

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**ALTERAÇÕES TECIDUAIS DO FÍGADO DE OVINOS ALIMENTADOS COM  
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À COCHONILHA-DO-  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE*)**

FRANCISCA MÔNICA COURAS DIAS

GARANHUNS  
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**ALTERAÇÕES TECIDUAIS DO FÍGADO DE OVINOS ALIMENTADOS COM  
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À COCHONILHA-DO-  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do  
Agreste de Pernambuco como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e  
Pastagens, para a obtenção do título de Mestre

FRANCISCA MÔNICA COURAS DIAS

Orientador: Prof. Dr. Robson Magno Liberal Vêras

GARANHUNS  
2021

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

---

- D541a Dias, Francisca Mônica Couras  
Alterações teciduais do fígado de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*dactylopius opuntiae*) / Francisca Mônica Couras Dias. - 2021.  
49 f.
- Orientador: Robson magno Liberal Vêras.  
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens , Garanhuns, 2021.
1. Histopatologia. 2. Necrose. 3. Cactáceas. 4. Pequenos Ruminantes . I. Veras, Robson Magno Liberal, orient. II. Título

CDD 636.089

**PRO- REITORIA DE PESQUISA E POS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

ALTERAÇÕES TECIDUAIS DO FÍGADO DE OVINOS ALIMENTADOS COM  
GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTES À COCHONILHA-DO-  
CARMIM (*DACTYLOPIUS OPUNTIAE*)

Autora: Francisca Mônica Couras Dias

Orientador: Prof. Dr. Robson Magno Liberal Vêras

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens  
Aprovada em: 14 de maio de 2021

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Dr. Robson Magno Liberal Vêras  
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia/DZ

---

Dr. Daniel Barros Cardoso  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco Departamento de  
Zootecnia/DZ

---

Prof. Dr. Tomás Guilherme Pereira da Silva  
Centro Universitário Maurício de Nassau- Recife/PE  
Departamento de Medicina Veterinária/DMV

GARANHUNS  
2021

Aos meus pais, Edmilson Couras e Iranir Dias, por todo sucesso aqui alcançado, por todo carinho e incentivo e aqueles que de alguma forma estiveram presentes e me deram apoio durante essa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre me deu forças e nunca deixou que minha fé fosse abalada.

À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

A meu pai Edmilson, por todos os ensinamentos e pela educação.

À minha mãe Iranir, por todos os conselhos.

Às minhas irmãs, Hortência e Olga, pelo amor, pela amizade e pelo apoio.

A Joel, por ter segurado minha mão até aqui, pelo apoio, por toda sua ajuda e por todo seu amor.

Ao meu orientador, Prof. Robson, pela participação nessa jornada, pelos ensinamentos e conselhos.

Em especial, a Tomás Guilherme, por ter confiado parte de seu trabalho e pela dedicação na etapa final de minha dissertação. Não tenho dúvidas de que tu és um grande profissional e espero manter o contato por toda a vida.

Às amigas Kaliane, Laís, Renata, Gabriela, Lorena e Ludmylla, que na verdade são muito mais que amigas, e sim irmãs, pelo apoio, pelos puxões-de-orelha e pelos conselhos.

Ao Prof. André, um coordenador humano e acessível, pela ajuda e pelo conhecimento repassado.

A todos os amigos e colegas do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da UFAPE, pelo apoio e pela amizade construída.

Aos professores da minha graduação em Veterinária da UFPB, que me ajudam até hoje, e aos professores de pós-graduação, em especial ao pós-doutorando Daniel, por toda ajuda prestada.

A todos que, de alguma forma, estiveram presentes nesta etapa da minha vida, porém não foram citados.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes das dietas experimentais (g/kg de MS) .....	29
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química (g/kg de MS) das dietas experimentais .....	30
Tabela 3 - Parâmetros produtivos de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira .....	34
Tabela 4 - Frequência relativa (%) e absoluta de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira .....	35
Tabela 5 - Medianas da distribuição de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira .....	36
Tabela 6 - Medianas da intensidade de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira .....	36

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA .....	13
2.2 VARIEDADES DE PALMA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO .....	14
2.2.1 Palma miúda ou doce ( <i>Nopalea cochenilifera</i> ) .....	15
2.2.2 Palma orelha-de-elefante ( <i>Opuntia</i> sp) .....	15
2.3 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE .....	16
2.4 METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DA PALMA FORRAGEIRA .....	18
2.5 ANATOMIA E FUNÇÃO DO FÍGADO .....	22
2.6 LESÕES MICROSCÓPICOS DO FÍGADO .....	24
2.6.1 Tumefação hepatocelular .....	24
2.6.2 Necrose de hepatócitos .....	25
2.6.3 Infiltrado inflamatório .....	26
2.6.4 Hiperplasia ductal .....	27
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1 COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS .....	30
3.2 COLETA DE TECIDO HEPÁTICO .....	32
3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA .....	32
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	33
<b>4. RESULTADOS</b> .....	33
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40



## RESUMO

Objetivou-se avaliar as alterações hepáticas de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim, através de achados histopatológicos. A pesquisa foi conduzida no Setor de Caprinos e Ovinos do Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, Pernambuco. Trinta e seis ovinos Santa Inês, machos, não castrados, 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 tratamentos experimentais consistiram de uma dieta base, composta por feno de capim-tifton-85; dieta com substituição parcial do feno de capim-tifton-85 por palma forrageira miúda; e dieta com substituição parcial do feno de capim-tifton-85 por palma orelha-de-elefante mexicana. Após 86 dias de confinamento, os animais foram abatidos aleatoriamente após jejum sólido de 16 horas. O peso do fígado foi maior nos animais que receberam palma forrageira. Todos os animais apresentaram coagulação centrolobular e processos inflamatórios e necrose no parênquima hepático. O uso de palma forrageira na alimentação de ovinos até 86 dias de confinamento não compromete o ganho de peso dos animais, porém outros estudos devem ser desenvolvidos a longo prazo para avaliação dos efeitos de diferentes genótipos de palma forrageira.

Palavras-chave: histopatologia, necrose, oxalatos, cactáceas, pequenos ruminantes

## ABSTRACT

The effects of diets containing cactus cladodes genotypes resistant to carmine cochineal (*Dactylopius opuntiae*) on the hepatic condition of sheep, through histopathology, were evaluated. The research was carried out at the Goat and Sheep Sector of the Animal Science Department of UFRPE, Recife, Pernambuco. Thirty-six Santa Inês male sheep (6 m- old and  $22.0 \pm 2.9$  kg body weight) were assigned to a completely randomized design, with three treatments and 12 replications. Three experimental treatments were evaluated: 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* cactus cladodes. After 86-d fedlot, the animals were randomly slaughtered after 16-h solid fast. The liver weight was higher in the animals fed diets with spineless cactus. All animal showed centrilobular coagulation and hepatic parenchyma with inflammatory processes and necrosis. Feeding forage palm for sheep up to 86 days of confinement does not affect the productive parameters, however further investigation is required to evaluate the effects of different genotypes of spineless cactus.

Key words: histopathology, necrosis, oxalates, cacti, small ruminants

## 1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira — uma cactácea com excelente adaptação a regiões semiáridas — é bastante estudada por sua versatilidade: viabilidade econômica, alimentação humana e animal, produção de energia, medicina, cosméticos, indústria química e alimentícia (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013).

O valor nutritivo da palma forrageira pode ser influenciado por fatores adaptativos decorrentes de aridez. Segundo Batista et al. (2009), essas adaptações podem modificar suas características químicas e ter diferentes implicações sobre o consumo das dietas e a utilização dos diferentes nutrientes. Além dos fatores mencionados, destacam-se as diferenças fenotípicas entre as espécies, variedades ou clones da planta, adubação e tratos culturais, idade, cladódios e tempo de armazenamento após o corte, entre outros.

Em razão da escassez de recursos hídricos do planeta, a palma forrageira é um potencial alimento para a alimentação animal, pois pode ser cultivada em diferentes regiões, devido à resistência à seca e eficiência no uso da água (SILVA et al., 2014) e a atributos nutricionais — teor de umidade e conteúdo energético (COSTA et al., 2012).

Ao estudarem clones resistentes à cochonilha-do-carmim, Vasconcelos et al. (2009) e Lopes et al. (2010) observaram que as cultivares miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck), orelha-de-elefante africana (*Opuntia undulata* Griffiths) e orelha-de-elefante mexicana (*Opuntia strica* Haw.) apresentaram maior resistência ao inseto.

A cultivar miúda é uma das mais cultivadas, principalmente por apresentar resistência à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*). É considerada altamente palatável por ruminantes em comparação a outras variedades, porém apresenta menor resistência à seca (SILVA & SANTOS, 2006). Entretanto, a palma orelha-de-elefante mexicana é menos exigente em nutrientes e mais tolerante às condições de estresse hídrico, além de apresentar maior produção de matéria seca por unidade de área que a palma miúda (SANTOS et al., 2018).

A palma também possui componentes antinutricionais, como o oxalato, que podem variar de 2,91 a 5,77 mg/kg de matéria seca - MS (SILVA, 2020). O oxalato presente na palma encontra-se em forma livre, embora existam relatos de que o mesmo é degradado no rúmen, quando em quantidades elevadas (1,3 a 1,8%), e reduz a absorção de cálcio em até 20% (BLANEY et al., 1982), o que torna o cálcio da palma menos disponível para absorção.

Considerada um alimento energético, a palma influencia diretamente o metabolismo energético de órgãos como intestino e fígado (SILVA, 2017). O fígado utiliza parte do consumo de energia de todo o organismo, de forma que seu metabolismo é influenciado pela carga de trabalho variável entre as espécies animais (HAAS, 2014).

O fígado e o sistema biliar estão expostos a infecções e outras substâncias causadoras de lesões, pelas vias hematogena e biliar e por penetração direta. O fluxo da veia porta é repleto de microorganismos potencialmente lesivos que habitam e penetram o sistema digestório, além de substâncias tóxicas ingeridas ou produzidas pela microbiota intestinal (CULLEN, 2009).

Análises bioquímicas, radiografia e ultrassonografia são exames complementares eficientes na detecção de alterações hepáticas em animais domésticos e na graduação de severidade (RADOSTITS et al., 2002). Todavia, esses exames raramente fornecem diagnósticos específicos, por não atenderem às necessidades do clínico em responder à real natureza da hepatopatia. Nesse contexto, o exame histológico de tecido hepático obtido por meio de biópsia é indispensável para o estabelecimento de diagnóstico e prognóstico preciso (BUNCH et al., 1985), permitindo uma visão mais ampla da natureza da doença hepática, determinando o acesso à morfologia da lesão (TOSTES & BANDARRA, 2002).

A coleta seriada de amostras de tecido hepático por meio de biópsias é uma alternativa importante para a investigação da evolução de doenças tóxicas (COLODEL et al., 2000), a análise de substâncias relacionadas à nutrição animal (HIDIROGLOU & IVAN, 1993) e estudos sobre a patogênese e a evolução de lesões hepáticas (NÉSPOLI et al., 2010).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações hepáticas de ovinos alimentados com diferentes genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim, por meio de achados histopatológicos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO NUTRITIVA DA PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira está presente em todos os continentes, com diversas finalidades, destacando-se na alimentação animal (COSTA, 2008). Na região semiárida brasileira, representada por grande extensão do Nordeste, são cultivadas duas principais espécies de palma, a *Opuntia ficus-indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, cuja cultivar é a palma miúda ou doce (SANTOS et al., 2006).

A distribuição irregular das chuvas reduz a possibilidade de safras anuais, influencia a produção de pastagem e forragem e restringe a produção pecuária. O sistema de produção de ruminantes na região do semiárido é quase exclusivamente uma atividade pecuária extrativa, cuja produtividade resulta da exploração de recursos naturais existentes, levando à degradação progressiva do meio ambiente. No entanto, a introdução de espécies mais adaptadas a regiões com este clima tem mudado este cenário (ROCHA FILHO et al., 2021).

A palma forrageira destaca-se por suas características agronômicas, tolerância hídrica e características nutricionais desejáveis, além de ser amplamente utilizada na alimentação de ruminantes — ovinos, caprinos, novilhas leiteiras, bezerras e vacas em produção (LINS et al., 2016; MAHOUACHI et al., 2012; MONTEIRO et al., 2014; BARROS et al., 2018; e ALMEIDA et al., 2018).

Além do elevado teor de água, a palma é rica em minerais, dos quais cálcio (Ca – 52,6 g/kg de MS), potássio (K – 19,0 g/kg de MS), magnésio (Mg – 12,7 g/kg de MS), fósforo (P- 2,1 g/kg de MS) e sódio (0,5 g/kg de MS) são os mais abundantes (Cordova-Torres et al., 2015). Teores elevados de ácidos orgânicos, como o ácido oxálico (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), apresentam média de 14% de MS (BEN SALEM, 2002).

Tosto et al. (2007) concluíram que a palma forrageira é uma potencial fonte energética na nutrição de ruminantes, principalmente no Nordeste brasileiro, quando estimaram valores de 61,84% de nutrientes digestíveis totais; 2,65 Mcal/kg de energia digestível; 2,23 Mcal/kg de energia metabolizável; 1,36 Mcal/kg de energia líquida de manutenção; e 0,79 Mcal/kg de produção.

A palma forrageira é um cacto adaptado às condições edafoclimáticas do semiárido, notadamente em virtude de seu mecanismo morfofisiológico CAM (metabolismo ácido crassuláceo), o que lhe confere maior eficiência na utilização de CO<sub>2</sub> e água (PEREIRA et al., 2017). Outrossim, o conhecimento da dinâmica de água no solo auxilia na tomada de decisões acerca do suprimento hídrico da palma, justificando o aumento de pesquisas com este cacto (MORAIS et al., 2017).

## 2.2 VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

As espécies *Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck são originárias do México e cultivadas em países mediterrâneos, na África Central e do Sul, nas Américas, no Oriente Médio, na Austrália e Índia (DE SANTIAGO et al., 2018). As palmas forrageiras gigante (*Opuntia ficus indica*), redonda (*Opuntia* sp) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) são as três principais variedades cultivadas no Nordeste brasileiro (SILVA et al., 2006). Outras variedades têm sido geradas ou introduzidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, com o objetivo de obter clones mais produtivos, com melhor valor nutritivo e resistência a pragas e doenças (CAVALCANTI et al., 2008).

As palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck se destacam no semiárido, tendo contribuído significativamente para a alimentação dos rebanhos em secas prolongadas (SOUSA et al., 2012). O gênero *Opuntia* sp. chega a ser três a quatro vezes mais eficientes na conversão de água em matéria seca, mesmo quando comparado com gramíneas tropicais (GREGORY et al., 1992). Essa elevada eficiência no uso de água deve-se ao fechamento dos estômatos durante o dia e à abertura dos mesmos à noite, quando a eficiência da pressão de vapor é mínima (ANDRADE et al., 2010).

A presença de metabólitos secundários, em geral, está relacionada à persistência das plantas ao meio, em razão de estas substâncias serem tóxicas a pragas e patógenos, além de aumentar a tolerância das plantas às perturbações ambientais, como excesso ou déficit hídrico, alta ou baixa temperatura, radiação solar, entre outros (TAIZ et al., 2017), fazendo com que fatores bióticos (insetos e microrganismos) e abióticos (temperatura, radiação ultravioleta, disponibilidade hídrica, nutrientes e altitude) estimulem a síntese desses produtos (GOBBONETO & LOPES, 2007). Dessa forma, plantas cultivadas em regiões com esses aspectos são

potencialmente fontes de metabólitos secundários, a exemplo da palma forrageira, empregada na alimentação humana e animal (ANDREU-COLL et al., 2019) e utilizada para nutrição e saúde (ALVES et al., 2016).

### **2.2.1 Palma miúda ou doce (*Nopalea cochenilifera*)**

As palmas das variedades miúda ou doce (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck) possuem cladódios, em média, de 25 cm de comprimento com formato abovado (base mais fina que a ponta) e coloração verde intenso brilhante. O caule apresenta grande ramificação e de pequeno porte; as flores são vermelhas; durante o ciclo, a corola permanece semiaberta; e o fruto tem formato de baga e cor roxa. Apresentam raízes bem desenvolvidas e “volumosas”, distribuídas conforme o tipo de solo e manejo adotado, mas com predominância de raízes superficiais na horizontal, o que lhes confere maior sobrevivência a grandes períodos de seca, sobretudo por suas características xeromórficas (adaptadas a climas semiárido e árido). Em geral, suas raízes atingem a máxima profundidade de 30 cm e dispersão de 4 a 8 cm em diferentes tipos de solo (MARQUES et al., 2017).

É uma variedade mais exigente em fertilidade de solo e sensível à cochonilha-de-escama (SILVA et al., 2007; CAVALCANTI et al., 2008), porém resistente à cochonilha-do-carmim (NEVES et al., 2010). É mais exigente em umidade e temperatura noturna mais amena que as outras cultivares, não sendo indicada para áreas de sertão (ALBUQUERQUE, 2000; ROCHA, 2012).

### **2.2.2 Palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp)**

A palma orelha-de-elefante — um clone importado do México e da África — apresenta a vantagem de ser resistente à cochonilha-do-carmim (VASCONCELOS et al., 2009). É menos exigente em fertilidade do solo, mas apresenta grande quantidade de espinhos, o que pode comprometer sua palatabilidade e dificultar seu manejo como planta forrageira (CAVALCANTI et al., 2008). Contudo, os espinhos ajudam na redução da temperatura do caule durante o dia e, assim, aumentam a tolerância à seca (MARQUES et al., 2017). Para facilitar o manejo, a palma depois de cortada pode ser queimada para eliminar os espinhos e, então, fornecida aos animais (ROCHA, 2012). A palma orelha-de-elefante é caracterizada pela alta

taxa de emissão de cladódios primários (9 a 15) e pelo crescimento horizontal maior que o vertical (NEVES et al., 2010).

Aparentemente, alguns fatores que conferem resistência às pragas, como lignificação, silicificação ou células epidérmicas mais espessas, não influenciam negativamente o valor nutritivo dos genótipos, em razão de genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim apresentarem características nutricionais semelhantes ou melhores que os genótipos suscetíveis tradicionalmente usados (SANTOS et al., 2018).

### 2.3 CONSUMO E DIGESTIBILIDADE

A digestibilidade do alimento representa a capacidade do animal em utilizar seus nutrientes, em maior ou menor escala, expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, sendo uma característica do alimento, e não do animal (COELHO DA SILVA & LEÃO, 1979). Composição dos alimentos e das dietas, preparo e forma de fornecimento da ração, taxa de degradabilidade, relação proteína:energia e fatores inerentes ao animal também influenciam a digestão dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

A digestibilidade dos alimentos pode ser estimada por dois métodos: direto e indireto. O método direto ou método tradicional da coleta total de fezes consiste em um rigoroso controle de ingestão e excreção diária, necessitando de animais adaptados à gaiola de metabolismo e a bolsas coletoras, tornando-o inviável em algumas situações (ÍTAVO et al., 2002). O método indireto dos indicadores ou marcadores (internos ou externos) é preferível à coleta total de fezes, por ser simples e informar a quantidade ingerida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta por todo trato digestivo e a digestibilidade de todo alimento ou nutriente específico (ZEOULA et al., 2001).

Em razão de sua alta aceitabilidade, grandes quantidades de palma forrageira podem ser voluntariamente consumidas (FERREIRA et al., 2009). Entretanto, devido a diferenças na composição química ou morfologia, como presença de espinhos, pode haver diferença entre espécies sobre a ingestão da ração, em decorrência do nível de inclusão de palma na dieta, da participação de outros alimentos na ração ou da associação entre esses fatores (BATISTA et al., 2009).

Cavalcanti et al. (2008), avaliando o comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com as palmas gigante e orelha-de-elefante, observaram que a palma orelha-de-



elefante reduziu o consumo de matéria seca por caprinos e ovinos, o que, segundo os autores, decorreu possivelmente da quantidade de espinhos.

Oliveira et al. (2017), em estudo com a substituição total de cana-de-açúcar por palma miúda, para ovinos em crescimento, verificaram decréscimo linear no consumo de 1,10 para 0,97 kg/dia. Costa et al. (2012) relataram os efeitos da substituição de milho por farelo de palma no desempenho de cordeiros, sendo o máximo consumo de matéria seca (CMS) de aproximadamente 54,0% de substituição do milho por palma forrageira, em que a ingestão de matéria seca alcançou 1,49 kg/dia, além de efeito quadrático para o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), com máxima de 0,904 kg/dia com 43,3% de palma.

Silva (2016), avaliando as variedades gigante, orelha-de-elefante mexicana (*Opuntia*), miúda e IPA-Sertânia (*Nopalea*), observou que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi próxima entre as variedades (818,18 g kg<sup>-1</sup> MS) e a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), com maiores valores para as variedades do gênero *Nopalea* — 778,1 g kg<sup>-1</sup> MS para a miúda e 814,9 g kg<sup>-1</sup> MS para a IPA Sertânia. Cavalcante et al. (2014), por sua vez, observaram valores de DIVMS de 551, 526 e 581 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente, para as variedades redonda, gigante e miúda.

Del Razo et al. (2015), realizando análise comparativa de *Opuntia* spp., feno de alfafa e feno de aveia, verificaram que a palma apresentou a maior DIVMS (73,6%), constatando que os cladódios de palma podem substituir o feno de alfafa e aveia na alimentação dos ruminantes, sem comprometer o desempenho.

Animais alimentados com quantidades elevadas de palma comumente apresentam distúrbios digestivos, o que provavelmente está associado à baixa quantidade de fibras dessa forrageira (ALBUQUERQUE et al., 2002). Apesar de o teor de fibra ser utilizado como índice negativo de qualidade, por representar a fração menos digestível dos alimentos, reduzindo o consumo voluntário pelo efeito do enchimento ruminal (MERTENS, 1992), a associação da palma aos alimentos fibrosos é determinante para um normal funcionamento de atividades como ruminação, movimentação ruminal, homogeneização do conteúdo ruminal e secreção salivar (BISPO et al., 2007).

Silveira et al. (2006) afirmaram que o pH ruminal varia de acordo com a dieta e o tempo pós-alimentação. Nesse contexto, Rocha Filho (2020), ao analisar as implicações da utilização de genótipos de palma forrageira sobre parâmetros ruminais de ovinos, constatou que o pH ruminal foi menor 2 horas após a alimentação (0, 2, 4, 6 e 8 horas), independentemente do

genótipo (gigante, miúda, IPA-Sertânia, orelha-de-elefante mexicana ou orelha-de-elefante africana).

A alta taxa de fermentação da palma forrageira faz com que a matéria seca seja degradada extensa e rapidamente, o que favorece maior taxa de passagem e, conseqüentemente, consumo semelhante ao dos alimentos concentrados (SILVA et al., 1997). Nesse sentido, Bispo et al. (2007) verificaram que, com o aumento do teor de palma nas dietas, o consumo de matéria seca aumentou linearmente, possivelmente em decorrência do efeito crescente na digestibilidade de matéria seca e matéria orgânica.

Pinto et al. (2011) citaram que a palma forrageira pode ser utilizada até 21% na matéria seca em dietas para cordeiros da raça santa Inês, em confinamento, sem comprometer a produção, as características da carcaça e a produção de componentes não constituintes da carcaça. Ramos et al. (2013) recomendaram o uso da palma forrageira associada com feno de capim tifton e casca de soja como fontes de fibra de forragem na alimentação de ovinos, pois esta cactácea proporcionou maior digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN). Vieira et al. (2008) também comentaram que a palma em combinação com o feno de tifton melhora a digestibilidade da dieta e o consumo. Por conseguinte, o tempo de permanência da fração fibrosa no trato gastrointestinal tende a ser reduzido; conseqüentemente, o rúmen tende a esvaziar mais rapidamente, o que permite maior ingestão de matéria seca.

## 2.4 METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DA PALMA FORRAGEIRA

Atualmente, sabe-se que os metabólitos secundários, denominados compostos bioativos ou compostos naturais, têm importantes funções nos ecossistemas, como moléculas de sinal, reconhecimento, defesa e inibição ou substâncias venenosas. Nas plantas, essas substâncias atuam, principalmente, como reguladores no crescimento e desenvolvimento, na sinalização sexual e na defesa vegetal contra estresses bióticos e abióticos (BUCHANAN et al., 2009). Nos seres humanos e animais, essas moléculas têm grande potencial na manutenção da saúde dos indivíduos (NAZARENO, 2013).

Os cactos são importante fonte de compostos bioativos, como polifenóis, carotenoides e minerais. Devido à diversidade genética nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, existe a necessidade de caracterizar o perfil químico e as propriedades bioativas. Todavia, a composição depende de muitos fatores: espécie, cultivar ou variedade; fatores ambientais, como as condições

edafoclimáticas; e manejo de culturas, incluindo fertilização e tratamento pós-colheita (ALVES et al., 2017). Resumidamente os metabólitos secundários podem ser divididos em três grandes grupos quimicamente divergentes: compostos fenólicos, terpenos e compostos nitrogenados não proteicos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Na química orgânica, os compostos fenólicos são um grupo hidroxilo ligado diretamente a um grupo hidrocarboneto aromático. O mais simples é a classe de fenol, que também é denominado ácido carbólico. Os compostos fenólicos são classificados como fenóis simples ou polifenóis, com base no número de unidades de fenol na molécula (MUELLER-HARVEY, 2006). Compostos fenólicos são bem conhecidos como substâncias fungitóxicas, antibacterianas e antiviróticas (SHAHIDI & AMBIGAIPALAN, 2015). O efeito inibitório de compostos fenólicos na germinação de esporos, no crescimento micelial e na produção/atividade de enzimas microbianas varia entre os diferentes grupos de fenóis. Dessa forma, os compostos fenólicos estão envolvidos nos mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência em plantas (STANGARLIN et al., 2011).

Embora acreditava-se que os compostos fenólicos eram tóxicos ou reduziam o desempenho de animais de produção (MUELLER-HARVEY, 2006), atualmente reconhece-se que, dependendo de sua concentração e natureza (GOEL & MAKKAR, 2012), podem ter efeitos favoráveis e adversos (AERTS et al., 1999). Seu efeito será considerado prejudicial, inócuo ou benéfico segundo o tipo e a estrutura química, a espécie vegetal, a quantidade ingerida, espécie e particularidade de cada animal (MUELLER-HARVEY, 2006). Compostos fenólicos em alimentos geralmente pertencem a ácidos fenólicos, flavonoides, lignanas, estilbenos, cumarinas e taninos (SHAHIDI & AMBIGAIPALAN, 2015).

Existe variação química entre os compostos fenólicos, porém os mais importantes para estudos de fatores antinutricionais são a lignina e o tanino. A lignina tem função duplicada contra herbivoria, pois age química (bloqueio enzimático) e fisicamente (rigidez à parede celular). É uma macromolécula formada por polímeros ramificados de fenilpropanoides, com origem no coniferil, comaril ou álcool sinapil, que são sintetizados via fenilalanina (TAIZ & ZEIGER, 2004). Segundo Van Soest (1994), a lignina é o fator isolado mais limitante da digestibilidade de uma forragem.

Os ácidos fenólicos, flavonoides e taninos — substâncias encontradas nos cladódios de palma — variam de 0,318 a 249,10 mg.g<sup>-1</sup> MS (BARI et al., 2012); 0,002 a 84,45 mg.g<sup>-1</sup> MS

(SANTOS-ZEA et al., 2011); e 1,90 a 30,18 mg.g<sup>-1</sup> MF (MENDEZ et al., 2012), respectivamente.

Os terpenos ou terpenoides constituem uma classe de metabólitos secundários onde a maioria das substâncias é insolúvel em água. Essas substâncias derivam de unidades de isopreno, pentacarbonada (C<sub>5</sub>), também denominadas isoprenoides (TAIZ & ZEIGER, 2013). Segundo Van Soest (1994), a maioria dos terpenoides é volátil e componente de óleos essenciais, incluindo-se as saponinas e os esteroides. Dentre as substâncias relatadas em cladódios de palma estão as moléculas (6S,9S)-3-oxo- $\alpha$ -ionol- $\beta$ -D-glucopiranosídeo, corchoionosídeo-C, Opuntiosídeo-A [(6R)-9,10-dihidroxi-4,7-megastigmadieno-3-one-9-O- $\beta$ -D-glucopiranosídeo], Opuntiosídeo-B [(6S)-9,10-dihidroxi-4,7-megastigmadieno-3-one-9-O- $\beta$ -D-glucopiranosídeo], os carotenoides, os esteróis e as saponinas (SALEEM et al., 2006).

Saponinas derivam do metabolismo secundário das plantas e estão relacionadas, principalmente, ao sistema de defesa. São encontradas nos tecidos mais vulneráveis ao ataque fúngico, bacteriano ou predatório de insetos, considerando-se parte do sistema da defesa das plantas, e indicadas como “fitoprotetoras” (PATRA & SAXENA, 2010). Causam hemólise em hemácias nos mamíferos herbívoros, inibem o crescimento e a atividade dos microrganismos do rúmen e têm efeito deletério sobre a fermentação do rúmen, reduzindo o total dos ácidos graxos totais e a taxa de acetato:propionato de 1,93 para 1,37, na presença de 1% de saponina na dieta (TAIZ & ZEIGER, 2004). Além disso, algumas saponinas podem acarretar aborto e morte fetal em ruminantes e monogástricos (HANSON et al., 1973).

Os compostos nitrogenados não proteicos constituem uma classe de metabólitos secundários, com N em sua estrutura. Entre as moléculas identificadas nos cladódios, estão as poliaminas (espermina, espermidina e putrecina), as aminas (tiramina, N-metiltiramina, 3-metoxitiramina e colina) e os alcaloides (mescalina, 3,4-dimetoxifenetilamina e ordenina) (STINTZING & CARLE, 2005).

De acordo com Van Soest (1994), os alcaloides, além de causarem toxicidade em herbívoros, quando presentes em forrageiras, reduzem a palatabilidade e podem prejudicar a ingestão e a digestibilidade das forragens, pois têm ação antimicrobiana, afetando a atividade dos microrganismos ruminais (OLIVEIRA et al., 2007).

Além desses problemas de ordem celular, os animais intoxicados por alcaloides podem apresentar falhas na coordenação motora, desordem no sistema nervoso central, fibrose ventricular e redução na produção de leite, podendo vir a óbito (MARTEN, 1973). Os alcaloides

que acarretam deformações fetais e abortamento são denominados teratogênicos (BARNES & GUSTINE, 1973).

O ácido oxálico, também considerado um composto antinutricional, é um ácido dicarboxílico de fórmula molecular  $H_2C_2O_4$  ou, mais precisamente,  $HO_2CCO_2H$ . É um ácido orgânico saturado, de cadeia normal e relativamente forte, sendo 10.000 vezes mais forte que o ácido acético. Comercialmente, a forma mais usual é a dihidratada ( $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ ). Pode estar presente nas plantas em sua forma solúvel ou na forma de oxalato de cálcio insolúvel, cristalizado no interior das células vegetais (COSTA, 1978).

A importância nutricional e clínica do ácido oxálico no animal decorre da insolubilidade do seu sal de cálcio e oxalato de cálcio, que não se altera nas variações fisiológicas do pH e, por isso, frequentemente, a urina encontra-se supersaturada em relação ao oxalato de cálcio (WILLIAMS, 1978).

Particularmente em ruminantes, o oxalato pode seguir três vias após ingestão: ser degradado no rúmen a dióxido de carbono e ácido fórmico; ser absorvido de forma livre no sangue; ou ligar-se ao cálcio formando o oxalato de cálcio insolúvel, o qual será excretado nas fezes. Ao chegar no rúmen, o oxalato é parcialmente degradado pela *Oxalobacter formigenes* (JUSTICE, 1985). McConn et al. (2004) relataram que oxalatos de origem alimentar podem aumentar a excreção de oxalato urinário e que alta excreção de oxalato urinário aumenta as chances de precipitação de oxalato de cálcio e formação de pedra urinária.

Recentemente foi encontrada na palma miúda a presença de ácido cianídrico (HCN), um líquido incolor, volátil e tóxico, na concentração de 51,0 mg/kg de MS (FERRAZ et al., 2018). Nas plantas, o HCN encontra-se ligado a carboidratos denominados glicosídeos cianogênicos, sendo liberado após sua hidrólise (CANELLA et al., 1968).

Após a ingestão de plantas cianogênicas, os glicosídeos cianogênicos liberam HCN, o qual é rapidamente absorvido no tubo digestivo e distribuído para os tecidos através da corrente sanguínea (SMITH, 1994). O HCN possui afinidade pela forma heme-férrico da citocromooxidase, forma um complexo relativamente estável ciano-citocromo-oxidase nas mitocôndrias, deixa o ferro em estado trivalente, interrompe o transporte de elétrons ao longo da cadeia respiratória e, desse modo, inibe o mecanismo oxidativo e a fosforilação, ou seja, a transferência de elétrons da citocromo-oxidase para o oxigênio molecular é interrompida, e a cadeia respiratória é paralisada. Em consequência, ocorre uma anóxia histotóxica, resultando

em asfixia tissular, pela paralisia dos sistemas enzimáticos tissulares (EGEKEZE & OEHME 1980).

## 2.5 ANATOMIA E FUNÇÃO DO FÍGADO

O fígado é a maior glândula interna do corpo. Em todas as espécies, o fígado dos recém-nascidos apresenta maior relação peso do fígado e peso corpóreo, que tende a diminuir com o avanço da maturidade, correspondendo nos herbívoros adultos a 1% do peso corporal. O fígado apresenta uma superfície lisa capsular e um parênquima composto por tecido friável de coloração castanho avermelhado, dividido por fissuras em lobos que variam com a espécie: nos ruminantes são quatro lobos; nos suínos e caninos, seis; e nos equinos, cinco (STALKER, 2016).

A cápsula de Glisson é composta por tecido conjuntivo que recobre o fígado e proporciona meios para que os ramos da veia porta, artéria hepática, dos canais biliares e vasos linfáticos consigam percorrer todo o órgão (MENDONÇA, 2017).

O fígado apresenta rica vascularização, recebendo aproximadamente 25% do débito cardíaco. Esse suprimento sanguíneo é fornecido por uma dupla circulação eferente: a artéria hepática e a veia porta, a qual entra no espaço porta. A veia porta é responsável por drenar todo o trato digestivo, bem como o baço e o pâncreas, fornecendo cerca de 70-80% do sangue total que chega ao fígado (MENDONÇA, 2017).

Cerca de 80% do fígado é composto por hepatócitos arranjados em placas ou cordões orientados radialmente. O espaço entre estes cordões é ocupado por capilares sinusoides (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004). A estrutura do sinusóide hepático permite íntimo contato do sangue que chega ao fígado com os hepatócitos e as células sinusoidais (GAYOTTO et al., 2000), porém difere de capilares, devido ao trajeto tortuoso e calibre aumentado, reduzindo a velocidade da circulação do sangue. As suas células endoteliais são separadas por amplos espaços que comunicam a luz do capilar com o tecido adjacente. Ainda, apresentam abundante quantidade de poros sem diafragmas nas paredes das células endoteliais, pela presença de macrófagos na parede, e principalmente em sua volta, além de uma lâmina basal descontínua (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004; POIRIER et al., 2003; BANKS, 1992). A densidade dessas fenestrações aumenta à medida que se aproxima da veia centro-lobular. Na luz dos capilares sinusoides, encontram-se, além de células sanguíneas habituais, os linfócitos Natural Killer e as células de Kupffer (POIRIER et al., 2003; BANKS, 1992). As células de Kupffer

fornece a primeira linha de defesa contra agentes infecciosos, endotoxinas e material estranho absorvido no intestino, antes que tenham acesso à circulação sistêmica (CULLEN, 2009).

O fígado também é importante no ciclo da ureia, na qual a amônia ruminal originária da proteólise bacteriana, que não foi incorporada aos aminoácidos, ácidos nucleicos ou à proteína microbiana, será absorvida através da parede do rúmen. Logo após, será transportada pelo sistema porta-hepático, e no fígado a amônia será convertida em ureia, sendo essa rota a principal forma de eliminação de nitrogênio pelo organismo dos mamíferos (LOPES, 2016).

De acordo com Klein (2014), o fígado exerce as funções fisiológicas de síntese das principais proteínas plasmáticas, regulação das concentrações plasmáticas de glicose e metabolização de lipídios e aminoácidos; atua na degradação de alguns produtos de excreção do organismo, como a amônia; e exerce papel fundamental na degradação de substâncias exógenas e nocivas ao indivíduo (REECE, 2008).

Em ruminantes, o fígado é deslocado mais para o lado direito da cavidade abdominal, em virtude de o rúmen ser mantido, em sua topografia normal, pela pressão de outras vísceras e por meio de ligamentos, em especial os ligamentos coronário e falciforme, que fixam o fígado, respectivamente, ao diafragma e à parede abdominal (CULLEN, 2013). A consistência de um fígado saudável em todas as espécies domésticas é firme, elástica, flexível e capaz de se adaptar a seus arredores (MENDONÇA, 2017).

O fígado e o sistema biliar estão expostos a infecções e outras substâncias causadoras de lesões, pelas vias hematogena e biliar e por penetração direta. O fluxo da veia porta é repleto de microrganismos potencialmente lesivos que habitam e penetram no sistema digestório e de substâncias tóxicas ingeridas ou produzidas pela microbiota intestinal (CULLEN, 2009). A etiologia das afecções hepáticas inclui causas tóxicas (intoxicação por alcaloides pirrolizidínicos); infecciosas, como a doença de Tyzzer; inflamatórias (etiologias a neoplasias e doença granulomatosa); metabólicas (lipidose hepática) e obstrutivas (DUNKEL et al., 2014).

No fígado, macroscopicamente, teleangiectasia, peri-hepatite, hidatidose, fasciolose e tuberculose frequentemente culminam em condenação (HERENDA et al., 1994). Outras lesões prevalentes incluem abscessos (VECHIATO et al., 2011) e anormalidades de cor e textura — fibrose e amarelamento do órgão (ROSON et al., 1999). Outras lesões macroscópicas (congestão, esteatose, cirrose, abscessos e granulomas) também podem culminar em condenação no abatedouro.

Os sinais clínicos de doenças hepáticas podem não ser evidentes, enquanto não houver o comprometimento de pelo menos 60 a 80% do parênquima hepático. As principais manifestações clínicas observadas nas doenças hepáticas são icterícia, encefalopatia hepática, edema, emaciação, diarreia, constipação, fotossensibilização, diátese hemorrágica e dor abdominal (DAVOUDI et al., 2013).

## 2.6 LESÕES MICROSCÓPICOS DO FÍGADO

Acredita-se que muitos fígados liberados para consumo contenham lesões microscópicas não visualizadas pelos inspetores na rotina de inspeção (MENDES, 2006), a exemplo de tumefação hepatocelular, necrose, infiltrado inflamatório e hiperplasia ductal. Alberton (2000) cita estudos desenvolvidos em diversos países, em que a falta de acurácia na linha da inspeção tem elevado os custos de produção dos frigoríficos.

De acordo com Freitas (1999), uma dificuldade enfrentada por estes profissionais, em atividades rotineiras nos estabelecimentos de abate, é a segurança em se diagnosticarem as enfermidades apresentadas na linha de abate e, em seguida, estabelecer o destino apropriado e confiável para as carcaças e vísceras destes animais.

### 2.6.1 Degeneração hepatocelular

A degeneração hepatocelular é uma lesão subletal caracterizada por edema celular (degeneração hidrópica). Os hepatócitos com este tipo de lesão, em geral, removem as organelas lesadas pela formação de autofagossomos (CULLEN, 2009).

A tumefação dos hepatócitos, um achado morfológico comum em várias doenças inflamatórias do fígado, resulta de alterações funcionais na bomba de sódio e retenção citoplasmática de quantidades apreciáveis de água e sódio. Tem expressão máxima nas hepatites virais agudas e pode acompanhar lesões mais graves como a necrose. A perda de atividade tintorial microscópica deve-se provavelmente à alteração na conformação das proteínas que compõem as citoqueratinas (GAYOTTO et al., 2000). A tumefação hepatocelular pode ocorrer por insultos metabólicos e tóxicos, hipóxia, colestase e doenças inflamatórias (STALKER & HAYES, 2007). A tumefação hepatocelular nos hepatócitos da região



centrolobular (tumefação centrolobular) é particularmente comum, uma vez que esta região do lóbulo recebe sangue menos oxigenado, sendo mais susceptível à hipóxia, com maior atividade enzimática (oxidase de função mista), capaz de ativar compostos a formas tóxicas (CULLEN, 2009).

Microscopicamente as células com degeneração hidrópica apresentam-se com citoplasma claro e discretamente granular, devido à tumefação das organelas; o núcleo não se desloca (RIEDE & WERNER, 2004).

### **2.6.2 Necrose de hepatócitos**

A unidade estrutural básica do fígado é a célula hepática ou hepatócito. Estas células epiteliais se agrupam em placas interligadas dispostas radialmente, conferindo a forma dos lóbulos hepáticos (MCGAVIN et al., 2007). Hepatócitos podem ser mortos por lesões tóxicas, atividade de microorganismos ou células inflamatórias, deficiência nutricional ou distúrbios metabólicos severos como hipóxia.

Os hepatócitos e o epitélio biliar são os principais alvos da maioria das doenças hepáticas. Quando ocorre uma lesão letal, a célula afetada sofre necrose, a qual é caracterizada por edema do citoplasma, destruição das organelas e rompimento da membrana plasmática. As células necróticas normalmente exibem cariorrexia ou cariólise e fragmentação do corpo celular, resultando em desnaturação súbita e citoplasma eosinofílico, devido à coagulação de proteínas celulares. Este processo — denominado necrose de coagulação — é o tipo mais comum de necrose hepática (CULLEN, 2009).

A necrose de hepatócitos é comum nas hepatites agudas ou crônicas. Sua localização no lóbulo hepático e sua extensão ajudam a definir a intensidade e, conseqüentemente, a história natural das doenças em que ocorre. Pode ser focal, que compreende a destruição de hepatócitos isolados, ou em pequenos agrupamentos, acometendo porções variáveis do parênquima hepático. Devido ao rápido desaparecimento das células hepáticas destruídas, identifica-se a necrose focal, às vezes, apenas pela presença de agregado de células mononucleares bem delimitadas, em meio com restos celulares. A necrose confluyente consiste em uma forma extensa resultante da união de áreas contíguas de necrose, levando ao colapso do arcabouço reticular, com formação de pontes que unem estruturas vasculares entre si (GAYOTTO et al., 2000).

A necrose focal, o tipo mais comum, ocorre em muitas infecções, migrações parasitárias e obstruções biliares. A patogenia, normalmente desconhecida e provavelmente variável, decorre possivelmente de microrganismos provenientes do sangue portal (KELLY, 1993).

### **2.6.3 Infiltrado inflamatório**

Existem duas vias de entrada dos agentes infecciosos no fígado: a hematogena e a penetração direta e ascendente pelo sistema biliar. A via hematogena é a mais comum, porque o fígado recebe tanto sangue arterial pela artéria hepática, como sangue venoso do sistema gastrointestinal, pela veia porta (MACLACHLAN & CULLEN, 1998). A natureza e a distribuição das lesões inflamatórias no fígado decorrem normalmente da via de entrada do sangue, resposta inflamatória do hospedeiro, natureza do agente infeccioso (vírus, bactéria, fungo) e qualquer predileção decorrente do envolvimento com um tipo específico de célula hepática (CULLEN, 2009).

Os neutrófilos, uma das células mais prevalentes na resposta aguda, respondem aos mediadores inflamatórios através da migração e eventualmente fagocitose e destruição dos indutores da inflamação, resultando em resolução da inflamação, reparo tecidual e recuperação da homeostase (TERUI et al., 2000). São provavelmente os mais importantes fagócitos profissionais, primeiras células a chegarem ao local da agressão, grandes produtores de metabólitos oxidativos e prontos para matarem o organismo ou agente causador da inflamação. Durante o processo de destruição do antígeno, os metabólitos oxidativos liberados pelos neutrófilos podem causar sérios danos teciduais, e estas células são programadas para viver pouco, entrando em processo de apoptose. Elas perfazem cerca de 70% dos leucócitos presentes na circulação sanguínea (BERNARDES, 2000).

A resposta inflamatória no fígado ocorre de forma diferenciada. As células de Kupffer têm propriedades distintas, que as permitem lidar com muitos insultos potencialmente inflamatórios da circulação portal. Além disso, o fígado é um centro regulatório que influencia muitos insultos pró-inflamatórios e mediadores inflamatórios. Isto torna difícil a diferenciação entre condições degenerativas e inflamatórias no fígado. Um número aumentado de leucócitos nos sinusoides hepáticos é observado em muitas bacteremias agudas e subagudas, mas isso não constitui evidência de hepatite, a não ser que haja infiltração de granulócitos, monócitos e linfócitos no espaço perissinusoidal (espaço de Disse) (STALKER & HAYES, 2007).

A hepatite pode ser definida como a inflamação do fígado, de forma aguda ou crônica. Na aguda, é frequentemente acompanhada por necrose hepatocelular. Essas áreas de necrose sofrem ação de células inflamatórias, primeiramente os neutrófilos e posteriormente os linfócitos, plasmócitos e macrófagos (MACLACHLAN & CULLEN, 1998). A hepatite crônica ocorre quando a inflamação aguda persiste, tornando-se visível macroscopicamente, caso produza um granuloma ou um abscesso. Por outro lado, quando a inflamação crônica ocorre de forma disseminada pelo fígado, a perda de parênquima hepático produz distorção na arquitetura do fígado, devido à fibrose e regeneração nodular do parênquima. Na hepatite crônica, as células inflamatórias mononucleares que se acumulam são principalmente os linfócitos, macrófagos, plasmócitos e neutrófilos em inflamações hepáticas não resolvidas (CULLEN, 2009).

#### **2.6.4 Hiperplasia ductal**

A proliferação de novos ductos biliares dentro dos espaços-porta e nas regiões periportais pode resultar de uma resposta não específica a tipos particulares de agressões ao fígado (KELLY, 1993). É uma resposta relativamente inespecífica a uma variedade de agressões sofridas pelo fígado. A hiperplasia ductal pode ocorrer rapidamente, principalmente em animais jovens, mas é geralmente considerada uma lesão vista em doença hepática crônica e, particularmente, ocorre após obstrução da drenagem biliar normal (CULLEN, 2009).

Em pacientes humanos com doença hepática alcoólica, a proliferação de ductos biliares intra-hepáticos (reação ductular) ocorre após necrose hepática massiva, como também em casos de obstrução biliar extra-hepática de longa duração e de hiperplasia nodular focal, na colestase crônica, na cirrose biliar primária e após infecção por fascíola hepática ou *Schistosoma mansoni* (YOSHIOKA et al., 2004).

A proliferação de ductos biliares é classificada como proliferação de células ovais, proliferação de células típicas ou proliferação de células atípicas. A proliferação de ductos biliares a partir de células típicas provavelmente resulta da proliferação de células do epitélio colunar biliar preexistente, as quais se tornam alongadas, aumentando a tortuosidade dos ductos biliares no interior dos espaços-porta, porém com um lúmen bem definido (YOSHIOKA et al., 2004).

A excreção da bile é a principal função exócrina do fígado. Esse produto, por sua vez, atua tanto na excreção de substâncias excedentes — colesterol, bilirrubina e substâncias exógenas—, como na facilitação da digestão dos lipídios, por meio dos ácidos biliares, atuando como detergentes e fornecendo tampões para neutralizar o pH ácido da ingesta (KONIG et al., 2004). Hiperplasia biliar pode ocorrer rapidamente, particularmente em animais jovens, mas geralmente é observada em lesões hepáticas de longa duração, principalmente após doenças que causam obstrução física do fluxo normal de bile (CULLEN & MACLACHLAN, 2001), ou como resposta a determinadas toxinas. Hiperplasia biliar pode ser uma tentativa de regeneração do parênquima, quando os hepatócitos perdem a capacidade de regeneração (KELLY, 1993).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Setor de Caprinos e Ovinos do Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, Pernambuco, Brasil e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob o protocolo número 142/2018.

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 utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e 12 repetições. Os ovinos foram mantidos individualmente em baias com piso suspenso, contendo comedouro e bebedouro. Os animais foram identificados, pesados, imunizados contra clostridioses e submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. O experimento teve duração de 86 dias — 30 dias para adaptação dos animais às condições experimentais e 56 dias para coleta 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, seguindo as recomendações nutricionais do NRC (2007). Os ingredientes utilizados foram: feno de capim-tifton (*Cynodon* spp.), palma forrageira orelha-de-elefante mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.), palma forrageira miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), fubá de milho, farelo de soja, ureia pecuária e mistura mineral (Tabela 1).

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

	Ingredientes						
	Feno Tifton 85	Palma miúda	Palma OEM <sup>1</sup>	Farelo de soja	Fubá de milho	Ureia pecuária	Sal mineral
Matéria seca	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	22,2	13,8	17,8	15,0	38,3	-	-
FDN <sub>cp</sub> <sup>3</sup>	669,4	252,7	198,0	134,5	146,7	-	-
FDA <sup>4</sup>	336,1	137,1	95,3	116,7	24,4	-	-
CNF <sup>5</sup>	138,0	563,9	580,0	293,0	717,6	-	-
Oxalatos totais	3,8	2,91	5,77	1,88	5,59	-	-

<sup>1</sup>Palma orelha-de-elefante mexicana; <sup>2</sup>grama por quilograma de matéria natural; <sup>3</sup>fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; <sup>4</sup>fibra em detergente ácido; <sup>5</sup>carboidratos não-fibrosos.

Os tratamentos experimentais foram formados à base de: 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 orelha-de-elefante mexicana (Tabela 2).

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

Ingrediente	Dieta		
	Controle	Miúda	OEM <sup>1</sup>
Feno de Tifton-85	600	150	150
Palma miúda	0	450	0
Palma OEM <sup>1</sup>	0	0	450
Fubá de milho	270	271	273
Farelo de soja	110	100	100
Ureia pecuária	5	14	12
Sal mineral <sup>2</sup>	15	15	15
Total	1000	1000	1000
Composição química			
Matéria seca <sup>3</sup>	890,8	234,8	190,3
Cinzas	76	95,8	104,7
Proteína bruta	142,1	141,8	143,2
Extrato etéreo	25,6	21,5	23,4
FDNcp <sup>4</sup>	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	3,6	4,9

<sup>1</sup> Palma orelha-de-elefante mexicana.

<sup>2</sup> Nutrientes/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.

<sup>3</sup> g/kg de matéria natural.

<sup>4</sup> Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados.

As dietas foram ofertadas duas vezes ao dia (8 e 15 h), na forma de mistura completa, sendo 60% da dieta oferecida no turno da manhã e 40% no turno da tarde, com água sempre à disposição dos animais.

### 3.1 COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS

Durante todo o período experimental, os alimentos e as sobras foram pesados para mensuração do consumo alimentar dos ovinos. Os valores adquiridos com a pesagem das sobras, coletadas diariamente pela manhã, foram utilizados para ajuste da quantidade de alimentos ofertados, realizado a cada dois dias, em função do consumo do dia anterior,

permitindo-se sobras de 15% do total ofertado. O consumo de matéria seca, nutrientes e oxalatos foram calculados pela diferença entre as quantidades oferecidas e desprezadas.

As amostras das sobras e dos alimentos ofertados foram coletadas semanalmente durante o experimento. Para determinação da produção de fezes, foram coletadas amostras de fezes 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 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, sobras e fezes 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, considerado como FDNi. A produção de matéria seca nas fezes foi estimada pela relação entre a ingestão do indicador e a concentração fecal.

Durante o período de coletas, 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 (55°C, 72 horas), homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 10% para constituírem uma amostra composta por animal. Logo em seguida, foram processadas em moinho de facas tipo Wiley, com peneira de crivos de 1 mm, e armazenadas em recipientes hermeticamente fechados e 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, para matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), respectivamente. As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) foram feitas com base nas 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 (TNT, 100 g/m<sup>2</sup>) confeccionados manualmente com dimensões de 5 cm × 5 cm (CASALI et al., 2009), com uso de  $\alpha$ -amilase termoestável, mas sem 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):  $NDT (\%) = PBD\% + FDN_{cpD}\% + CNFD\% + (EED\% \times 2,25)$ , em que PBD é proteína bruta digestível; FDN<sub>cpD</sub>, fibra em detergente neutro corrigida para compostos nitrogenados e cinzas; CNFD,

carboidratos não fibrosos digestíveis; e EED, extrato etéreo digestível. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) seguiu recomendações de Lopes et al. (2020). A determinação dos oxalatos totais nas amostras de alimentos e sobras foi realizada segundo as orientações de Moir (1953). Todas as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA/DZ/UFRPE).

### 3.2 COLETA DE TECIDO HEPÁTICO

Após 86 dias de confinamento, os animais foram distribuídos aleatoriamente ao abate após jejum sólido de 16 horas. Após o abate, segundo as recomendações da legislação vigente (BRASIL, 2000), o fígado de cada animal foi coletado e pesado em balança digital. Para a mensuração da matéria seca do tecido hepático e análise histopatológica, foram utilizados o fígado de seis animais (n=6) por tratamento. Oito fragmentos com cerca de 2 cm de comprimento e 0,5 cm de espessura dos diferentes lóbulos foram obtidos por meio de cortes no órgão com lâminas de aço inoxidável. Desses oito fragmentos, quatro foram colocados em potes plásticos identificados, armazenados em freezer (-20°C) e, posteriormente descongelados até temperatura ambiente. reservando-se 2 g em placas de petri de vidro para secagem em estufa regulada (105°C, 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).

### 3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA

Após 48 horas de fixação, os fragmentos foram transferidos para álcool etílico a 70% e, logo em seguida, desidratados em concentrações crescentes de álcool etílico, diafanizados em xilol, impregnados e incluídos com parafina líquida em estufa a 58°C. Os blocos foram então cortados em micrótomo rotativo LEICA® Minot, ajustado para 5 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. As imagens foram obtidas com auxílio do programa LAZ EZ versão 4.1.0 e 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 à distribuição (Quadro 1).



Quadro 1 - Escore de lesão para avaliação histopatológica do fígado de ovinos, de acordo com o grau de intensidade e a 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.

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando-se o peso inicial dos animais como covariável. Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene). Nos dados produtivos, foi realizada análise de variância e as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância (SAS, 1999). Os achados histopatológicos foram analisados por distribuição de frequência e inferência estatística, utilizando o teste Kruskal-Wallis, a 5% de significância (SAS, 1999).

## 4. RESULTADOS

As dietas contendo palma forrageira, independentemente do genótipo, proporcionaram maior peso do fígado fresco que o tratamento controle (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros produtivos de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira

Consumo (g/dia)	Dieta			EPM <sup>2</sup>	Valor de P
	Controle	Miúda	OEM <sup>1</sup>		
Matéria seca *	1129,0b	1290,7a	1172,2ab	30,0	0,020
Proteína bruta *	170,0a	192,0a	168,0b	4,0	0,010
NDT <sup>3*</sup>	728,0b	916,0a	740,0b	23,0	0,000
Oxalatos totais <sup>#</sup>	4,98b	4,68b	6,21a	0,27	0,001
Peso corporal inicial (kg)*	22,4	22,6	22,8	-	-
Peso corporal final (kg) *	35,0	36,7	36,5	0,70	0,491
Fígado fresco (kg)	0,51b	0,68a	0,66a	0,03	0,001
Fígado fresco (g/kg PC <sup>0,75</sup> ) <sup>4</sup>	34,26b	46,62a	44,13a	1,88	0,001
Matéria seca do fígado (g/kg MN) <sup>5</sup>	344,1	305,5	320,4	13,90	0,196

<sup>1</sup> Palma orelha-de-elefante mexicana.

<sup>2</sup> Erro-padrão da média.

<sup>3</sup> Nutrientes digestíveis totais.

<sup>4</sup> Gramas por peso corporal metabólico.

<sup>5</sup> Gramas por quilograma de matéria natural.

\* Valores obtidos por Lopes et al. (2020).

# Valores obtidos por Silva (2020). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

Com a avaliação microscópica, observou-se que o parênquima hepático dos ovinos submetidos aos três tratamentos apresentou predomínio de processos inflamatórios, congestão e necrose (Tabela 4).

Tabela 4 - Frequência relativa (%) e absoluta de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira

Alteração	Dietas		
	Controle n=6	Miúda n=6	OEM <sup>1</sup> n=6
Congestão	66,66 (4/6)	83,33 (5/6)	66,67 (4/6)
Degeneração de hepatócitos	0,0 (0/6)	33,33 (2/6)	16,67 (1/6)
Esteatose	0,0 (0/6)	16,67 (1/6)	0,0 (0/6)
Estreitamento de sinusoides	0,0 (0/6)	0,0 (0/6)	16,67 (1/6)
Hepatite	66,67 (4/6)	66,67 (4/6)	50,0 (3/6)
Hipertrofia de células de Kupffer	50,0 (3/6)	16,67 (1/6)	16,67 (1/6)
Hipertrofia de hepatócitos	0,0 (0/6)	0,0 (0/6)	16,67 (1/6)
Necrose	100 (6/6)	83,33 (5/6)	100 (6/6)

<sup>1</sup> Palma orelha-de-elefante mexicana.

Animais do tratamento com palma miúda apresentaram maior congestão (83,33%) que os do tratamento à base de orelha-de-elefante mexicana e controle (Tabela 4).

As dietas controle e com palma miúda provocaram hepatite (especialmente infiltrados linfocitários). Ovinos do grupo controle e orelha-de-elefante mexicana apresentaram necrose em 100% dos animais e os alimentados com palma miúda, em 83,33% dos animais (Tabela 4).

Não houve diferença nos três tratamentos em relação ao predomínio de congestão de distribuição focal e intensidade discreta. Animais alimentados com palma forrageira apresentaram necrose difusa de intensidade acentuada (Tabelas 5 e 6), não interferindo no peso corporal dos animais (Tabela 3).

Tabela 5 - Medianas da distribuição de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira

Alteração	Dieta			Valor de P*
	Controle n=6	Miúda n=6	OEM <sup>1</sup> n=6	
Congestão	1,5	1,5	1,5	0,888
Degeneração de hepatócitos	0	0	0	0,623
Esteatose	0	0	0	0,853
Estreitamento de sinusoides	0	0	0	0,854
Hepatite	3	2	0,5	0,697
Hipertrofia de células de Kupffer	1,5	0	0	0,446
Hipertrofia de hepatócitos	0	0	0	0,854
Necrose	3,5	5	5	0,474

<sup>1</sup>Palma orelha-de-elefante mexicana; \*Teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Tabela 6 - Medianas da intensidade de alterações histopatológicas no parênquima hepático de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira

Alteração	Dieta			Valor de P*
	Controle n=6	Miúda n=6	OEM <sup>1</sup> n=6	
Congestão	0,5	1	1	0,816
Degeneração de hepatócitos	0	0	0	0,623
Esteatose	0	0	0	0,853
Estreitamento de sinusoides	0	0	0	0,854
Hepatite	1	1	1	0,932
Hipertrofia de células de Kupffer	0,5	0	0	0,532
Hipertrofia de hepatócitos	0	0	0	0,854
Necrose	1,5	3	3	0,095

<sup>1</sup>Palma orelha-de-elefante mexicana. \*Teste Kruskal-Wallis a 5% de significância.

## 5. DISCUSSÃO

Foi observado no presente trabalho maior peso de fígado fresco para os animais submetidos às dietas contendo palma forrageira, independentemente do seu genótipo, sobretudo para os animais alimentados com palma miúda, com maior consumo de NDT (Tabela 3). Este resultado pode estar relacionado ao desenvolvimento de hipertrofia do fígado, gerado pelo grande aporte energético da palma forrageira, visto que, de acordo com Silva (2017), o fígado é o órgão central do metabolismo de energia e proteína e, por conseguinte, os nutrientes são absorvidos, transportados ao fígado, metabolizados e transportados para outros tecidos. Portanto, maior aporte de nutrientes e energia resultam em hipertrofia deste órgão.

Resultado semelhante foi obtido por Silva (2017), ao observar que ovinos alimentados com palma forrageira, independentemente do genótipo, ingeriram maior quantidade de energia e proteína que os animais sob dieta à base de feno de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), resultando no maior aporte de nutrientes e energia e, por conseguinte, hipertrofia do fígado.

Com a avaliação microscópica, observou-se que os ovinos submetidos a ambos os tratamentos apresentaram parênquima hepático com predomínio de processos inflamatórios, congestão e necrose. De acordo com Stalker & Hayes (2007), a resposta inflamatória no fígado ocorre de forma diferenciada. As células de Kupffer têm propriedades distintas, que as permitem lidar com insultos potencialmente inflamatórios da circulação portal, e o fígado é um centro regulatório que acarreta insultos pró-inflamatórios e mediadores inflamatórios. Além disso, hepatócitos podem morrer por lesões tóxicas, processos infecciosos ou inflamatórios, deficiência nutricional ou distúrbios metabólicos severos, como a hipóxia (KELLY, 1993).

Portanto, não é possível confirmar se os insultos inflamatórios decorreram da alimentação fornecida aos animais ou de insultos preexistentes, sendo necessária uma biópsia hepática antes da introdução dos animais no experimento, além de uma investigação da origem dos animais e das plantas existentes na região.

A predominância de 100% de necrose no parênquima hepático dos ovinos sob as dietas controle e com orelha-de-elefante mexicana (Tabela 4), em comparação à dieta com palma miúda (83,33%), pode ter relação com o maior consumo de oxalatos totais (Tabela 3). De acordo com Cruz et al. (2001), intoxicação por oxalatos podem causar hipocalcemia, insuficiência renal, respiração superficial e bradicardia, o que, conseqüentemente, afeta direta ou indiretamente o sistema hepático dos animais. Resultado semelhante em caprinos foi

encontrado por Silva (2020), que verificou a predominância de necrose no parênquima hepático dos caprinos alimentados com orelha-de-elefante mexicana em comparação à palma miúda, em razão provavelmente do maior consumo de oxalatos totais.

As concentrações de oxalato nas dietas desta pesquisa (4,0 a 4,9 g/kg de MS) ficaram abaixo do nível tóxico (13 a 18 g/kg de MS) considerado por Blaney et al. (1982), para ovinos. Nessa perspectiva, Silva (2020), ao avaliar a ingestão de oxalatos totais pelos caprinos alimentados com dietas à base de feno de capim Tifton-85 e palma forrageira miúda e orelha-de-elefante mexicana, obteve relação com o maior nível de oxalatos totais verificado no feno de capim Tifton-85 (3,80 g/kg de MS) e contido na orelha-de-elefante mexicana (5,77 g/kg de MS), resultado semelhante encontrado neste trabalho (Tabela 2). Além disso, Silva (2017), ao avaliar o uso de variedades de palma forrageira na dieta de ovinos, verificou intensa necrose de coagulação pericentrolobular, em razão da presença de ácido cianídrico (HCN) e oxalatos totais nessa planta.

De acordo com Ben Salem et al. (2002), a presença de ácido oxálico nesse alimento forma sais insolúveis com o cálcio e pode ter efeito sobre a ingestão e digestão em ovinos. Alta ingestão de oxalato pode levar à intoxicação, provocando deficiências nutricionais, lesões renais, lesões no sistema nervoso central e até a morte do animal, afetando a produção.

Por outro lado, como não houve diferença quanto aos níveis de ingestão de oxalatos totais entre os animais alimentados com palma miúda e sem palma (controle) (Tabela 3), sugere-se que a forte incidência de necrose hepática nos ovinos do tratamento controle pode ter sido causada pela presença de outros fatores antinutricionais, como HCN. Juffo et al. (2012) afirmam que o capim-tifton (*Cynodon dactylon*) é uma espécie envolvida em intoxicações por HCN.

O HCN, um dos venenos de ação mais rápida para mamíferos, é um composto que, nas plantas, é combinado a outras substâncias, principalmente açúcares, formando os glicosídeos cianogênicos (GALINDO, 2015). Provavelmente, a necrose de hepatócitos decorreu da falta de oxigenação causada pelo HCN, que possui afinidade com ferro, diminuindo a disponibilidade deste elemento para ligação com oxigênio nos eritrócitos e interrompendo a cadeia respiratória, o que gera anóxia histotóxica (RUFINO, 2014).

Os animais submetidos aos tratamentos com palma forrageira obtiveram necrose de distribuição difusa de intensidade acentuada (Tabelas 5 e 6), possivelmente decorrente da

resposta do fígado a diversas injúrias e da presença de processos inflamatórios linfocitários em resposta a inúmeros insultos, incluindo lesões tóxicas (CULLEN, 2009).

De acordo com Gonzalez & Silva (2006), órgãos como fígado, rins, intestinos, pâncreas, ossos e placenta têm maiores concentrações de FA nas membranas celulares, e a maior parte de FA é de origem sérica hepática, presente nas células do epitélio biliar e nas membranas caniculares dos hepatócitos. Porém, de acordo com esses autores, deve-se considerar a possibilidade de o aumento de FA não ser de origem hepática, mas sim das outras isoformas, como a óssea ou renal, o que dificulta a interpretação nos resultados. Doenças como lipidose hepática e inflamação do parênquima também levam à obstrução de pequenos canálculos biliares e à liberação de FA de forma indireta.

Em dietas de caprinos com palma forrageira miúda e orelha-de-elefante mexicana, observou-se que as atividades séricas das enzimas FA e GGT mantiveram-se dentro dos limites fisiológicos, sinalizando que as dietas testadas não comprometeram o funcionamento hepático (SILVA, 2020). Por outro lado, considerando-se os valores de FA entre as coletas, a atividade desta enzima antes da introdução das dietas encontrava-se abaixo da normalidade para caprinos (KANEKO et al., 2008), porém, após o consumo das dietas, houve aumento nos valores de FA, mesmo com todas as médias dentro da faixa fisiológica, indicando alterações no metabolismo hepático dos animais (SILVA, 2020).

Altas concentrações de FA em nível sérico parecem estar associadas a alterações hepáticas, como colangite ou obstrução extra-hepática do ducto biliar, cirrose biliar e necrose de hepatócitos (KANEKO, 2008). Seguindo esse raciocínio, em estudo realizado por Silva (2017), utilizando as mesmas variáveis de palma forrageira do presente experimento, a atividade sérica da FA nos tratamentos com palma,  $519,30 \pm 183,3$  U/L e  $561,60 \pm 151,3$  U/L para palma miúda e orelha-de-elefante mexicana, respectivamente, foi superior à do tratamento controle ( $146,40 \pm 58,76$  U/L) para feno de capim-elefante — variação normal para a espécie ovina de 68-387 ( $178 \pm 102$ ) U/L (KANEKO, 2008).

## 6. CONCLUSÕES

A presença de oxalato nas palmas provoca congestão e necrose de coagulação, mas não compromete os parâmetros produtivos.

A palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim pode ser usada na alimentação de ovinos em confinamento por até 86 dias.

Recomendam-se outros estudos para estudar a viabilidade de palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim na alimentação a longo prazo (superior a 86 dias) e os parâmetros bioquímicos do sangue, para avaliação dos efeitos de diferentes genótipos de palma forrageira na condição hepática de ovinos.

## REFERÊNCIAS

AERTS, R.J.; BARRY, T.N.; MCNABB, W.C. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.75, n.1, p.1-12, 1999.

ALBERTON, G.C. **Estudo anatomopatológico, microbiológico, citológico e físico das articulações com artrite no abatedouro**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000. 81p.

ALBUQUERQUE, S.G. **Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 6p. (Comunicado Técnico, 91).

ALBUQUERQUE, S.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. Gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1315-1324, 2002.

ALMEIDA, G.A.P.; FERREIRA, M.A.; SILVA, J.L. et al. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.3, p.379-385, 2018.

ALMEIDA, R.F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.8-14, 2012.

ALVES, F.A.L.; ANDRADE, A.P.; BRUNO, R.L.A. et al. Seasonal variability of phenolic compounds and antioxidant activity in prickly pear cladodes of *Opuntia* and *Nopalea* genres. **Food Science and Technology**, v.37, n.4, p.536-543, 2017.

ALVES, F.A.L.; ANDRADE, A.P.; BRUNO, R.L.A. et al. Study of the variability, correlation and importance of chemical and nutritional characteristics in cactus pear (*Opuntia* and *Nopalea*). **African Journal of Agricultural**, v.11, n.31, p.2882-2892, 2016.



- AMORIM, S.L.; MDEDEIROS, R.M.T.; RIETCORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v.16, p.17-26, 2006.
- ANDRADE, P.A.; COSTA, R.G.; SANTOS, E.M. et al. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p.1-14, 2010.
- ANDRADE, S.F.J.; BATISTA, A.M.V.; CARVALHO, F.F.R. et al. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.38, n.2, p.155-161, 2016.
- ANDREU-COLL, A.L.; LAMADRID, C.M.; SENDRA, E. et al. Fatty acid profile of fruits (pulp and peel) and cladodes (young and old) of prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] from six Spanish cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.84, 103-294, 2019.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. AOAC, Arlington: 1990.
- ARAÚJO, P.B.; ANDRADE, R.P.X.; FERREIRA, M.A. 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 cochenillifera* Salm-Dick) sobre o metabolismo energético, protéico e mineral em ovinos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.34, n.4, p.327-335, 2012.
- BANKS, W.J. Sistema digestivo. II. Órgãos extramurais. In: **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1992. p.468-478.
- BARNES, R.F.; GUSTINE, D.L. Allelo chemistry and forage crops. In: MATCHES, A.G.; HOWELL, R.E.; FUCCILLO, D.A. et al. (Eds.) **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, 1973. p.1-13.
- BARROS, L.J.A.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.C.V. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, p.149-154, 2018.
- BARRY, T.N.; McNEILL, D.M.; McNABB, W.C. Plant secondary compounds: their impact on forage nutritive value and upon animal production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 2001, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.445-452.
- BATISTA, A.M.V. et al. A palma forrageira na alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2013, Itapetinga. **Anais...** Itapetinga, Bahia, 2013. p.216.
- BATISTA, A.M.V.; RIBEIRONETO, A.C.; LUCENA, R.B. 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.; BEM SALEM, L. *Opuntia ficus-indica* F. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.: two complementary fodder shrubs for sheep and goats. **Acta Horticulturae**, v.581, ISHS, 2002.
- BERNARDES, F.C. **Análise da reação inflamatória peritonial e subcutânea induzida pela infecção experimental de camundongos por *Leishmania major***. Florianópolis, 2000. [Monografia Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina].

BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. 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, 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 Agricultural Science**, v.99, p.533-539, 1982.

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. Seção 1, p.14-16, 2000.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 7.ed. Rockville: American Society of Plant Biologists, 2009. 1367p.

BUNCH, S.E.; POLAK, D.M.; HORNBUCKLE, W.E. A modified laparoscopic approach for liver biopsy in dogs. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v.187, p.1032-1035, 1985.

CANELLA, C.F.C.; DOBEREINER, J.; TOKARNIA, C.H.I. Intoxicação experimental pela maniçoba (*Manihot glaziovii* Muell. Arg.) em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, p.347-50, 1968.

CAVALCANTE, L.A.D.; SANTOS, G.R.A.; SILVA, L.M. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.4, p.424-433, 2014.

CAVALCANTI, M.C.A.; BATISTA, A.M.V.; GUIM, 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.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1978.

COSTA, C.; SILVA, A.M.A.; MEIRELLES, P.R.L. Produção de silagem de grãos úmidos de cereais e de palma forrageira. In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS NO SEMIÁRIDO (I SIMPAS), 1., 2008, Campina Grande. **Palestras...** Campina Grande: PPGZ/CSTR/UFCG, 2008.

COSTA, R.G.; TREVIÑO, I.H.; MEDEIROS, G.R. et al. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, p.13-17, 2012.

CRUZ, C.M.O.; GUERREIRO, C.I.P.D.; REIS, T.A.F.C. **Substâncias tóxicas e anti-nutricionais dos alimentos para animais**. [2001]. Disponível em: <http://www.alpetratina.net/consulting/Downloads/SubsToxicas.pdf>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2021.

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

- CULLEN, J.M. Sistema hepatobiliar e pâncreas exócrino. In: MCGAVIN, M.D.; ZACHARY, J.F. (Eds.) **Bases da patologia em veterinária**. 5.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- CULLEN, J.M.; MacLACHLAN, N.J. Liver, biliary system, and exocrine pancreas. In: MCGAVIN, M.D.; CARLTON, W.W.; ZACHARY, J.F. (Eds.) **Special veterinary pathology**. 3.ed. Missouri: Mosby, 2001. p.81-124.
- DANTAS A.C. **Perfil metabólico energético-protéico de ovinos recebendo dietas compalma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in natura e desidratada**. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- DAVOUDI, S.M.; ESHAGIAN, M.; EDALATINASAB, M. Overview of hepatic disease in large animals. **Advances in BioResearch**, v.4, n.4, p.12-20, 2013.
- DEL RAZO, O.E.; ALMARAZ, I.; ESPINOSA, V. et al. Comparative analysis of the in vitro fermentation of wasted cladodes (*Opuntia* spp.), lucerne and oat hays. **South African Journal of Animal Science**, v.45, n.5, p.470-475, 2015.
- DE SANTIAGO, E.; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C. et al. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v.240, p.1055-1062, 2018.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; CAVALCANTE, M. et al. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, v.13, p.29-40, 2013 (ed. esp.).
- DUNKEL, B.; WILFORD, S.A.; PARKINSON N.J. et al. Severe hypertriglyceridaemia in horses and ponies with endocrine disorders. **Equine Veterinary Journal**, v.46, n.1, p.118-122, 2014.
- EGERKEZE, J.O.; OEHME, F.W. Cyanides and their toxicity: a literature review. **The Veterinary Quarterly The Haque**, v.2, p.104-114, 1980.
- FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.
- FERNANDES, S.R.; FREITAS, J.A.; SOUZA, D.F. et al. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. **Brasil Agrociência**, v.18, n.1-4, p.21-32, 2012.
- FERRAZ, L.V.; GUIM, A.; VERAS, R.M.L. et al. Cassava dreg as replacement of corn in goat kid diets. **Tropical Animal Health Production**, v.50, p.309-315, 2018.
- FREITAS, R.M. **Caracterização anatomopatológica de bursites cervicais de bovinos abatidos sob Inspeção Federal no estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999. 65p.
- FROTA, M.N.L.; CARNEIRO, M.S.S.; CARVALHO, G.M.C. et al. **Palma forrageira na alimentação animal**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015.

- GALINDO, C.M. **Intoxicação espontânea e experimental por tifton-68 (*Cynodon nlemfuensis vanderyst*) em bovino**. Lages: 2015.
- GAYOTTO, L.C.C.; ALVES, V.A.F.; MELLO, E.S. Fígado e vias biliares. In: FILHO, G.B. (Ed.) **Bogliolo patologia**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.643-699.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- GOEL, G.; MAKKAR, H.P. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, n.4, p.729-739, 2012.
- GONZALEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. p.318-337.
- GREGORY, R.A.; FELKER, P. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting opuntia forage clones. **Journal of Arid Environments**, v.22, p.323-331, 1992.
- HAAS, L.S. **Histomorfometria hepática como método para predição de eficiência alimentar em bovinos de corte**. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Porto Alegre. 2014.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.
- HANSON, C.H.; PEDERSEN, M.W.; BERRANG, B. et al. The saponins in alfalfa cultivars. In: MATCHES, A.G.; HOWWEL, R.E.; FUCCILOLO, D.A. et al. (Eds.) **Antiquality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, 1973. p.33-52.
- HERENDA, D.; CHAMBERS, P.G.; ETTRIQUI, A. et al. **Manual on meat inspection for developing countries**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994. p.234-236.
- HIDIROGLOU, M.; IVAN, M. Liver biopsy in sheep. **Veterinary Research**, v.24, p.260- 265, 1993.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Comparação de indicadores e metodologia de coleta para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1833-1839, 2002.
- JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KING, N.W. **Patologia Veterinária**. 6.ed. São Paulo: Manole, 2000. 1415p.
- JUFFO, G.D.; PAVARINI, S.P.; WOUTERS, F. et al. Spontaneous poisoning by *Sorghum sudanense* in dairy cattle in Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.32, p.217-220, 2012.
- JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. Glândulas anexas do tubo digestivo. In: **Histologia básica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.240-255.
- JUSTICE, K.E. Oxalate digestibility in *Neotoma albigula* and *Neotoma mexicana*. **Oecologia**, v.67, n.2, p.231-234, 1985.

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

KELLY, W.R. The liver and biliary system. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N. (Eds.) **Pathology of domestic animals**. 4.ed. New York: Academic Press, 1993. v.2, p.319-406.

KLEIN, B.G. **Cunningham tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KONIG, H.E.; SAUTET, J.; LIEBICH, H.G. Digestive system. In: KONIG, H.E.; LIEBICH, H.G. (Eds.) **Veterinary anatomy of domestic mammals**. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2004. p.277-342.

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.

LIMA, G.F.C.; SILVA, J.G.M.; AGUIAR, E.M. et al. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido**: palma, feno e silagem. EMPARN, circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 2010. Disponível em: <[http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC\\_0000000002\\_4939.PDF](http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC_0000000002_4939.PDF)>. Acesso em: janeiro de 2021.

LINS, S.E.B.; PESSOA, R.A.S.; FERREIRA, M.A. 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, p.26-31, 2016.

LOPES, D.C. **Uso de ureia na alimentação de vacas leiteiras**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 33f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2016.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C. 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, E.B.; SANTOS, D.C.; VASCONCELOS, M.F. Cultivo de palma forrageira. In: **Palma forrageira cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. 1.ed. João Pessoa: Emepa-PB, 2012.

MACLACHLAN, N.J.; CULLEN, J.M. Fígado, sistema biliar e pâncreas exócrino. In: CARLTON, W.W.; MCGAVIN, M.D. (Eds.) **Patologia veterinária especial de Thomson**. 2.ed. Porto Alegre: Editora ARTMED, 1998.

MAHOUACHI, M.; ATTI, N.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* F. Inermis) for dairy goats and growing kids: impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **The Scientific World Journal**, 321567ID, 2012.

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.

MARQUES, O.F.C.; GOMES, L.S.P.; MOURTHÉ, M.H.F. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cadernos de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.75-93, 2017.

- MATTOS, C.W.; CARVALHO, F.F.R.; GUIM, A. et al. Consumo de nutrientes de cordeiros Santa Inês alimentados com níveis crescentes de palma forrageira em dietas à base de feno de erva-sal. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 6., 2010, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Sociedade Nordestina de Produção Animal; UFERSA, 2010.
- MARTEN, G.C. Alkaloids in reed canarygrass. In: MATCHES, A.G.; HOWELL, R.E.; FUCCILLO, D.A. et al. (Eds.) **Anti-quality components of forages**. Madison: Crop Science Society of America, 1973. p.15-31.
- MENDES, E.R.; PILATI, C. Estudo morfológico de fígado de bovinos abatidos em frigoríficos industriais sob inspeção estadual no Oeste e no Planalto de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1728-1734, 2007.
- MENDONÇA, A.P.A. **Aspectos clínicos e histopatológicos do carcinoma hepatocelular (chc) em vaca: relato de caso**. 2017.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-211.
- MCCONN, M.M.; NAKATA, P.A. Oxalate reduces calcium availability in the pads of the prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.1371-1374 2004.
- MCGAVIN, M.D.; ZACHARY, J.F. **Pathologic basis of veterinary disease**. St. Louis: Mosby Elsevier, 2007. 1476p.
- MOKOBOKI, K.; SEBOLA, N. Chemical composition and feed intake of *Opuntia cladodes* varieties offered to goats. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v.32, n.1, p.5096-5103, 2017.
- MOIR, K.W. The determination of oxalic acid in plants. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v.10, p.1-3, 1953.
- MONTEIRO, C.C.F.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. 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, 2019.
- MONTEIRO, C.C.F.; MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A. et al. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, p.1149-1154, 2014.
- MORAIS, J.E.F.; SILVA, T.G.F.; QUEIROZ, M.G. et al. Hydrodynamic changes of the soil cactus interface, effective actual evapotranspiration and its water efficiency under irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 273-278, 2017.
- MOURA, M.S.C. **Feno de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Muell Arg.) e palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na dieta de ovinos em crescimento**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2013.
- MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.13, p.2010-2037, 2006.

- NAZARENO, M.A. Cactus como fuente de sustancias promotoras de la salud. **Cactusnet Newsletter**, v.13, ed. esp., p.95-105, 2013.
- NÉSPOLI, P.B.; GHELLER, V.A.; PEIXOTO, P.V. Avaliação de técnicas de biópsia hepática em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.30, p.29-36, 2010.
- NEVES, A.L.A.; PEREIRA, L.G.R.; SANTOS, R.D. et al. **Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 7p. (Comunicado Técnico, 62).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 7.ed. Washington: National Academic Press, 2007. 384p.
- OLIVEIRA, J.P.F.; FERREIRA, M.A.; ALVES, A.M.S.V. 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.
- OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.D. Processo fermentativo, digestivo e fatores antinutricionais de nutrientes para ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.8, n.2, 2007.
- PATRA, A.K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v.71, n.11-12, p.1198-1222, 2010.
- PEREIRA, P.C.; SILVA, T.G.F.; ZOLNIER, S. et al. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, v.30, n.3, p.776-785, 2017.
- PINTO, T.F. et al. Use of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) replacing corn on carcass characteristics and non-carcass components in Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1333-1338, 2011.
- POIRIER, J.; DUMAS, J.R.; CATALA, M. et al. **Histologia molecular**. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2003. p.170-182.
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. et al. **Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.347-360.
- RAMOS, A.O. et al. Diferentes fontes de fibra em dietas à base de palma forrageira na alimentação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.4, p.648-659, 2013.
- REECE, W.O. **Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos**. 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. p.425-426.
- RIEDE, U.N.; WERNER, M. **Collor atlas of pathology**. New York: Thieme Stuttgart, 2014.
- ROBINSON, F.R.; SULLIVAN, J.M.; BRELAGÉ, D.R. et al. Comparison of hepatic lesions in veal calves with concentrations of copper, iron and zinc in liver and kidney. **Veterinary Human Toxicology**, v.41, n.3, p.171-177, 1999.

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

ROCHA FILHO, R.R.; SANTOS, D.C.; VÉRAS, A.S.C. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v.186, 104426, 2021.

RUFINO, M.N. **Sintomatologia clínica, alterações bioquímicas e teciduais observados após administração oral de acetona cianidrina no modelo murinho**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica de Dom Bosco, Campo Grande, 2014. 59p.

SALEEM, M.; KIM, H.J.; HAN, C.K. et al. Secondary metabolites from *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. **Phytochemistry**, v.67, n.13, p.1390-1394, 2006.

SAMPAIO, E.V S.B. Fisiologia da palma In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.43-55.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p.

SANTOS, R.D.; NEVES, A.L.A.; SANTOS, D.C. et al. Divergence in nutrient concentration, in vitro degradation and gas production potential of spineless cactus genotypes selected for insect resistance. **The Journal of Agricultural Science**, v.156, n.3, p.450-456, 2018.

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

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects - a review. **Journal of Functional Foods**, v.18, p.820-897, 2015.

SILVA, C.C.F.; SANTOS L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.10, p.1-13, 2006.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.8, n.5, p.1-11, 2007.

SILVA, J.A.; DONATO, S.L.R.; DONATO, P.E.R. et al. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.236-242, 2016.

SILVA, M.F.; BATISTA, A.M.V.; ALMEIDA, O.C. Efeito da adição de capim-elefante a dietas à base de palma forrageira sobre a fermentação ruminal em bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997. Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.140-142, 1997.

SILVA, R.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, J.C.V. 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**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 2017. 37p.

SILVA, T.G.P. et al. Concentração de ácido cianídrico em diferentes ingredientes convencionalmente utilizados na dieta de ruminantes. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE (JEPEX). **Anais...** Recife: UFRPE, 2015. p.676. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2015/cd/resumos/R0252-1.html>. Acessado em: 11 e abril de 2021.

SILVA, T.G.P. **Alterações metabólicas e histológicas em caprinos e ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2020. 152p.

SMITH, B.P. **Tratado de medicina interna de grandes animais**. 1.ed. São Paulo: Manole, 1994. v.2, p.1642-1643.

SOUZA, R.M.; BIRGEL JÚNIOR, E.H.; AYRES, M.C.C. et al. Influência dos fatores raciais na função hepática de bovinos da raça Holandesa e Jersey. **Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**, v.41, p.306-312, 2004.

STALKER, M.J.; HAYES, M.A. Liver and biliary system. In: MAXIE, M.G. (Ed.) **Pathology of domestic animals**. 5.ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. v.2. p.297-388.

STALKER, M.J. Liver and biliary system. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER'S, N. (Eds.) **Pathology of domestic animals**. v.2, 6.ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2016.

STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J.; TOLEDO, M.V. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.10, n.1, p.18-46, 2011.

STINTZING, F.C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.49, n.2, p.175-194, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TERUI, T.; OZAWA, M.; TAGAMI, H. Role of neutrophils in induction of acute inflammation in T-cell-mediated immune dermatosis, psoriasis: a neutrophil-associated inflammation boosting loop. **Experimental Dermatology**, v.9, n.1, p.1-10, 2000.

TOSTES, R.A.; BANDARRA, E.P. A biopsia hepática em cães. **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária**, v.27, p.28-31, 2002.

TOSTO, M.S.L.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, R.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.; 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.

- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VASCONCELOS, A.G.V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.L.B. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopiu* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- VECHIATO, T.A.F.; MASCHIO, W.; BOM, L.C. et al. Estudo retrospectivo de abscessos hepáticos em bovinos abatidos em um frigorífico paulista. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.48, n.5, p.384-391, 2011.
- VIEIRA, E.L.; BATISTA, A.M.V.; MUSTAFA, A.F. et al. Effects of feeding high of cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livestock Science**, v.114, p.354-357, 2008.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FEED MANUFACTURES, 61., 1999, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- WILLIAMS, H.E. Oxalic acid and the hyperoxaluric syndromes. **Kidney International**, v.13, p.410-417, 1978.
- YOSHIOKA, K.; ENAGA, E.; TANIGUCHI, K. et al. Morphological characterization of ductular reactions in canine liver diseases. **Journal of Comparative Pathology**, v.130, p.92-98, 2004.
- ZEOULA, L.M.; KASSIES, M.P.; FREGADOLLI, F.L. et al. Uso de marcadores na determinação da digestibilidade parcial e total em bovinos. **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.771-777, 2001.