

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

**HISTOMORFOMETRIA DO EPITÉLIO RUMINAL E RETICULAR DE
OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS BASEADAS EM PALMA
FORRAGEIRA**

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA
Zootecnista

RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2017

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

**HISTOMORFOMETRIA DO EPITÉLIO RUMINAL E RETICULAR
DE OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS BASEADAS EM
PALMA FORRAGEIRA**

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

Área de Concentração: Nutrição Animal

Comitê de orientação:

Profa. Dra. Adriana Guim – Orientador

Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista – Co-orientador

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

RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586h Silva, Tomás Guilherme Pereira da
Histomorfometria do epitélio ruminal e reticular de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira / Tomás Guilherme Pereira da Silva. – 2017.
58 f.: il.

Orientadora: Adriana Guim.
Coorientadores: Ângela Maria Vieira Batista, Valdemiro Amaro da Silva Júnior.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Cactáceas 2. Cordeiros 3. Morfometria 4. Papilas ruminais
5. Sistema digestório I. Guim, Adriana, orient. II. Batista, Ângela Maria Vieira, coorient. III. Silva Júnior, Valdemiro Amaro da, coorient. IV. Título.

CDD 636

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA

**HISTOMORFOMETRIA DO EPITÉLIO RUMINAL E RETICULAR
DE OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS BASEADAS EM
PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação defendida e aprovada pela comissão examinadora em 20 de fevereiro de 2017.

Orientador:

Profa. Dra. Adriana Guim
Departamento de Zootecnia
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

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

Prof. Dr. Francisco de Assis Leite Souza
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2017

BIOGRAFIA DO AUTOR

TOMÁS GUILHERME PEREIRA DA SILVA, filho de José Guilherme da Silva e Marilene Pereira do Nascimento, natural de São Lourenço da Mata, Pernambuco, nasceu no dia 05 de dezembro de 1991. Em 2008 iniciou sua formação no Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI/UFRPE), tornando-se Técnico em Agropecuária com ênfase em Agricultura e Zootecnia, em 2011. No mês de agosto de 2010 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), atuando durante o período do curso como estagiário do Setor de Caprinos e Ovinos (DZ/UFRPE), bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu) e bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/UFRPE), voltando suas atividades para as áreas de produção e nutrição de ruminantes, com ênfase em conservação e avaliação de alimentos, manejo de crias, tecnologia de leite e produtos derivados. Em agosto de 2012 ingressou no Curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas, nesta mesma instituição. Em julho de 2015 concluiu os cursos de Bacharelado em Zootecnia e Licenciatura em Ciências Agrícolas, ambos pela UFRPE. Iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em agosto de 2015, concentrando seus estudos na área de Nutrição Animal. Em dezembro de 2016 foi aprovado para ingresso no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (UFRPE/UFPB/UFC), no primeiro semestre de 2017.

Aos meus pais, **José Guilherme da Silva** e **Marilene Pereira do Nascimento**, pelo amor incondicional, por sempre me encherem de fôlego quando o ar ameaça faltar e por fazerem de meus sonhos, seus sonhos.

Aos meus sobrinhos, **Pedro Lucas** e **Hiago Guilherme**, por todo amor a mim direcionado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais, José Guilherme Silva e Marilene Nascimento, que nunca mediram esforços para que eu seguisse adiante em meus projetos, além de toda paciência e apoio irrestritos. Obrigado por todo AMOR!

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

À minha estimada orientadora, Profa. Dra. Adriana Guim, pela orientação, confiança, paciência, incentivo, pelos ensinamentos e por sempre me receber com um sorriso em sua sala. Um grande referencial de pesquisadora, educadora e ser humano, sempre demonstrando muita competência, organização e honestidade. Meu carinho por você é incondicional.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Ângela Maria Vieira Batista, exemplo de pesquisadora competente. Grato pela orientação efetiva neste trabalho, pela confiança, pela compreensão e pelos valiosos conselhos, dos quais lembrarei durante toda a minha vida.

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

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

Aos colegas Daurivane Rodrigues e Suellen Silva, por compartilharem comigo o experimento de campo. Foram dias difíceis, porém de muito aprendizado. Obrigado, gente!

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

A Fabiana Félix e a Alluanan Adelson, bolsista de PNPd do DMV/UFRPE e Doutorando em Biociência Animal (DMFA/UFRPE), respectivamente, pelo auxílio com as fotomicrografias, com o manuseio do programa *ImageJ* e por toda paciência em sanar dúvidas em relação às análises histomorfométricas.

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

Aos amigos do Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu) do Curso de Zootecnia da UFRPE, aos quais agradeço pelos relevantes anos de convivência, aprendizagem, crescimento pessoal e profissional.

Aos professores da UFRPE, pelos ensinamentos e dedicação, em especial a Francisco Carvalho, Antônia Sherlânea, Ricardo Pessoa, Maria do Carmo Ludke, Alexandre Mello, Mércia Santos, Helena Emília, Maria Norma Ribeiro e Robson Vêras.

Aos meus amigos e colegas do Departamento de Zootecnia da UFRPE: Priscila Santos, Tuanny Araújo, Jefferson Bernardo, Aildson Nascimento, Letícia Aline, Thays Lira, Abdeel Rodrigues e Deise Lima. Obrigado por todo carinho e companheirismo.

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

Aos meus amigos da pós-graduação: Andresa Faria, Anidene Christina, Kaline Sá, Cíntia Costa, Janiele Lira, Karen Abreu, João Vitor, Lucíola Vilarim, Manoel Sousa, Michelle Siqueira, Amanda Gallindo, Edwilka Cavalcante, Ana Carolina, Natália Costa, José Diógenes, Gaby Melo, Camilla Gomes, Jonas Inácio, Hugo Barros, Ana Caroline, Elayne Soares, Núbia Epifânio, Janete Moura, Williane Patrícia, Gilka Talita, Heráclito Lima, Fernanda Dantas, Daniel Barros, Joana Munhame, Levi Lopes, Yanne Carvalho, Bruno Araújo, Júlia Barros, Lidiane Custódio, Thamires Siqueira, Ariclézio Cruz, Jasiel Moraes, Juliana Ferreira, João Vasconcelos e Belinda Sánchez, pela amizade, incentivo, ensinamentos e grandes contribuições para a minha formação.

Agradeço com carinho especial a Anidene Christina (Chris) e a Andresa Faria, pelo tempo de convivência diária. O carinho e a companhia de vocês foram fundamentais para que eu não desanimasse. Vocês já são da minha família...

À Profa. Dra. Janaína Lima, ser humano iluminado e grande profissional. Obrigado por todo apoio, pelas considerações e por todo carinho.

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

Aos funcionários do DZ/UFRPE, pelos serviços prestados e pela atenção recebida, especialmente Cristina e Lebre (SOLL).

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

À banca examinadora, pelas correções e sugestões repletas de preocupações que objetivam melhorar o trabalho.

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

“... Não é sobre correr contra o tempo pra ter sempre mais, porque quando menos se espera a vida já ficou pra trás. Segura teu filho no colo, sorria e abraça os teus pais enquanto estão aqui. Que a vida é trem bala, parceiro. E a gente é só passageiro prestes a partir...”

Ana Vilela

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	12
INTRODUÇÃO GERAL	13
1. CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO	
1.1 Caracterização da palma forrageira e sua importância para zonas áridas e semiáridas	16
1.2 Genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim	18
1.3 A palma forrageira e seu efeito sobre o padrão fermentativo no ambiente ruminal	20
1.4 Concentração de minerais e de oxalatos na palma forrageira	22
1.5 Influência alimentar sobre os aspectos morfofisiológicos do rúmen e do retículo de ruminantes	24
Referências	27
2. CAPÍTULO II - Histomorfometria do epitélio ruminal e reticular de ovinos alimentados com dietas baseadas em palma forrageira	
RESUMO	36
ABSTRACT	37
Introdução	38
Material e Métodos	39
Resultados e Discussão	46
Conclusão	55
Referências	56

LISTA DE TABELAS

	Pág.
<i>Capítulo I</i>	
Tabela 1. Valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de carboidratos não fibrosos (CNF) na palma forrageira	17
<i>Capítulo II</i>	
Tabela 1. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais	40
Tabela 2. Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais	41
Tabela 3. Composição nutricional das dietas experimentais	41
Tabela 4. Valor médio, erro-padrão e nível de significância da espessura (μm) de variáveis histomorfométricas do epitélio ruminal e reticular de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira	49
Tabela 5. Valor médio, erro-padrão e nível de significância de parâmetros produtivos de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira	52
Tabela 6. Valor médio, erro-padrão e nível de significância de medidas histomorfométricas (μm) de papilas ruminais de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotomicrografias do epitélio ruminal de ovinos	48
Figura 2. Fotomicrografias do epitélio reticular de ovinos	51

INTRODUÇÃO GERAL

Nas regiões áridas e semiáridas do mundo, o principal problema durante a seca refere-se à queda na disponibilidade e no valor nutritivo das forragens, estimulando assim o uso de alimentos concentrados em altas proporções nas dietas, o que além de não resolver à problemática, eleva os custos de produção e, muitas vezes, ocasiona desordens metabólicas nos animais ruminantes. Considerando que o foco da produção e da nutrição de ruminantes baseia-se na busca de novos alimentos, torna-se de extrema importância aprofundar-se no segmento nutricional, com ênfase na avaliação de alimentos, tendo em vista que a alimentação animal representa um dos maiores entraves da atividade pecuária.

Nesse contexto, surge a necessidade da disponibilidade de plantas forrageiras adaptadas às condições locais. A palma forrageira se destaca como recurso alimentar que permite a obtenção de menores flutuações produtivas na atividade pecuária ao longo do ano (ROCHA, 2012), tendo em vista que apresenta aspectos fisiológicos que possibilitam seu pleno desenvolvimento nessas condições (TELES et al., 2002) e demonstra interessantes atributos nutricionais, a exemplo de seu alto conteúdo energético.

A fermentação microbiana no ambiente ruminal é um evento nutricional relevante para ruminantes, uma vez que os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) produzidos pela microbiota do rúmen podem suprir com até 85% do requerimento de energia desses animais (VAN SOEST, 1994). No entanto, quando os animais não passam por um processo de adaptação para ingerir dietas contendo alimentos com elevado teor de carboidratos não fibrosos, como os concentrados e a palma forrageira, que têm alta velocidade de degradação e, conseqüentemente, produção elevada e rápida de AGCC no rúmen, podem apresentar hiperqueratose ruminal (JENSEN et al., 1958; McGAVIN e MORRILL, 1976 e COSTA et al., 2008).

É importante ressaltar que são poucas as informações disponíveis na literatura a respeito do efeito do consumo da palma forrageira sobre as características morfofisiológicas do estômago e metabolismo dos ruminantes. Sendo assim, o conhecimento das características morfológicas do rúmen-retículo torna-se fundamental para contribuir com a adoção de estratégias nutricionais que minimizem a ocorrência de distúrbios digestivos e potencializem o aproveitamento dos alimentos.

Diante do exposto, essa dissertação objetivou avaliar o efeito da utilização de dietas baseadas em genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim

sobre variáveis histomorfométricas do epitélio do rúmen e do retículo de ovinos. Para isso, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos. No capítulo 1 apresenta-se um referencial teórico, discutindo informações relacionadas à caracterização nutricional, seleção de genótipos, implicações nas condições ruminais e efeitos teciduais da utilização de palma forrageira na alimentação de ruminantes. No capítulo 2 encontra-se um artigo científico contendo os resultados referentes às medidas histomorfométricas do epitélio ruminal e reticular, bem como dados produtivos de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Caracterização da palma forrageira e sua importância para zonas áridas e semiáridas

O cultivo e o uso da palma como recurso forrageiro configura uma simples e eficiente alternativa frente às mudanças climáticas, sendo este alimento considerado como opção para composição de dietas de animais ruminantes em regiões áridas e semiáridas do mundo (BEN SALEM, 2012). Para Chiacchio et al. (2006) é indiscutível o potencial significativo dessa cultura para contribuir com o desenvolvimento das zonas áridas e semiáridas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde a exploração racional e econômica de suas espécies ajudará na conservação do ambiente e na segurança alimentar dos rebanhos.

No Brasil, a palma forrageira foi, provavelmente, introduzida no Rio de Janeiro pelos portugueses, que pretendiam quebrar o monopólio espanhol sobre o vermelho carmim produzido no México (LIRA et al., 2006). Sabe-se que é uma cultura originária do México, sendo atualmente encontrada em diversas partes do globo (SILVA et al., 2008). De acordo com Guevara et al. (2009), a utilização da palma forrageira na alimentação da pecuária é uma prática antiga em países como Brasil, Chile, África do Sul e Tunísia. A palma forrageira sem espinhos foi introduzida no Brasil por volta de 1880, em Pernambuco, através de sementes importadas do Texas - Estados Unidos (SILVA e SANTOS, 2007).

Essa planta pode ser utilizada como base na alimentação de rebanhos do semiárido por ser adaptada às condições edafoclimáticas locais e por se apresentar como excelente fonte de energia, uma vez que é rica em carboidratos não fibrosos. Segundo Ferreira et al. (2009), o fato de a palma forrageira ser ingerida voluntariamente em grandes quantidades reflete sua alta aceitabilidade pelos animais ruminantes.

Guevara et al. (2009) e Souza (2015) reportaram que a palma forrageira é uma cactácea que apresenta metabolismo fotossintético CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), fato que a torna mais eficiente em relação ao uso de água quando comparada àquelas de mecanismo fotossintético C3 e C4, visto que abre seus estômatos para a captação do CO₂ atmosférico durante o período da noite, quando a temperatura é mais amena e a umidade relativa do ar é superior em relação ao dia, reduzindo assim a perda de água para o ambiente.

Além disso, demonstra produções anuais de 20 a 30 toneladas de matéria seca ha⁻¹ em condições de sequeiro (SANTOS et al., 2011a) e apresenta expressivo conteúdo de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de carboidratos não fibrosos (CNF) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de carboidratos não fibrosos (CNF) na palma forrageira.

Gênero	NDT (g/kg de MS)*	Referência
Opuntia	676,0	Batista et al. (2003a) ¹
	664,0	Batista et al. (2003a) ²
	661,6	Cavalcanti et al. (2006)**
	655,6	Melo et al. (2006) ¹
	618,4	Tosto et al. (2007)**
Nopalea	662,0	Batista et al. (2003a) ³
Gênero	CNF (g/kg de MS)*	Referência
Opuntia	614,0	Rocha Filho (2012) ¹
	556,3	Valadares Filho et al. (2006) ¹
	535,3	Cavalcanti et al. (2006)**
	509,0	Rocha Filho (2012) ⁴
	480,7	Bispo et al. (2007)**
Nopalea	711,7	Valadares Filho et al. (2006) ³
	590,0	Maciel et al. (2015) ³
	539,0	Rocha Filho (2012) ³
	529,0	Pordeus Neto et al. (2016) ³
	504,0	Rocha Filho (2012) ⁵

*g/kg de MS: grama por quilograma de matéria seca; **Não especifica o nome vulgar; ¹Palma gigante; ²Palma IPA-20; ³Palma miúda; ⁴Palma orelha de elefante mexicana; ⁵Palma IPA-Sertânia.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se afirmar que a palma apresenta alta concentração de NDT (Tabela 1), sendo superior a da maioria dos alimentos volumosos utilizados nas rações, fato que a evidencia como excelente fonte de energia na dieta de ruminantes. É ainda rica em carboidratos, especialmente de não fibrosos, que constituem uma importante fonte energética para os ruminantes.

Sua composição bromatológica varia em virtude da espécie, idade dos artigos, época do ano e tratos culturais (MOURA, 2013). Porém, independente do gênero e da espécie, a palma forrageira apresenta baixos teores de matéria seca (11,7%), proteína bruta (4,8%), fibra insolúvel em detergente neutro (26,8%) e fibra insolúvel em detergente ácido (18,9%) (FERREIRA et al., 2009) em relação à recomendação de níveis mínimos indicados para ruminantes, devendo ser fornecida em associação a alimentos proteicos e a fontes de fibra fisicamente efetiva.

É importante ressaltar que a palma forrageira apresenta altos teores de umidade (85-90%), o que a torna excelente fonte de água aos animais, nutriente limitante na maior parte do ano em condições de semiárido (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010). Várias pesquisas demonstraram que o consumo de palma forrageira reduz a ingestão de água de bebida por distintas espécies de ruminantes (VÉRAS et al., 2005; BISPO et al., 2007; ANDRADE et al., 2016).

1.2. Genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim

Com relação ao ataque de pragas na palma forrageira, duas espécies de cochonilhas são os principais problemas: a cochonilha de escamas (*Diaspis echinocacti* Bouché) e a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) (SANTOS et al., 2011b). A cochonilha do carmim é uma das diversas espécies do gênero *Dactylopius* que produzem o corante carmim. Essas espécies vivem em cactáceas e podem se transformar em pragas se a cultura não for tecnicamente manejada ou se forem disseminadas livremente nas plantas cultivadas (WARUMBY et al., 2005). Durante o processo de alimentação, as cochonilhas sugam os cladódios da palma inoculando toxinas, o que provoca o enfraquecimento das plantas e, conseqüentemente, amarelecimento e queda dos cladódios. Em ataques mais severos, quando nenhuma medida de controle é adotada, pode ocorrer a morte da planta e a destruição do palmar (CAVALCANTI et al., 2001).

O controle químico, por seu elevado custo e suas possíveis implicações ambientais, torna-se inviável, principalmente devido às condições socioeconômicas dos pequenos produtores rurais. Sendo assim, a melhor opção de cultivo para a palma em regiões atacadas por esse inseto é o plantio de clones resistentes. Essa alternativa destaca-se como estratégia ideal de controle de pragas, pois sua utilização reduz a população do inseto a baixos níveis, tem efeito persistente, não é poluente, não acarreta ônus ao sistema produtivo e não exige conhecimentos específicos dos agricultores para sua utilização (LARA, 1991).

Essa cultura tem sido amplamente estudada com vistas à seleção de genótipos mais produtivos, de melhor valor nutritivo e com maior resistência a pragas e doenças. Vasconcelos et al. (2009) e Lopes et al. (2010) reportaram que as palmas miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), IPA - Sertânia (*Nopalea* sp.) e orelha de elefante

mexicana (*Opuntia stricta* Haw) são consideradas resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.), praga que tem atacado os palmais de diversos estados do Nordeste brasileiro. Nesta região a palma miúda é tradicionalmente cultivada, enquanto que as demais apresentam suas áreas de cultivo em expansão.

Na região supracitada, as espécies de palma forrageira mais difundidas são a *Opuntia ficus indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, principalmente as variedades redonda, gigante e miúda, que não possuem espinhos (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014). De acordo com Vasconcelos et al. (2009), a palma redonda e a palma gigante (*Opuntia ficus indica*) são reconhecidamente mais resistentes à seca e mais produtivas e, por esses motivos, se apresentam como as mais cultivadas. Entretanto, essas variedades foram identificadas como as mais sensíveis ao ataque da cochonilha do carmim, o que demonstra a fragilidade da reserva estratégica de forragem em caso de disseminação do inseto.

Por sua vez, a variedade miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) é a mais nutritiva e a mais aceita pelos animais, porém apresenta maior exigência em fertilidade do solo, menor resistência à seca e se mostra sensível a cochonilha de escama (SILVA e SANTOS, 2006; CAVALCANTI et al., 2008; GALVÃO JÚNIOR et al., 2014). O genótipo IPA-Sertânia (*Nopalea* sp.) vem se destacando por seu potencial de crescimento e facilidade de adaptação às condições de clima, apesar de também ter sido apontada como susceptível a cochonilha de escama. Já a palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) é um clone importado, sendo considerado menos exigente em fertilidade do solo e mais tolerante às condições de estresse hídrico. Contudo, apresenta grande quantidade de espinhos, o que pode comprometer sua aceitabilidade pelos animais e dificultar seu manejo como planta forrageira (CAVALCANTI et al., 2008).

Em estudos com os genótipos de palma forrageira mencionados acima, os resultados de composição bromatológica descritos são muito variáveis, uma vez que uma série de condições pode influenciar na concentração dos nutrientes, tais como idade da planta, manejo de adubação e tratamentos culturais. Rocha Filho (2012) encontrou 96, 74 e 77 g/kg de matéria natural (matéria seca); 46, 59 e 69 g/kg MS (proteína bruta) e 539, 504 e 509 g/kg MS (carboidratos não fibrosos), para os genótipos miúda, IPA-Sertânia e orelha de elefante mexicana, respectivamente. Por outro lado, Moraes (2012) relatou 95, 134 e 90 g/kg de matéria natural (matéria seca) e 30, 20 e 61 g/kg MS (proteína bruta) para estes genótipos, nesta mesma ordem.

1.3. A palma forrageira e seu efeito sobre o padrão fermentativo no ambiente ruminal

O ambiente do rúmen possibilita que microrganismos, sobretudo bactérias, protozoários e fungos, se desenvolvam de forma satisfatória, atuando como câmara de fermentação, em virtude das seguintes condições: temperatura ideal média de 39°C; anaerobiose; pH médio de 6,8; aporte de nutrientes e contínua remoção da digesta e dos produtos da fermentação (LANA, 2005).

As bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais e os protozoários requerem pH variando entre 6,2 e 6,8 para atuarem de maneira adequada. Segundo Van Soest (1994), quando o pH encontra-se abaixo de 6,2 ocorre aumento no tempo de colonização e de degradação da fibra. Por outro lado, as bactérias fermentadoras de carboidratos não fibrosos (amilolíticas) atuam em faixa de pH mais baixo, o que demonstra que o pH do líquido ruminal afeta a degradação dos alimentos de forma diferenciada (FURLAN et al., 2006).

O pH do conteúdo ruminal está diretamente vinculado aos produtos finais da fermentação e à taxa de crescimento dos microrganismos (CHURCH, 1979). Assim, Santana Neto et al. (2012) reportaram que a produção de AGCC é modificada em função do alimento, de modo que quando a alimentação é composta por volumoso, que possui carboidratos lentamente degradáveis, o pH do ambiente ruminal fica mais elevado (próximo da neutralidade), favorecendo as bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais, cuja rota metabólica é mais voltada para a produção de acetato. Entretanto, quando o alimento é concentrado ou rico em carboidratos rapidamente fermentáveis, como a palma forrageira, o pH tende a diminuir devido a maior ação das bactérias amilolíticas que produzem mais propionato.

A diminuição da ruminação e da salivação normalmente está associada a dietas com altos teores de concentrado e com a consequente redução da capacidade tamponante, o que juntamente com a rápida degradação microbiana dos carboidratos solúveis e, por conseguinte, com a produção de AGCC, resultam em queda do pH ruminal (TRIPATHI et al., 2007).

Ao avaliar o efeito da substituição parcial do feno de capim-elefante pela palma forrageira sobre parâmetros ruminiais de ovinos, Bispo et al. (2007) observaram que o pH ruminal diminuiu linearmente, com variação de 6,46 a 6,24, para as dietas com 0 e 56% de palma forrageira, respectivamente. Esses autores atribuíram esse resultado ao alto percentual de carboidratos de rápida digestão contido na palma, o que, provavelmente, proporcionou aumento da atividade microbiana e, conseqüentemente,

aumento da concentração de AGCC e redução do pH ruminal. Para Russell et al. (1992), o pH ruminal, mesmo recebendo quantidades de tampões bicarbonato e fosfato da secreção salivar, pode decrescer em função da restrição da quantidade de fibra dietética ou do acréscimo de carboidratos rapidamente fermentáveis.

Silveira et al. (2006) afirmaram que o pH do rúmen varia de acordo com a dieta e com o tempo após a alimentação. Nesse contexto, Rocha Filho (2012), ao analisar as implicações da utilização de genótipos de palma forrageira sobre parâmetros ruminiais de ovinos, constatou que o pH ruminal foi menor 2 horas após a alimentação (0, 2, 4, 6 e 8 horas), independente do genótipo (gigante, miúda, IPA-Sertânia, orelha de elefante mexicana ou orelha de elefante africana).

Segundo Goularte et al. (2011), as proporções molares de acetato:propionato:butirato são variáveis, com valores de 75:15:10 em dietas com altos níveis em carboidratos fibrosos e até 40:40:20 em dietas ricas em carboidratos não fibrosos, com o total de AGCC entre 60 e 150mM/mL de líquido ruminal, sendo essas proporções resultantes da atividade microbiana e da absorção através da parede do rúmen. Rocha Filho (2012) encontrou 132,7mM/mL, 135,1mM/mL e 133,9mM/mL de AGCC totais no fluido ruminal de ovinos recebendo 40% dos genótipos miúda, IPA-Sertânia ou orelha de elefante mexicana nas dietas, sendo relatadas as proporções de 67,3:23,7:9; 66,8:22,8:10,4 e 67,4:22,7:9,9 para acetato:propionato:butirato, respectivamente.

Outra característica que merece destaque na palma forrageira é sua alta taxa de fermentação, sendo a matéria seca degradada extensa e rapidamente, favorecendo 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 aumenta linearmente, possivelmente em decorrência do efeito crescente na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica. De acordo com Shoop et al. (1977) e Batista et al. (2003b), após 48 horas de incubação ruminal em bovinos, a taxa de desaparecimento *in situ* da matéria seca da palma forrageira foi de 66,4% e 80%, respectivamente. Os autores associaram esses resultados aos elevados teores de carboidratos não estruturais e baixos teores de lignina dessa planta.

1.4. Concentração de minerais e de oxalatos na palma forrageira

A principal fonte para aquisição de elementos minerais por parte dos animais ruminantes são os alimentos, em especial as plantas forrageiras, visto que os ruminantes não sintetizam elementos minerais (GÊNOVA e PAULINO, 2011). De acordo com Underwood e Suttle (1999), os minerais podem exercer quatro funções no organismo animal: estrutural, fisiológica, catalítica e reguladora. Participam da composição de estruturas nos órgãos e tecidos do corpo e atuam no tamponamento ruminal, no equilíbrio ácido-básico e hidroeletrolítico, na permeabilidade de membranas, nas secreções digestivas e como cofatores enzimáticos, por exemplo.

Assim, a contribuição dos minerais para a nutrição de ruminantes é fundamental, uma vez que existe relação de minerais com absorção de nutrientes, *status* fisiológico do animal, consumo de matéria seca e desempenho produtivo (ANDRADE et al., 2015). No entanto, poucas pesquisas têm sido desenvolvidas objetivando avaliar a composição mineral da palma forrageira.

Mendonça Júnior et al. (2011) mencionaram que a concentração de minerais nas plantas forrageiras é bastante variável, pois depende do gênero, espécie e variedade, época do ano (sazonalidade durante o crescimento da planta), condições climáticas do local, da quantidade do elemento no solo, do tipo de solo e suas condições (como pH e umidade), uma vez que afetam a disponibilidade de absorção e ainda varia em função da idade fisiológica do vegetal.

De maneira geral, a palma forrageira apresenta elevados teores de cálcio (Ca) (7,47%), potássio (K) (2,35%) e magnésio (Mg) (1,82%) na matéria seca (BEN SALEM et al., 2005; SANTOS et al., 2009; REKIK et al., 2010). Por outro lado, exibe baixas concentrações de fósforo (P) (0,12%) e sódio (Na) (0,03%) (WANDERLEY et al., 2002; REKIK et al., 2010).

Os altos teores de cálcio e baixos teores de fósforo resultam em relação Ca:P extremamente alta, chegando a 40:1 (SANTOS, 1992). Para Santos et al. (2009), o desbalanço na relação desses minerais está ligado à redução no consumo de matéria seca e com o aparecimento de cálculos renais em caprinos. Dantas et al. (2011), estudando o perfil bioquímico de animais recebendo dietas com palma miúda (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck), observaram que ocorreu efeito linear positivo da atividade da enzima fosfatase alcalina, fortalecendo a hipótese de que ocorre relação direta da

modificação da relação Ca:P, ação direta do oxalato na quelação do cálcio e alteração do perfil enzimático.

A baixa concentração de sódio na palma forrageira é outro fator que merece destaque, visto que este elemento mineral desempenha várias funções no organismo animal, dentre elas a regulação da pressão osmótica, do equilíbrio ácido-básico, condução nervosa, transporte ativo de nutrientes, contração muscular e controle do equilíbrio hídrico (GONZÁLEZ, 2000).

Para Szentmihályi et al. (1998), o potássio e a relação potássio:sódio são altos na palma. A relação Na:K de 20:1 seria a mais indicada na dieta de ruminantes (MORRIS, 1980), proporção bem superior à encontrada na palma forrageira, alimento que compõe as dietas experimentais do presente estudo.

As plantas forrageiras contêm ainda ácidos orgânicos que interagem com outros elementos e participam de reações metabólicas. Dentre eles, o ácido oxálico, que se liga a íons monovalentes e bivalentes atuando no equilíbrio aniônico da planta (NICODEMO e LAURA, 2001). O oxalato contido na palma pode reagir com cátions monovalentes, como potássio ou sódio, formando sais solúveis de oxalato e quelatos menos solúveis com cátions bivalentes, como cálcio e magnésio, sendo o oxalato de cálcio o mais estável e menos solúvel. Estes cristais insolúveis formam-se nos vacúolos das células especializadas, apresentando baixa digestibilidade e tornando o cálcio indisponível para o animal, de modo que os cristais de oxalato passam intactos pelo trato digestivo (WARD et al., 1979; MARAIS et al., 1997), fato que pode reduzir sua absorção ou aumentar a taxa de remoção no metabolismo, além de afetar o equilíbrio osmótico do organismo.

Para Gonzáles e Scheffer (2003), o oxalato pode reduzir a disponibilidade de cálcio e, conseqüentemente, estimular a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos deste mineral. De acordo com Krause e Mahan (2005), o oxalato de cálcio pode ainda causar irritações na mucosa intestinal.

Por outro lado, o cálcio quelatado pelo ácido oxálico se torna parcialmente disponível para animais ruminantes através de sua degradação ruminal. Segundo Cymbaluk et al. (1986), a degradação no rúmen é realizada por uma bactéria gastrintestinal altamente especializada, *Oxalobacter formigenes*, que metaboliza o oxalato e o transforma em ácido fórmico e CO₂ para obter energia, disponibilizando o cálcio para o animal. Porém, níveis altos de oxalato (1,3% a 1,8%) podem reduzir a biodisponibilidade do cálcio da forrageira em cerca de 20% (BLANEY et al., 1982).

Rekik et al. (2010) encontraram teor de 10,53% de oxalato em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*).

Vários fatores interferem na concentração de oxalatos nas plantas, destacando-se espécie, idade de rebrota, componentes da planta, nível de fertilidade do solo (JONES e FORD, 1972a), área de origem, níveis de cátions presentes no tecido vegetal (HACKER, 1974) e época do ano (JONES e FORD, 1972b). Jones e Ford (1972a) relataram que o ácido oxálico tem alta correlação positiva com os cátions sódio, potássio, magnésio e cálcio, de maneira que, aumentando a concentração destes minerais na planta, os teores de oxalato também se elevam. Vale destacar que a palma é um recurso forrageiro que apresenta elevados teores desses minerais, com exceção do sódio.

Nefzaoui e Ben Salem (2001) reportaram que a alta quantidade de oxalatos pode explicar o efeito laxativo da palma. Para outros autores, o efeito laxativo provocado nos animais é atribuído à concentração de carboidratos rapidamente digestíveis no rúmen e aos teores de minerais presentes na palma forrageira (BATISTA et al., 2003a; AMORIM et al., 2008). Em adição, os níveis de magnésio também podem estar relacionados ao efeito laxativo da palma, uma vez que os íons Mg^{2+} são parcialmente responsáveis pela retenção de água na luz intestinal para manter o equilíbrio osmótico, provocando a formação de fezes amolecidas e aumentando a taxa de passagem (DAVENPORT, 1978).

1.5. Influência alimentar sobre os aspectos morfofisiológicos do rúmen e do retículo de ruminantes

O estômago dos ruminantes é multicavitário e composto por quatro compartimentos morfológicamente distintos, sendo o rúmen, o retículo e o omaso correspondentes à porção aglandular, com funções ligadas ao processo fermentativo, e o abomaso constituindo o compartimento glandular, similar ao estômago dos não-ruminantes. A parte aglandular do estômago dos animais ruminantes é formada por quatro túnicas: mucosa, submucosa, muscular e serosa (DELLMANN e BROWN, 1982; FURLAN et al., 2006).

O epitélio de revestimento da mucosa ruminorreticular é do tipo estratificado pavimentoso queratinizado, formado por quatro camadas de células distintas: basal, espinhosa, granulosa e córnea ou queratinizada, dispostas de modo que a última

encontra-se voltada para o lúmen do órgão (LAVKER, CHALUPA e DICKEY, 1969). A proliferação celular ocorre a partir da camada basal (parte germinativa do epitélio), havendo proliferação das células para crescimento e renovação epitelial, que pode ser observada através da alta atividade mitótica (PEREIRA, 1997). Estas células, após diferenciação, migram para as demais camadas do epitélio até alcançar a camada queratinizada e descamar para o lúmen (LAVKER e GEDEON-MATOLTSY, 1970).

As papilas ruminais, por sua vez, são projeções da túnica mucosa para a luz do rúmen e apresentam diversidade de tamanho e formato, tendo em vista que são completamente sujeitas às mudanças da dieta (CUNNINGHAN, 1992). São responsáveis por aumentar a superfície de contato, possuindo papel muito relevante na absorção dos produtos finais da fermentação dos alimentos, como os ácidos graxos de cadeia curta, que representam a principal fonte energética para os ruminantes (SANDERS et al., 2015). Já o retículo apresenta dobras mucosas primárias ou cristas reticulares, que se projetam verticalmente para o lúmen e se fundem entre si de maneira assimétrica, formando estruturas semelhantes a favos de mel.

A totalidade do tecido do trato digestivo representa 3,6% no animal adulto, sendo o epitélio gastrointestinal responsável por diversas funções fisiológicas, incluindo a digestão, a absorção, o transporte e o metabolismo dos nutrientes (LYFORD, 1993). Segundo Xu et al. (2009), a digestão e a absorção estão relacionadas com o desenvolvimento das papilas ruminais e das vilosidades intestinais. Especialmente para animais ruminantes, deve-se ressaltar que as características dos compartimentos aglandulares do estômago, sobretudo do rúmen, podem ser influenciadas pelo tipo de alimento consumido.

Fato confirmado por Martens et al. (2012), que trabalhando com ovinos inicialmente alimentados com dieta com baixa energia e, posteriormente, com concentrado encontraram alterações no epitélio ruminal, principalmente no tamanho das papilas. Os autores justificaram os achados pela adaptação às mudanças nos parâmetros ruminais, como pH, concentração de ácidos graxos de cadeia curta e osmolaridade. De acordo com Manella et al. (2003), o tipo de alimento altera os produtos da fermentação ruminal por causa da especificidade dos microrganismos em digerir determinados nutrientes da dieta.

O consumo de alimentos sólidos gera mudanças anatômicas, fisiológicas e metabólicas no sistema digestório dos ruminantes jovens, podendo ser aceleradas ou retardadas em função do regime alimentar ao qual os animais estão submetidos

(CAMPOS, 1982 e COSTA et al., 2003). Em animais consumindo exclusivamente leite, o desenvolvimento papilar do rúmen não é expressivo, enquanto que nos animais alimentados com dietas contendo volumoso e concentrado, verifica-se maior tamanho das papilas ruminais (DUKE e SWWNSON, 1970).

A fibra da dieta estimula a capacidade volumétrica do rúmen-retículo e a musculatura, ao passo que os ácidos graxos de cadeia curta, resultantes da fermentação microbiana, estimulam o desenvolvimento da mucosa (FEEL et al., 1968; WEIGAND, YOUNG e MCGILLIARD, 1975).

Neiva et al. (2006) em um dos poucos trabalhos encontrados na literatura que associam o consumo de palma forrageira e sua implicação nas características teciduais do trato gastrintestinal de ruminantes, analisaram o efeito do consumo de altas proporções de palma forrageira sobre a estrutura histológica da mucosa ruminal de ovinos. Os autores observaram que os animais que receberam dietas com palma apresentaram maior desenvolvimento papilar em relação àqueles cuja dieta era composta apenas por feno de capim elefante e concentrado.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, G.L.; et al. Substituição do milho por casca de soja: consumo, rendimento e características de carcaça e rendimento da buchada de caprinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.1, p.41-49, 2008.
- ANDRADE, D.R.; et al. Teores de cálcio e fósforo na parte aérea da palma forrageira cv. gigante sob diferentes cultivos em Quixadá-CE. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Fortaleza, 2015. **Anais... ABZ**, Fortaleza. 2015. (CD-ROM).
- ANDRADE, S.F.J.; et al. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.38, n.2, p.155-161, 2016.
- BATISTA, A.M.V.; et al. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.189, p.123-126, 2003b.
- BATISTA, A.M.V.; et al. Effects of variety on chemical composition *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, n.5, p.440-445, 2003a.
- BEN SALEM, H. Simple and effective options hold promises to improve productivity and sustainability of livestock-based production systems under the climate change context. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RECENT STRATEGIES IN ANIMAL PRODUCTION, 2012, Egypt. **Proceedings...** [s.l.: s.n., 2012].
- BEN SALEM, H.; et al. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. **Small Ruminant Research**, v.59, p.229-237, 2005.
- BISPO, S.V.; et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BLANEY, B.J.; GARTNER, R.J.W.; HEAD, T.A. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. **Journal of Agriculture Science**, v.99, n.3, p.533-539, 1982.
- CAMPOS, O.F. Fornecimento de concentrado para bezerros. **Informe Agropecuário**, v.8, n.95, p.12-14, 1982.
- CAVALCANTI, C.V.A.; et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) e ureia em substituição ao feno de capim tifton (*Cynodon* spp) em dietas de vacas da raça holandesa em lactação. 1. Digestibilidade. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, n.2, p.145-152, 2006.
- CAVALCANTI, M.C.A.; et al. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-

elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.2, p.173-179. 2008.

CAVALCANTI, V.A.L.B.; et al. Controle das cochonilhas da palma forrageira. **Boletim IPA Responde**, n.39, p.1-2, 2001.

CHIACCHIO, F.P.B.; MESQUITA, A.S.; SANTOS, J.R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3. 2006.

CHURCH, D.C. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**. Vol. 1. Digestive Physiology. 3. ed. Oxford Press Inc. 1979. 350p.

COSTA, R.G.; et al. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de aleitamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.118-125, 2003 (supl. 2).

COSTA, S.F.; et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. Aspectos ultra-estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.10-18, 2008.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1992.

CYMBALUK, N.F.; MILLAR, J.O.; CHISTENSEN, O.A. Oxalate concentration in feeds and its metabolism by ponies. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p.1107-1116, 1986.

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

DAVENPORT, W.C. **Fisiologia do trato digestivo**. 3.ed. São Paulo: Guanabara-Koogan, 1978. p.181-225.

DELLMANN, H.D.; BROWN, E.M. **Histologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. 397p.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135, 2010.

DUKES, H.H.; SWWNSON, M.J. **Fisiologia de los animales domésticos**. Madrid: Aguilar, 1970. p.1053.

FEEL, B.F.; et al. Observations on the development of ruminal lesions in calves fed on barley. **Research in Veterinary Science**, v.9, n.5, p.458-466, 1968.

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

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. IN: BERCHIELLE, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. de. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.

GÊNOVA, L.G.; PAULINO, V.T. Aspectos relacionados a cálcio e fósforo em equídeos e ruminantes. **PUBVET**, v.5, n.24, p.1-22, 2011.

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

GONZÁLES F.H.D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLES, F.H.D.; et al. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. UFRGS: Porto Alegre, p.63-73, 2000.

GOULARTE, S.R.; et al. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1479-1486, 2011.

GUEVARA, J.C.; SUASSUNA, P.; FELKER, P. *Opuntia* forage production systems: status and prospects for rangeland application. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, p.428-434, 2009.

JENSEN, R.; et al. Parakeratosis of the rumens of lambs fattened on the pelleted feed. **American Journal of Veterinary Research**, v.19, n.71, p.277-282, 1958.

JONES, R.J.; FORD, C.W. Some factors affecting the oxalate content of the tropical grass *Setaria sphacelata*. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.1, n.57, p.400-406, 1972a.

JONES, R.J.; FORD, C.W. The soluble oxalate content of some tropical pasture grasses grown in south-east Queensland. **Tropical Grasslands**, v.6, n.3, p.201-204, 1972b.

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

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal**. 1 ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2005. 343p.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LAVKER, R.; CHALUPA, W.; DICKEY, J.F. An electron microscopic investigation of rumen mucosae. **Journal Ultrastructure Research**, v.28, n.1, p.1-15, 1969.

LAVKER, R.; GEDEON-MATOLTSY, A. Formation of horny cells: the fate of cell organelles and differentiation products in ruminal epithelium. **Journal Cell Biology**, v.44, n.1, p.501-512, 1970.

LIRA, M.A.; et al. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) - Ênfase em manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Recife, 2006. **Anais...** ABZ, Recife. 2006. (CD-ROM).

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

LYFORD, S.J. **El rumiante fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1993. p.47-68.

MACIEL, M.V.; et al. Carcass and non-carcass characteristics of sheep fed on cassava (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.75, n.3, p.307-312, 2015.

MANELLA, M.Q.; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1002-1012, 2003.

MARAIS, J.O.; BARNABAS, A.D.; FIGENSCHOU, D.L. Effect of calcium nutrition on the formation of calcium oxalate in kikuyu grass. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997, Winnipeg. **Proceedings...** [s.l.: s.n., 1997], v.2, Session 17 - Forage Quality.

MARTENS, H.; et al. Changes in rumen absorption processes during transition. **Animal Feed Science and Technology**, v.172, p.95-102, 2012.

McGAVIN, M.D.; MORRIL, J.L. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. **American Journal of Veterinary Research**, v.37, n.5, p.497-508, 1976.

MELO, A.A.S.; et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1165-1171, 2006.

MENDONÇA JÚNIOR, A.F.; et al. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v.7, n.1, p.1-13, 2011.

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

MORRIS, J.G. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.50, n.1, p.145-152, 1980.

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, 104f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2013.

NEFZAOU, A.; BEN SALEM, H. *Opuntia* spp: A strategic fooder and efficient tool to compact desertification in Wana region. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C., PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (Eds.). **Cactus** (*Opuntia* spp) **as forage**, Rome: FAO, 2001. p.73-89. (Plant Production and Protection Paper, 169).

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

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

PEREIRA, M.N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal byproducts**. University of Wisconsin, Madison, 186f. Tese (Doutorado em Nutrição Animal), 1997.

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

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

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

ROCHA, J. E. S. **Palma forrageira no Brasil: estado da arte**. EMBRAPA Caprinos e Ovinos, 2012. 40p.

RUSSEL, J.B.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1. ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SANDERS, D.M.; et al. Histomorfometria do epitélio ruminal de cabritos ½ sangue Boer submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, p.433-440, 2015.

SANTANA NETO, J.A.; et al. Características da fermentação ruminal de ovinos em pastejo: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n.19, p.1-21, 2012.

SANTOS, D.C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones de palma forrageira** *Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck.

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 1992.

SANTOS, D.C.; et al. Genótipos de palma forrageira para áreas atacadas pela cochonilha do carmim no sertão pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6, Búzios, 2011. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011a. (CD-ROM).

SANTOS, D.C.; SILVA, M.C.; SILVA, D.M.P. Convivência com a cochonilha do carmim em palma forrageira no estado de Pernambuco. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, Garanhuns, 2011. **Anais...** Garanhuns, 2011b. (CD-ROM).

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

SHOOP, M.C.; ALFORD, E.J.; MAYLAND, H.F. Plains prickly pear is a good forage for cattle. **Journal of Range Management**, v.30, n.1, p.12-16, 1977.

SILVA, A.M.A.; et al. Efeito do espaçamento e forma de plantio sobre a palma forrageira "*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck" no semi-árido alagoano. In: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 36, Aracaju, 2008. **Anais...** Aracaju: SNPA, 2008. (CD-ROM).

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

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET®**, v.7, n.10, 2006.

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, 1997. p.140-142.

SILVEIRA, M.F.; et al. Ganho de peso vivo e fermentação ruminal em novilhos mantidos em pastagem cultivada de clima temperado e recebendo diferentes suplementos. **Ciência Rural**, v.36, n.3, 2006.

SOUZA, T.C. **Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. miúda** (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 119f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2015.

SZENTMIHÁLYI, K.; et al. Potassium-sodium ratio for the characterization of medicinal plant extracts with diuretic activity. **Phytotherapy Research**, v.12, p.163-166, 1998.

TELES, M.M.; et al. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TOSTO, M.S.L.; et al. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p.239-249, 2007.

TRIPATHI, M.K.; et al. Effect of different levels of concentrate allowances on rumen fluid pH, nutrient digestion, nitrogen retention and growth performance of weaner lambs. **Small Ruminant Research**, v.72, n.1, p.178-186, 2007.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London: CAB International, 1999. 614p.

VALADARES FILHO, S.C.; et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S.C., Paulino, P.V.R, Magalhães, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. 1ª Ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica. 2006. 142p.

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

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

VÉRAS, R.M.L.; et al. Substituição do milho por farelo de palma forrageira em dietas para ovinos em crescimento. Consumo e Digestibilidade. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.34, n.1, p.351-356, 2005.

WANDERLEY, W.L.; et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.273-281, 2002.

WARD, G.; HARBERS, L.H.; BLAHA, J.J. Calcium-containing crystals in alfalfa: their fate in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.62, n.5, p.715-22, 1979.

WARUMBY, J.F.; et al. Pragas da palma. In: MENEZES, R.S.C; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil**. 1.ed. Recife: UFPE; Editora Universitária, 2005. p.65-80.

WEIGAND, E.; YOUNG, J.W; MCGILLIARD, A.D. Volatile fatty acid metabolism by rumen mucous from cattle fed hay or grain. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.9, p.1294-1300, 1975.

XU, M.; et al. Effect of corn particle size on mucosal morphology and digesta pH of the gastrointestinal tract in growing goats. **Livestock Science**, v.123, p.34-37, 2009.

CAPÍTULO II

HISTOMORFOMETRIA DO EPITÉLIO RUMINAL E RETICULAR DE OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS BASEADAS EM PALMA FORRAGEIRA

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de dietas contendo genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim sobre variáveis histomorfométricas do epitélio do rúmen e do retículo de ovinos. Para tanto, foram utilizados 32 cordeiros, com idade média de 6 meses e peso corporal inicial de $21 \pm 2,06$ kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. O período experimental foi de 73 dias, sendo fornecida uma dieta base (feno de capim elefante, fubá de milho e farelo de soja) e dietas nas quais parte do feno de capim elefante foi substituído por palma miúda, IPA-Sertânia ou orelha de elefante mexicana. O fornecimento das dietas foi realizado duas vezes ao dia, na forma de mistura completa. As variáveis histomorfométricas analisadas foram: espessura de queratina e espessura das camadas não queratinizadas do epitélio ruminal e reticular, além de altura, largura e superfície das papilas do rúmen. As camadas de queratina do epitélio ruminal dos animais consumindo palma miúda e palma orelha de elefante mexicana apresentaram maior espessamento em relação à dieta controle: 47,31; 41,30 e 25,81 μm , respectivamente. A palma miúda provocou alargamento na camada queratinizada do epitélio do retículo, bem como diminuição da espessura das camadas com células metabolicamente ativas. Em ambos os compartimentos estomacais foram observadas vacuolizações celulares nas camadas de queratina, indicando um quadro de hiperqueratose. A altura e a superfície das papilas ruminais foram superiores nos animais que consumiram a dieta contendo palma orelha de elefante mexicana (1478,63 e 782402,02 μm , nessa ordem). A palma forrageira altera a morfologia do epitélio ruminal e reticular de ovinos, sem afetar o desempenho produtivo, podendo ser usada como alternativa alimentar.

Palavras-chave: Cactáceas, cordeiros, morfometria, papilas ruminais, sistema digestório.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of diets spineless cactus genotypes resistant to the carmine cochineal on histomorphometrics variables of epithelium of rumen and reticulum of sheep. A total of 32 lambs, aged approximately 6 months and initial body weight of 21 ± 2.06 kg were used, distributed in a completely randomized design, with four treatments and eight repetitions. The experiment lasted 73 days, with a base diet (elephantgrass hay, corn meal and soybean meal) and diets in which part of the elephantgrass hay was replaced by “miúda”, “IPA-Sertânia” or “orelha de elefante mexicana” spineless cactus. The diets were offered twice a day as a total mixed ration. The histomorphometrics variables analyzed were: keratin thickness and thickness of the nonkeratinized layers of rumen and reticulum epithelium, as well as height, width and area of the papillae of the rumen. The keratin layers of the ruminal epithelium of the animals consuming “miúda” and “orelha de elefante mexicana” spineless cactus presented greater thickening relative to the control diet: 47.31, 41.30 and 25.81 μm , respectively. The “miúda” spineless cactus caused enlargement in the keratinized layer of the reticulum epithelium, as well as a decrease in the thickness of the nonkeratinized layers of metabolically active cells. In both stomach compartments, cellular vacuolations were observed in the keratin layers, indicating a hyperkeratosis health state. The height and area of the ruminal papillae were higher in the animals that consumed the diet containing the “orelha de elefante mexicana” spineless cactus (1478.63 and 782402.02 μm , in that order). The spineless cactus changes the morphology of the ruminal and reticular epithelium of sheep, without affecting the productive performance and therefore it can be used as an alternate feeding.

Key words: Cacti, digestive system, lambs, morphometry, rumen papillae

INTRODUÇÃO

Nas zonas áridas e semiáridas do mundo, a palma forrageira se destaca como relevante recurso alimentar por constituir excelente fonte energética, uma vez que é rica em carboidratos não fibrosos (CNF) e apresenta elevado conteúdo de nutrientes digestíveis totais (NDT), sendo estimados valores de 67,6% para a palma gigante e 66,2% para a palma miúda (BATISTA et al., 2003). Além disso, se mostra como importante fonte de água e de minerais (Ca, K e Mg) para os animais ruminantes (OLIVEIRA et al., 2010; REKIK et al., 2010).

Durante o período de crescimento do animal, os alimentos e os sistemas de alimentação interferem na ingestão e na digestibilidade dos nutrientes e, dessa forma, podem afetar o desenvolvimento dos órgãos e vísceras, haja vista que, para obter o máximo de suas funções, estes modificam sua estrutura em razão do tipo de alimento consumido (NÓBREGA et al., 2014). Particularmente para os ruminantes, deve-se ressaltar que as características dos compartimentos aglandulares do estômago, em especial do rúmen, podem ser alteradas pelos alimentos.

Os órgãos e as vísceras são fortemente influenciados pela composição bromatológica e densidade energética das dietas (KAMALZADEH et al., 1998). O tipo de alimento que o animal recebe na dieta influencia fortemente o desenvolvimento da mucosa, uma vez que dietas ricas em carboidratos facilmente digeridos e com baixa concentração de fibra proporcionam maior produção de ácido propiônico e butírico, que desencadeiam maior desenvolvimento da mucosa (NEIVA et al., 2006). Penner et al. (2014) afirmaram que a fração de CNF é a maior produtora de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), havendo estreita relação entre a taxa de absorção de AGCC e o aumento da superfície papilar.

A natureza da dieta consumida pelo animal afeta diretamente os parâmetros ruminais, bem como a taxa de passagem, podendo modificar a atividade metabólica dos microrganismos, alterando os produtos gerados na fermentação. A ingestão de alimentos rapidamente fermentáveis, ricos em amido, como é o caso da palma forrageira, que apresenta teor médio de 13,6% (BATISTA et al., 2003), valor relativamente alto para as forragens em geral, aumenta a ação das bactérias amilolíticas, que são produtoras de ácido propiônico (CHURCH, 1988).

Essas alterações no ambiente ruminal (pH e AGCC, por exemplo) podem refletir negativamente sobre a utilização dos nutrientes da dieta e propiciar modificação morfológica na mucosa ruminoreticular (COSTA et al., 2008). Segundo Penner et al.

(2014), a alimentação com dietas altamente fermentáveis para ruminantes é uma estratégia para aumentar a ingestão de energia. Contudo, esse aumento da produção de AGCC e redução do pH ruminal impõem um desafio ao metabolismo e à regulação da homeostase do pH intracelular do epitélio ruminal.

Para Gálfi et al. (1991) o epitélio é a parte metabolicamente ativa da mucosa e desempenha as funções fisiológicas de absorção, metabolismo dos AGCC e proteção, sendo formado por quatro camadas: basal, espinhosa, granulosa e córnea ou queratinizada, sendo a última voltada para o lúmen do órgão. Por sua vez, as papilas ruminais são estruturas que se projetam da túnica mucosa para o lúmen do órgão e são responsáveis por aumentar a área de troca entre o conteúdo ruminal e a corrente sanguínea (MELO, 2007).

O estudo do epitélio de revestimento do rúmen e do retículo pode representar mais uma ferramenta na avaliação da eficiência de aproveitamento dos alimentos na nutrição animal. Corrobora com esta afirmativa, o fato de o hábito alimentar dos ruminantes determinar o número, a distribuição e o tamanho das papilas, que dependem da ação dos alimentos sobre o desenvolvimento da mucosa (FURLAN et al., 2011), além de contribuírem com o aumento da superfície absorptiva do rúmen (WANG et al., 2009).

Apesar da existência de diversas avaliações do desempenho produtivo de animais alimentados com palma forrageira, praticamente não há investigações científicas sobre o mecanismo de ação dos constituintes nutricionais e antinutricionais desse alimento no trato gastrintestinal de ruminantes. Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efeito da utilização de dietas baseadas em genótipos de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim sobre variáveis histomorfométricas do epitélio do rúmen e do retículo de ovinos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética do Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob a licença de número 053/2015.

Local do experimento

O estudo foi conduzido no galpão de confinamento do setor de caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no Recife - PE, situada na microrregião

fisiográfica do Litoral Mata, pertencente à Região Metropolitana do Recife, sob as coordenadas geográficas: 8°04'03''S e 34°55'00''W, com altitude de 4 metros. O tipo clima é Ams³, que se caracteriza por ser quente e úmido, com temperatura média anual de 25,2°C (INMET, 2016).

Animais e tratamentos experimentais

Foram utilizados 32 ovinos SPRD (sem padrão racial definido), machos, não castrados, com idade média de 6 meses e peso corporal inicial (PCI) médio de 21 ± 2,06 kg. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e oito repetições. Os animais foram alojados individualmente em baias com piso suspenso de madeira ripada, com dimensões de 1,8 m x 1,0 m (1,8 m²), providas de comedouro e bebedouro, em galpão de alvenaria coberto com telhas de fibrocimento, dotado de sombrite em uma de suas laterais.

A fração concentrada da dieta foi composta por fubá de milho, farelo de soja, ureia pecuária, sulfato de amônio, fosfato bicálcico e mistura mineral comercial. A fração volumosa foi composta por palma forrageira (miúda, IPA-Sertânia ou orelha de elefante mexicana) e feno de capim elefante (Tabela 1).

Tabela 1. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais.

Itens	Ingredientes					
	Feno de C. Elefante *	Palma Miúda	Palma IPA-Sertânia	Palma OEM**	Farelo de Soja	Fubá de Milho
	<i>(g/kg de MS)</i>					
Matéria seca ¹	931,10	118,00	144,30	117,30	899,90	885,50
Matéria orgânica	888,60	890,10	893,60	889,30	913,50	985,70
Matéria mineral	111,40	109,90	106,40	110,70	86,50	14,30
Proteína bruta	57,30	56,90	57,50	59,70	533,80	86,10
Extrato etéreo	20,90	25,90	28,20	30,70	18,10	49,30
Fibra em detergente neutro	767,60	289,10	291,90	285,80	232,50	175,20
Fibra em detergente neutro _{cp} ²	724,60	259,10	252,90	243,20	148,20	156,80
Fibra em detergente ácido	469,00	142,10	109,60	125,50	24,90	82,00
Hemicelulose	265,60	117,00	143,40	117,80	66,20	131,90
Carboidratos totais	810,50	807,20	807,90	798,90	361,60	850,40
Carboidratos não fibrosos	75,90	548,20	555,00	555,70	213,40	693,50
Ácido cianídrico	-	-	0,06	0,05	-	-
Oxalatos totais	0,97	1,77	2,08	2,57	1,40	0,91

*Feno de C. Elefante: feno de capim elefante; **OEM: palma orelha de elefante mexicana; ¹g/kg de matéria natural; ²Fibra insolúvel em detergente neutro_{cp}: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; (-): não detectado.

Os tratamentos experimentais consistiram de uma dieta base (feno de capim elefante, fubá de milho e farelo de soja) e de dietas nas quais o feno de capim elefante foi parcialmente substituído por genótipos de palma forrageira (Tabela 2).

Tabela 2. Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais.

Ingredientes	Tratamentos			
	Controle	Palma Miúda	Palma IPA-Sertânia	Palma OEM*
	<i>(g/kg de MS)</i>			
Feno de C. Elefante**	700,00	250,00	250,00	250,00
Palma Miúda	0,00	530,00	0,00	0,00
Palma IPA-Sertânia	0,00	0,00	530,00	0,00
Palma Orelha de Elefante Mexicana	0,00	0,00	0,00	530,00
Farelo de soja	150,00	200,00	200,00	200,00
Fubá de milho	132,50	0,00	0,00	0,00
Ureia	6,50	4,50	6,00	0,00
Sal mineral ovinofós ¹	9,00	10,00	10,00	10,00
Fosfato bicálcico	1,50	5,00	3,50	9,00
Sulfato de amônio	0,50	0,50	0,50	1,00

*OEM: palma orelha de elefante mexicana; **Feno de C. Elefante: feno de capim elefante; ¹Níveis de garantia assegurados pelo fabricante: cálcio 240g; fósforo 71g; potássio 28,20g; magnésio 20g; enxofre 20g; cobre 0,40g; cobalto 0,03g; cromo 0,01g; ferro 0,25g; iodo 0,04g; manganês 1,35g; selênio 0,015g; zinco 1,7g; flúor máximo 0,71g; Solubilidade do fósforo em ácido cítrico a 2% (mín) = 95%.

As dietas foram formuladas segundo recomendações do NRC (2007), de modo a permitir ganho em peso médio diário de 200 g (Tabela 3).

Tabela 3. Composição nutricional das dietas experimentais.

Itens	Tratamentos			
	Controle	Palma Miúda	Palma IPA-Sertânia	Palma OEM*
	<i>(g/kg de MS)</i>			
Matéria seca ¹	919,76	199,94	236,23	184,70
Matéria orgânica	860,86	877,06	879,25	878,13
Proteína bruta	135,95	157,83	160,15	136,85
Extrato Etéreo	249,30	259,00	271,40	287,00
Fibra em detergente neutro _{cp} ²	559,80	339,09	334,55	318,32
Carboidratos não fibrosos	162,43	386,34	392,99	409,45
Nutrientes digestíveis totais	409,87	593,74	603,76	546,28
Energia digestível (kcal/kg MS) ³	1803,00	2612,00	2657,00	2404,00
Ácido cianídrico	-	-	0,03	0,03
Oxalatos totais	1,01	1,46	1,63	1,96

*OEM: palma orelha de elefante mexicana; ¹g/kg de matéria natural; ²Fibra insolúvel em detergente neutro_{cp}; fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ³kcal/kg MS: valores em quilocalorias por quilograma de matéria seca, estimados a partir de equações descritas pelo NRC (2001); (-): não detectado.

As palmas forrageiras utilizadas foram os genótipos miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), IPA-Sertânia (*Nopalea* sp.) e orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw), provenientes da Fazenda Várzea Alegre, localizada no município de Pesqueira, agreste pernambucano, sendo transportadas para o Recife a cada 15 dias. As palmas foram armazenadas em montes com altura inferior a 80 cm, para permitir a ventilação no interior do material. O processamento da palma foi realizado imediatamente antes de cada arrazoamento em máquina desintegradora, sendo fornecida na forma de mistura completa, para evitar a seleção por parte dos animais. A cada novo lote de palma forrageira foram coletadas amostras com a finalidade de quantificar os teores de matéria seca e de proteína bruta para ajuste das rações.

O feno de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi confeccionado na Estação Experimental de São João do Cariri, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sendo picado em máquina forrageira estacionária passando por peneira com crivo de 8 mm. O fubá de milho, o farelo de soja e os microingredientes foram adquiridos no comércio local.

Manejo, amostragens e análises químico-bromatológicas

Ao chegarem ao galpão de confinamento, os animais foram pesados, identificados com brincos, vacinados contra clostridioses e submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. O período experimental compreendeu 73 dias, sendo 10 dias destinados à adaptação dos animais às condições experimentais e 63 dias para coletas de dados. No período de adaptação os animais receberam ração com composição nutricional equivalente às utilizadas no experimento e foi realizada a estimativa do consumo voluntário em função das sobras referentes ao dia anterior.

O arrazoamento foi realizado duas vezes ao dia (08h e 15h), na forma de ração completa, sendo 60% da dieta oferecida no turno da manhã e 40% no turno da tarde, com água sempre à disposição dos animais. Durante todo o período experimental, os alimentos e as sobras foram pesados para mensuração do consumo alimentar. As sobras foram coletadas diariamente pela manhã para monitoramento do consumo e para cálculo da oferta seguinte, sendo o ajuste da quantidade de alimentos realizado a cada dois dias em função do consumo do dia anterior, permitindo-se sobras na ordem de 15% do total ofertado. O consumo de matéria seca e dos nutrientes foi calculado mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e refugadas. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 21 dias para acompanhamento do desempenho produtivo.

Amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas semanalmente durante todo o experimento. A cada coleta, as amostras foram identificadas, pesadas e armazenadas em freezer a -20°C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 10%, para constituírem uma amostra composta por animal. Em seguida, foram moídas em moinho de faca tipo *Willey*, passando por peneira de crivos de 1 mm, acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e previamente identificados, sendo encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE para a realização das análises bromatológicas.

As amostras de alimentos e sobras foram analisadas de acordo com os procedimentos da AOAC (1990), seguindo os métodos 967.03, 942.05, 981.10 e 920.29, respectivamente, para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio (N) e extrato etéreo (EE). Para determinar o teor de proteína bruta (PB), multiplicou-se o percentual de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25. O extrato etéreo foi determinado por extração em Soxhlet com éter de petróleo.

As análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) foram feitas seguindo-se as metodologias preconizadas por Van Soest et al. (1991) modificadas por Detmann et al. (2012). As análises de FDN e FDA foram adaptadas para autoclave, utilizando-se sacos de tecido não tecido (TNT, 100 g/m²) confeccionados manualmente com dimensões de 5 cm × 5 cm (CASALI et al., 2009). A FDN foi corrigida para cinza residual (DETMANN et al., 2012) e para compostos nitrogenados (LICITRA et al., 1996) e utilizou-se α -amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio.

A estimativa dos carboidratos totais (CHOT) foi realizada utilizando-se a equação descrita por Sniffen et al. (1992): %CHOT = 100 - (%PB + %EE + %MM). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo Detmann e Valadares Filho (2010): %CNF = [100 - %MM - %EE - %FDNcp - (%PB-PBu+U)], em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; PB= teor de proteína bruta; EE= teor de extrato etéreo; FDNcp = teor de fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; PBu = proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia. Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), foi utilizada a equação preconizada por Weiss (1999), onde: NDT (%) = PBD% + FDNcpD% + CNFD% + (2,25 × EED%), sendo PBD = (PB ingerida - PB fezes), EED = (EE ingerido - EE

fezes), CNFD = (CNF ingeridos - CNF fezes) e FDNcpD = (FDNcp ingerido - FDNcp fezes).

O teor de ácido cianídrico presente nas amostras dos alimentos foi determinado segundo metodologia de Ades Totah e Hernandez Luis (1986) adaptada por Silva (2015). A determinação dos oxalatos totais foi realizada de acordo com a metodologia de Moir (1953).

Coleta de amostras do trato gastrintestinal

Decorridos 73 dias de confinamento, os animais foram casualizados em uma ordem de abate, submetidos a jejum de sólidos por 16 horas e pesados para a obtenção do peso corporal ao abate (PCA). No momento do abate, os animais foram insensibilizados por atordoamento na região atlanto-occipital por meio de pistola com dardo cativo, suspensos pelos membros posteriores através de cordas e sangrados por quatro minutos a partir de cisão nas artérias carótidas e veias jugulares (BRASIL, 2000). Ainda suspensos, os animais foram esfolados manualmente segundo metodologia de Cezar e Sousa (2007).

Realizada a esfola, foram removidos os componentes internos das cavidades pélvica, abdominal e torácica, sendo o estômago pesado cheio e vazio. Em seguida, foram coletados fragmentos de dois compartimentos estomacais (rúmen e retículo). Com o objetivo de se evitar alterações pós-morte no material, os fragmentos foram rapidamente imersas em formol a 10% em tampão fosfato de sódio (pH 7,2) contido em potes plásticos devidamente identificados. Antes da fixação as amostras foram lavadas com solução fisiológica a 0,9% gelada para retirada do excesso do conteúdo alimentar. De cada animal foram coletados 12 fragmentos (1 cm²), sendo dois de cada saco do rúmen (dorsal, ventral e laterais) e quatro do retículo.

Processamento histológico

As lâminas histológicas foram confeccionadas no Laboratório de Histologia Animal do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal (DMFA) da UFRPE. Os fragmentos, já fixados, foram desidratados em álcool etílico em concentrações crescentes, diafanizados em xilol, impregnados por parafina líquida em estufa regulada à temperatura de 58°C e incluídos em parafina. Em seguida, os blocos foram cortados em micrótomo rotativo do tipo Minot da LEICA®, ajustado para 5 micrômetros (µm). Estes cortes foram então transferidos para lâminas e mantidos em estufa regulada à

temperatura de 36°C, durante 24 horas, para secagem e colagem. Em sequência, os cortes foram corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (H.E) seguindo-se o protocolo do laboratório e as lâminas montadas com entellan e lamínula de tamanho apropriado.

Avaliação histomorfométrica

As variáveis morfológicas avaliadas microscopicamente foram: espessura da queratina e espessura das camadas não queratinizadas do epitélio ruminal e reticular, além de altura, largura e superfície das papilas do rúmen (todos em μm). Para tanto, foram selecionadas as regiões mais íntegras das lâminas, sem artefatos e com estrutura morfológica preservada.

Para as mensurações da camada de queratina e das demais camadas do epitélio foram realizadas dez medidas em distintos campos das lâminas, por animal. Essas medidas foram efetuadas utilizando-se objetiva de 40X. O epitélio total foi calculado a partir do somatório da camada de queratina e da fração que compreende as demais camadas que formam o epitélio (camadas não queratinizadas).

Na análise histomorfométrica das papilas, foram escolhidas dez papilas ruminais por animal. A altura papilar foi obtida por medição do ápice da papila até seu ponto de implantação; a largura na região mediana da papila no sentido latero-lateral e a superfície calculada a partir da multiplicação da altura pela largura. Essas medidas foram feitas utilizando-se objetiva de 4X.

A captura de imagens foi realizada com utilização de microscópio óptico Olympus BX-51 (Tóquio, Japão) acoplado à câmera e conectado a um computador. As medidas histomorfométricas foram realizadas com auxílio do *software* computacional ImageJ, na Área de Patologia Animal do Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e oito repetições, totalizando 32 parcelas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Dunnett, ao nível de significância de 5%, utilizando-se o pacote estatístico do SAS (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas contendo a palma miúda e a palma orelha de elefante mexicana proporcionaram maior espessura da camada de queratina do rúmen em comparação à dieta controle (Tabela 4), representando acréscimo de 83,32 e 60,05%, respectivamente. Esse fato pode ser atribuído a maior vacuolização observada nas células do estrato queratinizado do rúmen dos animais desses tratamentos supracitados (Figura 1), o que corrobora com as colocações de Neiva et al. (2006), ao afirmarem que a associação entre a palma forrageira e o feno de capim-elefante na dieta de ovinos desencadeia efeito abrasivo sobre a queratina da mucosa ruminal, provocando assim vacuolização celular, isto é, aumento no tamanho das células mortas que compõem esta camada, fato que ocorre quando a taxa de morte é superior à taxa de recuperação tecidual.

Nessa perspectiva, a camada queratinizada do rúmen apresenta pequena capacidade metabólica, devido ao baixo número de organelas ativas (BANKS, 1992) e configura uma importante barreira protetora, dificultando a entrada de microrganismos invasores e a ação de substâncias agressoras ao epitélio. Segundo Penner et al. (2014), dietas com altas taxas de fermentação alteram a proliferação, a atividade e aumentam a barreira epitelial. Assim, a presença da vacuolização celular pode ser entendida como reflexo de mudanças nos parâmetros ruminais ocasionadas pelo consumo de palma forrageira, como abaixamento do pH e aumento na concentração de AGCC, impondo assim grande desafio metabólico ao epitélio.

Esse quadro de aumento do número de células da camada de queratina do epitélio (hiperplasia) é denominado de hiperqueratose, sendo uma reconhecida consequência do consumo de dietas ricas em energia (JENSEN et al., 1954). Nesta pesquisa, observa-se maior consumo de energia, na forma de nutrientes digestíveis totais e valores de energia digestível, nos tratamentos com os genótipos de palma forrageira, quando comparados ao tratamento controle (Tabela 5). Para Perrier et al. (1994), bovinos que recebem concentrados e com alta capacidade ruminal de absorção de AGCC podem demonstrar hiperqueratose.

A vacuolização na camada queratinizada pode ainda estar relacionada com a presença de ácido oxálico, encontrado tanto na palma miúda (1,77 g/kg de MS) como na orelha de elefante mexicana (2,57 g/kg de MS) e no feno (0,97 g/kg de MS) utilizados no trabalho e que pode ser considerado um constituinte antinutricional capaz de desencadear um mecanismo de defesa do tecido.

Conforme Neiva et al. (2006), as gramíneas têm alto conteúdo de sílica, o que pode ter contribuído para a erosão do estrato queratinizado. Em adição, no presente estudo também foi verificada concentração de 0,97 g/kg de matéria seca de oxalatos totais no feno de capim-elefante, incrementando assim o efeito sobre a queratina, o que também contribui para a ocorrência de células vacuolizadas nos animais do tratamento controle. No entanto, é importante salientar que são escassos os estudos que associam componentes nutricionais e/ou fatores antinutricionais de plantas forrageiras com alterações celulares e teciduais no estômago de animais ruminantes.

Quando expressas como percentual do epitélio total, as espessuras das camadas queratinizadas e não queratinizadas do epitélio do rúmen dos animais que receberam palma miúda diferiram da dieta controle, de modo a representar 41 e 59% do epitélio total, respectivamente. Deve-se considerar que a diminuição das camadas não queratinizadas em função do epitélio total ocorreu em resposta à elevação da espessura da queratina.

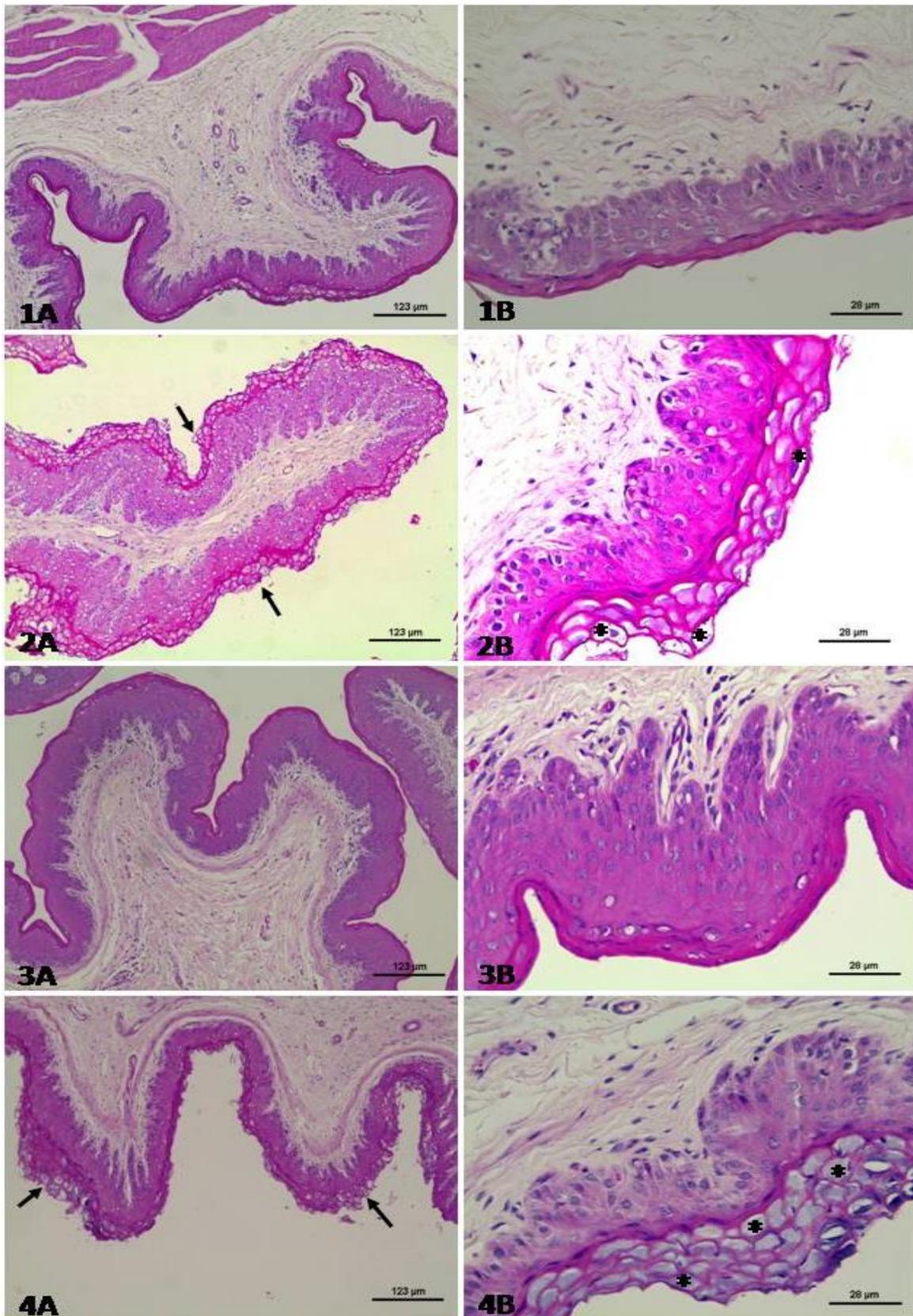


Figura 1. Fotomicrografias do epitélio ruminal de ovinos. 1A/1B) tratamento controle com camada de queratina apresentando poucas células vacuolizadas; 2A/2B) tratamento com palma miúda apresentando acentuadas vacuolizações nas células da camada queratinizada (setas e asteriscos); 3A/3B) tratamento com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

Tabela 4. Valor médio, erro-padrão e nível de significância da espessura (μm) de variáveis histomorfométricas do epitélio ruminal e reticular de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira.

Variável	Tratamento				Valor de P
	Controle	Miúda	IPA-Sertânia	OEM ¹	
<i>Rúmen</i>					
Epitélio Total	109,194±6,34	117,739±4,29	114,949±3,59	121,426±5,32	0,3793
Queratina	25,805±2,34	47,306±2,61*	36,747±4,67	41,300±3,47*	0,0010
Epitélio Total – Queratina	83,389±5,52	70,432±3,82	78,201±7,18	80,125±4,67	0,3978
Queratina (% ET) ²	25,932±1,98	41,129±2,04*	33,311±4,52	35,043±2,56	0,0111
Epitélio Total Queratina (% ET) ²	74,068±1,98	58,871±2,04*	66,689±4,52	64,957±2,56	0,0111
<i>Retículo</i>					
Epitélio Total	106,915±6,28	93,748±6,02	101,675±4,81	95,615±3,21	0,2884
Queratina	21,748±2,40	31,195±2,03*	23,842±2,60	24,807±3,10	0,0781
Epitélio Total – Queratina	85,166±6,09	62,552±4,79*	77,832±6,98	70,808±3,95	0,0471
Queratina (% ET) ²	21,648±2,15	33,275±1,83*	25,354±3,33	26,705±2,98	0,0325
Epitélio Total - Queratina (% ET) ²	78,352±2,15	66,724±1,83*	74,646±3,33	73,295±2,98	0,0325

*Diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% ($P < 0,05$); ¹OEM: palma orelha de elefante mexicana; ²% ET: percentual do epitélio total.

Com relação ao epitélio reticular, as camadas não queratinizadas dos animais submetidos à dieta com palma miúda apresentaram menor espessura, fato que pode ser resultante da supressão do contato com os produtos da fermentação, em consequência do aumento da espessura da camada de queratina (Figura 2). Em termos proporcionais ao epitélio total, as espessuras das camadas de queratina e camadas não queratinizadas do epitélio do retículo apresentaram comportamento semelhante aos resultados percebidos no rúmen.

Aliado a este fato, Banks (1992) relatou que as camadas mais profundas do epitélio são formadas por células metabolicamente ativas, apresentando alta capacidade de absorção e metabolização dos AGCC, podendo-se inferir assim que, possivelmente, o aproveitamento energético seja prejudicado em animais recebendo esse tipo de dieta. Por outro lado, é possível que o período experimental utilizado nessa pesquisa tenha representado impedimento para a observação dessa hipótese, uma vez que parâmetros produtivos como o peso corporal ao abate e o peso do estômago dos cordeiros submetidos às dietas com a palma miúda e com os demais genótipos foram superiores àqueles do tratamento controle (Tabela 5).

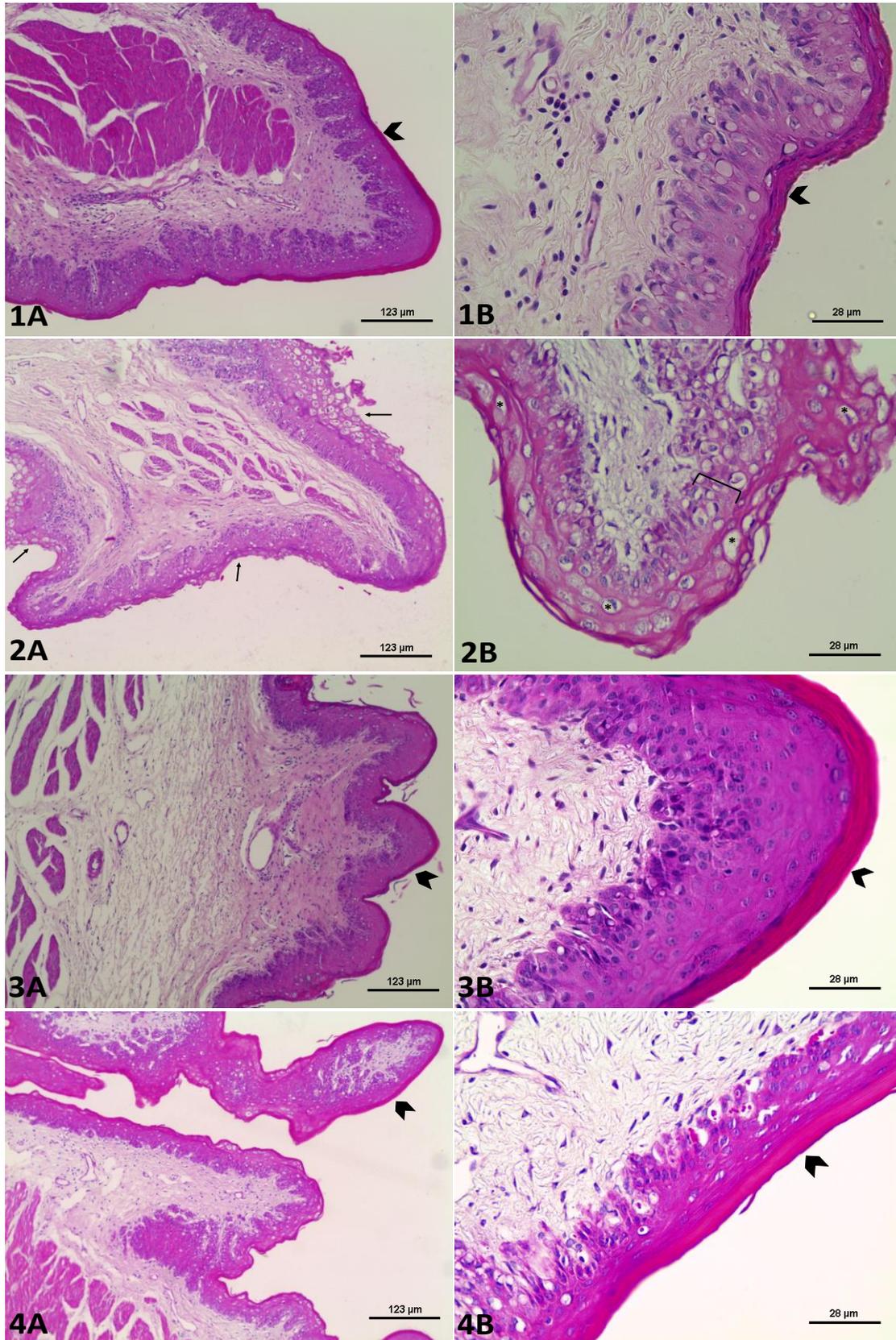


Figura 2. Fotomicrografias do epitélio reticular de ovinos. 1A/1B) tratamento controle com camada de queratina íntegra (cabeças de seta); 2A/2B) tratamento com palma miúda apresentando acentuadas vacuolizações nas células da camada queratinizada (setas e asteriscos) e encurtamento das camadas não queratinizadas (chave); 3A/3B) tratamento com palma IPA-Sertânia apresentando camada de queratina íntegra (cabeças de seta); 4A/4B) tratamento com palma orelha de elefanta mexicana apresentando camada de queratina íntegra (cabeças de seta); hematoxilina-eosina.

Tabela 5. Valor médio, erro-padrão e nível de significância dos consumos de nutrientes e parâmetros produtivos de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira.

Parâmetro	Tratamento				Valor de P
	Controle	Miúda	IPA-Sertânia	OEM ¹	
Consumo					
Matéria seca (g dia ⁻¹) ²	702,18±50,95	1124,55±56,35*	1138,63±52,17*	1055,14±37,54*	<,0001
Matéria seca (%PC) ³	3,01±0,14	4,10±0,15*	4,15±0,07*	3,94±0,09*	<,0001
Matéria orgânica (g dia ⁻¹) ²	597,13±44,00	987,90±48,77*	1002,38±46,02*	927,05±32,87*	<,0001
Matéria orgânica (%PC) ³	2,56±0,12	3,60±0,13*	3,66±0,06*	3,46±0,08*	<,0001
Proteína bruta (g dia ⁻¹) ²	111,68±6,75	189,07±9,72*	193,47±7,81*	148,40±5,29*	<,0001
Extrato etéreo (g dia ⁻¹) ²	21,15±1,20	35,01±1,66*	37,45±1,86*	35,78±1,35*	<,0001
Fibra em detergente neutro _{cp} (g dia ⁻¹) ²	372,55±29,04	344,34±17,63	346,45±15,82	314,22±10,34	0,2346
Fibra em detergente neutro _{cp} (%PC) ³	1,60±0,09	1,25±0,05*	1,26±0,03*	1,17±0,03*	<,0001
Carboidratos não fibrosos (g dia ⁻¹) ²	51,00±5,41	399,16±19,50*	410,54±21,63*	395,57±15,30*	<,0001
Nutrientes digestíveis totais (g dia ⁻¹) ²	293,60±19,71	667,24±37,26*	696,38±47,98*	577,66±28,55*	<,0001
Energia digestível (kcal dia ⁻¹) ^{**}	1291,84±86,73	2935,85±163,96*	3064,08±211,09*	2541,71±125,62*	<,0001
Desempenho					
Peso corporal inicial (kg)	21,37±0,71	20,94±0,70	20,70±0,82	20,91±0,80	0,9373
Peso corporal ao abate (kg)	24,94±0,98	33,93±1,29*	34,03±1,30*	32,62±0,51*	<,0001
Peso do estômago (kg)	0,93±0,04	1,44±0,06*	1,28±0,06*	1,37±0,08*	<,0001
Peso do estômago (g kg PC ^{0,75}) ⁴	83,18±1,90	102,72±2,45*	91,18±3,13	100,36±5,32*	0,0015
Conteúdo estomacal (kg)	6,00±0,40	4,42±0,34*	4,61±0,29*	4,33±0,29*	0,0041

*Diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% (P<0.05); ¹OEM: palma orelha de elefante mexicana; ²g dia⁻¹: gramas por dia; ³% PC: percentual de peso corporal; ^{**}Valores em quilocalorias por dia, estimados a partir de equações descritas pelo NRC (2001); ⁴g kg PC^{0,75}: gramas por quilograma em relação ao peso corporal metabólico.

No que se refere ao peso do estômago, observam-se maiores valores nos tratamentos que continham palma forrageira. Clementino et al. (2007) afirmaram que o peso dos componentes não-constituintes da carcaça variam em função da quantidade de energia consumida. No presente estudo, houve maior consumo de energia (expresso nos valores de NDT e energia digestível) pelos animais alimentados com os genótipos da palma.

Além disso, o maior volume de AGCC produzidos na fermentação ruminal dos animais consumindo palma forrageira pode induzir ao aumento da massa dos

compartimentos aglandulares, em função da maior quantidade das projeções da mucosa, como aumento do número de papilas ruminais (COSTA et al., 2008).

Os maiores pesos de conteúdo estomacal foram encontrados nos animais do grupo controle, o que pode ser explicado pelo maior consumo de fibra insolúvel em detergente neutro, em relação ao peso corporal, contido na dieta desses animais, aumentando assim o tempo de retenção do alimento no rúmen, o que pode incrementar o peso da digesta.

O fornecimento dos diferentes genótipos de palma forrageira não alterou a largura das papilas ruminais em relação ao tratamento controle. No entanto, houve aumento na altura e na superfície das papilas dos animais que receberam a palma orelha de elefante mexicana na dieta (Tabela 6).

Tabela 6. Valor médio, erro-padrão e nível de significância de medidas histomorfométricas (μm) de papilas ruminais de ovinos submetidos a dietas baseadas em palma forrageira.

Variável	Tratamento				Valor de P
	Controle	Miúda	IPA-Sertânia	OEM ¹	
Altura	1044,83±57,62	1291,49±74,85	1256,28±114,92	1478,63±108,76*	0,0117
Largura	543,13±26,57	584,81±30,70	529,99±26,31	573,24±32,16	0,5098
Superfície	550208,72±31758,25	732637,77±54606,85	655577,47±73870,89	782404,02±61485,67*	0,0275

*Diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% ($P < 0,05$); ¹Palma orelha de elefante mexicana.

De acordo com Lesmeister et al. (2004), a altura das papilas pode ser utilizada como o principal parâmetro de desenvolvimento do epitélio do rúmen, sendo o fator que melhor representa o efeito do tratamento no desenvolvimento ruminal. Possivelmente, o aumento na altura das papilas do rúmen dos animais submetidos à dieta contendo a palma orelha de elefante mexicana ocorreu em resposta ao espessamento da camada queratinizada, sendo uma forma encontrada pelo epitélio de compensar a maior dificuldade para absorção dos produtos finais da fermentação ruminal, imposta pela vacuolização celular da camada de queratina desse tratamento, embora esse mesmo comportamento não tenha sido verificado para o tratamento com a palma miúda.

Para Anderson et al. (1987), o desenvolvimento das papilas ruminais é dependente da presença dos AGCC, sendo o suprimento energético oriundo do ácido butírico o mais importante em relação ao crescimento em número e tamanho de papilas, seguido pelo ácido propiônico. Dessa forma, Rocha Filho (2012) avaliando o fluido ruminal de

ovinos recebendo 40% dos genótipos miúda, IPA-Sertânia ou orelha de elefante mexicana nas dietas, reportou que a proporção de butirato no rúmen é maior quando há consumo da palma orelha de elefante mexicana, em comparação com a palma miúda, o que justifica o maior desenvolvimento papilar encontrado nos animais que consumiram essa dieta.

Com relação ao aumento na superfície papilar com o uso da palma orelha de elefante mexicana, este ocorreu devido ao aumento da altura das papilas, visto que as variáveis altura e largura foram multiplicadas entre si para obtenção dos resultados de superfície.

CONCLUSÃO

A palma forrageira na dieta de ovinos em crescimento altera as características morfológicas do epitélio do rúmen e do retículo, exceto o genótipo IPA-Sertânia, sem afetar o desempenho produtivo, podendo ser utilizada como alternativa alimentar. Adicionalmente, sugere-se que maiores investigações no sentido de avaliar as proporções de ácidos graxos de cadeia curta produzidos durante o processo fermentativo sejam realizadas, a fim de melhor elucidar a ação da palma forrageira sobre parâmetros histomorfométricos do epitélio ruminal e reticular de ovinos.

REFERÊNCIAS

- ADES TOTAH, J.J.; HERNÁNDEZ LUIS, F. Presencia de ácido cianídrico en forrajes cultivados en México. **Agricultura Técnica en México**, v.12, n.1, p.77-90, 1986.
- ANDERSON, K.L; NAGARAJA, T.G; MORRIL, J.L. Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.5, p.1000-1005, 1987.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. 1990. Washington, 1990. 1094p.
- BANKS, W.J. **Histologia Veterinária Aplicada**. 5.ed. São Paulo: Editora Manole, 1992. 629p.
- BATISTA, A.M.V.; et al. Effects of variety on chemical composition *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, n.5, p.440–445, 2003.
- BISPO, S.V.; et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S. D. A. /M. A. A. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jan. 2000, Seção 1, p.14-16.
- CASALI, A.O.; et al. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.130-138, 2009.
- CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, 2007. 147p.
- CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 1988. 563p.
- CLEMENTINO, R.H.; et al. Influência dos níveis de concentrado sobre os cortes comerciais, os constituintes não carcaça e os componentes da perna de cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.681-688, 2007.
- COSTA, S.F.; et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros. II. Aspectos ultraestruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.10-18, 2008.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p.

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

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal . In: BERCHIELLI, T.T.; PIREZ, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p.5-7.

GALFI, P.; NEOGRADY, S.; SAKATA, T. Effects of volatile fatty acids on the epithelial cell proliferation of the digestive tract and its hormonal mediation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. **Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants**. San Diego, CA:ed. Academic Press Inc., 1991. p.49-59.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

JENSEN, R.; et al. Parakeratosis of the rumens of lambs fattened on the pelleted feed. **American Journal of Veterinary Research**, v.19, n.71, p.277-282, 1958.

KAMALZADEH, A.; et al. Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: development of body organs. **Small Ruminant Research**, v.29, n.1, p.71-82, 1998.

LESMEISTER, K.E.; TOZER, P.R.; HEINRICHS, A.J. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.5, p.1336-1344, 2004.

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

MELO, L.Q. **Morfometria ruminal e efeito do pH e do volume da digesta sobre a absorção de ácidos graxos voláteis**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), 2007.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requeriments of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of small ruminants**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 362p.

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

NÓBREGA, G.H.; et al. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: desempenho produtivo e morfometria do rúmen e do intestino delgado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.5, p.1522-1530, 2014.

- OLIVEIRA, F.T.; et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p.27-37, 2010.
- PENNER, G.B.; et al. Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1108-1119, 2014.
- PERRIER, R.; et al. Effect of undernutrition on the ability of the sheep rumen to absorb volatile fatty acids. **Reproduction Nutrition Development**, v.34, n.4, p.341-347, 1994.
- REKIK, M.; et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**, v.90, p.53-57, 2010.
- ROCHA FILHO, R.R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia), 2012.
- SILVA, T.G.P. **Concentração de ácido cianídrico na maniçoba *in natura* e conservada**. 2015. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 38f. Monografia (Bacharelado em Zootecnia), 2015.
- SNIFFEN, C.J.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS Institute. **User's guide: statistics**. Versão 6. 12. Cary: North Carolina State University, 1996.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- WANG, Y.H.; et al. Effect of dietary starch on rumen and small intestine morphology and digesta pH in goats. **Livestock Science**, v.122, p.48-52, 2009.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.