p. 63-69, 2009.
- TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-48, 2015.
- TELES, M. M.; et al. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, supl. 2, p. 1992-1998, 2004.
- TORKANIA, C. H.; DOBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 127-138, 2000.
- TOSTO, M. S. L.; et al. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 3, p. 239-249, 2007.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 1994.

VASCONCELOS, A. G. V.; et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

VÉRAS, R. M. L.; et al. Substituição do milho por farelo de palma forrageira em dietas para ovinos em crescimento. Desempenho. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 249-256, 2005.

VIEIRA, E. L. **Adição de fibra em dietas contendo palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) para caprinos**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 65f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2006.

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, p. 199-208, 2008a.

VIEIRA, E. L.; et al. 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. 354-57, 2008b.

CAPÍTULO 2

Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos

Palma forrageira causa lesão intestinal, mas melhora o desempenho de ovinos

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de três variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim sobre o desempenho e a histologia do intestino grosso de ovinos. Foram utilizados quarenta cordeiros, mestiços Santa Inês, machos, com peso médio de $21,0 \pm 2,0$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Os tratamentos experimentais consistiram em uma dieta controle e mais três dietas nas quais parte (750 g/kg) do feno de capim elefante e todo o milho foram substituídos por palma Miúda, IPA-Sertânia ou Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.). No 60º dia após a introdução das dietas testadas foram coletadas amostras de sangue para quantificação dos teores séricos de magnésio (Mg^{2+}). Decorridos 93 dias de confinamento, os animais foram abatidos e fragmentos do ceco e do cólon foram coletados para análise histopatológica. A inclusão da palma Miúda e da palma O.E.M. na dieta causou lesão inflamatória no ceco (100% dos animais) e no cólon (71,43% dos animais) dos ovinos. A ocorrência de infiltrados inflamatórios causada pelas palmas Miúda e O.E.M. foi considerada acentuada ($P=0,009$). Observou-se menor consumo voluntário de água pelos animais submetidos às dietas com palma forrageira ($P<0,001$), com diminuição de até 69,42% entre as dietas com palma O.E.M. e a dieta controle, assim como maiores teores de água nas fezes ($P<0,001$). O coeficiente de correlação entre a matéria seca fecal e a ingestão total de água indicou relação significativa de forte magnitude entre essas variáveis ($P<0,001$; $r=-0,91$). A palma forrageira, sobretudo as variedades Miúda e O.E.M., provoca lesões na morfologia tecidual do ceco e do cólon de ovinos, sem comprometer o desempenho produtivo.

Palavras-chave: cactácea, efeito laxativo, fatores antinutricionais, histologia, inflamação

Cactus cladodes causes intestinal damage, but improves sheep performance

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of three varieties of cactus cladodes resistant to carmine cochineal on the performance and histology of the large intestine of sheep. Forty male crossbred Santa Inês lambs were used, averaging 21.0 ± 2.0 kg body weight, distributed in a completely randomized design, with four treatments and ten repetitions. The experimental treatments consisted of a control diet and three more diets in which part (750 g/kg) of the elephantgrass hay and all the corn were replaced by Miúda cactus cladodes, IPA-Sertânia cactus cladodes or Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) cactus cladodes. On the 60th day after the introduction of the tested diets, blood samples were collected to quantify serum magnesium (Mg^{2+}) levels. After 93 days of feedlot, the animals were slaughtered and fragments of the cecum and colon were collected for histopathological analysis. The inclusion of the Miúda and O.E.M. cactus cladodes in the diet it caused inflammatory lesions in the cecum (100% of the animals) and in the colon (71.43% of the animals) of the sheep. The inflammation in the cecum caused by Miúda and O.E.M. cactus cladodes was considered accentuated ($P=0.009$). Less voluntary water intake was observed for animals submitted to diets with cactus cladodes ($P<0.001$), with a decrease of up to 69.42% among diets with O.E.M. cactus cladodes and the control diet, as well as higher water content in the feces ($P<0.001$). The correlation coefficient between fecal dry matter and total water intake indicated a significant relationship of strong magnitude between these variables ($P<0.001$; $r=-0.91$). The cactus cladodes, especially the Miúda and O.E.M. varieties, causes lesions in the tissue morphology of the cecum and colon of sheep, without compromising productive performance.

Key words: antinutritional factors, cactaceae, histology, inflammation, laxative effect

INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm apontado a palma forrageira (*Opuntia* ou *Nopalea*) como alimento rico em carboidratos não fibrosos (CNF) e água (BATISTA et al., 2009; CARDOSO et al., 2019; PESSOA et al., 2020), com potencial para substituir concentrados energéticos, como o milho (COSTA et al., 2013) e até mesmo possibilitar ganho de peso satisfatório por ovinos, sem fornecimento adicional de água via bebedouro (CORDOVA-TORRES et al., 2017).

De acordo com Rocha Filho et al. (2021), a palma forrageira representa uma alternativa à utilização descontrolada da vegetação natural pela pecuária em áreas semiáridas. Nesse sentido, a escolha de variedades imunes ou resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) configura a melhor maneira de evitar a perda dos palmais (VASCONCELOS et al., 2009).

A participação de altos níveis de palma forrageira na dieta ou quando fornecida como alimento único pode desencadear problemas digestivos em ruminantes, como distensão ruminal e diarreia (GEBREMARIAM et al., 2006; WAAL et al., 2006). Essas alterações apresentam relação com peculiaridades nutricionais desse alimento, como expressivas concentrações de carboidratos de alta fermentação e, por conseguinte, elevadas taxas de degradabilidade ruminal e passagem (BATISTA et al., 2009; COSTA et al., 2016).

Andrade et al. (2016), avaliando a substituição de feno de capim tifton por palma forrageira *in natura* ou desidratada na alimentação de ovinos, verificaram menor teor de matéria seca nas fezes dos animais submetidos a dieta contendo farelo de palma forrageira, demonstrando assim que não é o conteúdo hídrico o responsável pela ocorrência de fezes aquosas. De acordo com Davenport (1978), o efeito laxativo pode estar relacionado ao consumo de magnésio (Mg^{2+}), elemento mineral encontrado em alta concentração na palma forrageira (BATISTA et al., 2003; SANTOS et al., 2009; MAYER e CUSHMAN, 2019).

Ressalta-se que teores consideráveis de oxalatos têm sido observados em diferentes variedades de palma forrageira (BATISTA et al., 2009; REKIK et al., 2010; SILVA et al., 2020). Segundo Krause e Mahan (2005) e Tadele (2015), o ácido oxálico ou oxalato de cálcio, além de outros transtornos ao organismo, pode causar irritações intensas na mucosa intestinal. Com base nas evidências científicas supracitadas e tendo

em vista que o intestino grosso exerce grande influência no processo absorptivo da água ingerida e daquela proveniente de secreções digestivas, estudos científicos que objetivem investigar parâmetros histológicos desse órgão tornam-se fundamentais.

Diante do exposto, levando-se em consideração a composição química e características nutricionais, além da presença de fatores antinutricionais na palma forrageira, hipotetizou-se que a participação dessa cactácea na dieta provoca alterações histológicas no intestino grosso de ovinos. Assim, objetivou-se investigar o efeito de três variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) sobre o desempenho e a histologia do intestino grosso de ovinos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

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 142/2018. O estudo foi conduzido no Departamento de Zootecnia (DZ) da UFRPE, Recife, Brasil.

Animais, dietas experimentais e manejo

O experimento envolveu 40 ovinos machos, mestiços Santa Inês, não castrados, com peso corporal inicial médio de $21,0 \pm 2,0$ kg e cerca de seis meses de idade. Os animais foram confinados em baias individuais, contendo comedouro e bebedouro, sendo identificados, vacinados contra clostridioses e tratados contra endo e ectoparasitas. O período experimental teve duração de 93 dias, dos quais 30 dias foram destinados à adaptação dos animais às condições experimentais e 63 dias para coleta de dados e amostras. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 10 repetições.

Foram formuladas quatro dietas experimentais, sendo uma dieta considerada controle (sem palma forrageira) e mais três dietas nas quais parte do feno de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e todo o milho moído foram substituídos por uma das seguintes variedades de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*): Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), IPA-Sertânia

(*Nopalea* sp.) ou Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) (*Opuntia stricta* Haw). As dietas foram formuladas visando ganho de aproximadamente 200 g/dia, baseadas no NRC (2007). Os ingredientes usados foram: feno de capim elefante, palma forrageira, farelo de soja, milho moído, sal mineral, ureia pecuária, sulfato de amônio e fosfato bicálcico (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição bromatológica de ingredientes de dietas para ovinos (g/kg de MS).

Item	Feno de CE ^a	Palma Miúda	Palma IPA-S. ^b	Palma O.E.M. ^c	Farelo de Soja	Milho moído	Sal Mineral	Ureia pecuária	Sulfato de amônio	Fosfato bicálcico	Água (mg/L)
Matéria seca ^d	931	118	144	117	899	885	990	980	*	*	*
Cinzas	112	110	106	111	87	14	*	*	*	*	*
Proteína bruta	57	57	57	59	533	86	*	2810	*	*	*
Extrato etéreo	21	26	28	31	18	49	*	*	*	*	*
FDN _{cp} ^e	724	259	253	243	148	156	*	*	*	*	*
CNF ^f	76	548	555	556	213	693	*	*	*	*	*
Oxalatos totais	0,97	1,77	2,08	2,57	1,40	0,91	*	*	*	*	*
Magnésio	3,40	12,18	9,66	9,92	4,02	1,13	4,92	0,05	0,04	5,97	6,41

^aCE = capim elefante; ^bIPA-S. = IPA-Sertânia; ^cO.E.M. = orelha de elefante mexicana; ^dg/kg de matéria natural; ^eFDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; ^fCNF = carboidratos não fibrosos.

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

Ingredientes (g/kg)	Dietas			
	Controle	Miúda	IPA-S. ^a	O.E.M. ^b
Feno de capim elefante	700	250	250	250
Palma Miúda	-	530	-	-
Palma IPA-Sertânia	-	-	530	-
Palma Orelha de Elefante Mexicana	-	-	-	530
Farelo de soja	150	200	200	200
Milho moído	132,5	-	-	-
Ureia pecuária	6,5	4,5	6	-
Sulfato de amônio	0,5	0,5	0,5	1
Sal mineral ¹	9	10	10	10
Fosfato bicálcico	1,5	5	3,5	9
Total	1000	1000	1000	1000
Composição das dietas (g/kg de MS)				
Matéria seca ^c	920,66	199,89	238,56	198,37
Cinzas	93,31	103,70	101,58	104,23
Proteína bruta	149,51	163,71	167,92	152,12
Extrato etéreo	23,89	22,63	23,69	25,28
FDNcp ^d	549,67	347,87	344,69	339,39
CNF ^e	176,97	352,04	355,75	356,28
Nutrientes digestíveis totais	409,87	593,74	603,76	546,28
Oxalatos totais	1,01	1,46	1,62	1,88
Magnésio	3,19	8,19	6,84	7,01

^aIPA-S. = IPA-Sertânia; ^bO.E.M. = orelha de elefante mexicana; ^cg/kg de matéria natural; ^dFDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; ^eCNF = carboidratos não fibrosos; ¹Níveis de garantia fornecidos pelo fabricante: Cálcio = 120 g, Fósforo = 87 g, Sódio = 147 g, Magnésio = 1300 mg, Enxofre = 18g, Cobre = 590 mg, Cobalto = 40 mg, Cromo = 20 mg, Ferro = 1800 mg, Iodo = 80 mg, Molibdênio = 300 mg, Selênio = 15 mg, Zinco = 3800 mg, Flúor = máx. 870 mg.

As variedades de palma forrageira, provenientes da fazenda Várzea Alegre, localizada no município de Pesqueira, Agreste pernambucano, foram colhidas com cerca de dois anos de crescimento e trituradas diariamente em máquina forrageira estacionária, enquanto que o feno de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi confeccionado na Estação Experimental de São João do Cariri, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sendo processado em máquina forrageira estacionária passando por peneira com crivo de 8 mm. O arrazoamento foi realizado as

8h (60%) e 15h (40%) e as quantidades dos alimentos ofertados e das sobras foram mensurados diariamente para cálculo do consumo voluntário, mantendo-se um nível de 15,0% de sobras. Os consumos de matéria seca e dos nutrientes foram calculados mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e refugadas.

O fornecimento de água foi *ad libitum*, sendo a ingestão voluntária quantificada diariamente a partir da diferença entre a quantidade de água ofertada e a sobra, com desconto da água evaporada. Para obtenção da taxa de evaporação, foram empregados quatro baldes com a mesma quantidade de água, distribuídos no galpão experimental. Por diferença de peso em 24 horas, quantificou-se a perda média por evaporação.

Coleta, processamento e análise de alimentos, sobras, fezes e água

Semanalmente, foram coletadas amostras de alimentos, sobras e água, sendo acondicionadas em potes plásticos a -20°C. Para determinação da matéria seca (MS) fecal e estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), do 40º ao 47º dia após a introdução das dietas experimentais, as fezes foram obtidas pelo método de coleta total, sendo três dias de adaptação às bolsas coletoras e cinco de coleta de material fecal. O esvaziamento das bolsas foi realizado a cada oito horas, seguido da homogeneização e pesagem das fezes, com retirada de amostras de 10% do total de material produzido.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pressecas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C, por 72 horas. Em sequência, foram processadas em moinho de facas tipo Wiley (TE-648–Tecnal®), passando por peneira de crivos de 1 mm, acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e previamente identificados. As amostras foram analisadas para matéria seca (método 934.01), cinzas (método 942.05), proteína bruta (PB, Kjeldahl N \times 6,25; método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.39) conforme descreve a AOAC (1990).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas de acordo com as recomendações de Van Soest et al. (1991) adaptadas por Detmann et al. (2012). Os teores de FDN foram corrigidos para cinzas residuais (método INCT-CA M-002/1) de acordo com Detmann et al. (2012) e para compostos nitrogenados segundo Licitra et al. (1996). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010). Para estimativa do NDT, foi utilizada a equação proposta por Weiss (1999). A determinação dos oxalatos totais foi realizada

conforme Moir (1953). Todas essas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA/DZ/UFRPE).

Quantificação de magnésio

Para determinação de Mg^{2+} na água e nos alimentos, as amostras, exceto as de água, foram submetidas à digestão nítrica (HNO_3 65%) em micro-ondas (modelo Mars[®] Xpress: Technology Inside, CEM Corporation), com posterior diluição empregando-se água de Milli-Q, no Laboratório de Química Analítica do Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE. As concentrações de Mg^{2+} foram determinadas em espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES), modelo Optima 7000 DV (Perkin Elmer, USA), na Central Analítica do Departamento de Química Fundamental (DQF) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Coleta, processamento e análise de sangue e intestino grosso

No 60º dia após o fornecimento das dietas experimentais foram coletadas amostras de sangue através de punção da veia jugular, quatro horas após a alimentação matinal, utilizando-se tubos siliconizados a vácuo (VACUETTE[®], Greiner Bio-One Brasil - Americana, SP) com gel separador de coágulo e sem anticoagulante. As amostras foram acondicionadas imediatamente em recipiente de isopor contendo gelo e, em sequência, centrifugadas a 1600 g por 15 minutos, sendo então as alíquotas de soro acondicionadas em tubos de polietileno (tipo *Eppendorf*) de 2 mL previamente identificados e encaminhadas para análise dos níveis séricos de Mg.

As análises sanguíneas de Mg^{2+} foram realizadas no Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas do Centro de Pesquisa em Caprinos e Ovinos da UFRPE, utilizando-se kit comercial Labtest[®] (LABTEST Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labmax 240[®] (LABTEST[®], Modelo Prestige 24i, Japão), seguindo-se as instruções do fabricante.

Decorridos os dias de confinamento, os animais foram pesados para obtenção do peso corporal final, submetidos a jejum de sólidos por 16 horas e abatidos, seguindo-se as recomendações vigentes (BRASIL, 2000). Após o abate humanitário, foram coletados oito fragmentos do intestino grosso, sendo quatro do ceco e quatro do cólon, de diferentes regiões desses segmentos intestinais. Em sequência, todos os fragmentos

foram imersos em solução de formaldeído a 10% tamponado com fosfato de sódio (0,1 M e pH 7,2).

Após 48 horas de fixação, os fragmentos foram transferidos para álcool etílico a 70% e, posteriormente, desidratados em concentrações crescentes de álcool etílico, diafanizados em xilol, impregnados com parafina líquida em estufa a 58°C e incluídos em parafina. Os blocos foram então cortados em micrótomo rotativo LEICA® Minot, ajustado para cinco micrômetros (μm). As secções foram coradas por Hematoxilina-Eosina (H.E.), seguindo-se protocolo adotado pelo Laboratório de Histologia Animal do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal (DMFA) da UFRPE.

Na avaliação tecidual, com utilização de microscópio óptico Leica® DM500, os achados histopatológicos observados no intestino grosso foram analisados quanto ao grau de intensidade e distribuição, com base nos escores apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Escore de lesão para avaliação histopatológica do intestino grosso de ovinos de acordo com o grau de intensidade e distribuição.

Categoria	Escore	Significado
Intensidade	0	Ausente
	1	Discreta
	2	Moderada
	3	Acentuada
Distribuição	0	Ausente
	1	Focal
	2	Focalmente extensa
	3	Multifocal
	4	Multifocal a coalescente
	5	Difusa

Fonte: Elaborada pelo autor.

Análises estatísticas

A análise das variáveis foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se o peso corporal inicial como covariável. Para os dados produtivos, foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As alterações histopatológicas foram avaliadas por distribuição de frequência e inferência estatística, com aplicação do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, adotando-se 5% como nível de significância. Para ambas as avaliações foi utilizado o pacote estatístico do SAS (2002). Adotou-se $P=0,057$ e $P=0,067$ como tendência de diferença significativa.

O software MINITAB versão 17 (2014) foi utilizado para realização da análise de correlação de Pearson entre as variáveis, adotando-se significância de 5%. Para a interpretação da magnitude das correlações foi adotada a seguinte classificação dos coeficientes de correlação: <0,4 (fraca magnitude); >0,4 a <0,5 (moderada magnitude) e >0,5 (forte magnitude).

RESULTADOS

Observou-se maior ingestão de água via alimentos e água total e foram registrados menores valores de ingestão hídrica voluntária quando a palma forrageira participou das dietas, representando redução de até 69,42% entre as dietas controle e a dieta com palma O.E.M. (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de matéria seca e seus componentes, desempenho, ingestão de água e teor sérico de magnésio em ovinos alimentados com palma forrageira.

Parâmetro	Dietas				EPM ^c	P-Valor
	Controle	Miúda	IPA-S ^a	O.E.M. ^b		
CMS ^d (g/dia)	686,00b	1057,20a	1159,00a	1018,25a	47,78	0,001
CMO ^e (g/dia)	608,20b	927,80a	1020,10a	894,88a	42,04	0,001
CPB ^f (g/dia)	99,50c	159,20ab	168,00a	140,12b	6,42	0,001
CFDNcp ^g (g/dia)	361,70	347,80	371,50	324,25	18,76	0,358
CCNF ^h (g/dia)	131,10b	395,60a	451,30a	400,75a	17,95	0,001
Peso corporal inicial (kg)	20,92	20,88	21,01	20,91	0,76	0,938
Peso corporal final (kg)	24,70b	34,07a	34,99a	33,41a	1,02	0,001
Ganho médio diário (g/dia)	60,10b	209,22a	221,90a	198,62a	1,20	0,001
Conversão alimentar	11,48a	5,15b	5,25b	5,23b	0,63	0,001
<i>Água</i>						
Alimentos (kg/dia)	0,05c	4,46a	3,73b	4,67a	0,16	0,001
Voluntária (kg/dia)	1,21a	0,42b	0,67b	0,37b	0,12	0,001
Total (kg/dia)	1,26b	4,88a	4,40a	5,04a	0,19	0,001
<i>Sangue</i>						
Magnésio (mg/dL)	2,26c	4,25a	4,09a	3,60b	0,12	0,001

^aIPA-S = IPA-Sertânia; ^bOEM = Orelha de Elefante Mexicana; ^cEPM = erro padrão da média; ^dCMS = consumo de matéria seca; ^eCMO = consumo de matéria orgânica; ^fCPB = consumo de proteína bruta; ^gCFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; ^hCMS = consumo de carboidratos não fibrosos. Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são estatisticamente diferentes pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O desempenho produtivo dos animais foi semelhante ($P>0,05$) entre as variedades de palma forrageira e menor nos ovinos que receberam a dieta controle (Tabela 3). As dietas contendo as variedades de palma forrageira elevaram os teores de Mg^{2+} sérico dos ovinos, o que representou incremento médio de 76,0% desse mineral no sangue (Tabela 3).

O uso de palma forrageira, independente da variedade, provocou maior predomínio de lesões teciduais no intestino grosso de ovinos, especialmente ocorrência de infiltrados inflamatórios no ceco de 100% dos animais submetidos às dietas com palma Miúda e O.E.M. (Tabela 4).

Tabela 4. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas no ceco de ovinos alimentados com palma forrageira.

Alteração	Dietas			
	Controle n=6	Miúda n=6	IPA-Sertânia n=8	O.E.M. ¹ n=6
Congestão na lâmina própria	0,00 (0/6)	16,67 (1/6)	0,00 (0/8)	0,00 (0/6)
Edema na lâmina própria	33,33 (2/6)	50,00 (3/6)	0,00 (0/8)	50,00 (3/6)
Edema na submucosa	0,00 (0/6)	50,00 (3/6)	12,50 (1/8)	33,33 (2/6)
Infiltrados inflamatórios	66,67 (4/6)	100,00 (6/6)	75,00 (6/8)	100,00 (6/6)
Necrose de glândulas tubulares	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)	25,00 (2/8)	16,67 (1/6)
Necrose na mucosa	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)	25,00 (2/8)	16,67 (1/6)
Perda de epitélio de revestimento	0,00 (0/6)	16,67 (1/6)	25,00 (2/8)	0,00 (0/6)
Perda de glândulas tubulares	0,00 (0/6)	16,67 (1/6)	0,00 (0/8)	33,33 (2/6)

¹palma Orelha de Elefante Mexicana.

As dietas contendo as variedades Miúda e O.E.M. proporcionaram edema na lâmina própria cecal em 50% dos ovinos, assim como maior frequência de edema na submucosa e perda de glândulas tubulares (Tabela 4). Por outro lado, a palma IPA-Sertânia foi responsável por causar inflamação no ceco de 75% dos ovinos e necrose de glândulas tubulares e na mucosa, além de perda do epitélio de revestimento do ceco de 25% dos animais que a receberam como ingrediente dietético (Tabela 4).

As palmas Miúda e O.E.M. provocaram inflamação cecal acentuada nos animais ($P=0,009$), com presença marcante de infiltrados inflamatórios histiolinfoplasmocitários (macrófagos, linfócitos e plasmócitos). Além disso, observou-se tendência ($P=0,067$) de

maior distribuição de edema na submucosa no ceco dos ovinos alimentados com palma Miúda (Tabela 5).

Tabela 5. Medianas da distribuição e intensidade de alterações histopatológicas no ceco de ovinos alimentados com palma forrageira.

Alteração	Diets				Valor de P*
	Controle n=6	Miúda n=6	IPA-S n=8	O.E.M. ¹ n=6	
<i>Distribuição</i>					
Congestão na lâmina própria	0	0	0	0	0,692
Edema na lâmina própria	0	1,5	0	1,5	0,094
Edema na submucosa	0	3	0	0	0,067
Infiltrados inflamatórios	5	5	4	5	0,753
Necrose de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,285
Necrose na mucosa	0	0	0	0	0,585
Perda de epitélio de revestimento	0	0	0	0	0,692
Perda de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,716
<i>Intensidade</i>					
Congestão na lâmina própria	0	0	0	0	0,692
Edema na lâmina própria	0	0,5	0	0,5	0,132
Edema na submucosa	0	0,5	0	0	0,155
Infiltrados inflamatórios	1	2	1	2,5	0,009
Necrose de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,585
Necrose na mucosa	0	0	0	0	0,585
Perda de epitélio de revestimento	0	0	0	0	0,585
Perda de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,252

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; *Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância.

O achado histopatológico de maior destaque no cólon foi a presença de infiltrados inflamatórios linfocitoplasmocitários, sobretudo nos ovinos que consumiram as variedades Miúda e O.E.M. (71,43%) (Tabela 6).

Tabela 6. Frequência relativa (%) e absoluta de lesões histopatológicas no cólon de ovinos alimentados com palma forrageira.

Alteração	Dietas			
	Controle n=10	Miúda n=7	IPA-Sertânia n=9	O.E.M. ¹ n=7
Edema na lâmina própria	10,00 (1/10)	14,28 (1/7)	11,11 (1/9)	14,28 (1/7)
Edema na submucosa	0,00 (0/10)	0,00 (0/7)	0,00 (0/9)	14,28 (1/7)
Fibroplasia periglandular	0,00 (0/10)	14,28 (1/7)	0,00 (0/9)	0,00 (0/7)
Hiperemia	0,00 (0/10)	0,00 (0/7)	11,11 (1/9)	0,00 (0/7)
Infiltrados inflamatórios	40,00 (4/10)	71,43 (5/7)	33,33 (3/9)	71,43 (5/7)
Necrose de glândulas tubulares	0,00 (0/10)	14,28 (1/7)	0,00 (0/9)	0,00 (0/7)
Perda de epitélio de revestimento	0,00 (0/10)	14,28 (1/7)	0,00 (0/9)	14,28 (1/7)

¹palma Orelha de Elefante Mexicana.

Houve tendência ($P=0,057$) de maior distribuição dos infiltrados inflamatórios no cólon dos ovinos que receberam as dietas baseadas em palma Miúda e O.E.M. (Tabela 7).

Tabela 7. Medianas da distribuição e intensidade de alterações histopatológicas no cólon de ovinos alimentados com palma forrageira.

Alteração	Diets				Valor de P*
	Controle n=10	Miúda n=7	IPA-S n=9	O.E.M. ¹ n=7	
<i>Distribuição</i>					
Edema na lâmina própria	0	0	0	0	0,843
Edema na submucosa	0	0	0	0	0,424
Fibroplasia periglandular	0	0	0	0	0,424
Hiperemia	0	0	0	0	0,697
Infiltrados inflamatórios	0	1	0	3	0,057
Necrose de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,424
Perda de epitélio de revestimento	0	0	0	0	0,326
<i>Intensidade</i>					
Edema na lâmina própria	0	0	0	0	0,843
Edema na submucosa	0	0	0	0	0,424
Fibroplasia periglandular	0	0	0	0	0,424
Hiperemia	0	0	0	0	0,697
Infiltrados inflamatórios	0	1	0	1	0,233
Necrose de glândulas tubulares	0	0	0	0	0,424
Perda de epitélio de revestimento	0	0	0	0	0,326

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; *Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância.

Em adição, houve contibuição de Mg em função da ingestão voluntária de água (Figura 1).

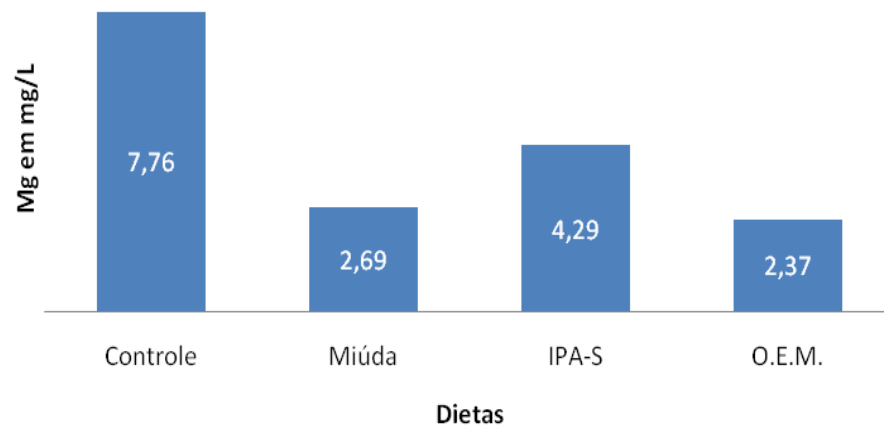


Figura 1. Ingestão de magnésio (mg/dia) via água por ovinos alimentados com palma forrageira.

As fezes dos animais alimentados com palma forrageira apresentaram maiores teores de água em relação aos ovinos do grupo controle (EPM=0,979; P=0,001), comportamento proporcional à ingestão total de água (Figura 2).

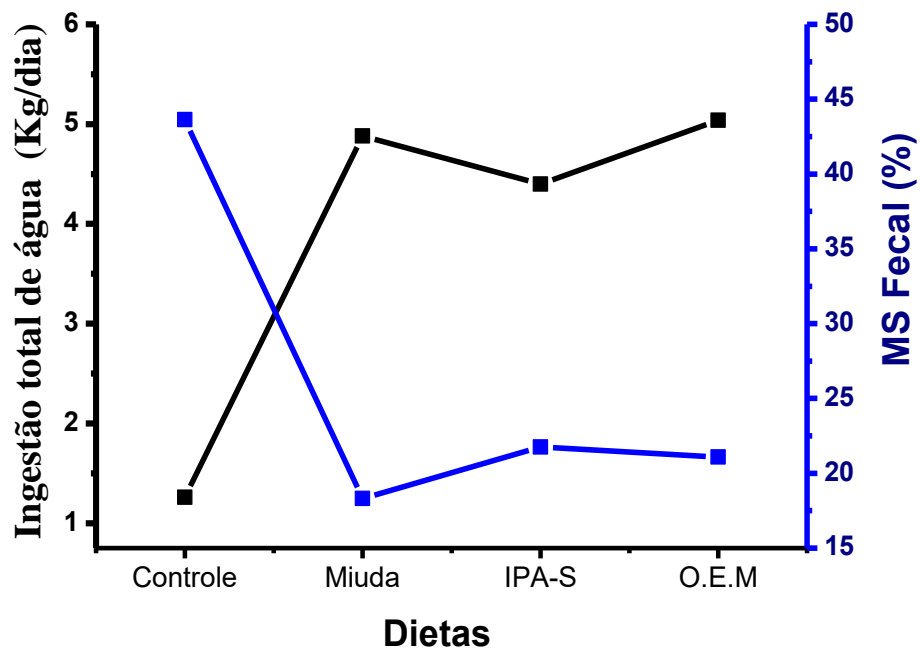


Figura 2. Ingestão total de água e matéria seca fecal de ovinos alimentados com palma forrageira.

DISCUSSÃO

Os maiores aportes hídricos das dietas com palma forrageira (Tabela 3) estão associados ao alto teor de umidade presente nesse alimento e têm sido amplamente reportados na literatura (COSTA et al., 2012; CORDOVA-TORRES et al., 2017; CARDOSO et al., 2019), ratificando a relevância desse recurso alimentar como fonte de água para produção de ruminantes em regiões secas. Cordova-Torres et al. (2017), em pesquisa que objetivou investigar o impacto da restrição total de água sobre o desempenho produtivo de ovinos alimentados com palma forrageira na dieta, constataram que a restrição hídrica não afeta o ganho de peso, sendo possível a obtenção de ganhos satisfatórios sem a necessidade de fornecimento suplementar de água aos animais.

A superioridade nas variáveis de desempenho observada nos ovinos alimentados com palma forrageira, independente da variedade, deve-se aos maiores consumos de MS, MO, PB e CNF (Tabela 3). Assim, o maior aporte de energia e nutrientes propiciado pelas dietas contendo palma forrageira favoreceu o desempenho dos ovinos, ratificando os resultados reportados por Lopes et al. (2020). Nesse contexto, o ganho de peso diário verificado nos animais que receberam palma forrageira, cuja média foi de 209,91 g/dia, ficou dentro do previsto pelo NRC (2007).

As lesões histopatológicas, como a presença de infiltrados inflamatórios, observadas no intestino grosso dos animais que receberam palma forrageira, sobretudo as variedades Miúda e O.E.M., podem ter relação com a maior quantidade de oxalatos contidos nessas dietas (Tabela 2), o que pode justificar, inclusive, a inflamação no ceco e no cólon de ovinos do grupo controle, uma vez que a dieta sem palma forrageira também continha oxalatos (Tabela 2). Para Krause e Mahan (2005) e Tadele (2015), os oxalatos podem provocar irritações significativas na mucosa intestinal.

De acordo com Kumar et al. (2005), a presença de infiltrados de linfócitos, plasmócitos e macrófagos indicam inflamação crônica, que acontece dentro de semanas ou meses, sendo caracterizada por inflamação ativa, com destruição do tecido e tentativa de reparo aos danos (processo de cicatrização). A inflamação crônica pode ser causada por exposição prolongada a agentes potencialmente tóxicos.

Estudos com palma forrageira têm demonstrado que essa planta apresenta elevadas concentrações de carboidratos não fibrosos em sua composição, como amido e

pectina (BATISTA et al., 2009; PESSOA et al., 2020), além de alta taxa de passagem pelo trato gastrointestinal de ruminantes (COSTA et al., 2016). Assim, especula-se que uma fração considerável desses carboidratos, que não foi fermentada no rúmen, nem digerida e absorvida no intestino delgado, possa chegar ao intestino grosso.

Segundo Kozloski (2019), parte desses carboidratos é fermentada pelas bactérias que colonizam esse órgão, de maneira semelhante ao que ocorre a nível ruminal, originando ácidos graxos de cadeia curta, que podem diminuir o pH intestinal (acidose cecal) e ocasionar lesões teciduais. De acordo com Dong et al. (2011), o amido pode ser intensamente fermentado no intestino grosso, sobretudo no ceco, ocorrendo assim produção de endotoxinas, da mesma forma que acontece no rúmen. Vale ressaltar que as dietas com palma forrageira propiciaram maiores consumos de MS, MO e CNF (Tabela 3).

O predomínio de infiltrados inflamatórios constatados no ceco e no cólon dos ovinos alimentados com as variedades de palma forrageira pode configurar um achado histopatológico que diminui a eficiência de absorção de água pelo intestino grosso, podendo, desse modo, otimizar o fenômeno das fezes amolecidas, mas sem afetar a disponibilidade hídrica para o organismo dos animais. Ressalta-se que, apesar de pesquisas mais específicas serem oportunas, pode-se inferir que a palma forrageira apresenta atributos nutricionais e antinutricionais que, direta ou indiretamente, dificultam o processo de reabsorção de água no intestino grosso, o que pode justificar a produção de fezes com menor teor de matéria seca.

Estudos dessa natureza contribuem como uma ferramenta valiosa para analisar a eficiência de utilização dos alimentos, visando maior desempenho produtivo em animais ruminantes. É provável que, a médio e longo prazo, as alterações teciduais encontradas no intestino grosso possam diminuir os índices de produção dos ovinos e, assim, ameaçar a viabilidade ou limitar o uso da palma forrageira na nutrição animal. No entanto, a variedade IPA-Sertânia surge como uma opção viável, visto que seu uso na alimentação dos ovinos provocou menor impacto na morfologia do intestino grosso. Desse modo, tornam-se fundamentais estudos com emprego da palma forrageira por maior período de tempo, como na alimentação de animais leiteiros e de animais voltados à reprodução, a fim de se estabelecerem os reais efeitos desse alimento e se este é capaz de comprometer o desempenho zootécnico.

A palma forrageira é considerada uma planta suculenta e rica em mucilagem, um composto que apresenta grande capacidade de ligar-se com água (SÁENZ et al., 2004). Além disso, contém altos teores de pectina (PESSOA et al., 2020), um polissacarídeo altamente higroscópico (BRITO et al., 2008). Possivelmente, essas características podem ter ligação com a maior retenção de água no lúmen intestinal, culminando assim em maior eliminação de água via fezes por parte dos animais que a recebem nas dietas.

Os maiores teores de água nas fezes dos ovinos que consumiram palma forrageira (Figura 2) podem estar relacionados à maior ingestão total de água proporcionada pela presença dessa cactácea nas dietas, uma vez que a análise de correlação entre a matéria seca fecal e a ingestão hídrica foi significativa ($P=0,001$) e sinalizou que essas duas variáveis se encontram negativamente relacionadas, com coeficiente de correlação de forte magnitude ($r=-0,91$). Ou seja, a elevação no consumo de água foi acompanhada pela redução na concentração de matéria seca nas fezes. Andrade et al. (2016), ao substituir palma *in natura* por palma desidratada na dieta de ovinos, observaram que as fezes dos animais que receberam dieta com 74,2% de farelo de palma apresentavam menor conteúdo de MS (20,4%), enquanto o teor de MS fecal daqueles que consumiram o mesmo percentual de palma, porém *in natura*, foi de 33,0%, indicando assim que apenas o aporte hídrico das dietas não é suficiente para explicar a produção de fezes muito úmidas.

Segundo Davenport (1978), íons Mg^{2+} são parcialmente responsáveis pela retenção de água na luz intestinal, com vistas à manutenção do equilíbrio osmótico, o que provoca a formação de fezes amolecidas. As dietas com palma forrageira apresentaram maior percentual de Mg^{2+} (Tabela 2), bem como aumentaram o conteúdo sérico desse mineral nos animais (Tabela 3). Esse comportamento se deve ao fato de a palma ser um alimento rico em Mg^{2+} , quando em comparação a outras espécies de plantas forrageiras (CORDOVA-TORRES et al., 2015; MAYER e CUSHMAN, 2019), o que pode ter contribuído para a produção de fezes amolecidas. Além disso, houve contribuição de Mg^{2+} ao organismo dos animais através da água consumida via bebedouro (Figura 1).

CONCLUSÕES

A palma forrageira, independente da variedade, utilizada por até 63 dias na alimentação de ovinos em confinamento, apesar de provocar alterações na morfologia tecidual do ceco e do cólon, não compromete o desempenho produtivo dos animais. No entanto, a médio e longo prazo, é possível que as lesões histopatológicas observadas possam restringir sua utilização, o que demonstra a necessidade de estudos por período mais prolongado de tempo. Adicionalmente, a variedade IPA-Sertânia destaca-se por provocar menor impacto sobre a histologia do intestino grosso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S. F. J.; et al. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 155-161, 2016.
- AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC, Arlington, VA, 1990.
- BATISTA, Â. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.
- BATISTA, Â. M. V.; et al. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, p. 440-445, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional da Agricultura. Instrução Normativa n. 3, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S. D. A. /M. A. A. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jan. 2000, Seção 1, p. 14-16.
- BRITO, M. S.; et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.
- CARDOSO, D. B.; et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.
- CORDOVA-TORRES, A. V.; et al. Nutritional composition, *in vitro* degradability and gas production of *Opuntia ficus indica* and four other wild cacti species. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2S, p. 42-54, 2015.

CORDOVA-TORRES, A. V.; et al. Performance of sheep fed forage cactus with total water restriction. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.18, n. 2, p. 236-377, 2017.

COSTA, C. T. F.; et al. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Science**, v. 188, p. 55-60, 2016.

COSTA, R. G.; et al. Consumo de água de ovinos alimentados com diferentes níveis de nopal (*Opuntia ficus indica*) em Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 301-304, 2012.

COSTA, R. G.; et al. Feeding behavior and performance of sheep fed cactus pear in substitution of corn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 11, p. 785-791, 2013.

DAVENPORT, H. W. **Fisiologia do trato digestivo**. 3ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978. 238p.

DETMANN, E.; et al. **Métodos para análise de alimentos**. (Eds). Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214. ISBN: 9788581790206.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 980-984, 2010.

DONG, G.; et al. Diet-induced bacterial immunogens in the gastrointestinal tract of dairy cows: impacts on immunity and metabolism. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2011.

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, p. 41-52, 2006.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3ª ed. rev. e ampl. Santa Maria: Editora da UFSM, 2019. 216p.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. Estado nutricional do indivíduo. In: KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. (Org.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca; 2005. p. 192-236.

KUMAR, V.; et al. **Robbins & Cotran Patologia: Bases Patológicas das Doenças**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

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

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

MAYER, J. A.; CUSHMAN, J. C. Nutritional and mineral content of prickly pear cactus: A highly water-use efficient forage, fodder and food species. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 00, p. 1-10, 2019.

MINITAB. Minitab Quality Companion: MINITAB 17: **Statistical software**. Version 17, 2014.

MOIR, K. W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 10, p. 1-3, 1953.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 7th ed. National Academic Press, Washington, 2007. 384p.

PESSOA, D. V.; et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, 2020. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104243

REKIK, M.; et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**, v. 90, n. 1-3, p. 53-57, 2010.

ROCHA FILHO, R. R.; et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, 2021. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104426

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.

SANTOS, K. L. L.; et al. Balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 3, p. 546-559, 2009.

SAS, STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide**. Version 8. v. 2. Cary: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, T. G. P.; et al. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 3, p. 1299-1307, 2020.

TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-48, 2015.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, A. G. V.; et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

WAAL, H. O.; ZEEMAN, D.C.; COMBRINCK, W. J. Wet faeces produced by sheep fed dried spineless cactus pear cladodes in balanced diets. **South African Journal of Animal Science**, v. 36, n. 5, supl. 1, 2006.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, 61th, Proceedings... Ithaca: Cornell University, p. 176-185, 1999.

CAPÍTULO 3

Parâmetros metabólicos e renais de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

Parâmetros metabólicos e renais de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

RESUMO

Objetivou-se avaliar a bioquímica sanguínea e a função renal de ovinos alimentados com dietas contendo genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim. Para tanto, trinta e seis ovinos da raça Santa Inês, com aproximadamente seis meses de idade e peso corporal inicial médio de $22,0 \pm 2,9$ kg foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições. Os animais foram alimentados com uma dieta controle ou com dietas contendo palma Múda ou Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) por 50 dias. Foram coletadas amostras de sangue e de urina um dia antes e no 45º dia após a introdução das dietas testadas para determinação de metabólitos. As dietas contendo palma forrageira Miúda e O.E.M. causaram redução de 68,35 e 77,03% na ingestão voluntária de água, respectivamente. A palma Miúda provocou aumento na atividade sérica da enzima gama glutamiltransferase (53,66 U/L) e no conteúdo sanguíneo de glicose e frutossamina, bem como provocou alcalinização urinária (pH=8,14) e redução no índice de excreção urinária (IEU) e na taxa de excreção fracional (TEF) do cálcio total (Ca_t). O genótipo O.E.M. propiciou menor teor sérico de colesterol (41,33 mg/dL). Independente do genótipo houve decréscimo no teor sérico de bilirrubina indireta, ureia e sódio (Na), elevação na concentração de magnésio sérico (Mg) e urinário, além de redução nas concentrações urinárias de ureia, creatinina, proteínas totais, Ca_t , fósforo (P), IEU da ureia e do P, bem como na TEF do P. O teor urinário de Mg e o IEU do ácido úrico e do Mg aumentaram e a TEF do P diminuiu com a participação dos diferentes genótipos de palma forrageira nas dietas. A palma forrageira altera parâmetros sanguíneos e urinários, aumenta o aporte hídrico e a diurese de ovinos, sem comprometer a função renal.

Palavras-chave: água, excreção renal, metabólitos sanguíneos, *Nopalea*, *Opuntia*

**Metabolic and renal parameters of sheep fed with cactus cladodes genotypes
resistant to carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae*)**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate blood biochemistry and kidney function of sheep fed diets containing cactus cladodes genotypes resistant to carmine cochineal. Therefore, thirty-six Santa Inês sheep, approximately six months old and with an average initial body weight of 22.0 ± 2.9 kg were distributed in a completely randomized design, with three treatments and 12 repetitions. The animals were fed a control diet or diets containing Miúda cactus cladodes or O.E.M. cactus cladodes (O.E.M.) for 50 days. Blood and urine samples were collected one day before and on the 45th day after the introduction of the tested diets to determine metabolites. The diets containing Miúda cactus cladodes and O.E.M. cactus cladodes caused a reduction of 68.35 and 77.03% in voluntary water intake, respectively. The Miúda cactus cladodes caused an increase in the serum activity of the gamma glutamyltransferase enzyme (53.66 U/L) and in the blood content of glucose and fructosamine, as well as causing urinary alkalinization (pH=8.14) and a reduction in the urinary excretion index (UEI) and the fractional excretion rate (FER) of total calcium (Ca_t). The O.E.M. cactus cladodes provoked lower serum cholesterol content (41.33 mg/dL). Regardless of the genotype, there was a decrease in the serum content of indirect bilirubin, urea and sodium (Na), an increase in the concentration of serum magnesium (Mg) and urine, in addition to a reduction in the urinary concentrations of urea, creatinine, total proteins, Ca_t , phosphorus (P), UEI of U and P, as well as in FER of P. Urinary Mg content and UEI of uric acid and Mg increased and FER of P decreased with the participation of different genotypes of cactus cladodes in the diets. The cactus cladodes alter blood and urine parameters, increases water intake and diuresis in sheep, without compromising kidney function.

Keywords: blood metabolites, *Nopalea*, *Opuntia*, renal excretion, water

INTRODUÇÃO

A palma forrageira está estabelecida como alimento de grande relevância na mitigação de oscilações na produção de ruminantes em regiões áridas e semiáridas do mundo, provocadas por condições climáticas adversas. Essa cultura se destaca mediante outras plantas forrageiras por sua elevada adaptabilidade e capacidade de produzir biomassa em situações de baixa disponibilidade hídrica (BEN SALEM, 2010; SANTOS et al., 2013). Atualmente, a palma Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e a palma Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) têm integrado dietas ofertadas aos rebanhos explorados no Nordeste brasileiro, em razão da necessidade do cultivo de genótipos resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) (VASCONCELOS et al., 2009), que configura uma importante praga que vêm comprometendo a produtividade de milhares de hectares com genótipos de palma forrageira susceptíveis ao inseto (SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Independentemente do gênero, *Opuntia* ou *Nopalea*, a palma forrageira está bem definida como alimento energético, rico em carboidratos não fibrosos, representando ainda importante fonte de água para os animais que a recebem como ingrediente dietético (BATISTA et al., 2003; PORDEUS NETO et al., 2016). Segundo Dubeux Júnior et al. (2015), a palma forrageira pode substituir o milho no semiárido e produzir 20 vezes mais energia digestível por unidade de área. Cardoso et al. (2019) relataram que a inclusão de até 450 g/kg (com base na matéria seca) de palma forrageira na dieta de ovinos aumenta o suprimento hídrico aos animais, diminuindo assim a ingestão voluntária de água.

Diversos estudos têm reportado a qualidade de diferentes genótipos de palma forrageira e indicado a possibilidade de formulações de dietas à base desse alimento em associação a diferentes fontes nitrogenadas e fibrosas, com obtenção de satisfatórias respostas nutricionais e produtivas de animais ruminantes (OLIVEIRA et al., 2017; CONCEIÇÃO et al., 2018; LOPES et al., 2020). No entanto, existem poucas informações sobre fatores antinutricionais que possam comprometer sua qualidade e afetar a saúde animal (DESSIMONI et al., 2014). Assim, destaca-se que são escassos os estudos sobre os efeitos da palma forrageira sobre o organismo de ruminantes com relação ao desequilíbrio de minerais (SANTOS et al., 2009) e a presença de oxalatos em

sua composição (BATISTA et al., 2009; SILVA et al., 2020), o que poderia interferir no metabolismo dos animais que consomem esse alimento.

A avaliação de parâmetros bioquímicos do sangue e da urina dos rebanhos pode revelar sinais clínicos que são indicadores de distúrbios metabólicos e nutricionais, e estes transtornos, por sua vez, podem afetar aspectos produtivos e reprodutivos. Para Henriques et al. (2016), estudos com ênfase na função renal de ovinos são extremamente necessários, tendo em vista a alta ocorrência de doenças no trato urinário desses animais. Investigações científicas com ovinos e caprinos alimentados com dietas contendo palma forrageira vêm demonstrando alterações em indicadores sanguíneos do metabolismo energético, proteico, mineral e enzimático, além de aumento na diurese (VIEIRA et al., 2008; DANTAS et al., 2011; PORDEUS NETO et al., 2016; CARDOSO et al., 2019; GOUVEIA et al., 2019; MACIEL et al., 2019). Por outro lado, são escassas as pesquisas visando investigar os efeitos da palma O.E.M. em relação a parâmetros sanguíneos e urinários de ovinos, o que evidencia a necessidade de maiores apurações sobre o assunto.

Diante do exposto, hipotetizou-se que a utilização da palma forrageira O.E.M. na alimentação de ovinos modifica o perfil metabólico e parâmetros renais. Desse modo, objetivou-se avaliar a bioquímica sanguínea e parâmetros urinários de ovinos alimentados com dietas contendo genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim.

MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob a licença de número 142/2018.

Local do experimento

A pesquisa foi conduzida no Setor de Caprinos e Ovinos do Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, Pernambuco, Brasil.

Animais, instalações e dietas experimentais

Foram utilizados 36 ovinos Santa Inês, machos, não castrados, com aproximadamente seis meses de idade e peso corporal inicial médio de $22,0 \pm 2,9$ kg. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições. Os ovinos foram alojados individualmente em baias com piso suspenso de madeira ripada, providas de comedouro e bebedouro. Ao chegarem ao galpão de confinamento, os animais foram pesados, identificados, imunizados contra clostridioses e submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. O período experimental teve duração de 75 dias, sendo 30 dias destinados à adaptação dos animais às condições experimentais e 45 dias para coletas de dados e amostras.

As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais de cordeiros com peso corporal de 25 kg e ganho médio diário de 200 g, segundo recomendações nutricionais do National Research Council (NRC, 2007). Os ingredientes usados foram: feno de capim Tifton (*Cynodon* spp.), palma forrageira Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), palma forrageira O.E.M. (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.), fubá de milho, farelo de soja, mistura mineral e ureia pecuária (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg de MS).

Item	Ingredientes						
	Feno de Tifton-85	Palma Miúda	Palma O.E.M. ¹	Farelo de Soja	Fubá de Milho	Ureia Pecuária	Sal Mineral
Matéria seca ²	895,5	123,6	97,2	882,7	877,1	990,0	990,0
Proteína bruta	86,0	40,0	55,0	487,0	85,0	2800,0	-
Cinzas	83,9	129,4	149,0	70,3	12,3	-	-
Extrato etéreo	22,6	13,8	17,8	15,0	38,3	-	-
FDN _{cp} ³	669,4	252,7	198,0	134,5	146,7	-	-
FDA ⁴	336,1	137,1	95,3	116,7	24,4	-	-
CNF ⁵	138,0	563,9	580,0	293,0	717,6	-	-
Oxalatos totais	3,80	2,91	5,77	1,88	5,59	-	-

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²grama por quilograma de matéria natural; ³fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; ⁴fibra em detergente ácido; ⁵carboidratos não fibrosos.

Os tratamentos experimentais foram: 1) dieta com feno de capim Tifton-85 como volumoso exclusivo (controle); 2) dieta com substituição parcial do feno de capim Tifton-85 por palma forrageira Miúda; e 3) dieta com substituição parcial do feno de capim Tifton-85 por palma forrageira O.E.M. (Tabela 2).

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
Feno de Tifton-85	600	150	150
Palma Miúda	0	450	0
Palma O.E.M. ¹	0	0	450
Fubá de milho	270	271	273
Farelo de soja	110	100	100
Ureia pecuária	5,0	14,0	12,0
Sal mineral ²	15,0	15,0	15,0
Total	1000	1000	1000
Composição química			
Matéria seca ³	890,8	234,8	190,3
Cinzas	76,0	95,8	104,7
Proteína bruta	142,1	141,8	143,2
Extrato etéreo	25,6	21,5	23,4
FDNcp ⁴	456,1	267,4	243,1
Carboidratos não fibrosos	300,2	473,4	485,8
Nutrientes digestíveis totais	648,2	709,8	632,7
Oxalatos totais	4,0	3,6	4,9

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²Nutrientes/kg do produto: Cálcio - 140 g; Fósforo - 70 g; Magnésio - 1320 mg; Ferro - 2200 mg; Cobalto - 140 mg; Manganês - 3690 mg; Zinco - 4700 mg; Iodo - 61 mg; Selênio - 45 mg; Enxofre - 12 g; Sódio - 148 g; Flúor - 700 mg; ³g/kg de matéria natural; ⁴fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados.

O fornecimento das dietas foi realizado duas vezes ao dia (08h e 15h), na forma de mistura completa, sendo 60% da dieta oferecida no turno da manhã e 40% no turno da tarde, com água permanentemente à disposição dos animais. O processamento da palma forrageira foi realizado imediatamente antes de cada arraçoamento em máquina desintegradora.

Coleta e análise de amostras

Durante todo o período experimental, os alimentos e as sobras foram pesados para mensuração do consumo alimentar. Os valores obtidos com a pesagem das sobras, coletadas diariamente pela manhã, foram utilizados para ajuste da quantidade de alimentos, realizado a cada dois dias em função do consumo do dia anterior, permitindo-se sobras na ordem de 15% do total ofertado. O consumo de matéria seca, dos nutrientes e dos oxalatos foi calculado mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e refugadas.

As amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas semanalmente durante todo o experimento. Para determinação da produção de fezes, amostras foram coletadas diretamente da ampola retal na oitava semana do período experimental, durante cinco dias consecutivos, em horários alternados após o fornecimento das dietas (0, 2, 4, 6 e 8 horas).

Para a estimativa da produção de matéria seca fecal, foi utilizada a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador. Amostras de 1,0 g da fração concentrada e 0,5 g de feno, fezes e sobras foram incubadas por 264 horas no rúmen de um búfalo fistulado, de acordo com a metodologia descrita por Valente et al. (2011). O restante do material da incubação foi submetido à extração com detergente neutro e o resíduo foi considerado como FDNi. A produção de matéria seca nas fezes foi estimada pela relação entre a ingestão do indicador e a concentração fecal.

A cada coleta, as amostras de alimentos, sobras e fezes foram identificadas, pesadas e armazenadas em freezer a -20°C. Posteriormente, foram descongeladas, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 10% para constituírem uma amostra composta por animal. Em seguida, foram processadas em moinho de facas tipo Wiley, com peneira de crivos de 1 mm, acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e previamente identificados.

Todas as amostras foram analisadas de acordo com os procedimentos da AOAC (1990), seguindo-se os métodos 934.01, 942.05, 981.10 e 920.39, respectivamente, para matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) foram feitas de acordo com as metodologias preconizadas por Van Soest et al. (1991) modificadas por Detmann et

al. (2012). As análises de FDN foram adaptadas para autoclave, utilizando-se sacos de tecido não tecido (TNT, 100 g/m²) confeccionados manualmente com dimensões de 5 cm × 5 cm (CASALI et al., 2009), com uso de α -amilase termoestável e sem o uso de sulfito de sódio. Os valores de FDN foram corrigidos para cinzas (DETMANN et al., 2012) e compostos nitrogenados residuais (LICITRA et al., 1996).

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo Hall (2000). Para estimativa de NDT foi utilizada a equação preconizada por Weiss (1999), onde: $NDT (\%) = PBD\% + FDN_{cpD}\% + CNFD\% + (EED\% \times 2,25)$, sendo PBD, proteína bruta digestível; FDN_{cpD} , fibra em detergente neutro corrigida para compostos nitrogenados e cinzas; CNFD, carboidratos não fibrosos digestíveis; EED, extrato etéreo digestível. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) usado nos resultados e discussão do presente estudo foi obtido por Lopes et al. (2020). A determinação dos oxalatos totais nas amostras de alimentos e de sobras foi realizada segundo as recomendações de Moir (1953). Todas as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA/DZ/UFRPE).

Mensuração da ingestão de água

A água foi fornecida aos animais à vontade, pela manhã, em baldes plásticos. O consumo da água voluntária foi determinado por meio de pesagem diária, registrando-se a diferença entre o peso da água restante e o peso da água fornecida no dia anterior durante todo o período experimental. As perdas de água por evaporação foram registradas a partir de seis baldes com água, distribuídos estrategicamente nas bordas e no centro do galpão. O consumo total de água também foi estimado a partir da equação proposta pelo NRC (2007): $3,86 \times CMS - 0,99$, em que CMS = consumo de matéria seca.

Coleta e análise de sangue e urina

Amostras de sangue foram coletadas duas vezes, sendo a primeira coleta realizada um dia antes da introdução das dietas experimentais (*baseline*) e a segunda no 45º dia após a alimentação com as dietas testadas. Foram coletadas por venopunção da jugular, quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal, em tubos siliconizados a vácuo (Vacutainer®) sem e com anticoagulante (fluoreto de

sódio/EDTA), para a obtenção de soro e do plasma, respectivamente. As amostras foram acondicionadas imediatamente em recipiente de isopor contendo gelo reciclável. Em seguida, foram centrifugadas a 1600 g, durante 15 minutos. 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.

Os biomarcadores analisados no sangue foram: alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (FA), gama glutamiltransferase (GGT), bilirrubina total e direta, glicose plasmática, colesterol, triglicerídeos, frutossaminas, ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, cálcio total (Ca_t), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K). Os valores de bilirrubina indireta foram estimados através da subtração dos valores de bilirrubina total e direta. A globulina foi determinada pela diferença entre os valores de proteína sérica total e de albumina. A relação albumina:globulina e a relação Ca_t :P foram calculadas pela divisão dos valores desses indicadores bioquímicos. O cálcio ionizado (Ca_i) foi estimado por meio de cálculo envolvendo os valores de Ca_t sérico (mg/dL), proteína total (g/dL) e albumina (g/dL), seguindo-se recomendação sugerida pelo fabricante - Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil).

As amostras de urina foram obtidas nos mesmos dias em que foram realizadas as coletas de sangue, por micção espontânea dos animais, utilizando-se bolsa plástica empregada em colostomia, sendo aplicada na região prepucial. Imediatamente após a micção, foi aferido o pH com uso de potenciômetro portátil e as amostras de urina foram armazenadas em tubos tipo *Eppendorf* de 2 mL e congeladas a -20°C para posteriores análises de ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, Ca_t , P, Mg, Na e K.

O volume urinário foi estimado dividindo-se a excreção média diária de creatinina por ovinos (23,2 mg/kg de peso corporal) (KOZLOSKI et al., 2005) pela concentração média de creatinina (mg/L) na amostra *spot* de urina, multiplicando-se o resultado pelo respectivo peso corporal do animal (CARVALHO et al., 2010). Todas as análises sanguíneas e urinárias foram realizadas no Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas do Centro de Pesquisa em Caprinos e Ovinos da UFRPE, utilizando-se kits comerciais Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labtest® (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão), seguindo-se 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).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com o peso inicial dos animais utilizado como covariável. As variáveis foram submetidas, previamente, à verificação de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Levene), utilizando-se o software Minitab versão 17 (2014). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, utilizando-se o programa estatístico SAS (1999). Para a comparação das médias dos metabólitos entre a coleta *baseline* e após 45 dias foi aplicado o teste t de *Student* pareado, com uso do software Minitab versão 17 (2014).

RESULTADOS

As dietas contendo palma forrageira, independente do genótipo, proporcionaram aumento na ingestão de água via dieta, água total, água por quilograma de matéria seca consumida, em relação ao percentual de peso corporal e em função do peso corporal metabólico. Por outro lado, observou-se diminuição na ingestão voluntária de água pelos animais que consumiram essa cactácea (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de matéria seca e seus componentes, de oxalatos e balanço hídrico de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.

<i>Consumo</i>	Dietas				Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹	EPM ²	
Matéria seca (g/dia) ^{3*}	1129,00b	1290,70a	1172,20ab	30,0	0,020
Matéria seca (% PC) ^{4*}	3,92b	4,35a	3,94b	0,08	0,002
Matéria seca (g/kg PC ^{0,75}) ⁵	90,77b	101,36a	91,98b	2,32	0,005
Proteína bruta (g/dia) [*]	170,00a	192,00a	168,00b	4,00	0,010
NDT (g/dia) ^{6*}	728,00b	916,00a	740,00b	23,00	0,001
Oxalatos totais (g/dia)	4,98b	4,68b	6,21a	0,27	0,001
<i>Fontes de água</i>					
Água via dieta (kg/dia)	0,14b	5,85a	6,16a	0,47	0,001
Água voluntária (kg/dia)	3,57a	1,13b	0,82b	0,23	0,001
Água total (kg/dia)	3,71b	6,98a	6,98a	0,29	0,001
Água total (kg de MS)	3,28c	5,42b	5,98a	0,21	0,001
Água total (%PC)	12,86b	23,53a	23,51a	0,89	0,001
Água total (%PC ^{0,75})	0,13b	0,23a	0,23a	0,02	0,001
NRC (2001) (kg/dia)	3,37a	3,99a	3,53a	0,19	0,081
Excedente (kg/dia) [#]	0,34b	2,99a	3,45a	0,15	0,001
<i>Saídas de água</i>					
Volume urinário (L/dia)	1,14b	1,78ab	1,86a	0,18	0,022
Água via fezes (kg/dia)	1,39ab	1,17b	1,78a	0,16	0,022
Matéria seca fecal (%)	24,14a	22,98a	19,33b	0,94	0,003
Produção fecal (kg MN/dia) ⁷	1,72ab	1,53b	2,19a	0,17	0,026

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²erro padrão da média; ³gramas por dia; ⁴%percentual de peso corporal; ⁵g/kg de peso corporal metabólico; ⁶nutrientes digestíveis totais; ⁷kg de matéria natural por dia; *Lopes et al. (2020); #consumo total de água mensurado - requerimento de água estimado através de equação proposta pelo NRC (2007).

As dietas baseadas em ambos os genótipos de palma propiciaram consumo total de 6,98 kg/dia de água, valor superior ao verificado no tratamento controle, que foi de 3,71 kg/dia. Os animais que foram alimentados com palma O.E.M. produziram maior volume urinário (1,86 L/dia) que aqueles que receberam a dieta controle (1,14 L/dia), o equivalente a 31,1% do total de água ingerida. Além disso, perderam mais água através das fezes (1,78 kg/dia) em relação aos que consumiram palma Miúda (1,17 kg/dia), de

modo que essa excreção hídrica fecal representou 29,8% do consumo total de água (Tabela 3).

A atividade sérica da enzima ALT não diferiu entre as dietas (Tabela 4), cuja variação foi de 20,58 até 24,71 U/L, bem como não houve diferença significativa entre coleta inicial e a final (Tabela 5).

Tabela 4. Bioquímica sanguínea de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.

Parâmetro	Dietas			EPM ²	Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹		
		<i>Enzimas</i>			
ALT (U/L) ³	24,71	20,58	20,74	1,73	0,190
AST (U/L) ⁴	126,13	116,52	114,41	6,11	0,383
FA (U/L) ⁵	509,06	561,39	492,04	49,54	0,576
GGT (U/L) ⁶	43,30b	53,66a	51,00ab	2,96	0,055
		<i>Metabólitos</i>			
Bilirrubina total (mg/dL)	0,60a	0,36b	0,48ab	0,05	0,005
Bilirrubina direta (mg/dL)	0,15	0,07	0,14	0,03	0,199
Bilirrubina indireta (mg/dL)	0,45a	0,29b	0,34b	0,03	0,001
Glicose plasmática (mg/dL)	67,05b	79,48a	68,77b	1,78	0,001
Colesterol (mg/dL)	50,02a	44,78ab	41,33b	2,23	0,038
Triglicérides (mg/dL)	20,74	21,13	19,67	2,23	0,888
Frutosamina (µmol/L)	244,97b	259,95a	244,45b	3,38	0,003
Ureia (mmol/L)	12,10a	8,58b	9,04b	0,55	0,001
Creatinina (µmol/L)	60,17	57,33	56,24	3,06	0,662
Ácido úrico (µmol/L)	4,69	5,77	5,06	0,58	0,413
Proteínas totais (g/L)	68,18	67,78	68,13	1,47	0,977
Albumina (g/L)	25,10	25,12	24,50	0,56	0,679
Globulina (g/L)	43,08	42,66	43,63	1,17	0,837
Albumina:Globulina	0,58	0,59	0,56	0,01	0,539
		<i>Minerais</i>			
Cálcio total (mg/dL)	10,40	10,53	10,08	0,19	0,253
Cálcio ionizado (mg/dL)	6,24	6,32	6,07	0,10	0,238
Fósforo (mg/dL)	8,54	7,75	7,78	0,43	0,359
Cálcio:fósforo	1,22	1,36	1,29	0,08	0,649
Magnésio (mg/dL)	2,30c	3,21b	3,67a	0,11	0,001
Sódio (mEq/L)	189,08a	150,95b	155,70b	6,87	0,001
Potássio (mmol/L)	17,54	15,48	17,11	0,88	0,224

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²erro padrão da média; ³alanina aminotransferase; ⁴aspartato aminotransferase; ⁵fosfatase alcalina; ⁶gama glutamiltransferase. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Perfil enzimático e concentração sérica de bilirrubinas de ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.

	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
<i>Alanina aminotransferase (U/L)</i>			
Baseline	20,60±0,86	21,43±1,65	20,27±1,32
45° dia	24,71±1,02	20,58±1,81	20,74±1,72
Valor de P	0,174	0,366	0,765
<i>Aspartato aminotransferase (U/L)</i>			
Baseline	123,13±5,28	130,00±10,2	112,78±6,98
45° dia	126,13±3,52	116,52±6,1	114,41±5,35
Valor de P	0,479	0,210	0,851
<i>Fosfatase alcalina (U/L)</i>			
Baseline	107,20±8,5b	91,00±8,6b	103,40±14,5b
45° dia	509,06±28,1a	561,39±45,2a	492,04±63,2a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
<i>Gama glutamiltransferase (U/L)</i>			
Baseline	46,11±1,98	46,23±2,75b	41,66±3,47b
45° dia	43,30±1,82	53,66±3,16a	51,00±3,36a
Valor de P	0,137	0,022	0,020
<i>Bilirrubina total (mg/dL)</i>			
Baseline	0,99±0,25	0,55±0,05a	1,05±0,16a
45° dia	0,60±0,08	0,36±0,02b	0,48±0,03b
Valor de P	0,057	0,001	0,003
<i>Bilirrubina direta (mg/dL)</i>			
Baseline	0,30±0,03a	0,24±0,03a	0,35±0,05a
45° dia	0,15±0,02b	0,07±0,01b	0,14±0,03b
Valor de P	0,001	0,001	0,001
<i>Bilirrubina indireta (mg/dL)</i>			
Baseline	0,69±0,08a	0,31±0,03	0,70±0,12a
45° dia	0,45±0,02b	0,29±0,02	0,34±0,02b
Valor de P	0,009	0,203	0,021

¹palma Orelha de Elefante Mexicana. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste *t-student* pareado a 5% de significância.

Com relação aos valores de AST, estes não sofreram alteração entre as coletas (Tabela 5), assim como não foram percebidas diferenças em função das dietas, apresentando valor médio de 119,02 U/L (Tabela 4). A atividade da FA foi semelhante entre os animais que consumiram palma forrageira e os que foram submetidos à dieta controle. Contudo, ao avaliar a atividade dessa enzima antes e após o fornecimento das dietas experimentais, percebeu-se que houve aumento dos valores nos animais de todos os grupos (Tabela 5). A dieta contendo palma Miúda proporcionou aumento na atividade sérica da GGT (53,66 U/L) (Tabela 4). Além disso, ao se realizar a

comparação dos valores entre as coletas, constatou-se que os genótipos de palma forrageira aumentaram a atividade média dessa enzima (Tabela 5).

Os teores séricos de bilirrubina direta não sofreram influência dietética (Tabela 4). Para as bilirrubinas totais houve diminuição de 40% na concentração desse marcador bioquímico no tratamento com palma Miúda (0,36 mg/dL) em relação à dieta controle (0,60 mg/dL) (Tabela 4). Ao avaliar as duas coletas, nota-se que os genótipos de palma propiciaram redução desses componentes metabólicos (Tabela 5). A palma forrageira também gerou decréscimo nos níveis de bilirrubina indireta (Tabela 4), assim como houve diminuição entre a coleta *baseline* e a coleta teste nas dietas controle e com palma O.E.M. (Tabela 5).

Não foi observada variação significativa entre a concentração sérica de triglicérides, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, globulina e relação albumina:globulina em virtude das dietas (Tabela 4). Os níveis de glicose plasmática foram superiores nos animais que receberam palma Miúda na dieta (79,48 mg/dL) (Tabela 4), assim como houve incremento na glicose circulante após o fornecimento de todas as dietas testadas (Tabela 6).

Tabela 6. Indicadores do metabolismo energético e proteico de ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.

	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
	<i>Glicose plasmática (mg/dL)</i>		
Baseline	50,33±1,78b	49,82±2,51b	46,57±1,36b
45° dia	67,05±2,00a	79,78±1,48a	68,77±1,97a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
	<i>Colesterol (mg/dL)</i>		
Baseline	49,36±3,69a	63,65±4,31a	53,06±3,74b
45° dia	50,02±3,35a	44,78±1,67b	41,33±1,52a
Valor de P	0,886	0,002	0,011
	<i>Triglicérides (mg/dL)</i>		
Baseline	11,06±0,46b	10,92±0,65b	10,56±0,94b
45° dia	20,74±1,25a	21,13±2,43a	19,67±1,60a
Valor de P	0,001	0,003	0,001
	<i>Frutosamina (µmol/L)</i>		
Baseline	242,96±4,26	234,20±7,87b	247,59±6,23
45° dia	244,97±2,29	259,95±3,06a	244,45±3,61
Valor de P	0,133	0,006	0,661
	<i>Ureia (mmol/L)</i>		
Baseline	7,12±0,49b	7,01±0,28b	7,58±0,19
45° dia	12,10±0,54a	8,58±0,39a	9,04±0,60
Valor de P	0,001	0,020	0,197
	<i>Creatinina (µmol/L)</i>		
Baseline	70,13±2,32a	67,70±3,84a	72,97±3,90a
45° dia	60,17±1,73b	57,33±2,77b	56,24±3,81b
Valor de P	0,001	0,005	0,002
	<i>Ácido úrico (µmol/L)</i>		
Baseline	3,31±0,47b	2,81±0,86b	4,44±0,69
45° dia	±0,33a	5,77±0,60a	5,06±0,62
Valor de P	0,001	0,003	0,383
	<i>Proteínas totais (g/L)</i>		
Baseline	69,38±1,65	68,34±1,23	71,25±1,04
45° dia	68,18±1,18	67,78±0,94	68,13±1,77
Valor de P	0,480	0,607	0,157
	<i>Albumina (g/L)</i>		
Baseline	22,57±0,76b	22,27±0,69b	23,13±0,81
45° dia	25,10±0,51a	25,12±0,43a	24,50±0,65
Valor de P	0,005	0,001	0,195
	<i>Globulina (g/L)</i>		
Baseline	46,27±1,67	46,07±1,35a	48,12±0,80a
45° dia	43,08±1,03	42,66±0,76b	43,63±1,36b
Valor de P	0,088	0,011	0,007
	<i>Albumina:Globulina</i>		
Baseline	0,49±0,01b	0,48±0,02b	0,48±0,02b
45° dia	0,58±0,01a	0,59±0,01a	0,56±0,02a
Valor de P	0,001	0,001	0,005

¹palma Orelha de Elefante Mexicana. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste *t-student* pareado a 5% de significância.

No que se refere à influência da palma forrageira sobre o conteúdo sérico de colesterol, o genótipo O.E.M. propiciou menor valor desse indicador bioquímico (41,33 mg/dL) em comparação ao teor verificado nos animais do grupo controle (Tabela 4). A concentração sérica de triglicérides foi maior aos 45 dias após introdução das dietas testadas, sem oscilar significativamente em função das dietas (Tabela 6), enquanto a palma Miúda elevou o valor sérico de frutossamina (Tabelas 4 e 6).

Ao final do experimento, constataram-se menores níveis séricos de ureia nos animais que receberam palma forrageira, independente do genótipo, em comparação àqueles que receberam a dieta controle (Tabela 4). Quando comparados aos valores obtidos na *baseline*, os animais que posteriormente consumiram a palma Miúda e a dieta controle apresentaram teores séricos mais elevados de ureia, o que não aconteceu com a dieta com palma O.E.M. (Tabela 6).

As dietas com palma forrageira alteraram o metabolismo de Mg e Na, ocasionando maiores concentrações séricas de Mg ($P=0,001$) e menores conteúdos de Na ($P=0,001$) (Tabela 4). O mesmo comportamento foi observado ao se comparar as médias desses minerais entre as coletas (Tabela 7).

Tabela 7. Minerais séricos em ovinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.

	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
		<i>Cálcio total (mg/dL)</i>	
Baseline	7,72±0,18b	8,03±0,13b	8,00±0,15b
45° dia	10,40±0,22a	10,53±0,14a	10,08±0,23a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
		<i>Cálcio ionizado (mg/dL)</i>	
Baseline	4,72±0,10b	4,93±0,06b	4,84±0,08b
45° dia	6,24±0,13a	6,32±0,08a	6,07±0,09a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
		<i>Fósforo (mg/dL)</i>	
Baseline	5,82±0,45b	4,92±0,31b	5,17±0,30b
45° dia	8,54±0,61a	7,75±0,33a	7,78±0,33a
Valor de P	0,004	0,001	0,001
		<i>Cálcio:Fósforo</i>	
Baseline	1,33±0,12	1,63±0,12a	1,55±0,07a
45° dia	1,22±0,11	1,36±0,06b	1,30±0,07b
Valor de P	0,442	0,015	0,006
		<i>Magnésio (mg/dL)</i>	
Baseline	2,70±0,04a	2,50±0,06b	2,68±0,07b
45° dia	2,30±0,07b	3,21±0,11a	3,67±0,12a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
		<i>Sódio (mEq/L)</i>	
Baseline	168,30±4,5	160,88±1,23a	170,66±2,95a
45° dia	189,10±12,6	150,95±2,75b	155,70±1,41b
Valor de P	0,188	0,019	0,001
		<i>Potássio (mmol/L)</i>	
Baseline	7,84±1,84b	13,29±2,18	8,78±2,17b
45° dia	17,54±0,81a	15,48±0,65	17,11±1,13a
Valor de P	0,003	0,390	0,011

¹palma Orelha de Elefante Mexicana. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste *t-student* pareado a 5% de significância.

O pH urinário sofreu influência das dietas, sendo alcalino nos animais alimentados com a palma Miúda (pH=8,14). As concentrações urinárias de ureia, creatinina, proteínas totais, Ca_t e P, bem como os IEU da ureia e do P e a TEF do P, diminuíram significativamente com a utilização dos genótipos de palma forrageira. O teor urinário de Mg e os IEU do ácido úrico e do Mg aumentaram com a inclusão das palmas nas dietas. A palma Miúda provocou redução no IEU e na TEF do Ca_t (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros urinários de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira.

Parâmetro	Dietas			EPM ²	Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹		
	<i>Urina</i>				
pH	6,25b	8,14a	6,91b	0,26	0,001
Ureia (mmol/L)	778,74a	423,83b	391,17b	47,59	0,001
Creatinina (mmol/L)	6,27a	4,38b	4,10b	0,43	0,003
Ácido úrico (mmol/L)	0,70	0,77	0,70	0,07	0,776
Proteínas totais (g/L)	0,17a	0,09b	0,10b	0,01	0,001
Cálcio total (mmol/L)	3,61a	0,78b	1,62b	0,53	0,001
Fósforo (mmol/L)	1,51a	0,28b	0,24b	0,30	0,007
Magnésio (mmol/L)	1,77c	1,81b	1,85a	0,01	0,001
	<i>Índice de excreção urinária (mmol/L)</i>				
Ureia	1708,59a	1351,92b	1335,95b	110,58	0,041
Ácido úrico	1,56b	2,51a	2,41a	0,18	0,001
Cálcio total	7,54a	2,59b	10,42a	1,83	0,015
Fósforo	3,20a	0,85b	0,88b	0,64	0,023
Magnésio	4,10b	6,32a	6,97a	0,63	0,009
	<i>Taxa de excreção fracional (%)</i>				
Ureia	64,15	63,32	58,59	3,22	0,430
Ácido úrico	195,45	207,86	230,88	44,28	0,853
Proteínas totais	0,0026	0,0017	0,0023	0,01	0,141
Cálcio total	1,36ab	0,40b	1,68a	0,31	0,014
Fósforo	0,55a	0,14b	0,14b	0,12	0,033
Magnésio	1,93	1,98	1,86	0,22	0,913

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²erro padrão da média. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

DISCUSSÃO

A redução na ingestão voluntária de água foi de 68,35 e 77,03% entre os animais alimentados com palma Miúda e palma O.E.M., respectivamente, quando em comparação aos animais submetidos à dieta controle (Tabela 3). O maior aporte hídrico proporcionado pelas dietas baseadas em palma forrageira demonstra a importância da utilização desse alimento em regiões secas do mundo, onde existem limitações quantitativas e, muitas vezes, qualitativas de água para suprir os requerimentos de diferentes espécies de animais ruminantes. Esses resultados corroboram com os reportados por Pordeus Neto et al. (2016) e Cardoso et al. (2019), quando analisaram a inclusão da palma Miúda na dieta de ovinos.

É importante mencionar que apesar de todas as dietas fornecerem água suficiente para atender às exigências hídricas dos animais, estimadas em 3,37; 3,99 e 3,53 L/dia em função do consumo de matéria seca (NRC, 2007) para os ovinos que receberam as dietas controle, com palma Miúda e com palma O.E.M., respectivamente, ainda houve procura por água no bebedouro. Tal fato pode estar relacionado às diferenças entre as condições ambientais (temperatura, umidade e fotoperíodo) das regiões tropicais, além da composição das dietas. Em adição, a amplitude nos valores excedentes entre o consumo de água quantificado e o obtido a partir do NRC (2007) foi maior nas dietas com palma forrageira, independente do genótipo (Tabela 3), o que pode provocar hipervolemia. É possível que o efeito diurético e a ocorrência de diarreia osmótica provocados pelo consumo de palma forrageira aumentem o requerimento de água dos animais. Além disso, esse fato pode evidenciar um mecanismo encontrado pelo organismo para auxiliar na excreção de oxalatos, componente antinutricional contido nas dietas (Tabela 2) e consumido em maior quantidade pelos animais submetidos à dieta contendo palma O.E.M. (Tabela 3).

O aumento na diurese ocasionado pelo consumo de dietas com palma forrageira tem sido justificado pelos maiores aportes de água proporcionados aos animais que recebem esse alimento como ingrediente dietético, sendo assim um mecanismo de regulação do volume hídrico corporal (VIEIRA et al., 2008). No entanto, esse resultado pode ainda ser atribuído à alta concentração de minerais na palma, como o potássio (BATISTA et al., 2009; CORDOVA-TORRES et al., 2015), que tem reconhecido efeito diurético (GALATI et al., 2002). Ademais, o maior volume de urina gerado pelo

genótipo O.E.M. pode ter relação com a maior ingestão de oxalatos totais, sendo uma forma de excretar de maneira satisfatória essas substâncias via urina. Cardoso et al. (2019), ao incluir 450 g/kg de palma Miúda (com base na MS) na dieta de ovinos, observaram produção urinária de 1,70 L/dia, volume semelhante ao excretado pelos animais que receberam os dois genótipos de palma forrageira avaliados no presente estudo (Tabela 3).

Quanto à maior eliminação de água via fezes pelos animais alimentados com palma O.E.M., em comparação a palma Miúda, essa resposta deve ter ligação com o maior teor de oxalatos na dieta à base desse genótipo (Tabela 3). Segundo Lucena (2011), é possível que a presença de ácidos orgânicos eleve a osmolaridade da digesta intestinal, o que aumenta a perda de água através das fezes. Em adição, Tadele (2015) reportou que o ácido oxálico tem a capacidade de provocar irritação ao epitélio intestinal, o que pode diminuir a eficiência de reabsorção de água.

De acordo com Kaneko et al. (2008), ovinos sadios apresentam intervalos de 26-34 U/L e 60-280 U/L quanto à ALT e AST, respectivamente. No presente estudo, a atividade sérica da ALT ficou abaixo da variação normal e a atividade enzimática da AST se enquadrou nos limites fisiológicos. Dessa forma, pode-se afirmar que esses indicadores enzimáticos não sinalizam comprometimento hepático, tendo em vista que apenas valores acima da faixa de referência indicam possível degeneração das células do fígado.

Os valores de FA determinados antes da introdução das dietas testadas encontravam-se dentro da normalidade (KANEKO et al., 2008), o que não ocorreu após o consumo das dietas controle e com palma forrageira (Tabela 5). A maior parte da FA sérica é de origem hepática, pois essa enzima encontra-se nas células do epitélio biliar e nas membranas caniculares dos hepatócitos (GONZÁLEZ e SILVA, 2006). Nesse cenário, Silva (2017) observou lesões marcantes no parênquima hepático de ovinos alimentados com palma forrageira. No entanto, há a possibilidade do aumento da FA também ocorrer por razões ósseas ou renais. Levando em consideração a origem óssea, destaca-se que o oxalato é um ânion derivado de ácido orgânico que pode se ligar com minerais formando cristais e reduzir a disponibilidade de cálcio e magnésio, estimulando assim a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos destes minerais (GONZÁLEZ e SCHEFFER, 2003; RAHMAN et al., 2013).

No presente estudo, todas as dietas experimentais apresentaram concentrações de oxalatos totais em sua composição (Tabela 2), o que pode ter desencadeado ações hormonais para manter os níveis séricos de cálcio (Tabela 4), aumentando assim a atividade da FA, que configura um importante indicador de mobilização óssea de minerais. Por outro lado, os níveis de oxalatos contidos em todas as dietas podem ser considerados seguros (Tabela 2), haja vista que James e Butcher (1972) relataram que dietas contendo até 6% de oxalatos solúveis na matéria seca não provocaram intoxicação aguda em ovinos, embora causem leve hipocalcemia e diminuição do magnésio sérico.

Segundo Tennant e Sharon (2008), mesmo que a GGT esteja presente nos tecidos de muitos órgãos (fígado, rins, pâncreas, intestino delgado e epitélio dos ductos biliares), a elevação de sua atividade sérica é observada primariamente em casos de lesões hepáticas agudas. Essa é a enzima mais específica para diagnóstico de colestase ou obstrução dos ductos biliares (GOMES et al., 2008). A colestase consiste na diminuição ou interrupção do fluxo biliar e no decorrer deste processo as células biliares extravasam, liberando algumas enzimas que podem ser detectadas na corrente sanguínea. Alguns sinais clínicos podem evidenciar o quadro de colestase, como excesso de lipídeos nas fezes (esteatorreia).

Nesta pesquisa foram observadas diferenças para os valores de extrato etéreo nas fezes ($P=0,0099$), de modo que os ovinos alimentados com palma Miúda apresentaram 30,3 g/kg de MS, teor mais alto que os detectados nas fezes dos animais do grupo controle (27,4 g/kg de MS) e do tratamento com palma O.E.M. (23,3 g/kg de MS), o que pode ter sido causado pela diminuição da chegada de bile ao intestino delgado, afetando assim a digestão lipídica e elevando a concentração desse nutriente no material fecal, reforçando a ideia de que pode ter havido colestase.

Após 45 dias de oferta das dietas experimentais os teores séricos de bilirrubina direta mantiveram-se dentro dos limites fisiológicos para a espécie ovina, porém na coleta *baseline* as concentrações desse metabólito nos animais que posteriormente foram submetidos às dietas controle e com palma O.E.M. se encontravam acima da faixa de referência (KANEKO et al., 2008). Segundo Barini (2007), a bilirrubina conjugada ou direta se eleva em casos de dano hepatocelular ou ainda lesão ou

obstrução dos ductos biliares. Para as bilirrubinas totais, a redução causada pelo uso de palma forrageira levou os valores a ficarem dentro da margem ideal.

Todos os valores de bilirrubina indireta, incluindo o da dieta controle, foram registrados acima do intervalo de normalidade. Para Lassen (2007), a bilirrubina pode apresentar aumento por causas pré-hepáticas, hepáticas ou pós-hepáticas. A bilirrubina não conjugada ou indireta aumenta em casos de excessiva destruição eritrocitária ou por defeitos no mecanismo de transporte da bilirrubina dentro dos hepatócitos (HENDRIX, 2005). Sendo assim, como não foi observado acréscimo desses metabólitos em função da presença de palma nas dietas, pode-se inferir que os animais não desenvolveram lesões hepáticas. Adicionalmente, é possível que as maiores ingestões de água pelos animais que receberam palma forrageira na dieta causem hemodiluição das bilirrubinas totais e indiretas.

A superioridade no nível de glicose plasmática nos animais que receberam palma Miúda pode estar relacionada à maior concentração de ácido propiônico gerado por esse genótipo durante a fermentação ruminal, uma vez que Rocha Filho (2012) reportou que ovinos alimentados com dietas à base de palma Miúda apresentaram padrão fermentativo com mais propionato (maior precursor gliconeogênico) do que aqueles que consumiram palma O.E.M. (23,7 e 22,7 mM/L de fluido ruminal, respectivamente). Todavia, independente da dieta, a glicemia dos animais se enquadrou no intervalo-referência para ovinos (KANEKO et al., 2008).

Comparando o efeito dos genótipos de palma, o teor mais baixo de colesterol nos animais que receberam palma O.E.M. pode ser justificado pelo menor consumo de nutrientes digestíveis totais, visto que Nunes et al. (2010) reportaram que o incremento energético aumenta as concentrações de colesterol. Além disso, já foi detectada presença de saponinas na palma forrageira (SILVA et al., 2016). De acordo com Tadele (2015), as saponinas diminuem a absorção intestinal de glicose e colesterol, a partir de interações físico-químicas intraluminais, o que pode ter colaborado para reduzir o colesterol sérico.

Adicionalmente, a palma forrageira, quando comparada a outras plantas forrageiras, tem demonstrado altos níveis de ácido linoleico (ômega-6), sendo este um precursor do ácido araquidônico que tem provocado efeitos hipocolesterolêmicos (EL-MOSTAFA et al., 2014). Ao término do período experimental, todas as médias

encontraram-se abaixo dos valores considerados normais (52-76 mg/dL) (KANEKO et al., 2008). A diminuição sérica do colesterol pode ainda está relacionada a um quadro de insuficiência hepática, já que o fígado é o principal sítio de síntese desse metabólito (LASSEN, 2007).

A maior média da variável frutosamina foi registrada nos animais que receberam a dieta contendo palma Miúda (259,95 $\mu\text{mol/L}$) em comparação com aqueles do tratamento controle e com palma O.E.M. (244,97 e 244,45 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente) (Tabela 4), o que tem relação com a maior glicemia verificada nos animais que consumiram essa dieta. De acordo com Gouveia et al. (2015), a frutosamina pode ser definida como uma cetoamina estável, formada a partir da reação não enzimática entre glicose e grupos amins das proteínas, sobretudo da albumina e da IgG; e sua concentração sanguínea é controlada pelo saldo entre a síntese e eliminação destes compostos proteicos e de glicose. Sendo assim, como as concentrações de proteínas totais, albumina e globulina não foram modificadas pelas dietas (Tabela 4), o nível mais elevado de frutosamina nos ovinos alimentados com palma Miúda está associado à maior concentração sanguínea de glicose.

Segundo Kaneko et al. (2008), os valores séricos de ureia em ovinos devem estar compreendidos entre 2,86 e 7,14 mmol/L. Assim, todas as médias de ureia sérica ficaram acima dos limites de referência. Por outro lado, salienta-se que as concentrações sanguíneas médias de ureia (8,58 e 9,04 mmol/L, nos animais submetidos às dietas com palma Miúda e O.E.M., respectivamente), estão próximas ao valor reportado por Maciel et al. (2019), que foi de 9,51 mmol/L, ao ofertarem para ovinos dietas com 500 g/kg de palma Miúda e 250 g/kg de feno de capim Tifton, percentuais semelhantes aos do presente estudo.

A concentração de ureia circulante tem forte ligação com a quantidade de proteína consumida, com a absorção de amônia ruminal e com a relação energia-proteína da dieta. A biossíntese de ureia no fígado ocorre em quantidades proporcionais à concentração de amônia produzida no rúmen, de modo que, quanto maior a ingestão de proteína dietética, maiores serão os níveis sanguíneos de ureia (HARMEYER e MARTENS, 1980). Nessa perspectiva, houve maior consumo de proteína bruta por parte dos animais que receberam palma Miúda (Tabela 3), porém com redução na ureia sanguínea (Tabela 4). Desse modo, as dietas com palma forrageira parecem ter

provocado sincronismo mais adequado entre a disponibilidade de nitrogênio e de energia no rúmen, o que acarretou menor teor ureico sanguíneo. Cardoso et al. (2019), com a inclusão de níveis crescentes de palma Miúda na dieta de ovinos, relataram diminuição linear na ureia sanguínea, associando essa resposta ao sincronismo mais eficiente entre o nitrogênio e a energia no ambiente ruminal.

Em adição, é provável que a maior taxa de passagem de dietas contendo palma forrageira (COSTA et al., 2016) tenha diminuído a transformação da proteína dietética em amônia e, posteriormente, em ureia, reduzindo o teor circulante desse metabólito. Especula-se ainda que a maior taxa de passagem provocada por dietas à base de palma possa alterar a população bacteriana, beneficiando aquelas que apresentam taxa de fermentação mais rápida e menor tempo de duplicação, como as fermentadoras de carboidratos não estruturais e as propionobactérias (VAN SOEST, 1994). As bactérias fermentadoras de carboidratos não estruturais, além de aminoácidos, requerem amônia para síntese proteica. Já as propionobactérias utilizam basicamente aminoácidos para formação de novas células. Assim, pode ocorrer diminuição da chegada de amônia no fígado e, conseqüentemente, da concentração sérica de ureia. Bispo et al. (2007) encontraram decréscimo linear na concentração de nitrogênio amoniacal ruminal com a substituição do feno de capim elefante por palma forrageira na dieta de ovinos.

Em função da ausência de significância entre as concentrações séricas de creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, globulina e relação albumina-globulina em virtude das dietas e levando-se em consideração que as médias das variáveis proteínas totais, albumina e globulina se encontraram de acordo com os parâmetros normais para a espécie ovina (KANEKO et al., 2008) (Tabela 4), pode-se afirmar que todas as dietas forneceram suprimento proteico adequado e, possivelmente, não alteraram o estado funcional das células hepáticas. No caso da creatinina, níveis altos desse metabólito no sangue refletem a taxa de filtração nos rins e podem sinalizar lesão renal (GONZÁLEZ e SCHEFFER, 2002), comportamento que não foi observado neste estudo, indicando assim que não houve comprometimento renal marcante.

Na coleta após a introdução das dietas experimentais, as concentrações séricas de Ca_t e Ca_i (livre) nos ovinos de todos os grupos foram semelhantes (Tabela 4) e se encontraram dentro da faixa fisiológica (Kaneko et al., 2008), porém na coleta *baseline* todas as médias sinalizaram hipocalcemia (Tabela 7). A mensuração dos níveis de Ca_i

fornece resultados mais seguros quando em comparação ao Ca_t , por representar a forma do cálcio biologicamente ativa e, portanto, fisiologicamente mais relevante (Kaneko et al., 2008). Para Guedes et al. (2016), o Ca_i , que corresponde a valores entre 50 e 60% do Ca_t , é crucial para transmissão de impulsos nervosos, contrações musculares, além de sinalização celular. No presente estudo, as médias de Ca_i representavam 60% do Ca_t (Tabela 4). As proporções de $Ca_i:P$ no sangue mantiveram-se estreitas (Tabela 4) e próximas a relação em que esses minerais se encontram nos ossos, que é entre 1:1 e 2:1 (PUGH, 2009).

O nível sérico de Mg foi maior nos animais alimentados com os genótipos de palma forrageira (Tabelas 4 e 7) devido ao alto teor de Mg nesse alimento, cuja concentração varia de 17,0 a 18,2 g/kg de MS (BATISTA et al., 2003; SANTOS et al., 2009). As concentrações de Na foram menores nos tratamentos contendo palma forrageira (Tabela 4) e diminuíram entre as coletas (Tabela 7) em função do nível mais elevado desse mineral no feno de capim Tifton. Santos et al. (2009) reportaram teores de Na de 0,700 e 0,300 g/kg de MS no feno de capim Tifton e na palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), respectivamente.

O pH urinário alcalino provocado pelo consumo de palma Miúda possivelmente se deve a maior concentração Ca, Mg e K nesse genótipo de palma forrageira em relação a palma O.E.M. (GERMANO et al., 1999; BATISTA et al., 2003; SILVA, 2018), uma vez que dietas com níveis altos de cátions podem ocasionar alcalose metabólica em ruminantes (GOFF et al., 2004), provocando assim elevação no pH plasmático e na concentração de bicarbonato. Dessa forma, pode ocorrer excreção urinária de bicarbonato para manter a eletroneutralidade (DAVENPORT, 1973), o que eleva o pH da urina. No entanto, todos os valores encontram-se dentro da faixa de variação (6,0-8,5) reportada por Hendrix (2005) para ovinos.

A excreção urinária e o IEU de ureia seguiram o mesmo comportamento da ureia sanguínea, sendo menor nos animais que receberam palma forrageira, o que pode ser atribuído à menor produção de amônia no rúmen (BISPO et al., 2007). De acordo com Ferreira et al. (2009), a excreção urinária de ureia reflete a concentração sérica desse composto nitrogenado. De maneira semelhante, houve diminuição no teor de proteínas totais na urina em função da presença de palma forrageira nas dietas, o que pode ser

explicado pelo uso mais eficiente do nitrogênio no ambiente ruminal (CARDOSO et al., 2019).

A redução na concentração da creatinina urinária proporcionada pelas dietas contendo palma forrageira se deve ao aumento na ingestão de água (sobrehidratação) e, por conseguinte, na produção de urina (GONZÁLEZ e SCHEFFER, 2002; PORDEUS NETO et al., 2016). Nesse contexto, o maior IEU de ácido úrico deve-se, possivelmente, a elevação na diurese em função da ingestão de palma, o que pode aumentar a excreção desse derivado purínico na urina (PORDEUS NETO et al., 2016).

As menores concentrações urinárias de Ca provocados pelas dietas contendo palma forrageira, além dos IEU e TEF mais baixos ocasionados pela palma Miúda, provavelmente, têm relação com as altas taxas de absorção desse elemento por ovinos que recebem dietas à base de palma (SANTOS et al., 2009; LUCENA, 2011; SILVA, 2018), fazendo com que os animais excretem menos Ca pela urina. Esse comportamento sinaliza que este mineral se encontra biodisponível, mesmo com a possível complexação pelo ácido oxálico.

Quanto à excreção urinária de P, Silva (2018), avaliando níveis crescentes de substituição do feno de capim buffel por palma O.E.M. (até 500 g/kg de MS) na alimentação de ovinos, encontrou efeito linear crescente na absorção desse mineral (g/dia), o que justifica os menores teores de P excretados via urina por animais submetidos às dietas contendo palma forrageira.

O Mg na urina e o IEU de Mg foram mais elevados nos ovinos alimentados com palma, embora Lucena (2011) e Silva (2018) tenham demonstrado superioridade de absorção do Mg em dietas com participação da palma forrageira, o que deve ter associação com o excesso de Mg consumido, uma vez que esta cactácea apresenta altos níveis desse mineral em sua composição (BATISTA et al., 2003; SANTOS et al., 2009). De acordo com Kaneko et al. (2008), os teores de Mg sérico normais variam de 2,2 a 2,8 mg/dL, valores mais baixos que os observados neste estudo, que foram de 3,21 e 3,67 mg/dL nos ovinos que receberam palma Miúda e O.E.M., respectivamente (Tabela 4). A elevação no Mg sérico em ovinos também foi relatada por Maciel et al. (2019), ao observarem concentração de 2,95 mg/dL desse elemento, com utilização de 500 g/kg de palma forrageira, com base na MS.

CONCLUSÕES

As palmas forrageiras, variedades Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, alteram os parâmetros sanguíneos e urinários, aumentam a ingestão hídrica e a diurese em ovinos, sem comprometer o funcionamento renal, podendo ser utilizadas como fonte alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC, Arlington, VA, 1990.

BARINI, A. C. **Bioquímica sérica de bovinos (*Bos taurus*) sadios da raça curraleiro de diferentes idades**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), 2007.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, p. 440-445, 2003.

BEN SALEM, H. Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, supl.spe, p. 337-47, 2010.

BISPO, S. V.; et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.

CARDOSO, D. B.; et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.

CARVALHO, G. G. P.; et al. Nitrogen balance, urea concentrations and microbial protein synthesis in goats fed diets containing sugar cane treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2253-2261, 2010.

CASALI, A. O.; et al. Estimation of fibrous compounds contents in ruminant feeds with bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p.130-138, 2009.

CONCEIÇÃO, M. G.; et al. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 10, p. 1627-1634, 2018.

CORDOVA-TORRES, A. V.; et al. Nutritional composition, *in vitro* degradability and gas production of *Opuntia ficus indica* and four other wild cacti species. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2S, p. 42-54, 2015.

COSTA, C. T. F.; et al. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Science**, v. 188, p. 55-60, 2016.

DANTAS, A. C.; et al. Perfil enzimático (AST, GGT e FA) de ovinos recebendo dieta com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) *in natura* ou desidratada. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, p. 385-388, 2011.

DAVENPORT, H. W. **ABC da química ácido-básica do sangue**. São Paulo: Ateneu, 1973. 127p.

DESSIMONI, G. V.; et al. Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 3, p. 51-55, 2014.

DETMANN, E.; et al. **Métodos para análise de alimentos**. (Eds). Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214. ISBN: 9788581790206.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; et al. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae (ISHS)**, v. 1, p. 181-186, 2015.

EL-MOSTAFA, K.; et al. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. **Molecules**, v. 19, n. 9, p. 14879-14901, 2014.

FERREIRA, M. A.; et al. Síntese de proteína microbiana e concentrações de uréia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 159-165, 2009.

GALATI, E. M.; et al. Biological effect of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter. Note I: diuretic activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 79, n. 1, p. 17-21, 2002.

GARRY, F.; et al. Renal excretion of creatinine, electrolytes, protein, and enzymes in healthy sheep. **American Journal of Veterinary Research**, v. 51, p. 414-419, 1990.

GERMANO, R. H.; et al. Avaliação da composição química e mineral de seis cactáceas do semi-árido paraibano. **Agropecuária Técnica**, v. 20, p. 51-57, 1999.

GOFF, J. P.; RUIZ, R.; HORST, L. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 5, p. 1245-1255, 2004.

GOMES, A; et al. Exame da função hepática na medicina veterinária. **Revista Científica Eletônica de Medicina Veterinária**, v. 4, n. 11, p. 1-7, 2008.

GONZALÉZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluídos corporais (sangue, leite e urina). In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBMV/SOVERGS, 2002. p. 5-17.

GONZALÉZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: I SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 73-89.

GONZALÉZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introduction to biochemistry veterinary clinic**. 2th. Porto Alegre: UFRGS; 2006. p. 318-337.

GOUVEIA, L. N. F.; et al. Metabolic profile and renal function of lambs fed with maniçoba hay replacement by spineless cactus. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 4, p. 41-51, 2019.

GOUVEIA, L. N. F.; et al. Perfil metabólico de ovinos em crescimento alimentados com dietas constituídas de feno ou silagem de maniçoba e palma forrageira. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, supl. 1, p. 5-9, 2015.

GUEDES, L. F.; et al. Metabolismo de cálcio e fósforo em ovinos. **Nucleus Animalium**, v. 8, n. 2, p. 13-28, 2016.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.

HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism with reference to the goat. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 10, p. 1707-1728, 1980.

HENDRIX, C. M. **Procedimentos laboratoriais para técnicos veterinários**. 4th ed. Rocca, São Paulo, 2005. 568p.

HENRIQUES, L. C. S.; et al. Evaluation of the renal function in aging Santa Ines ewes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 642-646, 2016.

JAMES, L. F.; BUTCHER, J. E. Halogeton poisoning of sheep: effect of high level oxalate intake. **Journal of Animal Science**, v. 35, n. 6, p. 1233-1238, 1972.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th. San Diego: Academic Press, 2008. 916p.

KOZLOSKI, G. V.; et al. Creatinine use as an indicator of urinary excretion in ovinos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 98-102, 2005.

LASSEN, E. D. Avaliação laboratorial do fígado. In: THRALL, M. A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. 592p.

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

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

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, L. P. A. A.; et al. Intake, digestibility and metabolism in sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1717-1723, 2019.

MINITAB. Minitab Quality Companion: MINITAB 17: **Statistical software**. Version 17, 2014.

MOIR, K. W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 10, p. 1-3, 1953.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 7th ed. National Academic Press, Washington, 2007. 384p.

NUNES, A. S.; et al. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1825-1831, 2010.

OLIVEIRA, J. P. F.; et al. Spineless cactus as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 1, p. 139-144, 2017.

PORDEUS NETO, J.; et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016.

PUGH, D. G. **Clínica de ovinos e caprinos**. São Paulo: Roca, 2004. 513p.

RAHMAN, M. M.; ABDULLAH, R. B.; WAN KHADIJAH, W. E. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 605-614, 2013.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2012.

SANTOS, D. C.; et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SANTOS, K. L. L.; et al. Balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 3, p. 546-559, 2009.

SAS, STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide**. Version 8. v. 2. Cary: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, A. L. L.; et al. Avaliação da atividade antibacteriana, citotóxica e antioxidante da espécie vegetal *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 307-315, 2016.

SILVA, E. T. S.; et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 761-767, 2017.

SILVA, M. P. **Balanço de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos alimentados com palma orelha-de-elefante-mexicana (*Opuntia stricta* Haw)**. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2018.

SILVA, R. C.; et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.

SILVA, S. M. C. **Histopatologia e morfometria do fígado de ovinos alimentados com palma forrageira resistente à cochonilha do carmim**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2017.

SILVA, T. G. P.; et al. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 3, p. 1299-1307, 2020.

TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-48, 2015.

TENNANT, B. C.; SHARON, A. C. Hepatic function. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th. San Diego: Academic Press, 2008. p. 378-411.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2th ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, A. G. V.; et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

VIEIRA, E. L.; et al. 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. 354-57, 2008.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, 61th, Proceedings... Ithaca: Cornell University, p. 176-185, 1999.

CAPÍTULO 4

Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

Condição hepática de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*)

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de dietas contendo genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim sobre a condição hepática de caprinos. Foram utilizados trinta e seis caprinos, machos, sem padrão racial definido, com peso corporal inicial de $19,0 \pm 2,8$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições. Durante 70 dias foram fornecidas aos animais uma dieta com feno de capim Tifton-85 como volumoso exclusivo (controle) e mais duas dietas nas quais o feno foi parcialmente substituído por palma Miúda ou palma Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.). Amostras de sangue foram coletadas um dia antes (*baseline*) e 50 dias após a introdução das dietas testadas para determinação das atividades enzimáticas, da concentração de bilirrubinas e de indicadores do metabolismo energético e proteico, bem como, após o abate, foram coletadas amostras de fígado para análise histopatológica. O uso de palma forrageira, independente do genótipo, diminuiu a concentração sérica de colesterol ($P=0,002$), cujas médias foram de 73,24; 51,55 e 56,93 mg/dL, para os tratamentos controle, com palma Miúda e com palma O.E.M., respectivamente. Os animais que consumiram palma forrageira apresentaram predomínio de processos degenerativos e inflamatórios e a dieta com palma O.E.M. provocou difusa e acentuada necrose de coagulação no tecido hepático ($P=0,033$). Independente do genótipo, a palma forrageira causa redução no teor de colesterol sérico e, especialmente o genótipo O.E.M., ocasiona lesões teciduais marcantes no fígado de caprinos, sem afetar parâmetros produtivos.

Palavras-chave: bioquímica clínica, cactácea, hepatócitos, histopatologia, necrose, pequenos ruminantes

**Liver status of goats fed with cactus cladodes genotypes resistant to carmine
cochineal (*Dactylopius opuntiae*)**

ABSTRACT

The effects of diets containing cactus cladodes genotypes resistant to *Dactylopius opuntiae* on the hepatic condition of crossbred male goats were evaluated. Thirty-six goats (19.0 ± 2.8 kg body weight) were distributed in a completely randomized design, with three treatments and twelve replications. During 70 days, the animals were provided with a diet containing Tifton hay as exclusive roughage (control) and two more diets in which the hay was partially replaced by Miúda or Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) cactus cladodes. Blood samples were collected one day before (baseline) and 50 days after the introduction of the tested diets to determine enzyme activities, bilirubins concentration and indicators of energy and protein metabolism, as well as, after slaughter, liver samples were collected for histopathological analysis. The use of cactus cladodes, regardless of genotype, decreased the serum concentration of cholesterol ($P=0.002$), whose averages were 73.24; 51.55 and 56.93 mg/dL, for the control treatments, with Miúda and with O.E.M. cactus cladodes, respectively. The animals that consumed cactus cladodes showed a predominance of degenerative and inflammatory processes and the O.E.M. cactus cladodes caused diffuse and accentuated coagulative necrosis in liver tissue ($P=0.033$). The cactus cladodes causes a decrease in serum cholesterol and, especially the O.E.M. genotype, causes outstanding tissue damage in the liver of goats, without affecting productive parameters.

Key words: cactaceae, clinical biochemistry, hepatocytes, histopathology, necrosis, small ruminants

INTRODUÇÃO

A palma forrageira, independente do gênero (*Opuntia* ou *Nopalea*), possui elevado conteúdo energético e hídrico. Segundo Rocha Filho et al. (2021), essa cactácea apresenta alto conteúdo de energia metabolizável, podendo ser adotada em zonas semiáridas em razão de sua incomparável produção de energia. Devido ao seu alto conteúdo de umidade, representa uma excelente fonte de água para pequenos ruminantes, sobretudo para as criações exploradas nas regiões secas, nas quais existe limitação hídrica quantitativa e, muitas vezes, qualitativa (BISPO et al., 2007; VIEIRA et al., 2008; COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2012; PORDEUS NETO et al., 2016; CARDOSO et al., 2019). Por outro lado, a palma forrageira apresenta fatores antinutricionais em sua composição, como oxalatos (BATISTA et al., 2009; REKIK et al., 2010; SILVA et al., 2020), ácido cianídrico (HCN) (FERRAZ et al., 2018; SILVA, 2017) e saponinas (SILVA et al., 2016), o que pode interferir no metabolismo e em parâmetros morfofisiológicos dos órgãos dos animais submetidos a dietas contendo esse alimento.

Alguns genótipos de palma forrageira, sobretudo do gênero *Opuntia*, são vulneráveis ao ataque de pragas como a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*). No Nordeste do Brasil, grandes áreas já foram dizimadas por infestações dessa praga, que tem comprometido a produtividade de milhares de hectares com variedades de palma forrageira suscetíveis ao inseto (SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018). Sendo assim, o cultivo de genótipos de palma forrageira resistentes ao ataque dessa praga configura-se como a melhor forma de controle. As palmas Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana (O.E.M.) (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) são consideradas resistentes e se destacam como opções alimentares para regiões atacadas pela cochonilha do carmim (VASCONCELOS et al., 2009; LOPES et al., 2010).

Em comparação à palma forrageira Miúda, o genótipo O.E.M. tem demonstrado superioridade agrônômica, como menor requerimento de nutrientes, maior tolerância ao estresse hídrico e maior produtividade média de matéria seca (SANTOS et al., 2013), evidenciando-se como recurso forrageiro de grande potencial para emprego na alimentação de ruminantes em regiões semiáridas. Nesse cenário, recentes pesquisas vêm sendo conduzidas com o intuito de avaliar respostas nutricionais e produtivas de

ruminantes recebendo dietas com palma forrageira O.E.M. (ROCHA FILHO, 2012; SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2018; PAULA et al., 2019; SIQUEIRA et al., 2019). No entanto, até o momento não se tem registro de pesquisas visando avaliar a condição hepática de caprinos submetidos à dieta contendo esse genótipo de palma, o que aponta para a emergente necessidade de investigações de cunho bioquímico e histológico.

Estudos prévios com uso de palma forrageira como ingrediente dietético fornecida a ovinos têm relatado diminuição sérica de colesterol e ureia, assim como elevação no nível de glicose plasmática e na atividade sérica da enzima fosfatase alcalina (DANTAS et al., 2011; SILVA, 2017; CARDOSO et al., 2019; MACIEL et al., 2019), o que indica alterações no metabolismo. Silva (2017), ao avaliar a utilização de diferentes variedades de palma forrageira (530 g/kg de MS) na dieta de ovinos sobre parâmetros histopatológicos do fígado, verificou alterações marcantes e associou a ocorrência das lesões aos níveis de HCN e de oxalatos totais contidos nas dietas testadas.

Diante do exposto, foi levantada a hipótese de que o fornecimento de dietas contendo palma forrageira altera a bioquímica sanguínea e a morfologia tecidual do fígado de caprinos. Assim, objetivou-se avaliar as alterações hepáticas de caprinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim, através da bioquímica sanguínea e histopatologia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de acordo com as recomendações do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e o protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob a licença de número 142/2018.

Local do experimento

O experimento foi realizado no Setor de Caprinos e Ovinos do Departamento de Zootecnia (DZ) da UFRPE, localizada em Recife, Pernambuco.

Animais e dietas

Foram utilizados 36 caprinos castrados, sem padrão racial definido, machos, com média de um ano de idade e peso corporal inicial médio de $19,0 \pm 2,8$ kg, os quais

foram inicialmente pesados, identificados com brincos, vacinados contra clostridioses e submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Os animais foram alojados em baias individuais, providas de comedouro e bebedouro, sendo distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições.

A fração concentrada das dietas foi composta por fubá de milho (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.), ureia pecuária e núcleo mineral, enquanto que a fração volumosa foi composta por feno de capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) e palma forrageira (genótipos Miúda ou O.E.M.) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg de MS).

Item	Ingredientes						
	Feno de Tifton-85	Palma Miúda	Palma O.E.M. ¹	Farelo de Soja	Fubá de Milho	Ureia Pecuária	Sal Mineral
Matéria seca ²	895,5	123,6	97,2	882,7	877,1	990,0	990,0
Proteína bruta	86,0	40,0	55,0	487,0	85,0	2800,0	-
Cinzas	83,9	129,4	149,0	70,3	12,3	-	-
Extrato etéreo	22,6	13,8	17,8	15,0	38,3	-	-
FDN _{cp} ³	669,4	252,7	198,0	134,5	146,7	-	-
FDA ⁴	336,1	137,1	95,3	116,7	24,4	-	-
CNF ⁵	138,0	563,9	580,0	293,0	717,6	-	-
Oxalatos totais	3,80	2,91	5,77	1,88	5,59	-	-

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²grama por quilograma de matéria natural; ³fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; ⁴fibra em detergente ácido; ⁵carboidratos não fibrosos.

Os tratamentos experimentais foram: 1) dieta com feno de capim Tifton-85 como volumoso exclusivo (controle); 2) dieta com substituição parcial do feno por palma forrageira Miúda; e 3) dieta com substituição parcial do feno por palma forrageira O.E.M.; com relação volumoso:concentrado de 60:40 (Tabela 2).

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
Feno de Tifton-85	600	150	150
Palma Miúda	0	450	0
Palma O.E.M. ¹	0	0	450
Fubá de milho	270	271	273
Farelo de soja	110	100	100
Ureia pecuária	5,0	14,0	12,0
Sal mineral ²	15,0	15,0	15,0
Total	1000	1000	1000
Composição química			
Matéria seca ³	890,8	234,8	190,3
Cinzas	76,0	95,8	104,7
Proteína bruta	142,1	141,8	143,2
Extrato etéreo	25,6	21,5	23,4
FDNcp ⁴	456,1	267,4	243,1
Carboidratos não fibrosos	300,2	473,4	485,8
Nutrientes digestíveis totais	648,2	709,8	632,7
Oxalatos totais	4,0	3,6	4,9

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²Nutrientes/kg do produto: Cálcio - 140 g; Fósforo - 70 g; Magnésio - 1320 mg; Ferro - 2200 mg; Cobalto - 140 mg; Manganês - 3690 mg; Zinco - 4700 mg; Iodo - 61 mg; Selênio - 45 mg; Enxofre - 12 g; Sódio - 148 g; Flúor - 700 mg; ³g/kg de matéria natural; ⁴fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados.

As dietas foram formuladas para proporcionar ganho de peso de 150 g/dia (NRC, 2007).

Procedimentos experimentais e amostragem

O período experimental compreendeu 100 dias, sendo 30 dias destinados à adaptação dos animais às condições experimentais e 70 dias para coleta de amostras e dados. O arraçamento foi realizado duas vezes ao dia (08h e 15h), na forma de mistura completa, com água sempre à disposição dos animais. Durante todo o período experimental, os alimentos e as sobras foram pesados para mensuração do consumo alimentar. As sobras foram coletadas diariamente pela manhã para monitoramento do

consumo e para cálculo da oferta seguinte, sendo o ajuste da quantidade de alimentos realizado a cada dois dias em função do consumo do dia anterior, permitindo-se sobras na ordem de 15,0% do total ofertado. Os consumos de matéria seca (MS), nutrientes e oxalatos totais foram calculados mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e refugadas.

As amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas semanalmente durante todo o experimento. Para estimativa do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), usando a equação proposta por Weiss (1999), amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal na oitava semana do período experimental, durante três dias consecutivos, em três horários alternados, sendo às 6 h, 12 h e 16 h no primeiro dia; às 8 h, 14 h e 20 h no segundo dia; e às 10 h, 16 h e 22 h no terceiro dia, totalizando 12 coletas fecais.

Para a estimativa da produção de matéria seca fecal, foi utilizada a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador. Amostras de 1,00 g da fração concentrada e 0,50 g de feno, fezes e sobras foram incubadas por 264 horas no rúmen de um búfalo fistulado, de acordo com a metodologia descrita por Valente et al. (2011). O restante do material da incubação foi submetido à extração com detergente neutro e o resíduo foi considerado como FDNi. A produção de matéria seca nas fezes foi estimada pela relação entre a ingestão do indicador e a concentração fecal.

A cada coleta, todas as amostras foram identificadas, pesadas e armazenadas em freezer a -20°C. Posteriormente, foram descongeladas, pesadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 10,0% para constituírem uma amostra composta por animal. Em seguida, foram processadas em moinho de facas tipo Wiley (TE-648– Tecnal®), passando por peneira de crivos de 1 e 2 mm, acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e previamente identificados.

Análises químicas

As determinações de MS, cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme as metodologias propostas pela AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) foram realizadas seguindo-se as metodologias preconizadas por Van Soest et al. (1991) modificadas por Detmann et

al. (2012). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo Hall (2000). A quantificação dos oxalatos totais foi realizada de acordo com as recomendações de Moir (1953).

Coleta de sangue e análises bioquímicas

As coletas de sangue foram realizadas no 50º dia após a alimentação com as dietas testadas, por venopunção da jugular, quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal, em tubos siliconizados a vácuo (Vacutainer®) sem e com anticoagulante (fluoreto de sódio/EDTA), para a obtenção do soro e do plasma, respectivamente. As amostras foram acondicionadas imediatamente em recipiente de isopor contendo gelo reciclável, foram centrifugadas a 1600 g por 15 minutos e as alíquotas de soro e plasma foram então acondicionadas em microtubos de 2 mL, previamente identificados e congeladas em freezer a -20°C para posteriores análises.

Os indicadores bioquímicos determinados no sangue foram as enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), fosfatase alcalina (FA), gama glutamiltransferase (GGT); e os metabólitos bilirrubina total e direta, glicose plasmática, colesterol, ureia, proteínas totais, albumina. As concentrações de bilirrubina indireta foram estimadas por meio da subtração dos valores de bilirrubina total e direta. Os valores de globulina foram obtidos através da subtração dos valores de proteínas totais e albumina. A relação albumina-globulina foi determinada pela divisão entre os valores desses parâmetros. Todas as análises sanguíneas foram realizadas utilizando-se kits comerciais Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labmax 240® (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão), seguindo-se as instruções do fabricante.

Coleta de tecido hepático

Decorridos 100 dias de confinamento, os animais foram casualizados em uma ordem de abate e submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. Após o abate humanitário, que seguiu as recomendações da legislação vigente (BRASIL, 2000), o fígado de cada animal foi coletado e pesado em balança digital. Para a quantificação da matéria seca do tecido hepático e análise histopatológica, oito fragmentos com cerca de 2 cm de comprimento e 0,5 cm de espessura dos diferentes lóbulos foram obtidos por meio de

corde do órgão com lâminas de aço inoxidável, sendo então quatro fragmentos colocados em potes plásticos identificados e armazenados em freezer a -20°C . Posteriormente, as amostras foram descongeladas até temperatura ambiente e 2 g alocados em placas de petri de vidro para secagem em estufa regulada a 105°C por 24 horas (MARQUES et al., 2011). A outra metade dos fragmentos hepáticos foi imediatamente imersa em solução de formol a 10% tamponado com fosfato de sódio (0,1M e pH 7,2).

Processamento e análise histopatológica

Após 48 horas de fixação, os fragmentos foram transferidos para álcool etílico a 70% e, posteriormente, desidratados em concentrações crescentes de álcool etílico, diafanizados em xilol, impregnados com parafina líquida em estufa a 58°C e incluídos em parafina. Os blocos foram então cortados em micrótomo rotativo LEICA[®] Minot, ajustado para cinco μm . As secções foram coradas por Hematoxilina-Eosina (H.E.), seguindo-se protocolo do laboratório de Histologia Animal do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE.

A captura de imagens foi realizada com auxílio do programa LAZ EZ versão 4.1.0 e utilização de microscópio óptico Leica[®] DM500 acoplado à câmera e conectado a um computador. Os achados histopatológicos observados no fígado foram analisados quanto ao grau de intensidade e distribuição, com base nos escores apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Escore de lesão para avaliação histopatológica do fígado de caprinos de acordo com o grau de intensidade e distribuição.

Categoria	Escore	Significado
Intensidade	0	Ausente
	1	Discreta
	2	Moderada
	3	Acentuada
Distribuição	0	Ausente
	1	Focal
	2	Focalmente extensa
	3	Multifocal
	4	Multifocal a coalescente
	5	Difusa

Fonte: Elaborada pelo autor.

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo usado o peso inicial dos animais como covariável. Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene). Para comparar a média dos metabólitos entre a coleta *baseline* e após 50 dias, o teste t de *Student* pareado foi aplicado, usando o software Minitab versão 17 (2014). Posteriormente, nos dados produtivos e sanguíneos, foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, com auxílio do programa SAS (1999). As alterações histopatológicas foram analisadas por distribuição de frequência e inferência estatística, utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, adotando-se nível de significância de 5% e utilizando o software SAS (1999).

RESULTADOS

As dietas exerceram influência apenas na concentração sanguínea de colesterol, não sendo observada diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos demais biomarcadores (Tabela 3).

Tabela 3. Bioquímica sanguínea de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

Parâmetros	Dietas			EPM ²	Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹		
<i>Enzimas</i>					
ALT (U/L) ³	23,72	21,24	21,91	1,23	0,356
AST (U/L) ⁴	121,77	97,34	128,58	18,26	0,446
FA (U/L) ⁵	244,45	326,78	228,43	38,60	0,164
GGT (U/L) ⁶	43,95	39,88	48,78	3,42	0,190
<i>Metabólitos</i>					
Bilirrubina total (mg/dL)	0,56	0,48	0,45	0,06	0,439
Bilirrubina direta (mg/dL)	0,15	0,15	0,11	0,02	0,184
Bilirrubina indireta (mg/dL)	0,41	0,33	0,34	0,05	0,505
Glicose plasmática (mg/dL)	54,55	55,70	54,93	2,04	0,921
Colesterol (mg/dL)	73,24a	51,55b	56,93b	4,10	0,002
Triglicérides (mg/dL)	15,32	12,40	15,38	1,53	0,295
Ureia (mmol/L)	13,29	11,30	13,54	1,01	0,238
Proteínas totais (g/L)	71,01	71,28	74,55	1,23	0,090
Albumina (g/L)	22,40	22,83	21,65	0,63	0,418
Globulina (g/L)	48,61	48,46	52,89	1,42	0,054
A:G ⁷	0,46	0,47	0,41	0,02	0,093

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²erro padrão da média; ³alanina aminotransferase; ⁴aspartato aminotransferase; ⁵fosfatase alcalina; ⁶gama glutamiltransferase; ⁷relação albumina-globulina. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os animais que receberam palma forrageira Miúda e O.E.M. apresentaram menores conteúdos séricos de colesterol (51,55 e 56,93 mg/dL, respectivamente) em comparação ao teor verificado nos animais submetidos à dieta controle (73,24 mg/dL), o que representa diminuição de 29,62 e 22,27%, respectivamente (Tabela 3).

Salienta-se que ao se comparar as médias entre as coletas, verificou-se que os valores da atividade sérica da FA aumentaram nos animais de todos os grupos experimentais (Tabelas 4 e 5). Por outro lado, os conteúdos séricos de bilirrubinas foram reduzidos (Tabela 4).

Tabela 4. Perfil enzimático e concentração sérica de bilirrubinas de caprinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.

	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
	<i>Alanina aminotransferase (U/L)</i>		
Baseline	19,70±1,04b	19,23±1,11	20,30±1,07
50° dia	23,72±1,51a	20,89±1,06	22,56±1,01
Valor de P	0,017	0,086	0,152
	<i>Aspartato aminotransferase (U/L)</i>		
Baseline	92,40±7,90	85,99±4,87	130,60±13,40
50° dia	121,80±25,70	97,32±5,53	132,60±20,50
Valor de P	0,301	0,151	0,909
	<i>Fosfatase alcalina (U/L)</i>		
Baseline	74,70±7,10b	85,50±15,30b	70,70±13,90b
50° dia	244,50±37,50a	332,80±47,40a	241,10±34,10a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
	<i>Gama glutamiltransferase (U/L)</i>		
Baseline	54,70±5,67	55,74±5,10a	65,91±5,06a
50° dia	43,95±2,92	38,09±3,11b	47,38±3,89b
Valor de P	0,122	0,003	0,011
	<i>Bilirrubina total (mg/dL)</i>		
Baseline	1,01±0,08a	0,91±0,11a	0,88±0,07a
50° dia	0,56±0,04b	0,49±0,09b	0,47±0,05b
Valor de P	0,001	0,006	0,001
	<i>Bilirrubina direta (mg/dL)</i>		
Baseline	0,45±0,03a	0,39±0,05a	0,35±0,04a
50° dia	0,15±0,01b	0,15±0,02b	0,11±0,01b
Valor de P	0,001	0,001	0,001
	<i>Bilirrubina indireta (mg/dL)</i>		
Baseline	0,56±0,06a	0,52±0,07	0,54±0,03a
50° dia	0,41±0,03b	0,34±0,07	0,36±0,04b
Valor de P	0,020	0,067	0,001

¹palma Orelha de Elefante Mexicana. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste *t-student* pareado a 5% de significância.

Na avaliação dos níveis de glicose plasmática e ureia sérica, antes e após o fornecimento das dietas experimentais, verificou-se que todas as dietas proporcionaram aumento nos valores desses biomarcadores (Tabela 5).

Tabela 5. Indicadores do metabolismo energético e proteico de caprinos antes e após o fornecimento de dietas baseadas em palma forrageira.

	Dietas		
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹
	<i>Glicose plasmática (mg/dL)</i>		
Baseline	41,39±1,35b	46,02±3,37b	41,49±1,26b
50° dia	54,55±2,20a	56,37±2,11a	55,26±2,05a
Valor de P	0,001	0,012	0,001
	<i>Colesterol (mg/dL)</i>		
Baseline	61,66±6,11	63,79±3,17a	75,93±7,40
50° dia	73,24±4,40	52,86±1,98b	57,88±5,52
Valor de P	0,154	0,013	0,066
	<i>Triglicérides (mg/dL)</i>		
Baseline	19,87±2,11	16,34±0,88a	18,68±1,98
50° dia	15,32±1,28	13,07±1,81b	14,84±1,45
Valor de P	0,082	0,049	0,168
	<i>Ureia (mmol/L)</i>		
Baseline	4,74±0,31b	6,31±0,86b	6,05±0,47b
50° dia	13,29±1,39a	11,48±0,36a	13,57±1,18a
Valor de P	0,001	0,001	0,001
	<i>Proteínas totais (g/L)</i>		
Baseline	76,65±1,78a	76,06±1,55a	78,32±1,83
50° dia	71,01±1,76b	71,29±0,82b	74,25±1,12
Valor de P	0,008	0,008	0,065
	<i>Albumina (g/L)</i>		
Baseline	21,53±0,73	22,48±0,87	21,74±0,46
50° dia	22,40±0,83	22,67±0,59	21,96±0,44
Valor de P	0,308	0,854	0,736
	<i>Globulina (g/L)</i>		
Baseline	55,12±1,73a	53,58±1,30	56,58±1,80
50° dia	48,61±2,12b	48,62±0,62	52,29±1,22
Valor de P	0,003	0,003	0,053
	<i>Albumina:Globulina</i>		
Baseline	0,39±0,02b	0,42±0,02	0,39±0,01
50° dia	0,47±0,03a	0,47±0,01	0,42±0,02
Valor de P	0,009	0,081	0,116

¹palma Orelha de Elefante Mexicana. Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste *t-student* pareado a 5% de significância.

Não houve diferença significativa entre os valores dos pesos do fígado fresco e seco em virtude das dietas, expressos em gramas e em função do peso corporal (PC) e PC metabólico. No entanto, observou-se maiores ingestões de oxalatos totais (P=0,001) pelos animais que receberam as dietas controle e com palma O.E.M. Os animais submetidos aos tratamentos controle, com palma Miúda e com palma O.E.M.

consumiram em média 3,35; 1,53 e 3,18 g/dia de oxalatos totais, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros produtivos de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

Consumo (g/dia)	Diets				Valor de P
	Controle	Miúda	O.E.M. ¹	EPM ²	
Matéria seca	704,10	603,56	668,10	27,42	0,338
Proteína bruta	104,30	88,89	97,40	3,94	0,294
NDT ³	466,50	466,67	472,30	48,69	0,995
Extrato etéreo	22,00a	16,00b	17,00b	0,84	0,001
Oxalatos totais	3,35a	1,53b	3,18a	0,21	0,001
Fígado fresco (g)	402,50	364,17	403,00	22,90	0,401
Fígado fresco (%PC) ⁴	1,42	1,58	1,59	0,06	0,095
Fígado fresco (g/PC ^{0,75}) ⁵	32,68	34,65	35,58	1,34	0,311
Fígado seco (g)	123,38	107,88	118,25	7,00	0,292
Fígado seco (%PC) ⁴	0,44	0,47	0,47	0,02	0,562
Fígado seco (g/PC ^{0,75}) ⁵	10,05	10,27	10,50	0,51	0,833

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; ²erro padrão da média; ³nutrientes digestíveis totais; ⁴percentual de peso corporal; ⁵gramas por peso corporal metabólico. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

A partir da avaliação microscópica observou-se que os caprinos que consumiram palma forrageira, independente do genótipo, apresentaram parênquima hepático com predomínio de processos inflamatórios e necrose (Tabela 7) (Figura 1).

Tabela 7. Frequência relativa (%) e absoluta de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

Alteração	Dietas		
	Controle n=6	Miúda n=6	O.E.M. ¹ n=6
Colestase	0,00 (0/6)	16,67 (1/6)	0,00 (0/6)
Congestão	66,67 (4/6)	66,67 (4/6)	66,67 (4/6)
Degeneração de hepatócitos	16,67 (1/6)	50,00 (3/6)	16,67 (1/6)
Dilatação de sinusoides	16,67 (1/6)	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)
Espessamento da cápsula de Glisson	16,67 (1/6)	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)
Estreitamento de sinusoides	16,67 (1/6)	50,00 (3/6)	0,00 (0/6)
Esteatose	16,67 (1/6)	50,00 (3/6)	16,67 (1/6)
Hepatite	50,00 (3/6)	50,00 (3/6)	66,67 (4/6)
Hiperplasia das células de Kupffer	33,33 (2/6)	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)
Hipertrofia das células de Kupffer	33,33 (2/6)	50,00 (3/6)	16,67 (1/6)
Hipertrofia de hepatócitos	16,67 (1/6)	50,00 (3/6)	0,00 (0/6)
Necrose de coagulação centrolobular	33,33 (2/6)	16,67 (1/6)	16,67 (1/6)
Necrose de coagulação dos hepatócitos	16,67 (1/6)	66,67 (4/6)	33,33 (2/6)
Necrose de coagulação maciça	0,00 (0/6)	16,67 (1/6)	66,67 (4/6)
Necrose de coagulação pericentro lobular	16,67 (1/6)	0,00 (0/6)	0,00 (0/6)

¹palma Orelha de Elefante Mexicana.

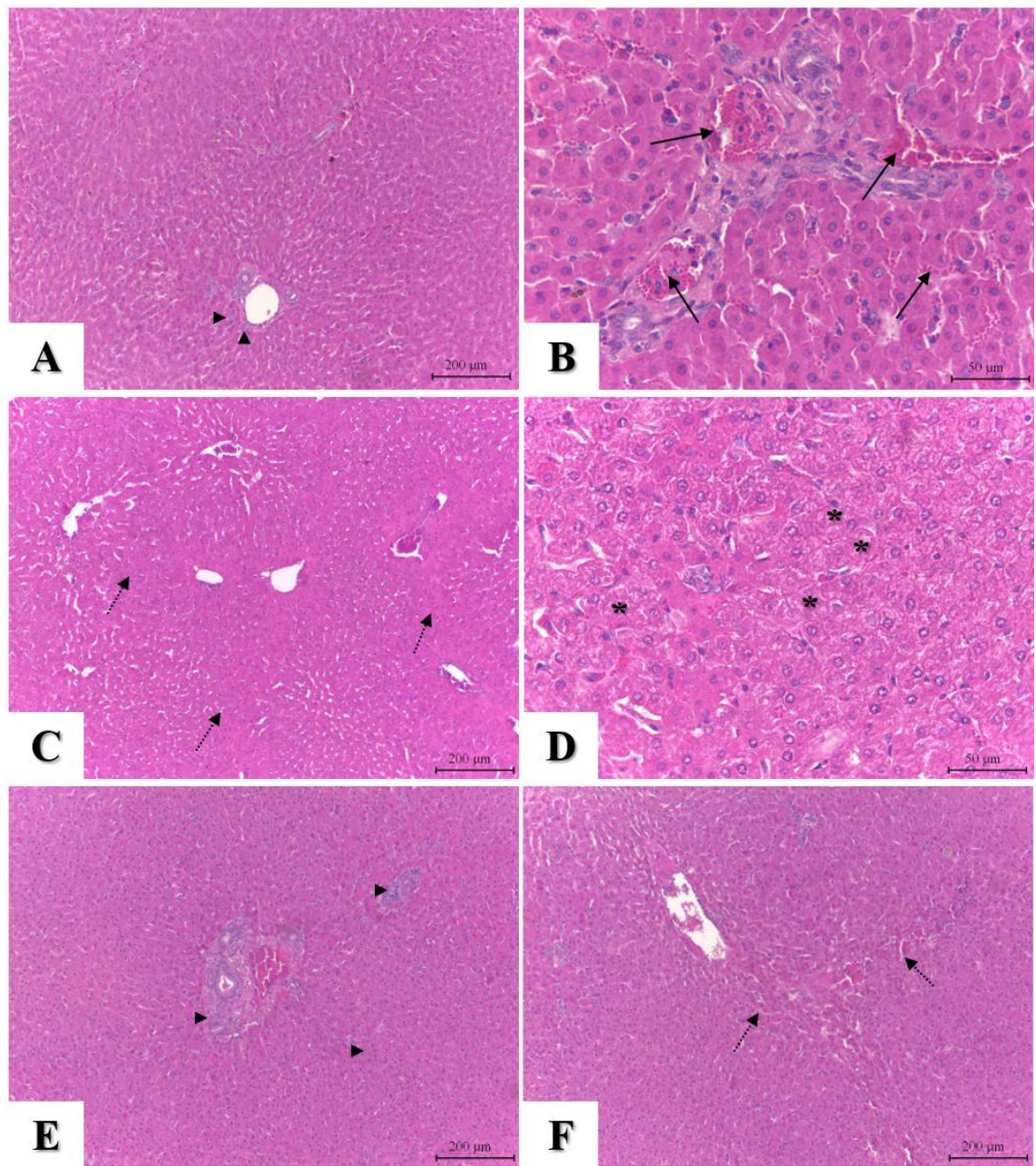


Figura 1. Fotomicrografias do fígado de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira. (A) e (B) Dieta controle (sem palma forrageira); (A) Hepatite linfocitocitária periportal multifocal e discreta (cabeças de setas), HE, barra = 200µm; (B) Congestão portal e de sinusóides multifocal e discreta (setas), HE, barra = 50µm; (C) e (D) Dieta contendo palma forrageira cv. Miúda; (C) Necrose de coagulação multifocal e moderada (setas tracejadas), HE, barra = 200µm; (D) Degeneração de hepatócitos difusa e moderada (asteriscos), HE, barra = 50µm; (E) e (F) Dieta contendo palma forrageira cv. O.E.M.; (E) Hepatite histiolinfocitária multifocal e moderada (cabeças de seta), HE, barra = 200µm; (F) Necrose de coagulação multifocal e acentuada (setas tracejadas), HE, barra = 200µm.

A dieta contendo palma O.E.M. provocou hepatite (especialmente infiltrados inflamatórios linfocitários) e necrose de coagulação maciça em 66,67% dos animais (Tabela 7).

Além disso, os indivíduos alimentados com palma O.E.M. demonstraram maior frequência de hepatite na região periportal. Houve predomínio de necrose de coagulação difusa e severa ($P=0,033$) nos caprinos alimentados com o genótipo O.E.M. (Tabelas 8 e 9), sem afetar o peso corporal dos animais (Figura 2).

Tabela 8. Medianas da distribuição de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

Alteração	Dietas			Valor de P*
	Controle n=6	Miúda n=6	O.E.M. ¹ n=6	
Colestase	0,0	0,0	0,0	0,368
Congestão	3,0	3,0	3,0	0,702
Degeneração de hepatócitos	0,0	2,5	0,0	0,268
Dilatação de sinusoides	0,0	0,0	0,0	0,368
Espessamento da cápsula de Glisson	0,0	0,0	0,0	0,368
Estreitamento de sinusoides	0,0	1,5	0,0	0,135
Esteatose	0,0	0,5	0,0	0,301
Hepatite	1,5	0,5	1,0	0,938
Hiperplasia das células de Kupffer	0,0	0,0	0,0	0,119
Hipertrofia das células de Kupffer	0,0	1,5	0,0	0,494
Hipertrofia de hepatócitos	0,0	1,5	0,0	0,135
Necrose de coagulação centrolobular	0,0	0,0	0,0	0,738
Necrose de coagulação dos hepatócitos	0,0	4,0	0,0	0,155
Necrose de coagulação maciça	0,0	0,0	5,0	0,033
Necrose de coagulação pericentro lobular	0,0	0,0	0,0	0,368

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; *Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância.

Tabela 9. Medianas da intensidade de alterações histopatológicas no parênquima hepático de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

Alteração	Dietas			Valor de P*
	Controle n=6	Miúda n=6	O.E.M. ¹ n=6	
Colestase	0,0	0,0	0,0	0,368
Congestão	1,0	1,5	1,0	0,728
Degeneração de hepatócitos	0,0	1,0	0,0	0,249
Dilatação de sinusoides	0,0	0,0	0,0	0,368
Espessamento da cápsula de Glisson	0,0	0,0	0,0	0,368
Estreitamento de sinusoides	0,0	0,5	0,0	0,100
Esteatose	0,0	0,5	0,0	0,299
Hepatite	0,5	0,5	1,0	0,800
Hiperplasia das células de Kupffer	0,0	0,0	0,0	0,119
Hipertrofia das células de Kupffer	0,0	0,5	0,0	0,568
Hipertrofia de hepatócitos	0,0	0,5	0,0	0,100
Necrose de coagulação centrolobular	0,0	0,0	0,0	0,738
Necrose de coagulação dos hepatócitos	0,0	2,0	0,0	0,265
Necrose de coagulação maciça	0,0	0,0	3,0	0,033
Necrose de coagulação pericentro lobular	0,0	0,0	0,0	0,368

¹palma Orelha de Elefante Mexicana; *Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância.

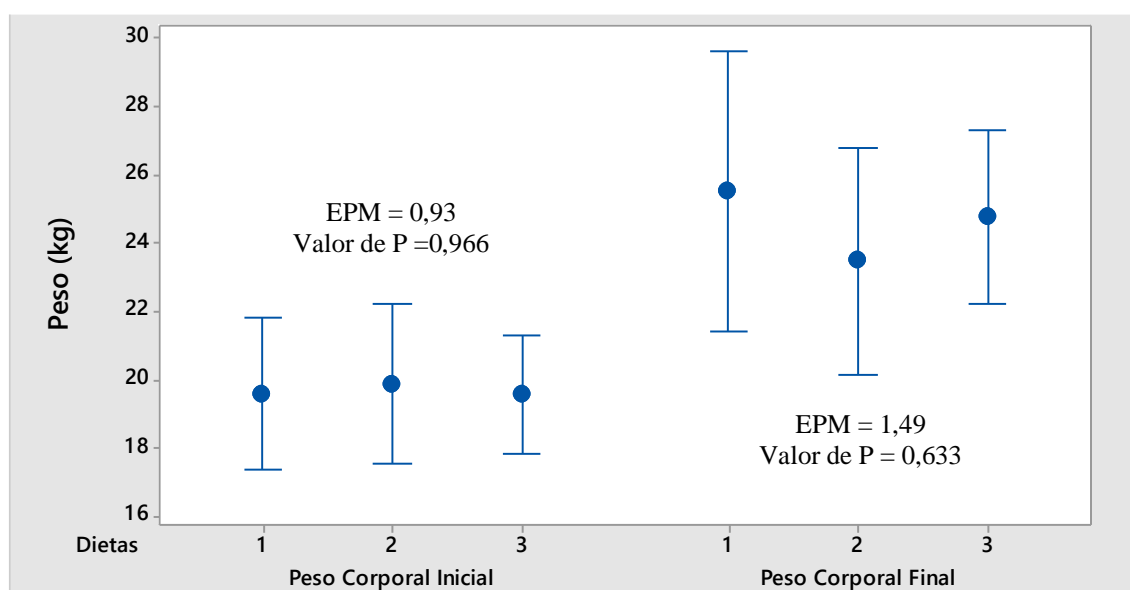


Figura 2. Peso corporal inicial e final de caprinos alimentados com genótipos de palma forrageira.

DISCUSSÃO

A similaridade entre os consumos de MS, PB e NDT por parte dos animais de todo os grupos experimentais (Tabela 6), pode explicar a ausência de efeito dietético sobre a grande maioria dos marcadores bioquímicos avaliados. A atividade sérica da ALT se encontra acima dos valores de referência descritos por Kaneko et al. (2008). Essa enzima é importante na avaliação de tecidos com metabolismo ativo de aminoácidos, como o fígado, sendo sua atividade elevada indício de transtornos hepáticos. A atividade da enzima AST encontra-se abaixo da faixa de normalidade (KANEKO et al., 2008), cujo valor médio foi de 149,18 U/L. Para González (2009), o que interessa na avaliação enzimática é o aumento da atividade, não apresentando relevância a diminuição (THRALL et al., 2015).

As atividades séricas das enzimas FA e GGT mantiveram-se dentro dos limites fisiológicos estipulados por Kaneko et al. (2008), sinalizando que as dietas testadas não comprometeram o funcionamento hepático. Por outro lado, ao se realizar a comparação dos valores da FA entre as coletas (Tabela 4), observou-se que a atividade dessa enzima antes da introdução das dietas testadas encontrava-se abaixo da normalidade para caprinos (KANEKO et al., 2008), porém após o consumo das dietas controle e com palma forrageira houve aumento nos valores de FA, mesmo com todas as médias dentro da faixa fisiológica, o que indica alterações no metabolismo. A maior parte da FA sérica é de origem hepática, pois está presente nas células do epitélio biliar e nas membranas caniculares dos hepatócitos (GONZÁLEZ e SILVA, 2006).

Os valores de bilirrubina total ficaram acima do intervalo de normalidade (KANEKO et al., 2008). A similaridade nos níveis séricos de bilirrubina indireta entre as dietas com e sem palma forrageira sinaliza a ausência de disfunção hepática (Tabela 3). Segundo Lassen (2007), a bilirrubina é um subproduto do metabolismo da hemoglobina que pode apresentar elevação por razões pré-hepáticas, hepáticas ou pós-hepáticas. Em ruminantes, essa substância possui algumas particularidades, como discreto aumento em caso de hepatopatia severa ou jejum.

Os teores plasmáticos de glicose se mantiveram dentro do padrão fisiológico para caprinos (KANEKO et al., 2008). Lima et al. (2016) salientaram que a glicose em ruminantes sofre pouca oscilação pelo aporte dietético, tendo em vista que sua concentração no sangue é regulada por um eficiente mecanismo hormonal do

organismo, que mantém constante o teor desse metabólito. Por sua vez, os conteúdos de ureia sérica na coleta *baseline* encontravam-se dentro da faixa de normalidade para caprinos (3,57-7,14 mmol/L), porém essas médias se elevaram após a ingestão das dietas experimentais (Tabela 5), ficando acima da faixa padrão (KANEKO et al., 2008). O aumento nas concentrações sanguíneas de glicose e ureia entre a coleta *baseline* e a segunda coleta (Tabela 5) sugerem efeito do aporte de nutrientes e energia pelas dietas consumidas.

Os menores níveis de colesterol sérico nos animais que consumiram os genótipos de palma forrageira podem ter relação com os consumos mais baixos de extrato etéreo apresentados pelos caprinos que receberam palma na dieta (Tabela 6), haja vista que o incremento energético eleva as concentrações de colesterol (NUNES et al., 2010). Além disso, pode ser uma resposta ao alto nível de ácido linoleico (ômega-6) que a palma forrageira possui em sua composição, sendo este um precursor do ácido araquidônico, que tem provocado efeitos hipocolesterolêmicos (EL-MOSTAFA et al., 2014).

De acordo com Kaneko et al. (2008), os valores séricos normais de colesterol em caprinos enquadram-se entre 80,0 e 130,0 mg/dL, desse modo, todas as médias encontraram-se abaixo da faixa de referência, o que pode indicar algum tipo de insuficiência hepática, uma vez que o fígado é o principal órgão que sintetiza o colesterol (LASSEN, 2007). Adicionalmente, já foi constatada presença de saponinas na palma forrageira (SILVA et al., 2016). Segundo Tadele (2015), as saponinas diminuem a absorção intestinal de colesterol, através de interações físico-químicas intraluminais, o que pode ter contribuído para redução no teor de colesterol sérico.

As concentrações séricas de ureia, proteínas totais e globulina ficaram acima da faixa de normalidade, enquanto que os níveis de albumina se encontraram abaixo do padrão fisiológico (KANEKO et al., 2008). Nesse contexto, merece ênfase a hipoalbuminemia encontrada para os animais de todos os grupos experimentais, uma vez que metabólitos como a albumina, proteína mais abundante no sangue e indicador mais sensível na avaliação do *status* nutricional proteico, responde mais lentamente ao déficit proteico das dietas, sendo necessário cerca de 30 dias para que as concentrações séricas se alterem significativamente, em função de sua baixa velocidade de síntese e degradação (CONTRERAS et al., 2000). Assim, a baixa ingestão de PB pelos animais

que receberam todas as dietas, cuja média foi de 96,86 g/dia, pode justificar os conteúdos séricos de albumina abaixo da faixa de referência (Tabela 6).

O fígado é um órgão que exerce funções cruciais, dentre as quais se destacam produção e secreção biliar, excreção de substâncias tóxicas ao organismo, além de sua influência no metabolismo animal (BERNE e LEVY, 2009). De acordo com Cullen (2009), o fígado em herbívoros representa cerca de 1% do peso corporal, o que corrobora com os resultados encontrados nesta pesquisa (Tabela 6). A semelhança entre os pesos do fígado fresco e seco em razão das dietas, expressos em grama e em função do peso corporal (PC) e PC metabólico (Tabela 6) pode ser justificada pela proximidade entre os consumos de MS, PB e NDT, proporcionando assim similares aportes de energia e nutrientes e, conseqüentemente, não estimulando a hipo ou hipertrofia hepática.

As ingestões mais elevadas de oxalatos totais pelos caprinos alimentados com a dieta controle e com palma O.E.M. (Tabela 6) tem relação com o maior nível de oxalatos totais verificado no feno de capim Tifton-85 (3,80 g/kg de MS) e contido na palma O.E.M. (5,77 g/kg de MS) (Tabela 1). Contudo, vale ressaltar que os níveis de oxalatos totais consumidos pelos animais de todos os tratamentos testados não provocaram intoxicação aguda. Para D'Mello (1997), a presença de oxalatos em dietas para ovinos a um nível acima de 1,10 g de oxalatos/kg de peso corporal resulta em insuficiência renal crônica, urolitíase por oxalato de cálcio, hipocalcemia e diminuição no desempenho produtivo.

A prevalência de lesões como inflamação e necrose pode ser explicada pelo fato de que o fígado responde a diversas injúrias e a presença de processos inflamatórios linfocitários acontece em resposta a muitos insultos, incluindo lesões tóxicas (CULLEN, 2009). Considerando que a maior parte dos metabólitos e microrganismos que causam agressão hepática entra pelo sistema porta, há tendência de ocorrer infiltrado inflamatório nessa região. Em função do predomínio de necrose de coagulação de caráter severo e difuso nos animais submetidos ao genótipo O.E.M., torna-se importante ressaltar que a morte maciça das células hepáticas leva à perda das funções de síntese e metabolismo do fígado e pode resultar da intoxicação por substâncias contidas na palma forrageira.

Em recentes estudos, Silva (2017) e Ferraz et al. (2018) reportaram níveis de HCN em diferentes genótipos de palma forrageira, substância que pode provocar hepatotoxicidade. De acordo com Sousa et al. (2002), após exposição prolongada ao cianeto de potássio, ratos apresentaram degeneração hidrópica de hepatócitos, em função da baixa oxigenação do tecido hepático (hipóxia celular). Adicionalmente, a presença de oxalatos na palma tem sido apontada na literatura (BATISTA et al., 2009; REKIK et al., 2010; SILVA et al., 2020) e relacionada a alterações na mucosa estomacal e intestinal de pequenos ruminantes (BARBOZA et al., 2019; SILVA et al., 2019; SILVA et al., 2020).

Os dados relatados por Rahman et al. (2013) fornecem fortes evidências de que o oxalato dietético pode resultar em intoxicação em diferentes espécies de animais domésticos. Nessa perspectiva, Silva (2017), ao avaliar o uso de diferentes variedades de palma forrageira na dieta de ovinos, verificou intensa necrose de coagulação pericentrolobular, relacionando esse achado à presença de HCN e de oxalatos totais nessa planta.

Okolie e Osagie (1999), ao investigar os efeitos da administração de cianeto sobre a condição hepática de coelhos, encontraram congestão e necrose de hepatócitos, sugerindo que a exposição crônica ao HCN pode ser prejudicial à função hepática. Em regiões tropicais, lesões como vacuolização, tumefação e necrose de hepatócitos em animais ruminantes têm sido frequentemente associadas à presença de saponinas em *Brachiaria* spp. (RIET-CORREA et al., 2010; MUSTAFA et al., 2012). Nesse contexto, Silva et al. (2016) detectaram presença de saponinas na palma forrageira, o que pode otimizar o efeito citotóxico dessa espécie vegetal sobre o fígado dos animais que a consomem como ingrediente dietético.

A predominância de necrose no parênquima hepático dos caprinos alimentados com palma forrageira O.E.M. em comparação com a palma Miúda pode ter relação com o maior consumo de oxalatos totais por parte dos animais submetidos à dieta com palma O.E.M. (Tabela 6). Por outro lado, como não houve diferença significativa quanto aos níveis de ingestão de oxalatos totais entre os animais alimentados com palma O.E.M. e sem palma (tratamento controle) (Tabela 6), sugere-se que a forte incidência de necrose hepática nos caprinos que consumiram o genótipo O.E.M. pode ter sido causada pela

presença de outros fatores antinutricionais nessa planta, como HCN e saponinas, maximizando assim os efeitos deletérios sobre o fígado.

Ressalta-se que foram observadas lesões histopatológicas no parênquima hepático de alguns animais do grupo controle (Tabela 7), o que possivelmente encontra-se atrelado à presença de fatores antinutricionais também no feno de capim Tifton. Segundo Amorim et al. (2006), gramíneas do gênero *Cynodon* spp. podem ser consideradas cianogênicas. Nessa perspectiva, Gava et al. (1997), após perceberem ocorrência de intoxicação cianídrica natural em bovinos que pastejavam área com *Cynodon dactylon* (Tifton 68) em Santa Catarina, Brasil, reproduziram intoxicação com administração de folhas verdes a bezerros.

CONCLUSÕES

A participação de palma forrageira nas dietas causa diminuição do colesterol sérico e, principalmente o genótipo Orelha de Elefante Mexicana, provoca lesões marcantes no tecido hepático, mas sem comprometer parâmetros produtivos, podendo ser utilizada como alternativa alimentar por até 70 dias para caprinos em confinamento. Adicionalmente, sugere-se a realização de ensaios experimentais por um período maior, visando compreender os reais efeitos de diferentes genótipos de palma forrageira na condição hepática de caprinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC, Arlington, VA, 1990.

BARBOZA, S. C. R.; et al. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1689-1697, 2019.

BATISTA, Â. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 62, n. 3, p. 297-301, 2009.

BERNE, R. B.; LEVY, M. N. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 6ª ed., 2009.

BISPO, S. V.; et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional da Agricultura. Instrução Normativa n. 3, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S. D. A. /M. A. A. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jan. 2000, Seção 1, p. 14-16.

CARDOSO, D. B.; et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.

CONTRERAS, P. A. Indicadores do metabolismo proteico utilizados nos perfis metabólicos dos rebanhos. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELLOS, J. O.; PATINO, H. O.; RIBEIRO, L. A. (Eds) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 106p.

COSTA, R. G.; et al. Effects of increasing level of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v. 82, n. 1, p. 62-65, 2009.

COSTA, R. G.; et al. Consumo de água de ovinos alimentados com diferentes níveis de nopal (*Opuntia ficus indica*) em Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 301-304, 2012.

CULLEN, J. M. Fígado, sistema biliar e pâncreas exócrino. In: MCGAVIN, M. D.; ZACHARY, J. F. **Bases da Patologia em Veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. p. 393-462.

DANTAS, A. C.; et al. Perfil enzimático (AST, GGT e FA) de ovinos recebendo dieta com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) *in natura* ou desidratada. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, p. 385-388, 2011.

DETMANN, E.; et al. **Métodos para análise de alimentos**. (Eds). Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214. ISBN: 9788581790206.

EL-MOSTAFA, K.; et al. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. **Molecules**, v. 19, n. 9, p. 14879-14901, 2014.

FERRAZ, L. V.; et al. Cassava dreg as replacement of corn in goat kid diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 2, p. 309-315, 2018.

GAVA, A.; et al. Intoxicação cianogênica em bovinos alimentados com Tifton (*Cynodon* sp.). In: VIII CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA

VETERINÁRIA (CAMEV), Lages. **Anais...** UDESC, Lages, Santa Catarina, 1997. p.119.

GONZÁLEZ, F. H. D. Ferramentas de diagnóstico e monitoramento das doenças metabólicas. **Ciência Animal Brasileira**, Supl. 1, p. 1-22, 2009.

GONZALÉZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introduction to biochemistry veterinary clinic**. 2th. Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 318-337.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th. San Diego: Academic Press, 2008. 916p.

LASSEN, E. D. Avaliação laboratorial do fígado. In: THRALL, M. A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. 592p.

LIMA, E. H. F.; et al. Efeito da monensina sódica sobre o perfil metabólico de ovelhas antes e após o parto. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 105-118, 2016.

LOPES, E. B.; et al. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.

MACIEL, L. P. A. A.; et al. Intake, digestibility and metabolism in sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1717-1723, 2019.

MARQUES, A.V.S.; et al. Teores séricos e hepáticos de cobre, ferro, molibdênio e zinco em ovinos e caprinos no estado de Pernambuco. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 398-406, 2011.

MINITAB. Minitab Quality Companion: MINITAB 17: **Statistical software**. Version 17, 2014.

MOIR, K. W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v. 10, p. 1-3, 1953.

MUSTAFA, V. S.; et al. Intoxicação natural por *Brachiaria* spp. em ovinos no Brasil central. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n.12, p. 1272-1280, 2012.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 7th ed. National Academic Press, Washington, 2007. 384p.

NUNES, A. S.; et al. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1825-1831, 2010.

OKOLIE, N. P.; OSAGIE, A. U. Liver and kidney lesions and associated enzyme changes induced in rabbits by chronic cyanide exposure. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 7, p. 745-750, 1999.

PAULA, T. A.; et al. Concentrate levels associated with a new genotype of cactus (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) cladodes in the diet of lactating dairy cows in a semi-arid region. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 10, p. 1251-1258, 2019.

PORDEUS NETO, J.; et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016.

RAHMAN, M. M.; ABDULLAH, R. B.; WAN KHADIJAH, W. E. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 605-614, 2013.

REKIK, M.; et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**, v. 90, n. 1-3, p. 53-57, 2010.

RIET-CORREA, B.; et al. Alterações histológicas em fígados e linfonodos de búfalos (*Bubalus bubalis*) mantidos em pastagens de *Brachiaria* spp. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 705-711, 2010.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2012.

ROCHA FILHO, R. R.; et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, 2021. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104426

SANTOS, D. C.; et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SAS, STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide**. Version 8. v. 2. Cary: SAS Institute Inc., 1999.

SILVA, A. L. L.; et al. Avaliação da atividade antibacteriana, citotóxica e antioxidante da espécie vegetal *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 307-315, 2016.

SILVA, E. T. S.; et al. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 761-767, 2017.

SILVA, R. C.; et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.

SILVA, S. M. C. **Histopatologia e morfometria do fígado de ovinos alimentados com palma forrageira resistente à cochonilha do carmim**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2017.

SILVA, T. G. P.; et al. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 3, p. 1299-1307, 2020.

SILVA, T. G. P.; et al. Avaliação histomorfométrica do epitélio ruminal de caprinos alimentados com palma forrageira. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 4, p. 186-193, 2019.

SIQUEIRA, T. D. Q.; et al. Cactus cladodes associated with urea and sugarcane bagasse: an alternative to conserved feed in semi-arid regions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 7, p. 1975-1980, 2019.

SOUSA, A. B.; et al. Does prolonged oral exposure to cyanide promote hepatotoxicity and nephrotoxicity. **Toxicology**, 174, n. 2, p. 87-95, 2002.

TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-48, 2015.

VALENTE, T. N. P.; et al. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 666-675, 2011.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, A. G. V.; et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.

VIEIRA, E. L.; et al. 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. 354-57, 2008.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds.** In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, 61th, Proceedings... Ithaca: Cornell University, p. 176-185, 1999.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A palma forrageira configura um recurso alimentar estratégico e indispensável para zonas secas do mundo, com reconhecidos benefícios no desempenho produtivo de bovinos, caprinos e ovinos, mostrando-se como relevante fonte de energia e de água. No entanto, o uso de dietas baseadas em palma forrageira, em especial as variedades Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, altera parâmetros bioquímicos e histológicos de pequenos ruminantes.

Há indícios de que os níveis de participação da palma forrageira nas dietas normalmente utilizados em pesquisas (300-500 g/kg da MS) e o tempo de duração comumente adotado em ensaios de desempenho possam ser considerados insuficientes para ocasionar maiores comprometimentos à saúde animal e, por conseguinte, aos sistemas produtivos.

Ressalta-se a necessidade de mais estudos para melhor entendimento dos processos que ocorrem a nível ruminal e nos diversos sistemas orgânicos de pequenos ruminantes que consomem dietas contendo palma forrageira, sobretudo de caprinos, visando estabelecer limites dietéticos, temporais e os reais efeitos da palma forrageira sobre o organismo de pequenos ruminantes.

Estudos desta natureza representam ferramenta valiosa para analisar a eficiência de utilização dos alimentos, visando maior desempenho produtivo em ruminantes. É possível que, a médio e longo prazo, alterações metabólicas e teciduais possam prejudicar os índices zootécnicos dos animais.

Sugere-se a quantificação dos teores de mais fatores antinutricionais nos diferentes genótipos de palma forrageira, como saponinas, pois mesmo em baixas concentrações, a médio e longo prazo, a associação dessas substâncias nesses alimentos pode causar prejuízos ao organismo animal.