

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PÓR-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**PALMA FORRAGEIRA COMO ESTRATÉGIA NA DIETA DE ALTO
CONCENTRADO**

Pedro Henrique Borba Pereira
Zootecnista

Garanhuns – PE
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PÓR-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**PALMA FORRAGEIRA COMO ESTRATÉGIA NA DIETA DE ALTO
CONCENTRADO**

PEDRO HENRIQUE BORBA PEREIRA

Orientador:

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

Co-orientadores:

Profa. Dra. Geane Gonçalves Dias

Dr. Daniel Barros Cardoso

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Área de Concentração: Nutrição, Alimentação e Produção de Ruminantes para o Semiárido.

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

- P372p Pereira, Pedro Henrique Borba
 Palma Forrageira como estratégia na dieta de alto concentrado: Nutrição e Produção de Ruminantes para o Semiárido
 / Pedro Henrique Borba Pereira. - 2021.
 115 f. : il.
- Orientador: Airon Aparecido Silva de Melo.
 Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
 e Pastagens, Garanhuns, 2021.
1. Cactácea. 2. Cordeiro. 3. Dieta de Alto Grão. 4. Metabolismo. I. Melo, Airon Aparecido Silva de, orient. II. Título

CDD 636.089

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PÓR-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

PARECER DA DEFESA DE QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO

TÍTULO: “PALMA FORRAGEIRA COMO ESTRATÉGIA NA DIETA DE ALTO
CONCENTRADO”

Autor: Pedro Henrique Borba Pereira

Orientador: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

Co-orientador: Profa. Dra. Geane Gonçalves Dias

Co-orientador: Dr. Daniel Barros Cardoso

JULGAMENTO

CONCEITO: _____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo
Presidente e Orientador
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dra. Safira Valença Bispo
Examinadora
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Garanhuns, 23 de Julho de 2021



Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "ESTRATÉGIA DE MANEJO ALIMENTAR COM DIETAS DE ALTO CONCENTRADO PARA CORDEIROS CONFINADOS ", protocolada sob o CEUA nº 9616280520 (ID 000272), sob a responsabilidade de **Airon Aparecido Silva de Melo e equipe; André Luiz Rodrigues Magalhães; Daniel Barros Cardoso; Pedro Henrique Borba Pereira; Geane Dias Gonçalves; Dulciene Karla de Andrade Silva; Nivaldo de Azevêdo Costa** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA/UFRPE) na reunião de 10/06/2020.

We certify that the proposal "FOOD MANAGEMENT STRATEGY WITH HIGH GRAIN DIETS FOR CONFINED LAMBS", utilizing 1 Bovines (1 females), 32 Ovines (32 males), protocol number CEUA 9616280520 (ID 000272), under the responsibility of **Airon Aparecido Silva de Melo and team; André Luiz Rodrigues Magalhães; Daniel Barros Cardoso; Pedro Henrique Borba Pereira; Geane Dias Gonçalves; Dulciene Karla de Andrade Silva; Nivaldo de Azevêdo Costa** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the Rural Federal University of Pernambuco (CEUA/UFRPE) in the meeting of 06/10/2020.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **08/2020 a 10/2020** Área: **Zootecnia**

Origem:	Aprisco da Clínica de Bovinos de Garanhuns			
Espécie:	Bovinos	sexo:	Fêmeas	idade: 3 a 6 anos N: 1
Linhagem:	holandês/zebu	Peso:	400 a 500 kg	
Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais			
Espécie:	Ovinos	sexo:	Machos	idade: 4 a 6 meses N: 32
Linhagem:	Santa Inês	Peso:	17 a 23 kg	

Local do experimento: Biotério de experimentação animal da Fazenda escola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Sítio Estrela, Zona Rural de Garanhuns-PE.

Recife, 30 de outubro de 2020

Prof. Dr. Francisco de Assis Leite de Souza
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Carlos Fernando Rodrigues Guaraná
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PEDRO HENRIQUE BORBA PEREIRA, filho de José da Silva Pereira e Maria Inês Borba Pereira, natural de Macaparana, Pernambuco, nasceu no dia 15 de Junho de 1996. Em 2014 foi egresso da turma do curso de Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II- Areia, a qual foi aluno de iniciação científica [2015 a 2019] sob orientação do Professor Dr. Severino Gonzaga Neto com pesquisas voltadas à Nutrição de Vacas Leiteiras e monitor voluntário de Nutrição de Ruminantes [2017 a 2018] sob orientação da Professora Dra. Juliana da Silva Oliveira. Além de ser integrante do Grupo de Estudo e Ações em Bovinocultura (GEABOV), sendo secretário da vigência 2017-2018, e Grupo de Estudo em Forragicultura (GEF). Em 2019 concluiu a graduação obtendo o título de Zootecnista em nível de Bacharel (turma LXVII). No mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE-UAG) do curso Ciência Animal e Pastagens sob orientação do Professor Dr. Airon Aparecido Silva de Melo, realizando pesquisa na área de Nutrição, Alimentação e Produção de Ruminantes para o Semiárido com período de Mobilidade Acadêmica para a Universidade Federal de Viçosa, obtendo título de Mestre em Ciências em Julho de 2021.

*“Who are you?
Who,
Who,
Who,
Who?
I really wanna know...”*

Who Are You (The Who)

Sem sombra de dúvidas, essa dissertação é dedicada ao *Sr.* José da Silva Pereira e a *Sra.* Maria Inês Borba Pereira, os meus alicerces em terra, e a meu fiel amigo Toddy.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Pai Celestial, por ter me concebido a honra de concluir um programa de pós-graduação, me dando forças e mostrando que tudo tem seu tempo.

Agradeço, de corpo e alma, ao meu querido orientador Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo, pela nossa relação de pai e filho, o qual sempre me escutava e dava dicas para minha vida profissional e pessoal. Muito obrigado por me orientar!

Agradeço, de coração aberto, a Profa. Geane Gonçalves Dias por me potencializar nos estudos e ter aceito me coorientar nesse projeto. Sempre serei grato a você e saiba que és um exemplo em minha vida.

Agradeço ao Dr. Daniel de Barros Cardoso, por ser meu coorientador, além de fazer uma amizade que sempre ficará guardada na lembrança, tanto as conversas de apoio, quanto as discursões corriqueiras no laboratório e na fazenda experimental (risos).

Aos professores(as): Karla Andrade, Safira Bispo, André Magalhães, Dorgival Júnior, Jorge Lucena, Omer Cavalcanti, Francisco Carvalho, Juliana Oliveira, Edson Mauro, Ricardo Guerra e Lara Toledo por todo apoio/ajuda acerca dos meus conhecimentos, amizade e parcerias, agradeço imensamente.

Aos amigos que o PPGCAP me proporcionou, Jessica Rodrigues, Daniel Bezerra, Cladenilde Pinheiro, Deneson Oliveira, Naiane Araújo e Luana Marques por fazerem os dias no laboratório, nas salas de aulas físicas e via *meet* mais proveitosas e sempre me tiravam um sorriso.

Ao meu amigo Cleyton Araújo, a qual sei que a amizade é verdadeira, por encarar turnos de +72hs no laboratório fazendo análises e saindo como verdadeiros zumbis, pelas conversas científicas super agradáveis que tínhamos/temos, pelos “cafezin” na copa do laboratório e lá em Lucinha, enfim, obrigado e “é difícil a vida do crente pós-graduando”.

As minhas irmãs, Ângela Maria e Alba Valeria, ao meu irmão, José Borba e ao meu Tio José Pereira (vulgo Prejuízo) e Tia Julieta França por sempre me incentivarem a persistir nos meus sonhos com apoios em minhas escolhas profissionais.

Aos meus amigos Wellington Ribeiro, Rafael Lopes, Edwilka Cavalcante, Jessyca Pinheiro, Carla Gisele, Jessyca Laura, Mileny Souza, Ana Cecília, Igor Herculano, Jaqueline Florêncio e Pedro Júnior, pelo contato frequente, quem sabe diário, os quais sei que posso contar pra tudo.

A minha segunda família, à Tia Iolanda, Cezar Filho, Cassia Luisa, Cezar Pai, Nayara Lima, Aleluan Abner, Andrei Lima e é claro Lola por todos os momentos ótimo

que foi proporcionado em minha passagem em Garanhuns, obrigado por fazerem parte da minha vida.

Aos meus estagiários: Liandra Paloma, Layne Viana, Isabelle Oliveira, Ana Clara e Tulio Vandeilton, pela enorme força que me deram durante o experimento de campo e laboratório, além de terem dado todo o charme à Fazenda Experimental (só quem viveu sabe... risos).

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UFRPE, Seu Vanilson Pedro, Paulo Sérgio, Seu Eraldo Alves, Seu Renato Xavier e Seu Jucelio Barbosa, por todo apoio e amizade estabelecida dentro e fora da Fazenda.

A Dra. Carla, Dr. Nivaldo Costs e a Doutoranda Ângela da Clínica de Bovinos da UFRPE, que ajudaram a realizar algumas análises do projeto com muito carinho e paciência.

Ao Dr. e técnico Edijanio Galdino e ao MSc. Pedro Garcia, do Laboratório de Histologia Animal da UFPB, por me orientar na execução das análises histológicas do projeto, além de sempre animar o ambiente do lab. com suas histórias e me atualizar com os as novas metodologias histológicas.

Aos funcionários do CENLAG, Seu Jair e Renata, e ao secretário Tarcísio Benevides, pelas conversas, cafezinhos e apoio durante minha passagem pela UAG.

À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal da Paraíba pela disponibilização da Fazenda e Laboratórios para condução do meu projeto de dissertação.

Em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens pelas oportunidades geradas dentro do meu curso de mestrado e a Secretária Caroline Accioly por facilitar a vida de todo docente do programa.

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

Meus mais sinceros agradecimentos...

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I.....	17
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 OVINOCULTURA MODERNA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	19
2.2 USO DE DIETAS DE ALTO CONCENTRADO A BASE DE MILHO EM CONFINAMENTOS	20
2.3 PALMA FORRAGEIRA COMO INGREDIENTE ESTRATÉGICO	22
2.4 SERIA POSSÍVEL SUBSTITUIR ALIMENTOS ENERGÉTICOS POR PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE CORDEIROS?	24
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	29
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
CAPÍTULO II.....	40
RESUMO:	41
ABSTRACT:	42
1. INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2. RESULTADOS	51
3. DISCUSSÃO	58
4. CONCLUSÃO.....	63
5. REFERENCIAL TEÓRICO.....	64
CAPÍTULO III	70
RESUMO:	71
ABSTRACT:	72
1. INTRODUÇÃO.....	73
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	74
3. RESULTADOS	80
4. DISCUSSÃO	85
5. CONCLUSÃO.....	89
6. REFERENCIAL TEÓRICO.....	90
CAPÍTULO IV	93
RESUMO:	94

ABSTRACT:	95
1. INTRODUÇÃO.....	96
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	97
4. DISCUSSÕES	107
5. CONCLUSÃO.....	110
6. REFERENCIAL TEÓRICO.....	111

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela	Pág.
1. Composição química/bromatológica de diferentes variedades de palma forrageira estudadas por pesquisadores nos últimos 20 anos.....	23

Capítulo II

Tabela	Pág.
1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg ^{MS}).....	45
2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas.....	45
3. Valores Bioclimáticos, médios, referentes à temperatura ambiental (Tamb), mínima (Tmín), máxima (Tmáx), globo negro (TGN), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e úmido (ITGU) do galpão durante o período de confinamento e índice de conforto térmico (ICT) dos cordeiros.....	49
4. Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	51
5. Desempenho de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	52
6. Mastigação merícica, eficiências de alimentação e de ruminação de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	54
7. Parâmetros fisiológicos de comportamento fisiológico por dia de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	55
8. Custo de produção de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	57

Capítulo III

Tabela	Pág.
1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg ^{MS}).....	75
2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas.....	75
3. Relação da ingestão e eficiência, em L/dia, do uso de água em cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)	80
4. Balanço de nitrogênio aparente de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	82
5. Excreção e perfil bioquímico urinária de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	82

6. Status metabólico energético, enzimas hepáticas e minerais séricos em cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	82
7. Estimativa da frequência de comportamento fisiológico por dia de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	84
Capítulo IV	
Tabela	Pág.
1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg ^{MS}).....	98
2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas.....	98
3. Cinética ruminal através da produção de gás <i>in vitro</i> de dietas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	103
4. Prova organoléptica do fluido ruminal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	105
5. Parâmetros histomorfológicos (μm) e área de absorção (cm^2) do rúmen de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	106

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura	Pág.
1. Esquematização do uso de palma forrageira sp. sobre o desempenho e metabolismo de cordeiros.....	28

Capítulo II

Figura	Pág.
1. Comportamento ingestivo de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)	53
2. Comportamento bioclimático médio referentes à temperatura ambiental (Tamb), temperatura de globo negro (TGN), umidade relativa do ar (UR) do galpão e índice de conforto térmico (ICT) dos animais durante o período de confinamento.....	56

Capítulo III

Figura	Pág.
1. Aspetto físico das fezes de cordeiros em confinamento.....	77
2. Frequência, de acordo com a ocorrência de médias, do escore fecal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira orelha de elefante mexicana. Letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.....	81
3. Potencial hidrogeniônico (pH) das fezes de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de Palma Forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana. Letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.....	81

Capítulo IV

Figura	Pág.
1. Foto micrografia do epitélio ruminal de cordeiros alimentados com de dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM). A = 0 g/Kg; B = 250 g/Kg; C = 500 g/Kg e D = 750 g/Kg de palma forrageira OEM na MS.....	101
2. Volume de gás acumulativo durante a incubação <i>in vivo</i> , de dietas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	104
3. A = degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca das dietas experimentais; B = degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica das dietas experimentais; Letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.....	104
4. Contagem estimada da concentração ($\times 10^4$ /mL) de protozoários ciliados do fluido ruminal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).....	105
5. Fotomicrografia do epitélio ruminal de cordeiros indicando a porção queratinizada e edemas teciduais. A = tratamento com alto grão; B = tratamento com alta palma forrageira.....	106

PALMA FORRAGEIRA COMO ESTRATÉGIA NA DIETA DE ALTO CONCENTRADO

RESUMO GERAL

O objetivo desse estudo foi avaliar uma possível substituição, parcial ou total, do milho presente em dietas de alto concentrado por palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia strista* Haw Haw) na dieta de cordeiros confinados em relação ao seu desempenho e metabolismo. Foram realizados dois estudos, os quais foram utilizados 32 cordeiros Santa Inês com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg distribuídos em um delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos consistiram na substituição do milho por palma forrageira nos níveis de 0, 250, 500 e 750 g/Kg. Para o primeiro estudo foi avaliado a ingestão e digestibilidade da matéria seca e nutrientes, desempenho, parâmetros econômicos, comportamentais, fisiológicos, metabolismo hídrico e de nitrogênio e status metabólicos séricos de cordeiros, em que: tanto a ingestão quanto a digestibilidade da matéria seca apresentaram valores ($P=0,001$) inversamente proporcionais quando o aumento da inclusão de palma forrageira. Referente ao desempenho, o ganho de peso diário para os animais consumindo dieta de alto concentrado foi maior ($P=0,001$) e com a substituição total do milho pela palma forrageira, este indicativo ficou abaixo do esperado. Quanto ao comportamento ingestivo houve diferença para o tempo gasto com a ruminação ($P=0,001$) e ociosidade ($P=0,001$). Assim, a ingestão de água total apresentou diferença ($P=0,001$) para a dieta contendo 750 g/Kg de palma forrageira, diminuindo a ingestão de água via bebida e aumentando a ingestão de água via alimento. O balanço de nitrogênio, não diferiu ($P=0,175$) com o aumento de palma forrageira e substituição por milho nas dietas, demonstrando eficiência no uso de nitrogênio pelo metabolismo dos animais. Tal substituição de fontes energéticas na dieta dos cordeiros promoveu aumento na concentração de ureia ($P=0,024$), ácido úrico ($P=0,002$) e cálcio séricos ($P=0,002$) e diminuição do fósforo ($P=0,001$). Tanto o pH urinário ($P=0,016$) quando o pH fecal ($P=0,001$) apresentaram faixa alcalina com a maior inclusão de palma forrageira. Para o segundo estudo, foram utilizados 20 animais, os quais foram abatidos para posteriores coletas de fluido e tecido do epitélio ruminal, sendo analisados prova organoléptica do fluido ruminal, contagem de protozoários ciliados e mensurações histológicas, junto com o ensaio de fermentação e cinética ruminal das dietas experimentais. Referente a cinética de produção de gás das dietas, houve variação do volume de gás observado ($P=0,001$), volume ($P=0,019$) e taxa ($P=0,001$) de produção de gás da fração A+BI, junto com a latência ($P=0,012$) e taxa de produção de gás da fração B2 ($P=0,01$). A contagem total de protozoários ciliados do rúmen não apresentou unidades $\times 10^4$ variáveis, apresentando média de 32×10^4 /mL. As mensurações histológicas apresentaram variações para largura de papila ($P=0,001$), espessura muscular ($P=0,001$), espessura do epitélio ($P=0,003$), camada queratinizada ($P=0,002$) e não queratinizada ($P=0,001$), entre as dietas estudadas, apresentando também edemas teciduais em todos os animais. Assim, a palma forrageira em dietas energéticas melhora a digestibilidade dos nutrientes, supre parte da água via alimento e não afeta o balanço de nitrogênio, porém pode limitar o desempenho corporal de cordeiros confinados e suas estruturas teciduais em nível ruminal.

Palavras chave: cactácea, cordeiro, dieta de alto grão, metabolismo

SPINELLES CACTUS AS A STRATEGY IN THE HIGH CONCENTRATE DIET

ABSTRACT

The objective of study was analyze a possible replacement, partial or total, of corn presented in high concentrate diets for spineless cactus Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia strista* Haw Haw) in the diets of lambs in feedlot in relation to their performance and metabolism. Two studies were carried out, used 32 male lambs, Santa Inês, with average body weight of $19,0 \pm 2,5$ Kg distributed in a randomized block design. The diets were inclusion, with replacement, of corn by spineless cactus at levels of 0, 250, 500 and 750 g/Kg. The first study evaluated intake and apparent digestibility of dry matter and nutrients, performance, economy, behavioral, physiological parameters, water and nitrogen metabolism and serum metabolic status of lambs, whereupon: both ingestion and dry matter digestibility showed values ($P=0.001$) inversely proportional when the increased inclusion of spineless cactus. To performance, the daily weight gain for the animals intake a high concentrate diet was higher ($P=0.001$) and with the total replacement of corn by spineless cactus, this indicator was below expectations. The ingestive behavior, there was a difference for the time spent with rumination ($P=0.001$) and idleness ($P=0.001$). Thus, the total water intake showed a difference ($P=0.001$) for the diet containing 750 g/Kg of spineless cactus, decreasing the intake of drinking water and increasing the intake of water via food. The nitrogen balance, there was no difference ($P=0.175$) with the increase of spineless cactus and substitution by corn in the diets, demonstrating efficiency in the use of nitrogen by the animal metabolism. The replacement of energy sources in the lambs diet increased the concentration of serum urea ($P=0.024$), uric acid ($P=0.002$) and serum calcium ($P=0.002$) and decreased phosphorus ($P=0.001$). Both the urinary pH ($P=0.001$) and the fecal pH ($P=0.001$) showed an alkaline band with the greatest inclusion of spineless cactus. For the second study, 20 animals were used, analyzing organoleptic of ruminal fluid, count of ciliated protozoa and histological measurements, together with the ruminal fermentation and kinetics test of experimental diets. Regarding the gas production kinetics of the diets, there was a variation in the observed gas volume ($P=0.001$), volume ($P=0.019$) and rate ($P=0.001$) of gas production of the A+B1 fraction, together with latency ($P=0.012$) and gas production rate of fraction B2 ($P=0.001$). The total count of ciliated protozoa in the rumen does not change in the variable $\times 10^4$ units, showing average of 32×10^4 /mL. Histological measurements showed variations for papilla width ($P=0,001$), muscular thickness ($P=0,001$), epithelial thickness ($P=0,003$), keratinized ($P=0,002$) and non-keratinized layer ($P=0,001$), among the studied diets, also presenting tissue edema in all animals. The spineless cactus in energy diets improves the digestibility of nutrients together with intake via food and it does not affect the nitrogen balance, but it can limit the body performance of confined lambs and their tissue structures around rumen.

Key word: cactaceae, high grain diet, lamb, metabolism

CAPÍTULO I

ESTRATÉGIA DE MANEJO ALIMENTAR COM DIETAS DE ALTO CONCENTRADO ASSOCIADO COM PALMA FORRAGEIRA PARA CORDEIROS CONFINADOS

REFERENCIAL TEÓRICO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A ovinocultura, a relação de maior produção em menor espaço e tempo está sendo priorizado, e o sistema de criação em confinamento é uma forma viável para promoção da categoria de ovinos de corte atendendo a demanda do mercado (Medeiros et al. 2009; Borges et al. 2011; Paulino et al. 2013) associado à alimentação (Venturini et al. 2016).

Uma estratégia na criação de ovinos confinados visando maior ganho de peso em pouco tempo é a utilização da dieta de alto concentrado (DAC) a qual basicamente melhoram o sistema de produção com ganho de peso corporal rápido com redução/antecipação do ciclo de produção sendo constituída por baixa inclusão de volumoso ou com 100% concentrado (Borge et al. 2011; Paulino et al. 2013; Mandarino et al. 2013; Rogério et al. 2018; Homem Junior et al. 2019).

Usualmente estas dietas utilizam como base energética o grão de milho, porém algumas regiões o preço na aquisição deste ingrediente varia e limita sua utilização. A palma forrageira é utilizada como alimento alternativo, pois apresenta boas qualidades adaptativas às condições climáticas do Semiárido (Galvão Júnior et al. 2014) e efetivos concentrações de água (Silva et al., 2007) e carboidratos não fibrosos (Almeida, 2012), possuindo características de alimento energético e pesquisas voltadas para a sua utilização em dietas são frequentemente utilizadas, obtendo bons resultados.

A palma forrageira possui elevadas concentrações de água e baixa quantidade de fibra, qualidades abundantes de carboidratos não fibrosos (CNF) e pode ser categorizada como um alimento energético (Silva et al. 2007), além de possuir boa palatabilidade aumentando sua ingestão pelo animal (Ferreira et al. 2009; Almeida, 2012).

Alimentos energéticos servem como fonte de energia para os ruminantes devido a disponibilidade deste nutriente para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais e de carboidratos solúveis, como açúcares simples, amido e pectina, possuem maiores concentrações de energia disponível (Van Soest, 1994), o que pode ser encontrado na palma forrageira. Diante dos aspectos supracitados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 OVINOCULTURA MODERNA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

As regiões Semiáridas do Brasil favorecem a criação de ovinos, categorizando-os como nativos da região devido sua fácil adaptação às condições ambientais e climáticas (Barros et al. 2005; Ferreira et al. 2016). O estudo regional sobre essa espécie são frequentes fazendo com o que melhore os sistemas de criações e favoreça a produção.

Além das relações de adaptação à região, o sistema de criação de ovinos no Nordeste, em suma, é realizado por produtores de base familiar que dependem exclusivamente dessa atividade (Guimarães Filho, 2017) agregando uma importância socioeconômica para a região (Barros et al. 2005; Ferreira et al. 2016).

A ovinocultura do Nordeste está voltada para produção de carne e o couro (Barros et al. 2005). Esses produtos agregam destaques no âmbito nacional e internacional, impulsionando o consumo de carne em países, que demograficamente estão em fase de desenvolvimento, devido ao processo de urbanização e necessidades alimentares dos consumidores (Costa et al. 2019).

Como fator favorável para o desenvolvimento da cadeia produtiva de carne ovina no Nordeste, além da maior concentração de animais, existe um acervo referente às boas tecnologias as quais podem elevar em curto ou médio prazo, a eficiência produtiva dos sistemas de criação (Guimarães Filho, 2017) destacando a maior produção de carne de qualidade em menores áreas territoriais (Moreno et al. 2010).

Assim, alternativas de criação em confinamento de cordeiros nas regiões Semiáridas, vem sendo empregadas e intituladas como “opções viáveis” devido às limitações no quesito da produção de forragem, porém quando se utiliza alimentos de fácil acesso na região esta estratégia torna-se atraente (Parente et al. 2009).

Sendo indicada para animais na fase de terminação, os quais apresentam maior eficiência de produção atrelada a velocidade de crescimento e melhor qualidade da carne (Pires et al. 2000) proporcionando um menor tempo de produção e melhor retorno financeiro.

Associado as tecnologias empregadas na criação de cordeiros, a carne tem peso maior quando é destinado ao consumidor (Guimarães Filho, 2017) e a instabilidade da relação de oferta e demanda do produto no mercado dificulta a produção como um todo (Parente et al. 2009).

No entanto, a procura e o consumo de carne ovina apresenta comportamento crescente e a criação de cordeiros confinados em conjunto com estratégias no manejo alimentar são elaboradas. As dietas que possuem altas relações de concentrado, ou altas densidades energéticas, são vistas como uma boa estratégia para o sistema de criação, tendo em vista que, parâmetros relacionados ao rúmen, comportamento e de ganho de peso, são melhores quando comparado a grandes ruminantes, o que favorece as condições adaptativas da espécie.

2.2 USO DE DIETAS DE ALTO CONCENTRADO A BASE DE MILHO EM CONFINAMENTOS

Com a elevada procura da carne ovina, o que aumenta o setor econômico, alternativas na criação da espécie devem ser utilizadas para expandir a atividade (Borges et al. 2011; Venturini, et al. 2016) e como medida estratégica, o confinamento é uma forma viável de produção em grande escala em pequenas áreas, em um menor tempo (Medeiros et al. 2009; Borges et al. 2011; Paulino et al. 2013) atrelado a alimentação fornecida aos animais (Venturini et al. 2016).

Dietas de alto concentrado (DAC), ou também classificadas como dietas com baixa inclusão de volumoso, são consideradas uma inovação nos confinamentos brasileiros, na fase de engorda para espécie bovina, predominantemente zebuína, a qual foi introduzida a partir de 2005, e é baseada pela utilização de cereais, sendo o milho, na sua forma de grão ou processado, o ingrediente mais utilizado (Paulino et al. 2013; Venturini, 2013; Rogério et al. 2018).

Este conceito da DAC surgiu nos Estados Unidos por volta da década de 70, o qual era utilizado para melhoria do perfil de acabamento da carcaça de bovinos no mercado americano, e atualmente é utilizado como dieta altamente energética ocasionando a redução do consumo de alimento, sendo comumente associado dois tipos de ingredientes (Paulino et al. 2013).

Com o uso da DAC, vantagens são explanadas e indicam a melhoria no sistema de produção, tais como: maior consumo da matéria seca, maior digestibilidade dos nutrientes devido a menor quantidade de fibra insolúvel em detergente neutro, redução na produção de volumoso/forrageira, aumento das áreas de confinamento, precocidade para o abate dos animais e melhor acabamento e uniformidade da carcaça (Paulino et al. 2013; Rogério et al. 2018).

Esse tipo de dieta pode ser classificada por meio da relação de concentrado incluída na dieta e a forma física do grão de cereal, existindo três tipos (Rogério et al. 2018):

- 1) DAC tipo 1- dietas de alto concentrado com proporção volumoso:concentrado baixa de 20:80;
- 2) DAC tipo 2- dietas ditas “100% de concentrado”, porém existe a inclusão entre 0-20% de volumoso;
- 3) DAC tipo 3- dietas de alto grão, com a forma padrão de pellet + grão inteiro.

Assim, o grão pode ser oferecido ao animal na forma inteira, quebrada, floculada ou farelada e em sua grande maioria o cereal utilizado é o milho (Rogério et al. 2018). Porém, outros grãos podem ser utilizados em substituição ao milho, como o sorgo em grão (Venturine et al. 2016), aveia em grão (Borges et al. 2011) e até mesmo o arroz com casca (Carvalho et al. 2015).

Em relação ao processamento físico do grão ofertado, o mais convencional é sua forma quebrada, úmida (Oliveira et al. 2015) ou floculada (Owens e Basalan, 2013), os quais não interferem no ganho de peso, consumo de matéria seca e eficiência alimentar, quando comparado com o grão inteiro (Oliveira et al. 2015), sendo este o mais utilizado, devido a menor mão-de-obra. Alguns pontos devem ser citados sobre o uso exclusivo deste tipo de dieta, no que diz respeito riscos à saúde do animal e ao custo do sistema de produção.

Dentre os riscos, as doenças metabólicas mais frequentes ocasionada com o mau manejo na utilização da DAC são a acidose ruminal e timpanismo (Oliveira et al. 2015; Dias et al. 2016; Rogério et al, 2018) devido à pouca quantidades de fibra efetiva na alimentação (Carvalho et al. 2015) proporcionando baixo consumo da dieta e alterações nos produtos da fermentação (Resende Júnior et al. 2006; Homem Júnior et al. 2010).

Tais distúrbios são ocasionados devido à fermentação dos carboidratos não estruturais presente na dieta, frequentemente o amido e açúcares simples, pelos microrganismos e também a diminuição do pH ruminal, levando a uma desorganização da população microbiana, no sincronismo fermentativo e na velocidade da fermentação (Portela Santos, 2006).

O custo com a compra do grão pode ser um ponto criterioso na decisão do uso dessa estratégia alimentar em confinamentos, uma vez que, o milho é utilizado devido sua alta digestibilidade o que melhora a utilização dos nutrientes disponíveis da dieta (Rogério et al. 2018) e o custo da commodities pelas regiões graníferas do país, como o Centro-Oeste, favorece a utilização da técnica alimentar.

No entanto, estratégias de alimentos que substituem o milho independentemente do processamento físico, de forma energética, estão sendo estudadas para barateamento da DAC. Tais ingredientes podem ser utilizados em substituição ao grão de milho devido sua disponibilidade regional, como a casca de soja, poupa cítrica, subprodutos de frutas (Rogério et al. 2018), aveia branca, aveia preta, arroz (Carvalho et al. 2015) e até mesmo a palma forrageira para à região Semiárida do Nordeste do Brasil.

2.3 PALMA FORRAGEIRA COMO INGREDIENTE ESTRATÉGICO

A região nordestina do Brasil, em específico o Semiárido, está acometido a irregularidades de chuva o que proporciona uma maior frequência de secas (Santos et al. 2016). No entanto, a palma forrageira se adapta a estas condições no Semiárido, servindo como fonte de alimento para ruminantes (Almeida et al. 2012; Galvão Júnior et al. 2014).

Por ser uma cactácea, de metabolismo ácido das crassuláceas – CAM – (Perazzo et al. 2016; Diniz et al. 2017), a palma forrageira possui uma boa capacidade de adaptação as condições de sequeiro em que ocorre o armazenamento de água e nutrientes, diferenciando das espécies forrageiras comumente utilizadas (Mohamed-Yasseen et al. 1996).

Tendo em vista que, a palma forrageira apresenta boas qualidades adaptativas às condições climáticas do Semiárido (Galvão Júnior et al. 2014), pesquisas voltadas para a sua utilização em dietas são frequentemente utilizadas, obtendo bons resultados. Tais resultados podem ser empregados para embasar a produção de bovinos, ovinos e caprinos no Semiárido brasileiro, em que a utilização da palma forrageira é comum (Almeida et al. 2018).

De modo geral, a palma forrageira possui elevadas concentrações de água e baixa quantidade de fibra, porém Silva et al. (2007) apresentam que esta cactácea possui qualidades abundantes de carboidratos e pode ser categorizada como um alimento energético.

Almeida (2012) e Ferreira et al. (2009) descrevem que a palma forrageira é um alimento energético por ser “rico” em carboidrato, em especial os carboidratos não fibrosos (CNF) complementam que este alimento possui boa aceitabilidade o que aumenta o consumo por parte do animal.

Van Soest (1994) afirma que, os alimentos energéticos servem como fonte de energia para os ruminantes devido a disponibilidade deste nutriente para o desenvolvimento dos

microrganismos ruminais, e que os CNF como açúcares simples e amido possuem maiores concentrações de energia disponível.

Várias pesquisas foram e estão sendo realizadas quanto à composição nutricional da palma forrageira para dietas de ruminantes nas regiões Áridas e Semiáridas do mundo, como pode ser compreendida na tabela 1, e pode ocorrer variações entre algumas espécies comumente utilizadas na alimentação animal.

No entanto, Lopes et al. (2019) em uma revisão de literatura, tomaram como valores de referência para matéria seca (MS) de 110 g/Kg, proteína bruta (PB) de 48 g/Kg, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de 256 g/Kg e CNF de 536 g/Kg, comprovando dados primordiais publicados por Santana et al. (1972) Cunha (1996) e Santos et al. (1990), apresentando média de 120 g/Kg MS, 50 g/Kg de PB e 270 g/Kg de FDN.

Tabela 1. Composição química/bromatológica de diferentes variedades de palma forrageira estudadas por pesquisadores nos últimos 20 anos

Pesquisadores	MS g/Kg	PB g/Kg	FDN g/Kg	CHT g/Kg	CNF g/Kg
<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill cv. Gigante					
Melo et al. (2003)	107	50	253	768	532
Sosa et al. (2005)	81	59	243	820	578
Melo et al. (2006)	80	50	276	834	-
Silva et al. (2007)	133	30	316	861	554
Costa et al. (2009)	78	48	290	778	504
Batista et al. (2009)	153	44	248	-	398
Pessoa et al. (2013)	93	38	290	-	527
Monteiro et al. (2014)	120	43	326	-	552
Pessoa et al. (2020)	97	49	338	835	-
<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck cv. Miúda					
Andrade et al. (2002)	126	44	261	876	617
Neto et al. (2016)	129	163	269	-	529
Lins et al. (2016)	99	51	232	-	555
Ramos et al. (2017)	161	51	237	813	576
Oliveira et al. (2018)	109	44	243	-	534
Monteiro et al. (2019)	150	35	257	-	574
Saraiva et al. (2020)	191	32	235	-	634
Lopes et al. (2020)	123	40	252	816	564
<i>Opuntia stricta</i> Haw cv. Orelha de Elefante Mexicana					
Silva et al (2018)	94	60	262	-	547
Monteiro et al. (2019)	123	55	259	-	550
Lopes et al. (2020)	97	55	198	778	580
Rezende et al. (2020)	107	36	275	817	514
Pessoa et al. (2020)	107	55	289	814	-
Silva et al. (2021)	117	59	243	-	556

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; CHT = carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso.

Elaborado pelo autor.

Assim, nos constituintes nutricionais da palma forrageira, atrelada à elevada concentração de CNF, a pectina é encontrada com cerca de 160 g/Kg em relação a MS, devido a mucilagem (Gebremariam et al. 2006) a qual disponibiliza energia via fermentação.

Vale lembrar que, este alimento possui baixos teores de fibra e lignina o que melhora a cinética de fermentação ruminal e a digestibilidade do alimento, por parte da MS (Batista et al. 2009). Diferente do milho, que apresenta níveis de amido 693 g/Kg em relação a MS (Zeoula et al. 2006), sendo o maior representante dos CNF podendo prejudicar o padrão fermentativo.

Uma vez que, a palma forrageira possui valor energético satisfatório, com teores de NDT próximo a 640 g/Kg (Melo et al. 2003), quando correlacionados aos do milho, 830 g/Kg de NDT (Bernardes et al. 2015), em relação a MS, é necessário mais estudos sobre a substituição de alimentos energéticos convencionais (Costa et al. 2012; Felix et al. 2016; Conceição et al. 2018) por este ingrediente na dieta de ruminantes são efetivados e está substituição ou associação pode melhorar a performance do animal, como o ganho de peso médio, através da digestibilidade de nutrientes como a FDN e estabilizando a ingestão de nutrientes.

2.4 SERIA POSSÍVEL SUBSTITUIR ALIMENTOS ENERGÉTICOS POR PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE CORDEIROS?

Relativamente, à necessidade de energia do metabolismo de ruminantes vem do pressuposto da oxidação fisiológica, em que carboidratos, proteínas e lipídeos são utilizados como combustíveis para a disponibilidade desta energia, sendo usada em processos vitais dos seres vivos como para realização de trabalho, enquadrando-se a atividade muscular, ou geração de calor, como resposta metabólica para manutenção da temperatura corporal, denotando no estudo da bioenergia (Resende et al. 2011).

No entanto, devido à maior necessidade energética por parte do metabolismo de ruminantes, a qual é suprida por meio da fermentação dos substratos no rúmen produzindo os ácidos graxos voláteis que correspondem a 50% da necessidade total da energia digestível (Resende et al. 2011).

A utilização do alimento que disponibilizará maior parte da energia deve ser criteriosamente analisada, pois o custo com a produção é afetada devido à disponibilidade do produto na região, além de existir uma “competição” com a utilização destes

ingredientes energéticos para nutrição de animais monogástricos e humanos (Ferreira et al. 2012).

Sendo assim, como já foi citado, a palma forrageira independente da espécie utilizada na dieta de ruminantes, apresentam características de alimento energético, mesmo sendo classificada como alimento forrageiro devido a concentração de média de 250 g/Kg de FDN, o qual é o valor mínimo para a classificação de um alimento volumoso (Mertens, 2001).

Tendo em vista que o milho é o alimento comumente utilizado como fonte de energia na dieta de ovinos, Bernardes et al. (2015) analisaram a substituição do grão de milho por aveia branca (AB), arroz (AZ) e aveia preta (AP) na dieta de ovinos confinados, e concluíram que pode ser utilizado como substituto do milho em dietas de alto concentrado na forma grão inteiro.

Os autores remetem um comparativo com o ganho de peso diário dos animais alimentados com o grão de milho, o qual foi de 306 g/dia, apresentando melhor desempenho, e economicamente o custo com dietas contendo AV, AZ e AP foi maior, podendo ocasionar uma limitação ao produtor.

Homem Junior et al. (2019) substituíram parcialmente o milho por casca de soja na dieta de ovinos sobre parâmetros comportamentais e ruminais, observaram que o tempo de ruminação foi reduzido com a substituição, porém a ingestão e degradação da MS foi maior. Por outro lado, o pH ruminal apresentou valores baixos ($\pm 5,7$) indicando uma possível acidose ruminal, maiores concentrações de ácido acético e baixa produção de metano, sendo indicado a substituição de 20% do milho em grão por da casca de soja na dieta.

Com isso, é escassa na literatura trabalhos que utilizem palma forrageira *in natura* como alimento substituto ao milho nas dietas de cordeiros, no entanto, dados pioneiros de Veras et al. (2005) em que substituíram totalmente o milho por farelo de palma forrageiro para ovinos em crescimento, houve valores que não afetaram a ingestão e digestibilidade de nutrientes, porém a ingestão da FDN teve aumento em relação a substituição.

Os pesquisadores ressaltam uma diminuição no ganho de peso diário (g/dia) e aumento na conversão alimentar com esta substituição, devido a diminuição na ingestão dos nutrientes digestíveis totais (NDT) que acarretou na menor ingestão de energia pelo metabolismo com baixo desempenho, concluindo esse efeito limitante no uso do farelo de palma como substituto total do milho.

Araújo et al. (2004) manipularam a dieta de outra espécie de ruminantes, usando vacas lactantes, associando a fração energética contendo milho em substituição a palma forrageira Gigante e Miúda. Foi observado que, a ingestão de NDT não apresentou diferenças entre os gêneros de cactáceas ou em relação com a presença ou ausência do milho, possibilitando o uso da palma como ingrediente energético, o qual atendeu as exigências do componente energético segundo o prescrito pelo National Research Council de 1989, além de não apresentar diferenças quanto à produção diária de leite.

Em outro trabalho, Bispo et al. (2010) utilizaram níveis crescente de inclusão da palma forrageira para avaliação do comportamento ingestivo de ovinos confinados, apresentando maior CMS, deduzindo que ocorreu uma maior digestibilidade devido a maior concentração de CNF com a inclusão da palma *in natura*, não proporcionando a regulação na ingestão de alimento uma vez que dietas que possuem níveis elevados de carboidratos fibrosos limitam o consumo.

Foi feito um estudo complementar, utilizando os mesmos animais observando a digestibilidade dos nutrientes, a qual não foi afetada, e os parâmetros ruminais, em que o pH apresentou decréscimo variando de 6,46 a 6,24, com a inclusão da palma *in natura*, tendo melhorado o aproveitamento dos nutrientes com a inclusão de 56% de palma forrageira (Bispo et al. 2007).

Além disso o uso de palma forrageira no metabolismo ruminal proporciona melhorias no padrão fermentativo, devido a presença da pectina a qual estabelece a faixa de pH (Van Soest, 1994; Ben Salen et al. 1996) podendo variar de 6,5 a 6,9 (Conceição et al. 2018) e incluindo cerca de 600 g/Kg de palma forrageira na dieta total de ovinos, o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) produzido pela fermentação pode apresentar valores médios de 11,4 a 12,5 mg/100mL (Wanderley et al. 2012; Pessoa et al. 2013) e de ácidos graxos de cadeia curta variando de 65-68 Mm/L para acetato, 22-24 Mm/L para propionato e 9-10 Mm/L para butirato, utilizando 400 g/Kg de palma forrageira (Rocha Filho, 2012).

Outro estudo, relacionando a utilização de \pm 500 g/Kg de palma forrageira em substituição ao trigo, o qual é um alimento energético mesmo apresentando teor de FDN de 434 g/Kg na MS, observaram um padrão fermentativo estável no metabolismo ruminal com pH = 6,9; N-NH₃ = 31 mg/Dl; acetato 34 mmol/L; propionato = 13 mmol/L e butirato = 6 mmol/L (Lins et al. 2016).

Como observados nos estudos citados, a fermentação da palma gera uma estabilidade no padrão fermentativo. O maior volume na produção do acetato, pode ser correlacionado

a fermentação da pectina, o qual é um carboidrato estrutural e possui uma disponibilidade energética por unidade de tempo equivalente a açúcares simples e o amido, mas esse tipo de AGCC é comumente associado a fermentação da celulose e hemicelulose, mantendo o status fermentativo ruminal padrão (Fotius et al. 2014).

Quanto ao metabolismo hepático, ovinos quando foram alimentados com 450 g/Kg de palma forrageira tendem a reduzir os teores séricos (mg/Dl) de ureia e aumentar os teores séricos de glicose, fósforo e magnésio (Cardoso et al. 2019). Quando existe a inclusão de 500 g/Kg de palma pode ocorrer uma estabilidade nos metabólicos séricos proteicos (ureia, albumina e creatina), energéticos (glicose, colesterol e triglicérides) e de minerais (cálcio, fosforo e magnésio) (Silva, 2018). No entanto, com a diminuição da inclusão de palma forrageira para cerca de 300-350 g/Kg a ureia, glicose e sódio sérico (mmol/L e mEq/L) tende a aumentar (Soares et al. 2020).

Como forma de adaptação a este alimento, a estrutura tecidual do rúmen se modifica. Um relato pioneiro mostrou essa adaptação da histologia ruminal relacionada ao tamanho das papilas, quando foi utilizado 600 g/Kg de palma forrageira na dieta de cordeiros, as quais aumentaram para que ocorra maior capacidade de absorção dos nutrientes (Neiva et al. 2006).

O mesmo foi encontrado em pesquisas realizadas com a inclusão de 380 g/Kg de palma Miúda, além de modificações na musculatura ruminal e tamanho vilosidade e altura de cripta na região intestinal (Silva et al. 2019a). Quando ocorre o aumento para 530 g/Kg de palma Miúda, IPA-Sertânia ou Orelha de Elefante Mexicana, além do aumento dos tamanhos de papilas ruminais é notório que ocorra a queratinização tecidual (Silva et al. 2019b), servindo como barreira protetora do epitélio ruminal.

Modificações em nível intestinal também foram observadas em cordeiros alimentados com diferentes espécies de palma forrageira. Silva et al. (2021) observam que existem alterações no tecido intestinal, na região ceco-cólon, a qual foi notório a presença de lesões inflamatórias decorrente dos compostos presentes na palma forrageira, em especial a espécie Orelha-de-Elefante Mexicana, porém não comprometem o desempenho animal.

Com isso, o esquema (Figura 1) mostra como se dá o comportamento do desempenho e metabolismo de cordeiros alimentados com palma forrageira, independente da concentração na dieta ou espécie utilizada.

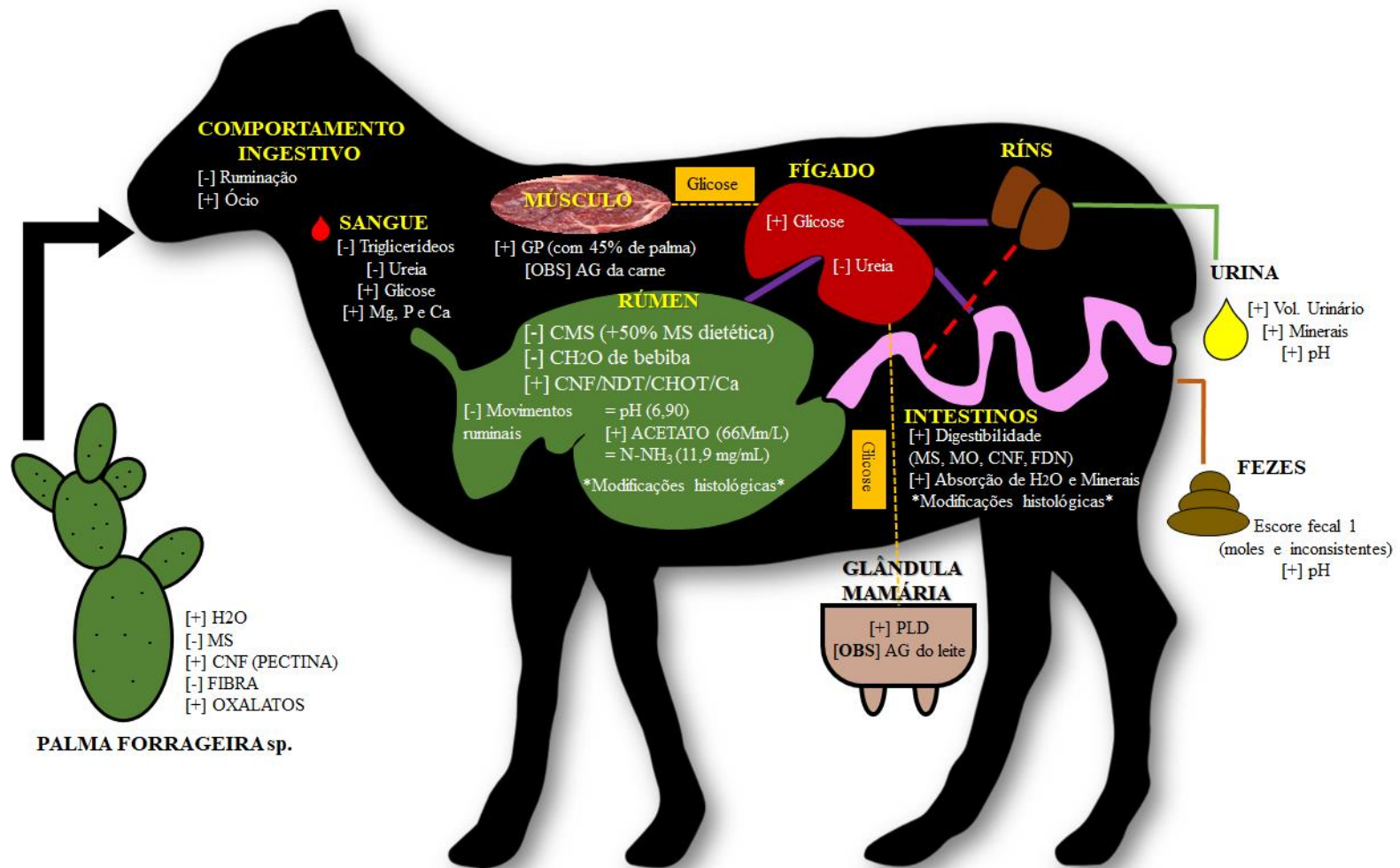


Figura 1. Esquematização do uso de palma forrageira sp. na dieta de ovinos com relação sistêmica do seu metabolismo (elaborado pelo autor)

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Assim, pesquisas com a utilização de palma forrageira em substituição total ou parcial à ingredientes energéticos convencionais, dando destaque ao milho, devem ser mais efetivas para a otimização da fonte de energia como estratégia de uso na alimentação de pequenos ruminantes em estado de confinamento para regiões Áridas e Semiáridas, para que ocorra melhorias no sistema de produção e viabilidade econômica aos produtores.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

- ALMEIDA, H. A.; PINTO, I. O. P.; SANTOS NETO, J. A. Diagnóstico e alternativa da reutilização da palma forrageira no Semiárido paraibano. **Brazilian Applied Science Review**, v.2, n.4, p.1346-1359, 2018.
- ALMEIDA, R. F. Cactus in the feed of sheep and goats in brasileiro Semi-arid. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.08-14, 2012.
- ANDRADE, D. K. B.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; WANDERLEY, W. L.; SILVA, L. E.; CARVALHO, F. F. R.; ALVES, K. S.; MELO, W. S. Digestibilidade e absorção aparente em vacas da raça Holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silage de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2088-2097, 2002.
- ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A.; SANTOS, D. C.; LIMA, R. M. B.; VERAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1850-1857, 2014.
- BARROS, N. N.; VASCONCELOS, V. R.; WANDER, A. E.; ARAÚJO, M. R. A. Bioeconomic efficiency of F1 Dorper x Santa Inês lamb for meat production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.825-831, 2005.
- BATISTA, Â. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JUNIOR, J.; MUSTAFA, A. F. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, n.3, p.297-301, 2009.
- BEN SALEN, H. NEFZAOU, A.; ABDOULI, H.; ØRSKOV, E. R. Effects of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. **Animal Science**, v. 62, n. 2, p. 293-299, 1996.
- BERNARDES, G. M. C.; CARVALHO, S.; PIRES, C. C.; MOTTA, J. H.; TEIXEIRA, W. S.; BORGES, L. I.; FLEIG, M.; PILECCO, V. M.; FARINHA, E. T.; VENTURINI, R. S. Consumption, performance and economic analysis of the feeding of lambs finished in feedlot as the use of high-grain diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.6, p.1684-1692, 2015.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Spineless cactus in replacement of elephantgrass hay. Effect

- on intake apparent digestibility and ruminal fermentation characteristics in sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; MADESTO, E. C.; GUIMARÃES, A. V.; PESSOA, R. A. S. Ingestive Behavior of lactating cows and sheep fed diets with spineless cactus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2024-2031, 2010.
- BORGES, C. A. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S.; ZARPELON, T. G.; CONSTANTINO, C.; FAVERO, R. Replacement of whole cron grain by oat grain on performance of 31elo31so lambs receiving high grain diets. **Semina: Ciência Agrária**, v.32, n.1, p.2011-2020, 2011.
- CARDOSO, D. B.; CARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, G. R.; GUIM, A.; CABRAL, A. M. D.; VERAS, R. M. L.; SANTOS, K. C.; DANTAS, L. C. N.; NASCIMENTO, A. G. O. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, n. 247, p. 23-31, 2019.
- CARVALHO, S. BERNARDES, G. M. C.; PIRES, C. C.; BIANCHI, G.; PILECCO, V. M.; VENTURINI, R. S.; MOTTA, J. H.; TEIXEIRA, C. T. Effect of high-grain diets on feeding behavior of feedlot lambs. **Zootecnia Tropical**, v.33, n.2, p.145-152, 2015.
- CONCEIÇÃO, M. G.; FERREIRA, M. A.; SILVA, J. L.; COSTA, C. T. F.; CHAGAS, J. C. C.; MONTEIRO, C. C. F. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.10, p.1627-1634, 2018.
- COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MELO, A. A. S. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, p.62-65, 2009.
- COSTA, R. G.; RIBEIRO, N. L.; CAVALCANTE, I. T. R.; ROBERTO, F. F. S.; LIMA, P. R. Beef of goats and sheep of the Northeast: Differentiation and aggregation of value. **Revista Científica de Produção Animal**, v.21, n.1, p.25-33, 2019.
- COSTA, R. G.; TREVIÑO, I. H.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, T. F.; OLIVEIRA, R. L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.102, p.13-17, 2012.

- CUNHA, M. G. G. Efeito da adição de fibra em dietas a base de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mil) sobre parâmetros fermentativos e da digestibilidade em ovinos. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 88, 1996.
- DIAS, A. M.; OLIVEIRA, L. B.; ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; GOMES, E. N. O.; COCA, F. O. C. G.; ÍTAVO, C. C. B. F.; NOGUEIRA, E.; MENEZES, B. B.; MATEUS, R. G. Finishing of nellore steers, castrated and no-castrated, in feedlot diets with high-grain. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.45-54, 2016.
- DINIZ, W. J. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, D. C.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at diferente irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.724-733, 2017.
- FELIX, S. C. R.; PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; SOARES L. F. P.; SILVA, J. L.; ABREU, K. S. F.; MELO, A. C. C. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, p. 465-468, 2016.
- FERREIRA, M. A.; BISPO, S. V.; FILHO, R. R. R.; URBANO, S. A.; COSTA, C. T. F. The use of cactus as forage for dairy cows in Semi-arid regions of Brazil. In: **Organic Farming and Food Production**. Londres: Ed. InTechOpen, cap. 8, p. 171-189, 2012.
- FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 322-329, 2009.
- FERREIRA, R. C.; CÉZAR, M. F.; SOUSA, W. H.; CUNHA, M. G. G.; PEREIRA FILHO, J. M.; CORDÃO, M. A. Rendimento de carcaça e constituintes não carcaça de caprinos e ovinos de diferentes genótipos. **Revista Científica Produção Animal**, v.18, n.2, p.101-109, 2016.
- FOTIUS, A. C. A.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L.; BISPO, S. V. Estratégias de nutrientes para ovinos em destinadas sequências de fornecimento alimentar em dietas a base de palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 504-516, 2014.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A.; MOREIS, J. H. G.; LIMA, R. N. Cactus in ruminant feeding: culture and use. **Acta Veterinária Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.

- GUIMARÃES FILHO, C. Consolidação da cadeia produtiva da carne caprina e ovina – tecnologias na produção e organização. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 2, p.82-93, 2017.
- HOMEM JÚNIOR, A. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; FÁVARO, V. R.; OLIVEIRA, P. S. N.; D'ÁUREA, A. P.; SANTOS, V. C.; GONÇALVES, J. S. Ruminal fermentation of sheep fed high-concentrated diets containing sunflower grains or protector fat. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.144-153, 2010.
- HOMEM JÚNIOR, A. C.; NOCERA, B. F.; FALEIROS, L. F.; ALMEIDA, M. T. C.; PASCHOALATO, J. R.; PEREZ, H. L.; D'ÁUREA, A. P.; EZEQUIEL, J. M. B. Partial replacement of corn by soybean hulls in high-grain diets for feedlot sheep. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00029, p.1-7, 2019.
- LINS, S. E. B.; PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; SILVA, J. A. B. A.; SILVA, J. L.; SANTOS, S. A.; MELO, T. T. B. Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-bases diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2016.
- LOPES, L. A.; CARDOSO, D. B.; CAMARGO, K. S.; SILVA, T. G. P.; SOUZA, J. S. R.; SILVA, J. R. C.; MORAIS, J. S. M.; ARAÚJO, T. P. M. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **PUBVET: Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.13, n.2, p.1-10, 2019.
- LOPES, L. A.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V.; MACIEL, M. V.; ANDRADE, R. B.; MUNHAME, J. A.; SILVA, T. G. P.; CARDOSO, D. B.; VERAS, A. S. C.; CARCALHO, F. F. R. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv Orelha de Elefante Mexicana. **Asian-Australas Journal Animal Science**, v. 33, n. 8, p. 1284-1291, 2020.
- MANDARINO, R. A.; BARBOSA, F. A.; CABRAL FILHO, S. L. S.; LOBO, C. F.; SILVA, I. S.; OLIVEIRA, R. V.; DIOGO, J. M. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Economic performance of zebu cattle under feedlot fed with three high concentrate diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p.1463-1471, 2013.
- MEDEIROS, G. R.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; DUTRA JUNIOR, W. M. SANTOS, G. R. A.; ANDRADE, D. K. B. Efeito dos níveis de concentrado

- sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.718-727, 2009.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; VILELA, M. S.; MELO, E. O. S.; ARAUJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 737-736, 2003.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; PESSOA, R. A. S.; BISPO, S. V.; CABRAL, A. M. D.; AZEVEDO, M. Dairy cows performance fed whole conttonseed in a forrage of cactos-base diet. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1165-1171, 2006.
- MERTENS, D. R. Physical effective NDF and its use in formulation dairy ration, In: Simpósio Internacional em Bovinos de Leite (2.ed). **Anais...** Lavras: UFLA-FAPEPE, p. 25-36, 2001.
- MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S. A.; SPLITTSTOESSER, W. E. A note on the uses of *Opuntia spp.* in Central/North America. **Journal of Arid Environments**, v.32, n.3, p.347-353, 1996.
- MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; GUIDO, S. I.; ALMEIDA, M. P.; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. A new cactus variety for dairy cows in áreas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, n.3, p.479-485, 2019.
- MONTEIRO, C. C. F.; MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; SOUZA, J. S.; SILVA, E. T. S.; SILVA, E. C. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, n.7, p.1149-1154, 2014.
- MORENO, G. M. B.; SOBRINHO, A. G. S.; LEÃO, A. G.; LOUREIRO, C. M. B.; PEREZ, H. L. Carcass yield, tissue composition, and lag muscularity of lambs fed corn silage or sugar cane in two levels of concentrate. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.686-695, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requerements of dairy cattle**. (6.ed.) Washington: National Academy Press, p. 157, 1989.
- NEIVA, M. G. S.; MOTA, D. L.; BATISTA, A. M. V.; SOUSA, C. F. R. Mucous Membrane of the Rumen of Ovines, Fed With Spineless, Forrage Cactus or Palm

- (Barbary Fig) (*Opuntia ficus indica* Mil): Histochemical Study by Means of Light Microscopy. **International Journal of Morphology**, n. 24, v. 4, p. 723-728, 2006.
- PORDEUS NETO, J.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, n.36, v.4, p.322-328, 2016.
- OLIVEIRA, J. P. F.; FERREIRA, M. A.; ALVES, A. M. S. V.; MELO, A. C. C.; ANDRADE, I. B.; URBANO, S. A.; BARROS MELO, T. T. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.4, p.529-536, 2018.
- OLIVEIRA, L. S.; MAZON, M. R.; CARVALHO, R. F.; PESCE, D. M. C.; LUZ E SILVA, S.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; GALLO, S. B.; LEME, P. R. Processing of corn grain on feedlot and rumen health in lambs. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1292-1298, 2015.
- OWENS, F. & BASALAN, M. Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle. In: Plains Nutrition Council Spring Conference. **Proceedings**, p. 76-100, 2013.
- PARENTE, H. N.; MACHADO, T. M. M.; CARVANHO, F. C.; GARCIA, R.; ROGÉRIO, M. C. P.; BARROS, N. N. N.; ZANINE, A. M. Performance of confined sheep fed difeferent diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.2, p.460-466, 2009.
- PAULINO, P. V. R.; OLIVEIRA, T. S.; GIONBELI, M. P.; GALLO, S. B. Without diets fodder for termination of animals ruminants. **Revista Científica Produção Animal**, v.15, n.2, p.161-172, 2013.
- PERAZZO, A. F.; SANTOS, A. P. M.; RAMOS, J. P. F.; OLIVEIRA, J. S.; SANTANA NETO, J. A.; SANTOS, V. S. Produção de forrageiras no Semiárido brasileiro. In: **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. Editores SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S.; PARENTE, M. O. M. Editora EDUFMA, São Luís. Cap. 2, p.31-85, 2016.
- PESSOA, D. V.; ANDRADE, A. P.; MAGALHAES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; SANTOS, D. C.; ARAUJO, G. G. L.; MEDEIROS, A. N.; NASCIMENTO, D. B.; VALENÇA, R. L.; CARDOSO, D. B. Forage cactus of the genus *Opuntia* in

- diferente with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, p. 104243, 2020.
- PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLEY, W. L.; VASCONCELOS, P. C. Different supplements associated to spineless cactus in diets for sheep: intake, apparent digestibility and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.508-517, 2013.
- PIRES, C. C.; SILVA, L. F.; SCHLICK, F. E.; GUERRA, D. P.; BISCAINO, G.; CARNEIRO, R. M. Growing and finishing of feedlot lambs. **Ciência Rural**, v.30, n.5, p.875-880, 2000.
- PORTELA SANTOS, J. E. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:Funep, Cap. 15, p.423-498, 2006.
- RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; LIMA JUNIOR, A. C.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, M. A. Dietary sources of diet for lactating Anglo Nubian goats: intake, digestibility and ingestive behavior. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.3, p.1-20, 2017.
- RESENDE JUNIOR, J. C.; ALONSO, L. S.; PEREIRA, M. N.; ROCA, M. G.; DUBOC, M. V.; OLIVEIRA, E. C.; MELO, L. Q. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cow and sheep. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.4, p.562-536, 2006.
- RESENDE, F. M.; VERAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; CONCEIÇÃO, M. G.; LIMA, C. L.; ALMEIDA, M. P.; MORA-LUNA, R. E.; NEVES, M. L. M. W.; MONTEIRO, C. C. F.; FORREIRA, M. A. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorgum silage in sheep diets. **Tropical Animal Health and Production**, 2020.
- RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, M. H. M. R. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G (2.ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:Funep, Cap. 11, p.323-344, 2011.
- ROCHA FILHO, R. R. Palma gigante e genótipos resistentes à Cochonilha do Carmim em dietas para ruminantes. **Tese (Doutorado)**, p. 74, 2012.
- ROGERIO, M. C. P.; GUEDES, L. F.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; MORAIS, O. R. Dietas de alto concentrado para ovinos de corte: potencialidade e limitações. **EMBRAPA, Comunicado Técnico**, 174, ed.1, p.22, 2018.

- SANTANA, O. P.; VIANA, S. P.; ESTIMA, A. L. Palma versus silagem na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.1, n. 1, p. 31-40, 1972.
- SANTOS, E. M.; PARENTE, H. N.; OLIVEIRA, J. S.; PARENTE, M. O. M. **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. Editora EDUFMA, São Luís, p.317, 2016.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira Gigante, Redonda (*Opuntia ficus indica* Mill) e Miúda (*Nopalea cochenillifera Salm-Dyck*) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1990.
- SARAIVA, T. A.; MONTEIRO, C. C. F.; FEITOSA, E. M. S.; MORAES, G. S. O.; NETTO, CARDOSO, D. B.; MAGALHAES, A. L. R.; MELO, A. A. S. Effect of association of association of fresh cassava root with corn silage in replacement for cactus cladodes on dairy cow performance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 927-933, 2020.
- SILVA, K. B.; OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, E. M.; CARTAXO, F. Q.; GUERRA, R. R.; SOUZA, A. F. N. S.; MUNIZ, A. C. S.; CRUZ, G. F. L. Ruminal and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage. **Tropical Animal Health and Production**, v.1, p. 1-9, 2019.
- SILVA, M. P. Balanço de macrominerais, função renal e metabólicos sanguíneos em olinos alimentados com palma orelha-de-elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw). **Dissertação (Mestrado)**, p. 72, 2018.
- SILVA, R. C.; FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; SANTOS, D. C.; GAMA, M. A. S.; CHAGAS, J. C. C.; INACIO, J. G.; SILVA, E. T. S.; PEREIRA, L. G. R. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as a option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.
- SILVA, R. R.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; RAMOS, A. O.; MELO, A. A. S.; GUIMARÃES, A. V. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Acta Science Animal**, v.29, n.3, p.317-324, 2007.
- SILVA, R. R.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; RAMOS, A. O.; MELO, A. A. S.; GUIMARÃES, A. V. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Acta Science Animal**, v.29, n.3, p.317-324, 2007.

- SILVA, T. G. P.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SILVA JUNIOR, V. A.; CARVALHO, F. F. R.; BARROS, M. E. G.; SOUSA, D. R.; SILVA, S. M. C. Histomorphometric changer of the fora-stomach of lambs fed with diets containing spineless cactos genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1299-1307, 2019b.
- SILVA, T. G. P.; BATISTA, M. A. V.; GUIM, A.; SOUZA, F. A. L.; CARVALHO, F. F. R.; SILVA JÚNIOR, V. A.; ARANDAS, J. K.; BARROS, M. E. G.; SOUSA, D. R.; SILVA, S. M. C. Cactus cladodes cause intestinal damage, but improve sheep performance. **Tropical Animal Health and Production**, n. 53, v. 281, p. 1542-1550, 2021.
- SILVA, K. B.; OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, E. M.; CARTAXO, F. Q.; GUERRA, R. R.; SOUZA, A. F. N. S.; MUNIZ, A. C. S.; CRUZ, G. F. L. Ruminant and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage. **Tropical Animal Health and Production**, v.1, p. 1-9, 2019a.
- SOARES, P. C.; GOUVEIRA, L. N. F.; SILVA, T. G. P.; FILHO, E. F. O.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; LIMA JUNIOR, D. M.; CARDOSO, D. B. Metabolic dynamics of native lambs fed with Tifton 85 hay or Maniçoba hay associated with the spineless cactus. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 1, p. 215-223, 2020.
- SOSA, M. Y.; BRASIL, L. H. A.; FERREIRA, M. A. Diferentes formas de fornecimento de dietas à base de palma forrageira e comportamento ingestivo de vacas da raça holandesas em lactação. **Acta Scientiarum, Animal Science**, v.27, n.2, p.261-268, 2005.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2º Ed. Ithaca: Cornell University Press, p.476, 1994.
- VENTUTINI, R. S.; CARVALHO, S. PIRES, C. C.; PACHECO, P. S.; PELLEGRIN, A. C. R. S.; MORO, A. B.; LOPES, J. F.; MARTINS, A. A.; BERNARDES, G. M. C.; SIMÕES, R. R.; MENEGON, A. L.; MOTTA, J. H. Intake and performance of lambs and hoggets fed high concentrate conr or sorghum diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.6, p.1638-1646, 2016.
- VERAS, R. M. L.; FERREIRA, M. A.; CAVALCANTI, C. V. A.; VÉRAS, A. S. C.; CARVALHO, F. F. R.; SANTOS, G. R. A.; ALVES, K. S.; MAIOR JUNIOR, R. J. S. Replacement of corn by forage cactus meal in growing lambs diets performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.249-256, 2005.

- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V.; VERAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; SILVA, F. M.; SANTOS, V. L. F. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagem e fenos associados à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p. 444-456, 2012.
- ZEOULA, L. M.; FERELI, F.; PRADO, I. N.; GERON, L. J. V.; NETO, S. F. C.; PRADO, O. P. P.; MAEDA, E. M. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído com fontes de amido para ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2179-2186, 2006.

CAPÍTULO II

ASSOCIAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA EM SUBSTITUIÇÃO A DIETA DE ALTO CONCENTRADO SOBRE O DESEMPENHO, PARTIÇÃO DE NUTRIENTES, PARÂMETROS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICOS DE CORDEIROS CONFINADOS

(Artigo apresentado conforme as normas da revista Small Ruminant Research)

Associação da Palma Forrageira em substituição a dietas de alto concentrado sobre o desempenho, partição de nutrientes e parâmetros comportamentais/fisiológicos de cordeiros confinados

RESUMO:

Objetivou avaliar dietas energéticas contendo milho quebrado associado à diferentes concentrações de palma forrageira em relação a ingestão e digestibilidade da matéria seca e nutrientes; comportamento ingestivo e desempenho de cordeiros confinados. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco utilizando 32 cordeiros machos, mestiços Santa Inês, com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg distribuídos em um delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos consistiam na inclusão, a qual culminou em substituição, do milho por palma forrageira nos níveis de 0, 250, 500 e 750 g/Kg com base na matéria seca. Os dados foram submetidos a uma análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%. A ingestão da matéria seca e nutrientes digestíveis totais diminuíram ($P = 0,001$) com o aumento da concentração de palma forrageira, porém a mesma apresentou maior digestibilidade da matéria seca e demais nutrientes ($P = 0,001$). Com a dieta contendo 0, 250, 500 e 750 g/Kg de palma forrageira, a média do ganho de peso diário foi 341; 270; 236 e 158 g/dia, respectivamente, apresentando diferença entre as dietas ($P=0,001$). O mesmo foi observado com a eficiência alimentar ($P=0,003$). Os animais passaram maior tempo em ócio ($P=0,001$) com o aumento da concentração de palma forrageira e menor tempo ruminando ($P=0,001$) afetando diretamente no tempo de mastigação total e eficiência de alimentação ($P=0,002$). Por outro lado, o custo diário com as dietas experimentais para os animais confinados apresentou valores médios ($P<0,05$) de 1,1; 0,9; 0,8 e 0,6 R\$/Kg^{MS}. Para os parâmetros analisados, indica-se uma concentração de 500 g/Kg de palma forrageira em substituição ao milho quebrado em dietas energéticas para cordeiros confinados.

Palavras-chave: ganho de peso diário, ingestão, milho, *Opuntia stricta* Haw

Association of spineless cactus in replancement of high concentrate diets on performance, nutrienete partition and behavioral/physiological paramenters of confined lambs

ABSTRACT:

The objective is to assess energy diets with ground corn combined with different concentrations to spineless cactus in the intake and digestibility of dry matter and nutrienetes; performance and ingestive behavior of confined lambs. The study was done at Fazenda Experimental of Universidade Federal Rural de Pernambuco used 32 male lambs, crossbreed Santa Inês, with average body weight of 19.0 ± 2.5 Kg destributed in a randomized block design. The diets were inclusion, with replacement, of corn by spineless cactus at levels of 0, 250, 500 and 750 g/Kg. The datas were subjected to analysis of variance with comparason of means usinng the Tukey test at 5%. The intake of dry matter and total digestible nutrients decreases ($P=0.001$) with increased concentration of spineless cactus, but the digestibility of dry matter and nutrienetes was raised ($P=0.001$). The high concentrate diets and low, medium and high concentrates of spineless cactus, the daily weight gain was 341; 270; 236 e 158 g/day, respectively, getting diferences between diets ($P=0.001$). For food efficiency was similar ($P=0.003$). The animals spent more time idle ($P=0.001$) with spineless cactus and less time ruminating ($P=0.001$) modifying the total chewing time and feeding efficiency ($P=0.002$). In counterpart, the daily spending on experimental diets of confined lambs stayed with values close ($P=0.001$) of 1.1; 0.9; 0.8 e 0.6 R\$/Kg^{DM}. The analyzed parameters, a concentration of 500 g/Kg of spineless cactus is indicated in substitution to grounf corn in energy diets for confined lambs.

Key word: corn, daily weight gain, ingestion, *Opuntia stricta* Haw

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura de corte tem importante papel econômico e social em várias regiões áridas e semiáridas do mundo. Assim, tecnologias que melhorem o sistema de criação desses ruminantes proporcionam grandes benefícios para a pecuária mundial. Atualmente, uma forma de melhorar o sistema de criação de ovinos para corte, é o confinamento atrelado ao uso de dietas de alto concentrado (DAC) proporcionando melhores índices de desempenho, como o ganho de peso e eficiência alimentar (Rogério et al., 2018). A DAC é composta por alimentos energéticos, sendo o milho, o mais utilizado (Venturine 2016). Essas dietas permitem maior consumo de matéria seca, menor tempo de confinamento e uniformização do lote dos animais confinados (Paulino et al. 2013; Rogério et al. 2018).

Porém, uma limitação no uso de DAC em regiões Semiáridas é o alto preço que o milho atinge nessas regiões. Uma alternativa, que pode ser utilizada em substituição ao milho, a palma forrageira. Essa cactácea possui características de alimentos energéticas (Ferreira et al., 2009; Almeida 2012) podendo ser implementado em dietas para ovinos (Almeida et al., 2018).

A palma forrageira do gênero *Opuntia stricta* sp. apresenta cerca de 800 g/Kg de nutrientes digestíveis totais (NDT), associada a uma concentração de carboidratos totais e não fibrosos de 817 g/Kg e 514 g/Kg, respectivamente (Silva e Sampaio, 2015; Resende et al., 2020). Além disso, a palma forrageira é fonte de água na forma de alimento (Cardoso et al., 2019). Porém, a mesma apresenta nutrientes limitantes, como baixas concentrações de proteína bruta e fibra (Batista et al., 2003) o que pode limitar o desempenho e a fisiologia digestiva de cordeiros alimentados com palma forrageira.

Assim, é necessária uma intensificação no uso de palma forrageira nos confinamentos de ovinos como forma de alimento energético, tendo como hipótese uma possível substituição em nível parcial ou total do milho. Com isso, objetivou-se avaliar o uso de dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) sobre o desempenho, partição de nutrientes, comportamento ingestivo, parâmetros fisiológicos e custo de produção de cordeiros confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Garanhuns, Agreste Meridional de Pernambuco (8° 53' 25" S, latitude e 36° 29' e 34" W, longitude) no período de março a maio de 2020. Os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como consta no protocolo N° 96162805.

Animais experimentais

Foram utilizados 32 cordeiros mestiços da raça Santa Inês, não-castrados, com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg e idade média de 120 dias. Antes do início do período de confinamento, os animais foram pesados, vermifugados, vacinados contra clostridioses, receberam complexo vitamínico (ADE) e foram identificados com brincos no período de quarentena. Os animais ficaram confinados em baias individuais, com dimensões de 1,2 m x 1,8 m, providas com piso ripado, cocho, bebedouro e dreno para dejetos.

Delineamento e período experimental

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, de acordo com o peso inicial, com quatro tratamentos e oito repetições. O experimental foi de 55 dias, divididos em 15 dias para adaptação as dietas experimentais e 40 dias para o período experimental.

Dietas experimentais e tratamentos

As dietas foram formuladas a fim de atender à exigência nutricional de cordeiros desmamados em terminação segundo o NRC (2007) com peso corporal de $\pm 20,0$ kg e ganho de peso de 250 g/dia.

Foram avaliadas quatro dietas com diferentes concentrações do milho quebrado e palma forrageira OEM: 1) dieta de alto concentrado (sem palma forrageira); baixa concentração de palma forrageira (250 g/Kg na matéria seca); média concentração (500 g/Kg da matéria seca) e; alta concentração (750 g/Kg na matéria seca), sendo isoenergéticas (Tabela 2).

As dietas eram formadas por núcleo concentrado, formulado a partir de farelo de soja, ureia, calcário calcítico, óleo de soja e núcleo mineral vitamínico, associado ou não com milho, palma forrageira cv. Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e/ou silagem de sorgo (Tabela 1).

O milho grão foi utilizado em sua forma física grosseiramente moída e a palma forrageira de forma *in natura* colhida de um palmar com 2 anos de plantio. A silagem de sorgo foi confeccionada no período de setembro de 2019 e aberta no mês de março de 2020, oriundo da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg^{MS})

Item	Silagem de sorgo	Palma forrageira ¹	Milho	Farelo de soja
MS	244,7	76,9	893,5	902,7
MO	957,4	877,1	975,7	933,2
MM	42,6	122,9	24,2	66,7
PB	71,1	72,8	84,5	527,0
EE	16,9	16,4	62,8	27,1
FDN	648,9	228,0	148,8	149,0
FDA	355,4	159,0	90,7	86,8
FDN _{CP}	584,1	196,4	120,2	106,2
FDNi	171,4	94,4	17,5	14,4
CHT	869,3	787,8	828,4	379,0
CNF	285,2	591,4	708,1	272,8
LIG	36,7	113,3	10,1	8,9
NDT	649,7	722,6	901,0	797,8

¹Palma forrageira = *Opuntia stricta* Haw cv. Orelha-de-Elefante Mexicana. Itens: MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDN_{CP} = correção da fibra para cinzas e proteína; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; CHT = carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso; LIG = lignina; NDT = nutrientes digestíveis totais; NDT = nutrientes digestíveis totais*estimado segundo Weiss (1993).

Tabela 2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas com base na matéria seca

Ingredientes da dieta (g/Kg)	Inclusão da Palma Forrageira (g/Kg)			
	0	250	500	750
Silagem de sorgo	250	200	100	-
Palma forrageira OEM ¹	-	250	500	750
Milho quebrado	600	380	190	-
Óleo de soja	-	24	39	55
Farelo de soja	121	115	140	164
Ureia	11	16	16	16
Suplemento mineral ²	13	10	10	10
Calcário calcítico	5	5	5	5
Total (Kg)	1000	1000	1000	1000
Composição química (g/Kg)				
Matéria seca	538,6	213,8	136,1	99,8
Proteína bruta	163,1	169,9	178,2	185,8
NDT ³	799,0	795,8	793,3	791,9

Extrato etéreo	45,2	58,4	64,6	76,7
Fibra em detergente neutro	231,0	223,8	194,3	164,7

¹OEM = Orelha-de-Elefante Mexicana; ²Minerais do produto/g ou mg: Cálcio (Ca) = 140g; Fósforo (P) = 70g; Magnésio (Mg) = 1.320mg; Ferro (Fe) = 2.200mg; Cobalto (Co) = 140mg; Manganês (Mn) = 3.690mg; Zinco (Zn) = 4.700mg; Iodo (I) = 61mg; Selênio (Se) = 45mg; Enxofre (S) = 12g; Sódio (Na) = 148mg; Flúor (F) = 700mg; e ³NDT = Nutrientes Digestíveis Totais.

Manejo experimental

As dietas foram oferecidas na forma de ração completa em duas porções iguais as 08h00 e 16h00 diretamente no cocho. Assim, a quantidade da dieta completa ofertada aos animais foi ajustada diariamente durante o período de adaptação para proporcionar 10% de sobras. Quando ofertado, todos os ingredientes foram misturados para garantir a ingestão voluntária e seleção menor dos ingredientes pelos animais. A água foi disponibilizada *ad libitum*.

Coleta de dados e análises laboratoriais

Consumo de nutrientes e digestibilidade aparente

Foram pesados diariamente o ofertado e as sobras, de modo que obtivesse a ingestão diária total de alimento durante o período experimental. Assim, foram coletadas semanalmente amostras das sobras e dos ingredientes para a realização de uma amostra composta representando o período de confinamento, para a estimativa de consumo. Cada amostra foi identificada e armazenada a -5 °C.

Para o ensaio de digestibilidade, foram coletadas amostras das sobras e formada uma amostra composta do período, também foram coletadas amostras de fezes diretamente na ampola retal, a partir do 33° dia do período experimental, durante cinco dias consecutivos, em horários diferentes após alimentação (0, 2, 4, 6 e 8 h), favorecendo a estimativa da digestibilidade aparente (Cardoso et al. 2019).

As amostras de alimento, sobras e fezes foram armazenadas, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e pesadas no Laboratório de Nutrição Animal, LANA, da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco. Em seguida foram trituradas em moinho Willey (TE-648- Tecnal[®]) com peneira de 1 mm e 2 mm.

A estimativa da produção de matéria seca fecal (PMSF) foi realizada por meio da fibra em detergente ácido indigestível (FDNi) como indicador interno (Valente et al., 2011) pela relação da ingestão do indicador com a concentração fecal.

Para avaliação da digestibilidade aparente, foram analisados os alimentos, sobras e fezes, pelo procedimento *in situ* com uso de sacos de fibra sintética (tecido não-tecido –

TNT-100g/m²). O tempo de incubação foi de 288 horas, para determinação dos teores de FDNi (Valente et al., 2011).

Para determinação dos teores de matéria seca (MS) foram determinados pelo método 934,01 (AOAC, 2012); proteína bruta (CP) pelo método Kjeldahl 920,87 (AOAC, 2012); extrato etéreo (EE) pelo método 920.39 (AOAC, 2012); matéria mineral (MM) pelo método 930,05 (AOAC, 2012); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (ROBERTSON & VAN SOEST, 1981); fibra insolúvel em de detergente ácido (FDA), (VAN SOEST et al., 1991). Para as correções de cinzas (CIDN) e proteína (PIDN), foram utilizadas as metodologias de Mertens (2002) e Licitra *et al.* (1996), respectivamente.

A estimativa dos teores de carboidratos totais (CHOT)¹ foi calculada pela equação proposta por Sniffe et al. (1992), carboidratos não fibrosos (CNF)² foi calculada pela equação proposta por Hall (2000) e concentração de nutrientes digestíveis totais (NDT)³ foi calculada pela equação proposta por Weiss (1999): ¹CHOT (g/kg) = 1000 – (PB + EE + MM); ²CNF (g/kg) = 1000 – (MM + EE + FDNcp + (PB – Pbu +U); ³NDT (g/kg) = (PBd + FDNcpd + CNFd + Eed * 2,25). Em que: FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; Pbu = teor de PB oriunda da ureia; U = teor de ureia; PBd = proteína bruta digestível; FDNcpd = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína digestível; CNFd = carboidrato não fibroso digestível; Eed = extrato etéreo digestível.

Comportamento ingestivo

O tempo e o número de mastigação merícica por bolo ruminal foi mensurado em dois períodos distintos, correspondendo no 15º e 31º dias de confinamento, por dois períodos de duas horas (das 04h00 às 06h00 e 10h00 às 12h00). Foram observados três bolos ruminais por animal para obtenção do tempo médio despendido na mastigação e do número médio de mastigações merícicas por bolo ruminal.

Observações individuais e periódicas foram realizadas em três períodos distintos, correspondido pelo 16º, 26 e 36º dias, para avaliação do comportamento ingestivo. Foi priorizado um intervalo de 10 minutos para determinação do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, no período de 24 horas ininterruptas (Carvalho, *et al.* 2006).

Cada observador foi devidamente treinado para manter a padronização nas observações. No período noturno, o ambiente das baias era mantido com luz artificial. A

avaliação do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, foram expressos em números de execução de cada comportamento.

As variáveis foram expressas em minutos/dia obtidas pelo tempo total em que o animal permaneceu em cada atividade: considerando que o dia tem 1440 min. Os resultados referentes aos fatores do comportamento ingestivo descritos como eficiência alimentar da MS e FDN; eficiência de ruminação da MS e FDN; e o tempo de mastigação total, foram obtidos de acordo com Bürger et al. (2000).

Avaliações do escore de condições corporais e peso

Foram padronizados pontos específicos de análises referente a região do pescoço, costelas e garupa para avaliação da deposição de gordura subcutânea, nos dias 1º, 10º, 20º, 30º e 40º do período experimental. O método de avaliação foi o australiano, com variação de 1 a 5 \pm 0,5 (Cézar e Souza, 2007) de acordo com o ranqueamento do grau de deposição de gordura subcutânea.

Associado aos dias de mensuração do escore de condições corporais foi realizado a pesagem dos animais para avaliação do ganho de peso médio diário (GMD), em que o primeiro e último peso foi realizado em jejum alimentar de 16 horas. Assim, foi obtido o ganho de peso total (GPT) dos animais pela diferença entre o peso corporal final com o peso corporal inicial e foi estimado o ganho de peso médio diário pela relação do GPT com o tempo do período experimental (40 dias).

Parâmetros fisiológicos

Foram aferidas a frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FR), temperatura retal (TR) (Dellinger, 2005), movimentos ruminais (MR) (Gay, 2002) e temperatura superficial em alguns pontos corporais, correspondido ao 14º, 24º e 34º dias experimentais, pelos turnos da manhã e noite, às 12h00 e 20h00, respectivamente.

A temperatura de pontos corporais foi determinada por meio de um termômetro infravermelho modelo MT-320 digital, sendo apontado em direção a parte anatômica encoberta por pelo do animal correspondente à cabeça, pescoço, costela, dorso, vazio, ventre e canela.

Simultaneamente as medições das variáveis fisiológicas, o registro diário das temperaturas máximas/mínimas, umidade relativa do ar por intermédio de termo-higrômetro digital. A temperatura de globo negro foi aferida por uma adaptação feita com uma esfera oca de plástico de cor negra (0,45 m de circunferência e 5 mm de espessura)

a qual continha um termômetro de bulbo seco introduzido, a fim de mensurar a temperatura do ar, e massa do ar e da radiação incidente.

O índice de conforto térmico foi calculado por meio da média da velocidade do vento no período experimental, capturada pela estação meteorológica da fazenda (Tabela 3). O índice de temperatura do globo negro e úmido (ITGU) foi obtido segundo Buffington et al. (1977), adotando a equação:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08$$

Em que: T_{gn} = temperatura de globo negro ($^{\circ}K$); T_{po} = temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}K$).

Para a determinação da temperatura de ponto de orvalho foi utilizada a equação descrita por Vianello e Alves (1991), em que; $T_{po} = (186,4905 - 237,3\text{LogPp}\{ta\}) / (\text{LogPp}\{ta\} - 8,2859)$. Quanto ao índice de conforto térmico (ICT), foi obtido segundo Barbosa e Silva (1995), adotando a equação:

$$ICT = 0,6678T_a + 0,4969P_p\{ta\} + 0,5444T_{gn} + 0,1038v_v$$

Em que: T_a = temperatura do ar ($^{\circ}C$); $P_p\{ta\}$ = pressão parcial de vapor (kPa); T_{gn} = temperatura de globo negro ($^{\circ}C$); v_v = velocidade do vento (m/s^{-1}).

Tabela 3. Valores Bioclimáticos, médios, referentes à temperatura ambiental (T_{amb}), mínima ($T_{mín}$), máxima ($T_{máx}$), globo negro (TGN), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura de globo negro e úmido (ITGU) do galpão durante o período de confinamento e índice de conforto térmico (ICT) dos cordeiros

	T_{amb} ($^{\circ}C$)	$T_{mín}$ ($^{\circ}C$)	$T_{máx}$ ($^{\circ}C$)	TGN ($^{\circ}C$)	UR (%)	ITGU ($^{\circ}C$)	ICT ($^{\circ}C$)
Média	21,4	20,2	25,0	21,5	67	70,1	26,4

Custo de produção

Uma análise de custo alimentar e do seu impacto sobre a receita oriunda da venda da carne foi realizada para cada tratamento (Matsunaga et al. 1976). Os custos por kg de MS das dietas foram obtidos a partir dos preços dos ingredientes e de suas respectivas participações nas dietas.

Foram considerados os preços médios dos ingredientes praticados durante o ano de 2020 (início do primeiro semestre) no mercado local do município de Garanhuns, estado de Pernambuco, local de aquisição dos insumos para a realização do experimento.

A receita oriunda do cordeiro vivo foi obtida a partir de sua remuneração (R\$/Kg) paga pelo mercado local, levando-se em consideração a oferta de demanda do produto no

mercado. Deste modo, os valores das dietas experimentais foram correspondidos aos tratamentos.

Para o investimento (INV) foi adotado o custo de aquisição dos cordeiros pelo valor em Kg do seu peso vivo, o custo total (CT) foi estimado pelo valor do investimento somado com o gasto da alimentação dos animais através do consumo de matéria seca durante os 40 dias experimentais, a receita total (RT) foi estimada pela relação do peso vivo dos animais ao final do confinamento com o preço de venda dos cordeiros. Assim, o lucro bruto (LB) foi estimado pela equação: $LB = INV - RT$; a margem bruta (MG) foi estimada pela equação: $MG = (LB/RB)*100$; para o lucro líquido (LL), com base na matéria seca, foi utilizado a equação: $LL = RT - CT$; e a margem líquida (ML) foi estimada pela equação: $ML = (LL/RT)*100$.

Análises estatísticas

As análises das variáveis foram conduzidas utilizando um delineamento em blocos casualizados, de acordo como o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = m + T_i + b_j + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = valor observado para a variável em estudo (i = dietas, j = repetição); m = média de todas as unidades experimentais; T_i = efeito particular da dieta; b_j = efeito do bloco; e_{ij} = erro associado a observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2009). Quanto às comparações das médias foram realizadas por meio do Teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

2. RESULTADOS

Foi observado diminuição do consumo de matéria seca (CMS) e de matéria orgânica (CMO) quando os animais consumiram de 500 e 750 g/Kg de palma forrageira por outro lado houve aumento do consumo de matéria mineral (CMM) ($P = 0,001$) nas mesmas concentrações contendo palma forrageira (Tabela 4).

Referente ao consumo de extrato etéreo (CEE), houve maior consumo desse nutriente ($P = 0,001$) na dieta constituída por maior concentração de palma forrageira quando comparada com as demais. Caso contrário foi observado com o consumo de fibra em detergente neutro ($CFDN_{cp}$) e carboidratos não fibrosos (CCNF) e nutrientes digestíveis totais (CNDT), sendo maior ($P < 0,05$) na dieta de alto concentrado (0 g/Kg de palma forrageira) e na dieta contendo 250 g/Kg de palma forrageira, respectivamente.

Tabela 4. Consumo de nutrientes e digestibilidade aparente de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EMP ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
Consumo da Matéria Seca						
g/dia	993,7 ^a	962,5 ^a	817,5 ^b	715,7 ^b	0,03	<0,001
g-Kg ^{0,75}	73,4 ^a	73,7 ^a	66,0 ^{bc}	62,8 ^c	0,20	<0,001
%PC	3,0 ^{ab}	3,1 ^a	2,8 ^{ab}	2,7 ^b	0,08	<0,015
Ingestão da matéria orgânica e nutrientes (g/dia)						
CMO	951,6 ^a	896,0 ^a	742,5 ^b	631,0 ^b	32,75	<0,001
CMM	42,6 ^c	66,2 ^b	76,0 ^a	82,0 ^a	2,41	<0,001
CPB	176,0	181,0	137,1	169,2	6,27	0,608
CEE	32,2 ^c	49,5 ^a	56,2 ^{ab}	58,7 ^a	1,81	<0,001
$CFDN_{cp}$	264,3 ^a	257,8 ^a	193,3 ^b	142,0 ^c	8,96	<0,001
CCNF	478,1 ^a	397,7 ^a	318,7 ^b	287,3 ^c	16,39	<0,001
CNDT	718,2 ^{ab}	817,7 ^a	741,1 ^{ab}	655,7 ^b	34,33	<0,002
Digestibilidade aparente (g/dia)						
DMS	562 ^c	733 ^b	854 ^a	923 ^a	2,93	<0,001
DMO	463 ^c	609 ^b	695 ^{ab}	772 ^a	3,52	<0,001
DPB	706 ^c	833 ^b	919 ^{ab}	957 ^a	2,35	<0,001
DEE	747 ^b	901 ^a	942 ^a	946 ^a	1,64	<0,001
$DFDN_{cp}$	644 ^b	750 ^{ab}	794 ^a	844 ^a	2,72	<0,003
DCNF	770 ^c	883 ^b	965 ^a	983 ^a	1,83	<0,003
NDT						

¹Erro médio padrão; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; CNF = carboidrato não fibroso; NDT = nutrientes digestíveis totais.

Quanto a digestibilidade aparente da MS ($P = 0,001$), MO ($P = 0,001$), PB ($P = 0,001$), EE ($P = 0,001$), FDN_{cp} ($P = 0,003$) e CNF ($P = 0,003$) das dietas com 500 e 750

g/Kg foram maiores que as dieta com 0 g/Kg de palma forrageira (Tabela 4). Fazendo um comparativo com a dieta de alto concentrado com as dietas contendo “alta palma forrageira” a taxa de digestibilidade aparente da MS, PB, FDNcp e CNF melhorou em 60,8%, 73,7%, 76,3% e 78,3%, nesta ordem (Tabela 4).

Não houve efeito das concentrações de palma forrageira sobre o escore de condições corporais e peso vivo inicial médio, com valores médios de 2 pontos e 19,2 Kg, respectivamente (Tabela 5). O peso corporal final (PCF), peso metabólico ($PC^{0,75}$), ganho de peso total (GPT), ganho de peso diário (GPD) e eficiência alimentar (EA) dos animais consumindo dietas com 0 g/Kg de palma forrageira foram superiores aos animais consumindo 750 g/Kg. Não houve diferenças entre o PCF, $PC^{0,75}$, GPT, CA e EA foram semelhantes aos animais consumindo 0, 250 e 500 g/Kg de palma forrageira. A conversão alimentar (CA) dos animais consumindo 750 g/Kg de palma foram de 4,7% superiores aos outros níveis (0, 250 e 500 g/Kg).

Tabela 5. Desempenho de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
ECCI	2,0	2,1	2,1	2,2	0,08	0,461
ECCF	3,3 ^a	3,2 ^b	3,0 ^c	3,0 ^c	0,09	<0,034
PCI _(Kg)	19,0	19,7	19,1	19,1	0,36	0,614
PCF _(Kg)	32,0 ^a	30,5 ^{ab}	28,6 ^b	25,4 ^c	0,61	<0,001
$PC^{0,75}$ _(Kg)	13,4 ^a	12,9 ^{ab}	12,3 ^b	11,3 ^c	0,19	<0,001
GPT _(Kg)	12,5 ^a	10,8 ^{ab}	9,4 ^b	6,3 ^c	0,67	<0,001
GPD _(g/dia)	314 ^a	270 ^{ab}	236 ^b	158 ^c	0,01	<0,001
CA _(IMS/GPD)	3,2 ^b	3,6 ^b	3,5 ^b	4,7 ^a	0,24	<0,001
EA _(GPD/IMS)	0,32 ^a	0,27 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,22 ^b	0,01	<0,003

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey; ECCI = escore de condições corporais inicial; ECCF = escore de condições corporais final; PCI = peso corporal inicial; PCF = peso corporal final; $PC^{0,75}$ = peso metabólico final; GPT = ganho de peso total; GPD = ganho de peso diário; CA = conversão alimentar; EA = eficiência alimentar.

O comportamento ingestivo interfere no tipo de dieta que foi ofertada aos cordeiros. Com isso, os cordeiros alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira apresentaram um tempo reduzido para a ruminação e maior ociosidade (P<0,05), diferente de cordeiros alimentados com DAC (P<0,05) que apresentaram maior tempo de ruminação e menor tempo de ócio, já o tempo dispendido com a alimentação não deferiu (P>0,05) (Tabela 5).

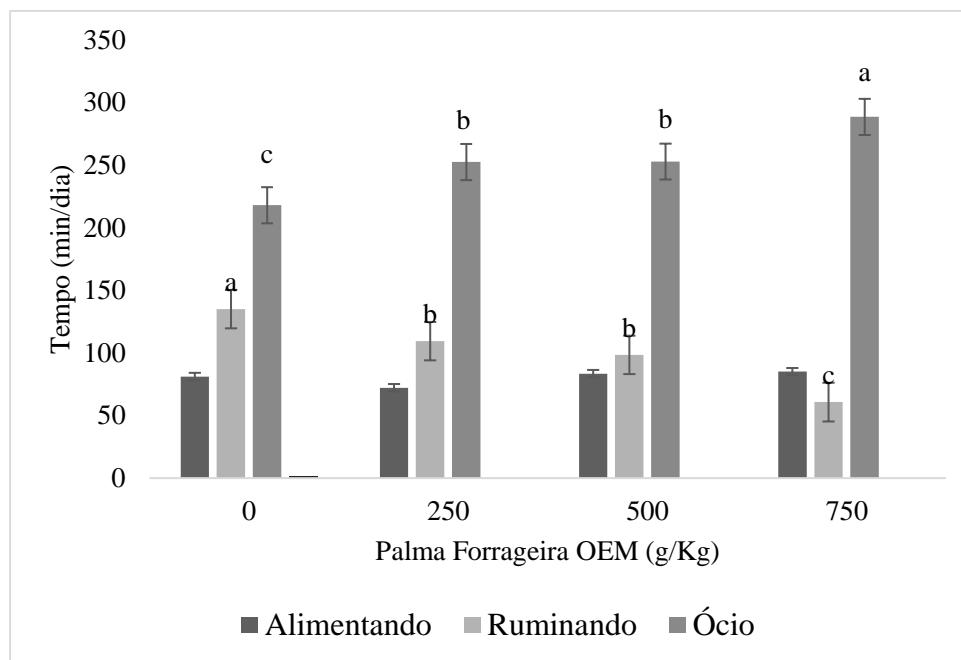


Figura 1. Comportamento ingestivo dos cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM), letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey

Como citado anteriormente, o tempo despendido para realizar a ruminação e o ócio foram inversamente diferentes com o aumento da concentração de palma forrageira. O tempo de ruminação foi maior para a dieta controle (135,1 minutos por dia) reduzindo um pouco mais da metade do tempo gasto para ruminação dos cordeiros alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira (60,8 minutos por dia).

Quanto ao tempo de ócio, a dieta controle apresentou menor tempo gasto com esse comportamento, 218,1 minutos por dia, e com o aumento de palma forrageira na dieta pode observar um aumento de 76% do tempo relacionado à ociosidade com a dieta que tinha maiores concentrações da cactácea estudada.

Na tabela 6, observa-se que o número de mastigação por bolo ruminal dos animais alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira foi menor ($P = 0,001$) quando comparado aos cordeiros alimentados com 0 g/Kg, sem palma forrageira. O mesmo foi observado em relação ao tempo de mastigação por bolo ruminal e tempo de mastigação total. Neste estudo, a eficiência de alimentação foi afetada diante as dietas, porém foi observado uma menor eficiência de alimentação da MS ($P = 0,002$) e ruminação da MS ($P = 0,001$) com

a utilização de 750 g/Kg de palma forrageira, devido a menor IMS e participação de fibra efetiva da dieta (Tabela 6).

Tabela 6. Mastigação merícica, eficiências de alimentação e de ruminação de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
Nº de mastigação	71 ^a	61 ^a	66 ^a	49 ^b	3,04	<0,001
Tempo de mastigação	46,3 ^a	39,6 ^a	42,7 ^a	30,5 ^b	1,93	<0,001
TMT _(min/dia)	216,3 ^a	182,7 ^b	182,0 ^b	146,1 ^c	6,10	<0,001
EAL _{MS} (%)	12,6 ^{ab}	13,9 ^a	10,2 ^{bc}	8,6 ^c	0,91	<0,002
ERU _{MS} (%)	7,3 ^b	8,8 ^b	8,5 ^b	12,0 ^a	0,56	<0,001
EAL _{FDN} (%)	9,6 ^a	10,3 ^a	5,1 ^b	2,0 ^c	0,77	<0,001
ERU _{FDN} (%)	5,5 ^a	6,5 ^a	4,3 ^b	2,8 ^c	0,31	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. TMT = tempo de mastigação total; EA_{MS} = eficiência de alimentação da matéria seca; ERU_{MS} = eficiência de ruminação da matéria seca; ERU_{FDN} = eficiência de ruminação da fibra insolúvel em detergente neutro; EAL_{FDN} = eficiência de alimentação da fibra insolúvel em detergente neutro.

Com relação direta a ruminação, o número de mastigação por bolo ruminal, o tempo de mastigação por bolo ruminal e o tempo total de mastigação apresentaram diminuição (P = 0,001) com maiores concentrações da palma forrageira OEM (Tabela 6). O número de mastigação por bolo ruminal dos animais alimentados com a dieta que possuía elevadas concentrações de palma forrageira foi menor (49/bolo) dando a referência da menor ação mecânica com à digesta presente no rúmen, uma vez que a mesma passa por uma fermentação acelerada.

Os parâmetros relacionados à frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TC °C) não foram afetadas em relação aos tratamentos ou ao turno do dia, com valores médios de 108 bpm, 51 mpm, 39,2 °C, respectivamente, além das temperaturas de superfícies (TF, TP, TC, TV, TFLA, TCAN °C). Porém, os movimentos ruminais apresentaram maior efetividade com a concentração de 0 g/Kg de palma forrageira (P = 0,001), independentemente do turno do dia.

Dos parâmetros citados, apenas a FR apresentou diferenças (P = 0,048) quanto as dietas no período da manhã. Os MR, a temperatura de pescoço (TP) e temperatura de ventre (TV) apresentaram diferenças no período da noite (Tabela 7), com menores valores nos animais consumindo 750 g/Kg de palma forrageira. A TP dos animais consumindo 250 e 500 g/Kg não diferiram dos animais com 750 g/Kg de palma forrageira.

Tabela 7. Parâmetros fisiológicos, por dia, de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
MANHÃ						
FC (1min)	108,7	109,2	111,5	112,7	9,90	0,991
FR (1min)	54,0 ^a	56,7 ^a	48,0 ^b	40,0 ^b	4,43	<0,048
MR (3min)	4,6 ^b	4,7 ^a	4,0 ^a	2,9 ^a	0,25	<0,001
TF (°C)	39,3	39,2	39,3	39,3	0,09	0,742
TP (°C)	39,4	39,3	39,4	39,3	0,06	0,606
TC (°C)	39,2	39,2	39,3	39,3	0,08	0,723
TV (°C)	39,4	39,2	39,5	39,3	0,09	0,177
TFLA (°C)	39,2	39,2	39,3	39,3	0,09	0,479
TCAN (°C)	39,0	39,0	39,1	38,7	0,13	0,201
TR (°C)	39,2	39,2	39,3	39,1	0,08	0,456
NOITE						
FC (1min)	102,5	117,7	101,0	105,5	6,61	0,276
FR (1min)	55,7	54,0	52,7	49,0	5,77	0,864
MR (3min)	4,5 ^a	4,8 ^a	4,8 ^a	3,3 ^b	0,21	<0,001
TF (°C)	37,9	37,8	37,4	37,4	0,16	0,160
TP (°C)	38,3 ^a	38,0 ^{ab}	38,1 ^{ab}	37,5 ^b	0,20	<0,053
TC (°C)	38,0	37,6	37,9	37,5	0,19	0,265
TV (°C)	38,6 ^a	38,6 ^a	38,6 ^a	37,9 ^b	0,18	<0,031
TFLA (°C)	38,0	37,7	37,9	37,3	0,21	0,095
TCAN (°C)	36,9	37,1	36,9	39,7	0,29	0,844
TR (°C)	39,3	39,3	39,2	39,2	0,09	0,746

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. Itens: FC = frequência cardíaca; FR = frequência respiratória; MR = movimentos ruminais; TF = temperatura de frente; TP = temperatura de pescoço; TC = temperatura de costela; TV – temperatura de ventre; TFLA = temperatura do flanco; TCAN = temperatura da canela; TR = temperatura retal.

Levando em consideração os dados referentes às frequências fisiológicas em relação ao comportamento bioclimático (Figura 2), podemos afirmar que, os cordeiros desde estudo encontravam dentro do equilíbrio homeostático e zona de conforto térmico durante todo período experimental, observando as temperaturas ambientais, mínima e máxima, as quais foram menores que ao ICT.

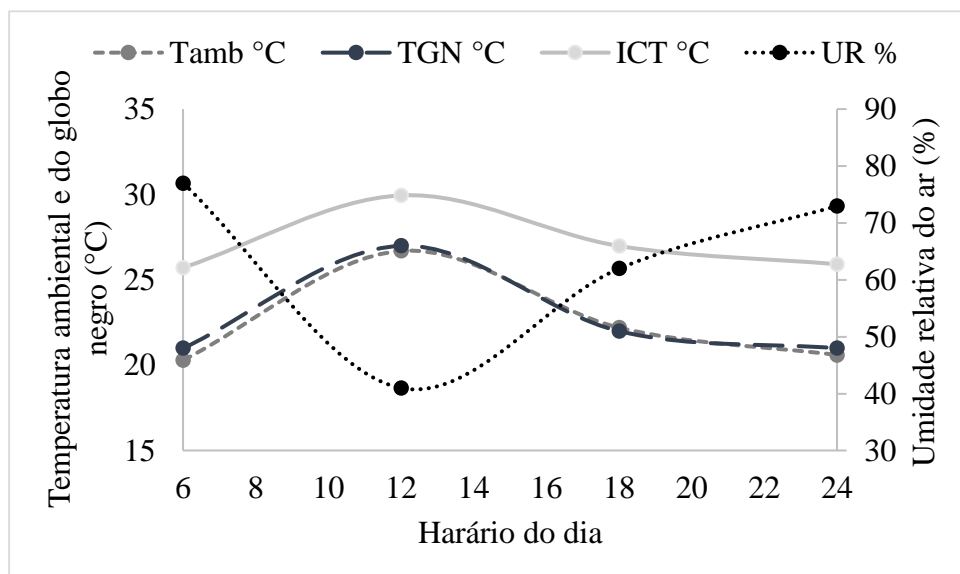


Figura 2. Comportamento bioclimático médio referentes à temperatura ambiental (Tamb), temperatura de globo negro (TGN), umidade relativa do ar (UR) do galpão e índice de conforto térmico (ICT) dos animais durante o período de confinamento

Em questões econômicas, os custos das dietas, para a matéria seca, tiveram variação no preço do custo no período total de confinamento e diariamente. Foi observado para os custos totais variações ($P = 0,001$) referentes ao investimento para aquisição dos animais e capital gasto com os ingredientes das, em que, os animais alimentados com a dieta contendo concentrações de 750 g/Kg de palma forrageira tiveram menores custos quando comparado com a dieta contendo 0 g/Kg de palma forrageira, reduzindo cerca de R\$ 19,00/Kg (Tabela 8).

Porém, em relação aos custos totais para a matéria seca, houve diferenças ($P = 0,001$) em que, o investimento com as dietas apresentou menor valor com o aumento da concentração de palma forrageira (Tabela 8). Para a receita total, os animais alimentados com 0 g/Kg de palma forrageira apresentaram maior custo ($P = 0,001$) quando comparado aos demais, porém seu ganho de peso total durante o confinamento foi maior (Tabela 5).

Tabela 8. Custo de produção de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
Investimento (R\$/Kg-PC ³)	194,6	197,3	191,7	191,6	3,54	0,630
Custo total (R\$/Kg)	45,5 ^a	39,1 ^b	30,7 ^c	26,6 ^c	1,24	<0,001
Custo diário (R\$/Kg)	1,1 ^a	0,9 ^b	0,8 ^c	0,6 ^d	0,02	<0,001
Receita total (R\$/Kg-PC)	481,1 ^a	458,4 ^{ab}	429,1 ^b	382,3 ^c	9,24	<0,001
Lucro bruto (R\$/Kg-PC)	286,5 ^a	261,0 ^{ab}	237,4 ^b	190,6 ^c	9,55	<0,001
Margem de lucro bruta (%)	60 ^a	57 ^a	55 ^a	50 ^b	1,19	<0,001
Custo total (R\$/Kg)	240,2 ^a	236,5 ^{ab}	222,4 ^{bc}	218,3 ^c	4,05	<0,001
Lucro líquido (R\$/Kg)	240,9 ^a	221,8 ^a	206,6 ^a	164,0 ^b	8,96	<0,001
Margem líquida (%)	50 ^a	48 ^a	48 ^a	42 ^b	1,25	<0,004

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey;

³Peso Corporal; ⁴Custo da dieta na Matéria Natural; ⁵ Custo da dieta na Matéria Seca.

O lucro bruto entre as dietas variou (P = 0,001) para os animais alimentados com 0 e 250 g/Kg de palma forrageira. Quanto à margem do lucro bruto, em porcentagem, os animais alimentados com 0, 250 e 500 g/Kg de palma forrageiras apresentaram uma boa margem de lucro (P = 0,001) com mais de 50%, porém comparando os animais que se alimentaram exclusivamente de palma forrageira (750 g/Kg), esta margem decaiu 10%, podendo ser vista como uma margem satisfatória dentro do sistema de criação.

Assim, o lucro líquido na matéria seca foi mais representativo (P = 0,001) para a dieta contendo 0, 250 e 500 g/Kg de palma forrageira, e menor lucro foi observado para os animais alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira. Foi observado este mesmo comportamento (P = 0,004) para as margens líquidas referente ao custo de alimentação com base na matéria seca (Tabela 9).

3. DISCUSSÃO

A diminuição da CMS com o aumento das concentrações de palma forrageira nas dietas para cordeiro (Tabela 3), está relacionada com a composição químico-nutricional deste alimento, o qual apresenta concentrações de MS de 76,9 g/Kg e FDN_{cp} de 196,4 g/Kg. Além disso, nas dietas experimentais apresentaram variações nas concentrações de MS e FDN_{cp} diminuíram com a inclusão de 750 g/Kg de palma forrageira, proporcionando limitações na CMS.

Em seu estudo, Cavalcanti et al. (2008) concluíram que: a inclusão de 600 g/Kg na dieta total com palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM) *in natura* diminui o CMS, o que pode ser observado neste relato. Pereira et al. (2021) abordaram que, o uso de palma forrageira *in natura* em concentrações de 474 g/Kg na dieta de ovinos promove redução no consumo da matéria seca, fibra insolúvel em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais. Isso pode ser confirmado tendo como referência a concentração de palma forrageira utilizada pelos autores acima citados com o presente estudo, em que, concentrações maiores que 530 g/Kg limitam o CMS.

Com essas referências, atreladas ao comportamento ingestivo, pode observar o tempo gasto de alimentação igual entre as dietas e um tempo de ruminação menor e tempo de ociosidade maior para as dietas com presença de palma forrageira (Tabela 5) devido à característica nutricional do alimento em relação concentração de fibra fisicamente efetiva das dietas totais, uma vez que a fonte de fibra efetiva, oriunda da silagem de sorgo, das dietas experimentais foi diminuindo com o aumento da concentração de palma forrageira.

Fatores físicos e químicos são limitantes para a ingestão de nutrientes, que podem estar relacionados com a composição dietética, em que, quando as concentrações de fibra em detergente neutro efetivo diminuem e a densidade energética da dieta é aumentada, ocorre a ativação do controle fisiológico por meio da “saturação” da necessidade energética do animal, diminuindo as estimativas da ingestão de alimento (Mertens, 1992).

O menor CMS dos animais alimentados com 500 e 750 g/Kg de palma forrageira pode estar associado a maior produção de gás pela fermentação dos carboidratos não fibrosos e pectina disponíveis nesse alimento (Gebremariam et al. 2006; Santos et al. 2010) proporcionando uma distinção ruminal a qual suprime o espaço, causando efeito similar ao efeito de enchimento.

Andrade et al. (2016), utilizando dietas contendo 740 g/Kg de palma forrageira (*Nopalea cochinillifera* Salm-Dyck) *in natura* sem fonte de volumoso para ovinos observaram uma menor CMS e atribuíram essa limitação a maior concentração de água desta cactácea, preenchendo o conteúdo ruminal, porém comparando tal resultados com o presente estudo, o GPD dos cordeiros alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira foi relativamente menor, média de 2 vezes, quando comparado com a dieta sem palma forrageira (0 g/Kg).

Tal associação permite compreender a fisiologia digestiva com a utilização de elevadas concentrações de palma forrageira, a qual limita o CMS pela pressão da massa ruminal, devido à água do alimento, e a produção de gás fermentado, uma vez que se trata de um alimento energético.

Dietas contendo níveis de 500 a 750 g/Kg de palma forrageira e variação de 100 a 0 g/Kg de volumoso, interagem com este processo de enchimento ruminal limitando o CMS e de outros nutrientes. A produção de gás via conteúdo gástrico fermentado é representada pela disponibilidade de açúcares simples e pectina os quais possuem comportamento fermentativo acelerado. Além disso, uma possível menor da taxa de passagem da ingesta pode ser referenciada, uma vez que o tempo que o alimento permanece no rúmen é menor pela ação fermentativa e umidade da palma forrageira.

Com o aumento da concentração de palma forrageira na dieta, a digestibilidade aparente da matéria seca e demais nutrientes foi melhorada (Tabela 4). Utilizando dietas contendo aproximadamente \pm 500 g/Kg de palma forrageira é notório uma tendência positiva para o melhoramento da DMS e dos outros nutrientes, independentemente da espécie utilizada (Ramos et al. 2013; Lins et al. 2016; Cardoso et al. 2019; Lopes et al. 2020; Rezende et al. 2020; Araújo et al. 2021; Pereira et al. 2021).

Observando os coeficientes de digestão aparente dos cordeiros que foram alimentados com a dieta sem palma forrageira (0 g/Kg) podendo ressaltar que os valores expressos podem ter correlação com a forma de processamento do grão de milho, o qual encontrava-se grosseiramente moído, diminuindo sua digestibilidade. Lucci et al. (2008) validaram que o a forma física interfere neste coeficiente de modo direto, sendo o milho na sua forma finamente proporcionou valores digestíveis melhores para MS e nutrientes quando comparado em sua forma grosseiramente moído. Sendo assim, o uso do exclusivo do milho quebrado na DAC, nesse estudo, apresentou coeficiente de degradabilidade de 56,2%, justificando o exposto.

Tal abordagem faz referência à disponibilidade de carboidratos não fibrosos nos ingredientes utilizados. Comparando o milho grosseiramente moído com a palma forrageira, a maior disponibilidade de substrato fermentativo por parte da palma forrageira favorece a eficiente utilização do composto para os microrganismos. Porém, quando se trata do milho em sua forma física grosseiramente moído, a disponibilidade do composto citado e o acesso à partícula dos microrganismos fermentativos é limitada, ocasionando em um baixo coeficiente fermentativo.

Como citado anteriormente, o CMS, CMO, CFDN_{cp}, CCNF e CNDT é afetada com o aumento do nível de inclusão de palma forrageira, e isso interfere diretamente no ganho de peso corporal de cordeiros confinados pela menor disponibilidade de nutrientes ao catabolismo para formação de tecidos.

O GPD dos cordeiros alimentados com dieta contendo 0 g/Kg de palma forrageira foi de 314 g/dia com PCF de 32 Kg e os animais alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira apresentaram PCF de 25,4 Kg e GPD de 152 g/dia (Tabela 4), isso apresentou redução de 48% do GPD e 79,3% PCF entre a dieta contendo 0 e 750 g/Kg de palma forrageira. Estudos realizados por Oliveira et al. (2017) utilizando uma dieta contendo 477 g/Kg de palma forrageira cv. Miúda sem adição de fonte fibrosa observaram ganho de peso de 154 g/dia indicando uma condição satisfatória nessas condições.

O comportamento seletivo no ato de alimentação de cordeiros comprova a teoria descrita por Hofmann (1989) de que esta espécie de ruminantes é classificada como comedores de gramíneas, devido sua morfofisiologia, e isso pode ser comprovado com o quanto ao tempo gasto com alimentação, o qual não foi alterado entre as diferentes dietas, representando tempo médio de alimentação de 80,7 minutos por dia, devido a condição de confinamento posto aos animais (Tabela 5).

O presente estudo contradiz o comportamento ingestivo da teoria de Van Soest (1991) em que espécies de ruminantes o tempo médio disponível para o ato de ruminação possui média de oito horas por dia. Porém, diante as dietas estudadas, a inclusão de zero nível de palma forrageira, possuía uma quantidade significativa de FDN fisicamente efetivo a qual proporcionava a ruminação, diferente das dietas com baixo, intermediário e alto nível de palma em que essa fração de FDN torna-se menor, além do estado de confinamento dos animais.

Com esta relação de diminuição da FDN da dieta, a tendência para que os cordeiros diminuíssem o ato de ruminação e permanecessem mais horas em ócio foi evidente. Cavalcante et al. (2008) observando o comportamento ingestivo de ovinos alimentados

com dietas contendo 600 g/Kg de palma forrageira cv. Gigante ou Orelha-de-Elefante observaram tempo médio de ócio de 198 e 205 min./dia, respectivamente. Tal comportamento obteve tempo gasto de 253 e 288 min./dia com dietas contendo concentrações de 500 e 750 g/Kg de palma forrageira.

Essa contradição pode ser explicada por Bispo et al. (2010), em que utilizaram concentrações de 560 g/Kg de palma forrageira, associado a uma baixa concentração de volumoso na dieta total observaram um efeito linear negativo para o tempo gasto com a ruminação e afirmaram que esse efeito está intercalado com a diminuição da FDN e aumento do CNF dietética.

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão condizentes com Oliveira et al. (2017) que observaram menor tempo de mastigação total (606 min./dia) com a utilização de palma forrageira em níveis intermediários, e associaram este dado com a menor disponibilidade de fibra de origem forrageira. Tal objeção está de acordo com a afirmação proposta por Van Soest (1994) em que, o tempo que o animal gasta com o ato de ruminação é proporcional a concentração da parece celular (FDN) da dieta.

Segundo Dulphy et al. (1980), com o aumento do nível de CNF na dieta ocorre um aumento da eficiência de ruminação. Partindo do pressuposto de que à palma forrageira é um alimento com alto teor de energia, a eficiência de ruminação, tanto pela MS quanto pela FDN, é alta. Sendo assim, as eficiências de alimentação e de ruminação foram melhores para as dietas com níveis de 250, 500 e 750 g/Kg de palma forrageira OEM (Tabela 6).

Carvalho et al., (2015) avaliaram a substituição do milho por três tipos de cereais em dietas de alto grão e constataram que a eficiência de ruminação tanto para a MS quanto para FDN na dieta contendo milho grão foi maior, devido menores concentrações de fibra oriunda de forragem e também do próprio ingrediente.

Quanto as variáveis fisiológicas, os cordeiros encontravam-se em sua faixa de conforto térmico em relação à troca de calor e umidade com o ambiente (Baeta & Souza, 1997). Assim, em condições de confinamento ocorre a melhoria do bem-estar animal com a oferta de dietas independentemente da concentração de palma forrageira.

Os parâmetros fisiológicos referentes à frequência cardíaca, respiratória, de cordeiros devem ficar estáveis com 70 a 110 batimentos cardíacos por minuto (bpm) e de 20 a 34 movimento por minuto (mpm) como proposto por Reece et al. (2015) e Kolb (1981), e a temperatura corporal deve permanecer estável com média de 39,5°C (Brion, 1964), as médias observadas no presente estudo estão dentro desses intervalos citados.

Porém, Silva et al. (2021) observaram que o uso de 750 g/Kg diferentes espécies de palma forrageira em substituição ao feno não proporciona diretamente modificações dos parâmetros fisiológicos, sendo uma questão bioclimática onde os animais estão confinados, mas o incremento calórico ocasionada por dietas com elevado teor fibroso modificam a temperatura corporal e frequência respiratória, como foi observado no presente estudo, para que ocorra dissipação do calor produzido pelo organismo com o ambiente.

A motilidade ruminal é associação à contração muscular do conjunto rúmen-retículo por meio de mecanismos neurais, agindo no alimento ingerido por meio do volume ou distensão do rúmen (Furlan et al. 2011). Fatores podem aumentar ou diminuir esta movimentação do conteúdo ruminal, sendo referentes ao ato de ruminação e a consistência da ingesta, em que, dietas suculentas, contendo grandes níveis de grãos ou fareladas realizam baixa tensão com a musculatura reduzindo os movimentos ruminais, diferente de dietas que contém fibra efetiva via forragem que aumentam esta motilidade (Furlan et al. 2011).

4. CONCLUSÃO

Tratando-se de dieta de alto concentrado em consorcio a palma forrageira, é indicado o uso de até 250 g/Kg de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana associado com o milho na dieta de cordeiros confinados, não afetando seu desempenho e sua fisiologia digestiva.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

- ALMEIDA, H. A.; PINTO, I. O. P.; SANTOS NETO, J. A. Diagnóstico e alternativa da reutilização da palma forrageira no Semiárido paraibano. **Brazilian Applied Science Review**, v.2, n.4, p.1346-1359, 2018.
- ALMEIDA, R. F. Cactus in the feed of sheep and goats in brasileiro Semi-arid. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.08-14, 2012.
- ANDRADE, S. F. J.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R.; LUCENA, R. B.; ANDRADE, R. P. X.; LIMA JÚNIOR, D. M. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum Science Animal**, v. 38, n. 2, p. 155-161, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**. 19th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012.
- ARAUJO, C. M.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. R.; SILVA, M. P.; RAMOS, A. O.; SOUZA, A. P.; MEDEIROS, A. N. Inclusion of *Opuntia stricta* (Haw.) in sheep diets affects nutrition and the physiocochemical characteristics of the rumen content. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 1, p. 1-12, 2021.
- BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. índice de conforto térmico para animais. **Boletim da Indústria Animal**, v. 52, n. 1, p. 29-35, 1995.
- BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; SANTOS, G. R. A.; CARVALHO, F. F. R.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, A.; BARBOSA, A. B. P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal Agronomy & Crop Science**, n. 189, p. 123-126, 2003.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. A.; MODESTO, E. C.; GUIMARÃES, A. V.; PESSOA, R. A. S. Comportamento ingestivo de vacas em lactação e de ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 2024-2031, 2010.
- BRION, A. **Vademecum del Veterinário**. 2ª ed. Barcelona: Gea, p. 732, 1964.
- BUFFINGTON, C.S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTONN, G.H.; PITT, D. **Black globe humidity comfort index for dairy cows**. American Society Agricultural Engineering, St. Joseph, p.19, 1977.
- CARDOSO, D. B.; CARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, G. R.; GUIM, A.; CABRAL, A. M. D.; VERAS, R. M. L.; SANTOS, K. C.; DANTAS, L. C. N.; NASCIMENTO, A. G. O. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea*

- cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, n. 247, p. 23-31, 2019.
- CARVALHO, S.; RODRIGUES M. T.; BRANCO, R. H.; ROGRIGUES, C. A. F. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 2, n. 35, p. 562-568, 2006.
- CAVALCANTI, M. C. A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; LIRA, M. A.; RIBEIRO, V. L.; NETO, A. C. R. 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 Science Animal**, v.30, n. 2, p. 173-179, 2008.
- CEZAR, M. F.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H.; PIMENTA FILHO, E. C.; TAVARES, G. P.; MEDEIROS, G. X. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante as condições climáticas nos Trópicos Semiáridos Nordestinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 641-620, 2003.
- CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. Carcaças ovinas e caprinas – obtenção, avaliação e classificação. 1ed. Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, p. 231, 2007.
- DELLINGER, F. T. **Programa, conteúdo e métodos de ensino teórico e prático da disciplina de etologia**. Universidade da Madeira, Portugal, 2005.
- DIFFAY, B. C.; MCKENZI, D.; WOLF, C.; PUGH, D. G. Abordagem e exame de ovinos e caprinos. In: **Clínica de caprinos e ovinos**. São Paulo: Roca, p. 1-19, 2004.
- DULPHY, J. P. REMOND, B. THERIEZ, M. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y.; THIVEND, P. Digestive physiology and metabolism in ruminants. Lancaster: MPT, p. 103-122, 1980.
- FEITOSA, F. L. F. Exame físico geral ou de rotina. In: FEITOSA, F. L. F. **Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico**. 2.ed. São Paulo: Rocca, p. 68-69, 2008.
- FERREIRA, R. C.; CÉZAR, M. F.; SOUSA, W. H.; CUNHA, M. G. G.; PEREIRA FILHO, J. M.; CORDÃO, M. A. Rendimento de carcaça e constituintes não carcaça de caprinos e ovinos de diferentes genótipos. **Revista Científica Produção Animal**, v.18, n.2, p.101-109, 2016.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, p. 1-27, 2011.

- GAY, C. C. Exame clínico de ovinos e caprinos. In: RODOSTITS, O. H.; MAYHEW, I. G. J.; HOUSTON, D. M. **Exame clínico e diagnóstico em veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 140-148, 2002.
- GEBREMARIAN, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of diferente levels od cactos (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intalk, digestibility and bory weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, n. 131, p. 42-51, 2006.
- HALL, M. B. **Calculation of Non-structural Carbohydrate Content of Feeds That Contain Non-protein Nitrogen**. University of Florida, Gainesville, 2000.
- HOFMANN, R. R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. **Oecologia**, n. 78, p. 443-457, 1989.
- KOLB, E., **Regulação da Temperatura Corpórea Fisiologia Veterinária**. 4 ed. Editora Guanabara Koogan, p. 562, 1981.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. **Animal Feed Science Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.
- LINS, S. E. B.; PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; SILVA, J. A. B. A.; SILVA, J. L.; SANTOS, S. A.; MELO, T. T. B. Spineless cactos as a replacement for wheat bran in sugar cane-bases diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2016.
- LOPES, L. A.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V.; MACIEL, M. V.; ANDRADE, R. B.; MUNHAME, J. A.; SILVA, T. G. P.; CARDOSO, D. B.; VERAS, A. S. C.; CARCALHO, F. F. R. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv Orelha de Elefante Mexicana. **Asian-Australas Journal Animal Science**, v. 33, n. 8, p. 1284-1291, 2020.
- LUCCI, C. S.; FONTOLAN, V.; HAMILTON. T. R.; KLU, R.; WICKBOLD, V. Processamento de grãos de milho para ruminantes: digestibilidade aparente e “*in situ*”. **Brasilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 1, p. 35-40, 2008.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo – SP, v.23, n.1, p123-139, 1976.

- MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: TEXEIRA, J. C.; NEIVA, R. S. **Anais do Simpósio Internacional de Ruminantes**. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras. MG, p. 01-32, 1992.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- NOBRE, I. S.; SOUZA, B. B.; MARQUES, B. A. A.; BATISTA, N. L. Efeito de diferentes níveis de concentrado e inclusão de gordura protegida na dieta sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, n. 9, v. 2, p. 14-20, 2013.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, p.384, 2007.
- OLIVEIRA, J. P. F.; FERREIRA, M. A.; ALVES, A. M. S. V.; MELO, A. C. C.; ANDRADE, I. B.; SUASSUNA, J. M. A.; BARROS, L. J. A.; MELO, T. T.; SILVA, J. L. Spineless cactos as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. **Tropical Animal Health and Production**, n. 49, p. 139-144, 2017.
- PAULINO, P. V. R.; OLIVEIRA, T. S.; GIONBELI, M. P.; GALLO, S. B. Without diets fodder for termination of animals ruminants. **Revista Científica Produção Animal**, v.15, n.2, p.161-172, 2013.
- PEREIRA, G. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; ARAÚJO, G. G. L.; PAULINO, R. S.; PERAZZO, A. F.; RAMOS, F. P. F.; NETO, J. M. C.; CRUZ, G. F. L.; LEITE, G. M. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. **Small Ruminant Research**, v. 194, p. 1-8, 2021.
- RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; LIMA JUNIOR, A. C.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, M. A. Dietary sources of diet for lactating Anglo Nubian goats: intake, digestibility and ingestive behavior. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.18, n.3, p.1-20, 2017.
- REECE, W. O.; ERICKSON, H. H.; GOFF, J. P. EUMURA, E.E. **Dukes' physiology of domestic animals**. 13 ed. John Wiley & Sons, 2015.
- RESENDE, F. M.; VERAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; CONCEIÇÃO, M. G.; LIMA, C. L.; ALMEIDA, M. P.; MORA-LUNA, R. E.; NEVES, M. L. M. W.;

- MONTEIRO, C. C. F.; FORREIRA, M. A. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diets. **Tropical Animal Health and Production**, 2020.
- ROGÉRIO, M. C. P.; GUEDES, L. F.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; MORAIS, O. R. Dietas de alto concentrado para ovinos de corte: potencialidade e limitações. **EMBRAPA, Comunicado Técnico**, 174, ed.1, p.22, 2018.
- SANTOS, A. O. A.; BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A.; AMORIM, G. L.; GUIM, A. MORAES, A. C.; LUCENA, R. B.; ANDRADE, R. Effects of Bermudagrass hay and soybean hulls inclusion on performance of sheep fed cactus-based diets. **Tropical Animal Health and Production**, n. 42, p. 487-494, 2010.
- SAS, Statistical Analysis System. *User's guide: statistics*. **Software**. Cary: North Carolina, 2009.
- 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, v. 1, p. 140-142, 1997.
- SILVA, T. G. P.; LOPES, L. A.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; NASCIMENTO, J. C. S.; SILVA NETO, J. F. Respostas fisiológicas de ovinos alimentados com genótipos de palma forrageira. **Revista de Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 15, n. 1, p. 58-63, 2021.
- SILVA, R. R.; SAMPAIO, E. V. S. S. Palma forrageira *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochinillifera*: sistema de produção e uso. **Revisão científica**, v. 2, p. 131-141.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- TURGEON, O. A.; BRINK JR. D. R.; BRITTON, R. A. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**, v.57, n.3, p.739-749, 1983.
- VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALARARES FILHO, S. C.; CUNHA, M.; QUEIROZ, A. C.; SAMPAIO, B. S. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 40, p. 666-833, 2011.

- VAN SOEST, P. J. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition cows. **Journal Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2° Ed. Ithaca: Cornell University Press, p.476, 1994.
- VENTUTINI, R. S.; CARVALHO, S. PIRES, C. C.; PACHECO, P. S.; PELLEGRIN, A. C. R. S.; MORO, A. B.; LOPES, J. F.; MARTINS, A. A.; BERNARDES, G. M. C.; SIMÕES, R. R.; MENEGON, A. L.; MOTTA, J. H. Intake and performance of lambs and hoggets fed high concentrate conr or sorghum diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.6, p.1638-1646, 2016.
- VÉRAS, R. M. L.; FERREIRA, M. A.; CAVALCANTI, C. V. A.; VÉRAS, A. S. C.; CARVALHO, F. F. R.; SANTOS, G. R. A.; ALVES, K. S.; MAIOR JÚNIOR, R. J. Substituição do Milho por Farelo de Palma Forrageira em Dietas de Ovinos em Crescimento. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 249-256, 2005.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica aplicada**. 1.ed. Viçosa: UFV, 1991.
- WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures**, 61th Proceedings, Cornell University, Ithaca, pp. 176-185, 1999.

CAPÍTULO III

DINÂMICA NO USO DE ÁGUA E NITROGÊNIO ATRELADO AO STATUS METABÓLICO DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO PALMA FORRAGEIRA EM SUBSTITUIÇÃO A DIETAS DE ALTO CONCENTRADO

(Artigo apresentado conforme as normas da revista Small Ruminant Research)

Dinâmica no uso de água e nitrogênio atrelado ao status metabólico de cordeiros alimentados com dietas contendo palma forrageira em substituição a dietas de alto concentrado

RESUMO:

Objetivou-se com esse estudo, avaliar dietas energéticas contendo milho grosseiramente quebrado associado a diferentes concentrações de palma forrageira em relação à dinâmica do uso de água e nitrogênio além do status metabólico de cordeiros confinados. O experimento foi realizado com 32 cordeiros machos, mestiços Santa Inês, com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg distribuídos em um delineamento em blocos casualizados. As dietas consistiam na inclusão, a qual culminou em substituição, do milho por palma forrageira nos níveis de 0, 250, 500 e 750 g/Kg com base na matéria natural. Os dados foram submetidos a análise de variância com comparação de médias pelo Teste de Tukey (5%). Houve maior ingestão de água por via alimentar ($P=0,001$) e total ($P=0,001$) com o aumento da concentração de palma forrageira na dieta. O metabolismo de nitrogênio não foi afetado ($P=0,456$) com as diferentes associações de milho moído grosseiramente com palma forrageira. A excreção de metabólitos da urina apresentou maiores concentrações de creatinina ($P=0,003$) com a maior concentração da palma forrageira e menor excreção de fósforo ($P=0,001$), além de proporcionar um aumento da faixa do pH urinário para 9,9 ($P=0,016$). As dietas estudadas não modificaram as concentrações dos metabólitos séricos energéticos e enzimas hepáticas, porém os metabólitos proteicos referentes à ureia ($P=0,024$) e ácido úrico ($P=0,002$) apresentaram concentrações maiores, junto com as concentrações de cálcio sérico ($P=0,002$). A faixa de pH fecal aumentou linearmente com a maior concentração de palma forrageira ($P=0,001$) com valor de 9,7. Assim, concentrações de 250 g/Kg da palma forrageira em impulsiona a eficiência do uso de água, estabiliza a síntese de nutrientes glicogênicos bem como o status lipídico em cordeiros confinados.

Palavras-chave: balanço hídrico, creatinina, metabolismo hepático, ureia

Dynamics in the use of water and nitrogen linked to the metabolic status of lambs fed diets containing spineless cactus instead of high concentrate diets

ABSTRACT:

The purpose to study was to evaluate energy diets containing ground corn associated with different concentrations of spineless cactus in under the dynamics of the use of water and nitrogen in addition to the metabolic status of confined lambs. Were used 32 male lambs, crossbreed Santa Inês, with average body weight of 19.0 ± 2.5 Kg distributed in a randomized block design. The diets were inclusion, with replacement, of corn by spineless cactus at levels of 0, 250, 500 and 750 g/Kg. The data were subjected to analysis of variance with comparison of means using the Tukey test at 5%. There was a greater of water intake through food ($P=0.001$) and total ($P=0.001$) increasing the concentration of spineless cactus in the diet. The Nitrogen metabolism was not affected ($P=0.456$) for the difference associations of ground corn with spineless cactus. The excretion of metabolic in the urine presented highest concentrations of creatinine ($P=0.003$) with the highest concentration of the cactácea and the excretion of phosphorus ($P=0.001$), beyond the high pH range equal to 9.9 ($P=0.016$). The experimental diets did not modify the concentrations of the energetic serum metabolic and liver enzymes, however the protein metabolic referring to urea ($P=0.024$) and uric acid ($P=0.002$) presented higher concentrations, and the serum calcium ($P=0.002$). The fecal pH increases linearly with the highest concentration of cactus ($P=0.001$) getting 9.7. Concentrations of 250 g/Kg of spineless cactus boosts water use efficiency, stabilizes glycogenic nutrient synthesis as well as lipid status in confined lambs.

Key word: creatinine, hepatic metabolism, hydric balance, urea

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira é utilizada como alimento nas dietas de ruminantes criados em regiões Semiáridas em diversos continentes. Geralmente, recomenda-se, sua utilização com uma fonte de fibra, porque esse alimento possui concentrações de fibra e proteína bruta baixas, e altas quantidades de carboidratos não fibrosos, disponibilizando energia para fermentação ruminal.

A alta concentração de água nessa cactácea, sua característica fisiológica de metabolismo CAM (Diniz et al. 2017) armazenando água em suas reservas (Mohamed-Yasseen et al. 1996), favorecendo seu uso nessas condições para alimentação animal (Ben Salem e Smith, 2008). Outro ponto com o uso dessa cactácea na alimentação de ruminantes está relacionada a estabilização dos níveis de metabólicos energéticos, como a glicose, os triglicerídeos e colesterol (Cardoso et al., 2019), e o metabolismo do uso de nitrogênio (Rezende et al., 2020; Pereira et al., 2021).

Em relação ao teor de minerais da palma forrageira, Batista et al. (2003) em seus estudos com caracterização nutricional das espécies Gigante, Miúda e Redonda obtiveram resultados médios de 116 g/Kg para matéria mineral, 36 g/Kg de cálcio e 3 g/Kg de fósforo. Ben Salen (2002) de modo geral, caracterizou as concentrações de cálcio de 52,6 g/Kg, potássio de 19 g/Kg, magnésio de 12,7 g/Kg e fósforo de 2,1 g/Kg. No entanto esta pode ocorrer variação em relação à espécie estudada.

Desta forma, o estudo do efeito da palma forrageira a fisiologia renal e metabolismo de nitrogênio e hepático em ruminantes é fundamental para otimização deste alimento em sistemas de criações no Semiárido (PorDeus Neto et al., 2016). No entanto, poucos estudos da relação hídrica e metabolismo de mineral na alimentação de cordeiros em confinamento alimentado com diferentes concentrações de palma forrageira possibilita uma investigação afundo da dinâmica absorptiva de água e minerais sobre as condições metabólicas séricas e renais.

Então, objetivou-se avaliar a dinâmica no uso de água e nitrogênio em conjunto ao status metabólico de cordeiros alimentados com diferentes dietas à base de palma forrageira *Opuntia stricta* Haw confinados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Garanhuns, Agreste Meridional de Pernambuco (8° 53' 25" S, latitude e 36° 29' e 34" W, longitude) no período de março a maio de 2020. Os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como consta no protocolo N° 96162805.

Animais experimentais

Foram utilizados 32 cordeiros mestiços da raça Santa Inês, não-castrados, com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg e idade média de 120 dias. Antes do início do período de confinamento, os animais foram pesados, vermifugados, vacinados contra clostridioses, receberam complexo vitamínico (ADE) e foram identificados com brincos no período de quarentena. Os animais ficaram confinados em baias individuais, com dimensões de 1,2 m x 1,8 m, providas com piso ripado, cocho, bebedouro e dreno para dejetos.

Delineamento e período experimental

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, de acordo com o peso inicial, com quatro tratamentos e oito repetições. O experimental foi de 55 dias, divididos em 15 dias para adaptação as dietas experimentais e 40 dias para o período experimental.

Dietas experimentais e tratamentos

As dietas foram formuladas a fim de atender à exigência nutricional de cordeiros desmamados em terminação segundo o NRC (2007) com peso corporal de $\pm 20,0$ kg e ganho de peso de 250 g/dia.

Foram avaliadas quatro dietas com diferentes concentrações do milho quebrado e palma forrageira OEM: 1) dieta de alto concentrado (sem palma forrageira); baixa concentração de palma forrageira (250 g/Kg na matéria seca); média concentração (500 g/Kg da matéria seca) e; alta concentração (750 g/Kg na matéria seca), sendo isoenergéticas (Tabela 2).

As dietas eram formadas por núcleo concentrado, formulado a partir de farelo de soja, ureia, calcário calcítico, óleo de soja e núcleo mineral vitamínico, associado ou não com milho, palma forrageira cv. Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e/ou silagem de sorgo (Tabela 1).

O milho grão foi utilizado em sua forma física grosseiramente moída e a palma forrageira de forma *in natura* colhida de um palmar com 2 anos de plantio. A silagem de sorgo foi confeccionada no período de setembro de 2019 e aberta no mês de março de 2020, oriundo da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg^{MS})

Item	Silagem de sorgo	Palma forrageira ¹	Milho	Farelo de soja
MS	244,7	76,9	893,5	902,7
MO	957,4	877,1	975,7	933,2
MM	42,6	122,9	24,2	66,7
PB	71,1	72,8	84,5	527,0
EE	16,9	16,4	62,8	27,1
FDN	648,9	228,0	148,8	149,0
FDA	355,4	159,0	90,7	86,8
FDN _{CP}	584,1	196,4	120,2	106,2
CHT	869,3	787,8	828,4	379,0
CNF	285,2	591,4	708,1	272,8
LIG	36,7	113,3	10,1	8,9
NDT	649,7	722,6	901,0	797,8

¹Palma forrageira = *Opuntia stricta* Haw cv. Orelha-de-Elefante Mexicana. Itens: MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDN_{CP} = correção da fibra para cinzas e proteína; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; CHT = carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso; LIG = lignina; NDT = nutrientes digestíveis totais; NDT = nutrientes digestíveis totais*estimado segundo Weiss (1993).

Tabela 2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas com base na matéria seca

Ingredientes da dieta (g/Kg)	Inclusão da Palma Forrageira (g/Kg)			
	0	250	500	750
Silagem de sorgo	250	200	100	-
Palma forrageira OEM ¹	-	250	500	750
Milho quebrado	600	380	190	-
Óleo de soja	-	24	39	55
Farelo de soja	121	115	140	164
Ureia	11	16	16	16
Suplemento mineral ²	13	10	10	10
Calcário calcítico	5	5	5	5
Total (Kg)	1000	1000	1000	1000
Composição química (g/Kg)				
Matéria seca	538,6	213,8	136,1	99,8
Proteína bruta	163,1	169,9	178,2	185,8
NDT ³	799,0	795,8	793,3	791,9
Extrato etéreo	45,2	58,4	64,6	76,7

Fibra em detergente neutro	231,0	223,8	194,3	164,7
----------------------------	-------	-------	-------	-------

¹OEM = Orelha-de-Elefante Mexicana; ²Minerais do produto/g ou mg: Cálcio (Ca) = 140g; Fósforo (P) = 70g; Magnésio (Mg) = 1.320mg; Ferro (Fe) = 2.200mg; Cobalto (Co) = 140mg; Manganês (Mn) = 3.690mg; Zinco (Zn) = 4.700mg; Iodo (I) = 61mg; Selênio (Se) = 45mg; Enxofre (S) = 12g; Sódio (Na) = 148mg; Flúor (F) = 700mg; e ³NDT = Nutrientes Digestíveis Totais.

Manejo experimental

As dietas foram oferecidas na forma de ração completa em duas porções iguais as 08h00 e 16h00 diretamente no cocho. Assim, a quantidade da dieta completa ofertada aos animais foi ajustada diariamente durante o período de adaptação para proporcionar 10% de sobras. Quando ofertado, todos os ingredientes foram misturados para garantir a ingestão voluntária e seleção menor dos ingredientes pelos animais. A água foi disponibilizada *ad libitum*.

Coleta de dados

Ingestão de água e balanço hídrico

A ingestão diária de água (IA_{diário}) foi determinado pela diferença entre a oferta e as sobras no intervalo de 24h00 durante todo período experimental e corrigidos pela taxa de evaporação. A determinação foi realizada seguindo a fórmula: $IA_{diário} = QAF - QAE - QS$; em que: CA_{diário} = ingestão de água do dia; QAOF = quantidade de água ofertada; QAE = quantidade de água evaporada de três recipientes com mesmo volume distribuído em pontos representativos no corredor do galpão; QS = quantidade de água que sobrou no bebedouro (Santos et al. 2021).

O balanço hídrico foi estimado a partir da determinação de todas as fontes de água (de bebida, do alimento e metabólica) e todas as perdas de água (urina, fezes e perdas insensíveis) (TAYLOR et al., 1969). As perdas insensíveis foram calculadas subtraindo-se a água perdida nas fezes e na urina pela entrada total de água (água de bebida + água do alimento + água metabólica) (CHURCH, 1976).

Atrelado a isso, foram realizadas observações individuais contínuas em três períodos distintos, correspondido pelo 16º, 26 e 36º dias para avaliação das frequências fisiológicas comportamentais, representadas pelo ato de urinar, defecar e beber água.

Escore fecal

Foi avaliado durante todo período experimental o escore visual das fezes dos animais de modo subjetivo por uma pessoa treinada, consistindo na pontuação que variava de 1 a 4 da aparência fecal (imagem 3), em que:

1) fezes líquidas = aparência líquida com som de respingo que se espalha facilmente com o impacto no solo;

2) fezes moles = aparência solta que respinga moderadamente e difusamente no impacto com o solo fazendo o som de respingo de um objeto em contato com a água);

3) fezes firmes = aparência não tão dura, amontoadas, porém pastosa e ligeiramente dispersa e assentada no impacto com o solo); e

4) fezes duras = aparência dura com forma original não alterada e assentando no impacto com o solo (Irelan-Perry e Stallings, 1993).



Figura 1. Aspecto físico das fezes de cordeiros em confinamento. (Arquivo pessoal)

pH fecal

O pH fecal foi determinado por meio de amostras compostas coletadas do reto de cada animal no 32º ao 40º dia de confinamento. Foi feita uma diluição contendo 15 g de fezes frescas e úmidas em 100 mL de água destilada deionizada. Preparada a diluição, o Ph foi aferido com a introdução da ponta de um peagâmetro digital (Turgeon et al. 1983).

Balanço de nitrogênio

As amostras *spot* de urina foram obtidas de todos os animais, pela manhã, 4h00 após a primeira alimentação, por coleta da micção espontânea usando sacos coletores de colostomia adaptados de 65 mm, os quais foram acoplados aos animais, ao 35º dia do período experimental. Após a homogeneização e filtragem (com gaze) da urina foram mensurados o pH por meio de um pHmetro digital e em seguida as amostras foram acondicionadas em ependorffs de 2 mL e em potes rosqueados os quais foram armazenadas a -20 °C para posteriores análises.

Para o cálculo do volume urinário (VU), foi multiplicados o peso corporal (PC) pela excreção diária de creatinina (mg/kg PC) e dividido o resultado pela concentração de creatinina (mg/L) da urina spot de cada animal, sendo adotada como padrão a excreção de creatinina de 23,2 mg/kg de PC (Kozloski et al. 2005).

As concentrações de ureia e creatina da urina foram determinadas por kits comerciais da LABTEST® e as concentrações de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2012; método, 981,10). O balanço aparente de nitrogênio (BN) foi calculado conforme metodologia descrita por Silva e Leão (1979), sendo expresso em g/dia, em que considera as seguintes fórmulas: BN ou Nretido = Ningerido – (Nfezes + Nurina); Nabsorvido = Ningerido – Nfezes; Ningerido = Nofertado – Nsobras; Balanço de N (%) = Ningerido – (Nfezes + Nurina)/Ningerido*100.

Parâmetros bioquímicos

As coletas de sangue foram realizadas no 39º dia do período experimental, quatro horas após o fornecimento matinal da dieta, com auxílio de tubos vacutainer de 10 mL contendo ativador de coagulação, através de punção da veia jugular após desinfecção com álcool iodado.

Após a coleta do sangue, as amostras foram homogeneizadas por inversão, colocadas em isopor com gelo e centrifugadas a 3.000 rotações por minuto (RPM) a 4 °C por 15 minutos para retirada do soro. O soro foi acondicionado em eppendorf de 1,5 mL identificado, e refrigerado a -10 °C para dosagem das concentrações séricas de glicose, albumina, triglicerídeos, colesterol total, colesterol-HDL, ureia, enzima aspartato aminotransferase (AST), gama glutamil transferase (GGT) e minerais (Ca e P).

Foi utilizado o kit RONDOX® para análise das concentrações de BHB e LABTEST® para os demais. As leituras foram submetidas ao analisador bioquímico LABMAX 240 (LABTEST Diagnóstica SA, Brasil) no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da Clínica de Bovinos da UFRPE.

Análises estatísticas

As análises das variáveis foram conduzidas utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = m + T_i + b_j + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = valor observado para a variáveis em estudo (i = dietas, j = repetição); m = média de todas as unidades experimentais; T_i = efeito particular da dieta; b_j = efeito do bloco; e_{ij} = erro associado a observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2009). Quanto as comparações das médias foram realizadas por meio do Teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS

A ingestão de água de bebida foi maior ($P=0,001$) para os animais alimentados com a dieta controle contendo a relação v:c de 25:75 sem a utilização de palma forrageira. Quanto à ingestão de água via alimento, houve aumento ($P=0,001$) com a inclusão da palma forrageira, forçando involuntariamente o aumento da ingestão total de água ($P=0,001$).

Pode ser observado variação quanto a ingestão de água em relação ao peso corporal e peso metabólico ($P=0,001$) em que os cordeiros alimentados com a dieta contendo 0 g/Kg de palma forrageira tiveram maiores valores. O mesmo foi observado para a eficiência de ingestão de água ($P=0,001$) para os animais alimentados de palma forrageira, a qual foi 25, 40, 67 e 92% entre as respectivas dietas (Tabela 3).

Tabela 3. Relação da ingestão e eficiência, em L/dia, do uso de água em cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
IA via bebida (Kg/dia)	1,7 ^a	0,3 ^b	0,2 ^b	0,2 ^b	0,08	<0,001
IA via alimento (Kg/dia)	0,8 ^d	3,5 ^c	5,2 ^b	6,4 ^a	0,18	<0,001
IA total (Kg/dia)	2,5 ^d	3,9 ^c	5,5 ^b	6,5 ^a	0,19	<0,001
IA ^{PC} (Kg/dia)	4,7 ^a	1,0 ^b	0,7 ^b	0,7 ^b	0,22	<0,001
IA ^{0,75} (Kg/dia)	11,6 ^a	2,4 ^b	1,8 ^b	1,8 ^b	0,54	<0,001
EIA (%)	25,7 ^d	40,9 ^c	67,7 ^b	92,9 ^a	0,10	<0,001
IV/IMS (Kg/dia)	1,7 ^a	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,07	<0,001
IT/IMS (Kg/dia)	2,2 ^a	1,1 ^b	1,0 ^b	0,9 ^b	0,07	<0,001
PA _{FEZES+URINA} (Kg/dia)	1,0 ^d	1,8 ^c	3,9 ^b	7,0 ^a	0,20	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey; IA = ingestão de água; PA_{FEZES+URINA} = perda de água via fezes e urina; EIA = eficiência da ingestão de água; IV/IMS = ingestão de água voluntária em relação a ingestão da matéria seca; IT/IMS = ingestão total de água em relação a ingestão da matéria seca.

A relação da ingestão total de água pela ingestão de matéria seca foi maior ($P=0,001$) com o uso da dieta com 0 g/Kg de palma forrageira na alimentação dos cordeiros. A perda de água via fezes e urina aumentou 14,3% com a inclusão de palma forrageira gradativamente.

Assim, os animais que consumiam as dietas que apresentavam concentrações de 0 a 250 g/Kg de palma forrageira na alimentação de cordeiros confinados, a frequência da ocorrência de fezes líquidas e moles foram relativamente menores do que nos animais consumindo 500 e 750 g/Kg. As dietas com 0 e 250 g/Kg de palma forrageira

apresentaram fezes com menor teor de umidade devido as menores concentrações de fibra advindo da silagem de sorto (Figura 2).

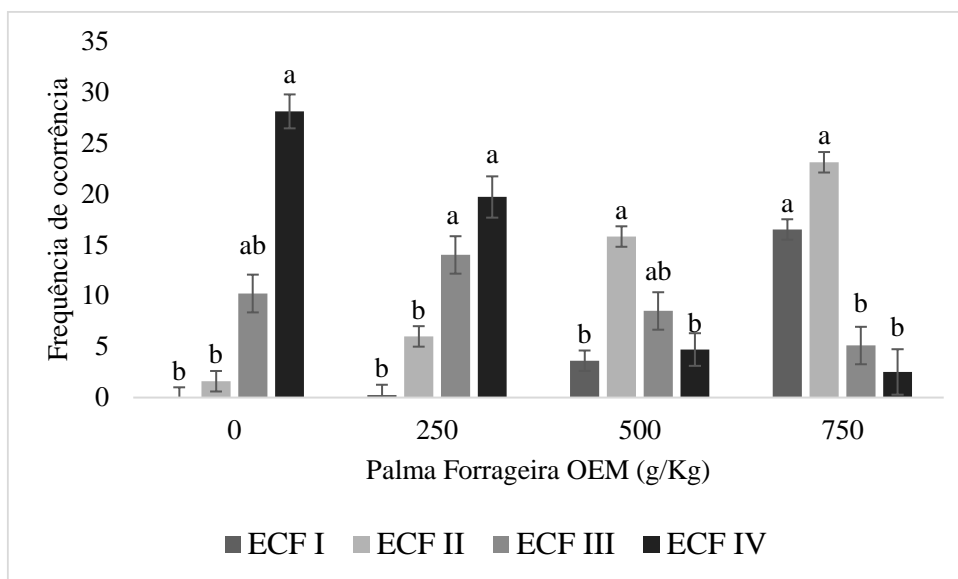


Figura 2. Frequência, de acordo com a ocorrência de médias, do escore fecal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira orelha de elefante mexicana. Letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A faixa de pH fecal dos cordeiros apresentou variação com o aumento das concentrações de palma forrageira ($P = 0,001$), mostrando que este alimento pode proporcionar fezes alcalinas quando comparadas com os animais alimentados com 0 g/Kg de palma forrageira (Figura 3).

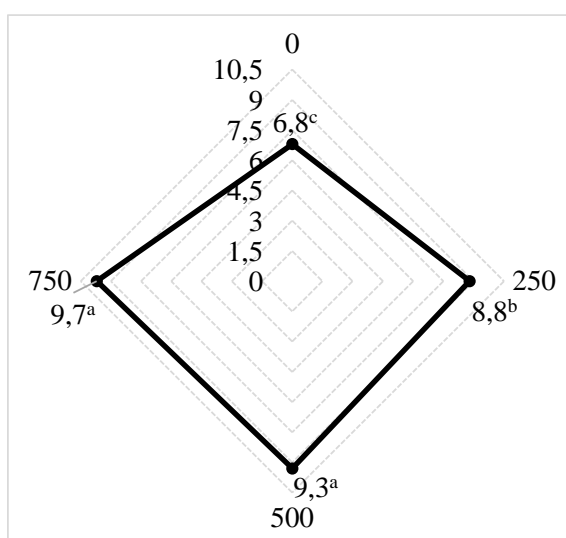


Figura 3. Potencial hidrogeniônico (pH) das fezes de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de Palma Forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana. Letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Referente ao metabolismo de nitrogênio (N) os animais consumindo 750 g/Kg de palma forrageira tiveram menores valores de N ingerido ($P=0,001$), absorvido ($P=0,001$) e retido ($P=0,001$) em relação aos animais submetidos as outras dietas proporcionando eficiência do uso de N pelo metabolismo dos cordeiros (Tabela 4). Com relação de N excretado pela urina ($P=0,001$) e fezes ($P=0,002$), houve redução gradativa dessas variáveis com o aumento da concentração de palma forrageira nas dietas. O balanço de N aparente não apresentou variação ($P=0,175$) com valor médio de 81,6.

Tabela 4. Balanço de nitrogênio aparente de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
N ingerido (g/dia)	24,0 ^a	23,9 ^a	20,8 ^a	12,7 ^b	1,1	<0,001
Excreção N urina (g/dia)	1,1 ^b	1,7 ^a	0,9 ^{bc}	0,6 ^c	0,1	<0,001
Excreção N fezes (g/dia)	2,7 ^a	2,4 ^{ab}	2,1 ^{bc}	1,9 ^c	0,1	<0,004
N absorvido (g/dia)	21,2 ^a	21,5 ^a	18,6 ^a	10,8 ^b	1,1	<0,001
N retido (g/dia)	20,0 ^a	19,8 ^a	17,7 ^a	10,2 ^b	1,1	<0,001
Balanço N (% estimada)	83,3	81,9	84,8	76,6	2,6	0,175

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Houve diferença para o volume ($P=0,001$) e a faixa do pH urinário ($P=0,016$) com o aumento da concentração de palma forrageira, tornando a excreção de urina maior e o meio alcalino (Tabela 5). A creatinina urinária reduziu ($P=0,003$) com o aumento da concentração de palma forrageira na dieta.

Tabela 5. Excreção e perfil bioquímico urinária de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
Vol. urinário (L/dia)	0,7 ^d	1,6 ^c	3,8 ^b	6,9 ^a	0,20	<0,001
pH urinário	8,9 ^b	9,6 ^{ab}	9,8 ^{ab}	9,9 ^a	0,21	<0,016
Ureia (g/dL)	20,9	24,0	9,3	3,7	5,50	0,052
Ácido Úrico (mg/dL)	14,8	14,7	5,2	11,9	3,99	0,311
Creatinina (mg/dL)	64,9 ^a	41,6 ^{ab}	21,9 ^b	11,1 ^b	8,60	<0,003
Ca (mg/dL)	8,4	9,2	9,3	10,8	1,46	0,685
P (mg/dL)	14,8 ^a	2,4 ^b	1,4 ^b	0,3 ^b	1,66	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Quanto aos minerais, o fósforo apresentou diferença entre as dietas ($P=0,001$) reduzindo a concentração de 14,8 mg/dL na dieta de alto concentrado para 0,3 mg/dL na

dieta com 750 g/Kg de palma forrageira. Quanto à concentração de cálcio excretado pela urina, não houve diferença ($P=0,685$), com valor médio de 9,4.

O monitoramento das frequências de comportamento fisiológicos auxilia no entendimento da fisiologia digestiva correlacionada com o uso de determinados ingredientes que compõem uma dieta. Houve variação ($P=0,001$) em relação ao número de micção por dia dos animais alimentados com maior concentração de palma forrageira na dieta total quando comparado com a dieta sem a cactácea (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativa da frequência de comportamento fisiológico por dia de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EMP ¹	<i>P</i> -valor ²
	0	250	500	750		
Água (nº/dia)	2,50	1,12	0,75	0,37	0,54	0,059
Defecação (nº/dia)	19,2	24,3	24,8	28,75	2,66	0,124
Micção (nº/dia)	16,3 ^c	30,1 ^b	43,2 ^a	45,7 ^a	2,54	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Tal comparativo de frequência mostra que os cordeiros alimentados com 750 g/Kg de palma forrageira podem possuir o ato de urinar cerca três vezes mais que animais que não ingerem esta cactácea. Essa ação fisiológica confirma a ideia da eficiência do uso de água pelo organismo dos cordeiros, em que, com a ingestão forçada de água via alimento é elevada, a absorção e uso no metabolismo animal suprem a exigência, e o excesso que foi absorvido é excretado pela urina.

O status séricos de metabólicos energéticos e enzimas hepáticas não apresentaram diferenças em relação aos animais das diferentes dietas com valores médios de 60,1 mg/dL; 29,1 mg/dL; 47,5 mg/dL; 0,50 mmol/L; 103,2 U/L e 63,3 U/L para glicose, triglicerídeos, colesterol total, β hidroxibutirato, aspartato aminotransferase e γ glutamyl transferase, respectivamente. Porém, os metabólicos proteicos relativos à ureia e ácido úrico circulante no sangue dos cordeiros foi aumentando entre as dietas experimentais tendo relação com a fonte e relação de N utilizada nas dietas (tabela 6).

Tabela 7. Status metabólico energético, enzimas hepáticas e minerais séricos em cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EPM ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
Glicose (mg/dL)	67,1	68,0	69,8	65,7	3,09	0,818
Triglicerídeos (mg/dL)	26,2	23,6	30,8	36,1	3,62	0,107
Colesterol total (mg/dL)	50,9	46,3	44,7	45,2	3,56	0,611
BHB (mmol/L)	0,42	0,59	0,52	0,47	0,06	0,388
Ureia (mg/dL)	48,8 ^b	51,7 ^{ab}	60,1 ^{ab}	61,3 ^a	3,14	<0,024
Ácido Úrico (mg/dL)	0,006 ^c	0,009 ^{bc}	0,012 ^{ab}	0,011 ^a	0,01	<0,002
Albumina (g/dL)	2,5	2,5	2,7	2,8	0,50	0,365
Proteínas Totais (g/dL)	5,7	5,9	6,0	6,2	0,13	0,068
Creatinina (mg/dL)	0,61	0,54	0,64	0,64	0,02	0,067
AST (U/L)	97,6	97,5	98,2	119,8	8,03	0,164
GGT (U/L)	66,9	64,0	62,1	60,2	4,60	0,765
Ca (mg/dL)	10,1 ^b	10,9 ^{ab}	11,3 ^a	11,7 ^a	0,27	<0,002
P (mg/dL)	10,4 ^a	8,8 ^b	8,9 ^{bc}	7,0 ^c	0,33	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey; BHB = β hidroxibutirato; AST = aspartato aminotransferase; GGT = γ glutamil transferase; Ca = cálcio; P = fósforo.

Quanto os minerais circulantes no sangue, houve diferenças para o cálcio (P=0,002) e fósforo (P=0,001). A concentração de Ca sérico foi maior nos animais consumindo 500 e 750 g/Kg de palma forrageira do que os animais consumindo 0 g/Kg (tabela 6). Em relação aos teores de fósforo sérico, foram maior nos animais alimentados com 0 g/Kg do que 750 g/Kg de palma forrageira.

4. DISCUSSÃO

Além de oferecer características de alimentos energéticos (Ferreira et al. 2000) em condições de semiaridez, as características morfofisiológicas de plantas cactáceas servem de adaptação à escassez hídrica (Ben Salem e Smith, 2008) acumulando água em seus cladódios. Porém a diluição desse conteúdo energética e de outros nutrientes podem favorecer desbalanço na fisiologia digestiva e absorptiva.

Com esse estudo, observa-se que o uso de concentrações de 250, 500 e 750 g/Kg de palma forrageira promoveram um aumento na ingestão total de água, quando comparadas à dieta de contendo 0 g/Kg. Em termos quantitativos, a ingestão total de água, considerando a ingestão espontânea de água de bebida e forçada via alimento, da dieta de 0 g/Kg em relação à dieta com 750 g/Kg de palma forrageira, teve um aumento de 73%, em que os cordeiros ingeriam 2,56 Kg/dia e 6,52 Kg/dia, respectivamente.

Em contra partida, o estímulo de ingestão de água voluntário foi maior para os animais alimentados com a dieta sem palma forrageira, sendo em média ingerido 1,69 Kg/dia de água, mostrando que, a disponibilidade de água via alimento interfere no consumo voluntário positivamente. Uma vez que, o uso de palma forrageira pode suprir a necessidade de ingestão de água diária, verificou-se que os animais alimentados com palma forrageira e concentrado a eficiência foi de 92,9%.

Diante disso, relatos referentes ao uso de palma forrageira *in natura* nas dietas de pequenos ruminantes criados em regiões semiáridas, concluíram que existe uma relação direta da ingestão total de água, independentemente da concentração desta cactáceas (Neto, et al. 2016; Andrade, et al. 2016; Ramos, et al. 2017; Silva, 2018; Cardoso et al. 2019; Lopes, et al. 2019).

A consistência física das fezes pode ser um indicativo de algum problema relacionado à nutrição, apontando que, ao usar determinado ingrediente à fisiologia digestiva e o desempenho possam ser prejudicados, ocasionando em quadros de diarreia não patológicas.

Quando se tem uma variação da consistência fecal, as causas podem ser a velocidade da taxa de passagem do alimento no rúmen somado a digestibilidade do conteúdo (Schultheiss, 2005), interferindo na fermentação e diminuindo a absorção de nutrientes, sendo um fator limitante para o ganho de peso dos animais, o que possivelmente aconteceu com os animais alimentados com dietas contendo 750 g/Kg de palma forrageira.

PorDeus Neto et al., (2016) em um estudo sobre o comportamento hídrico e urinário no metabolismo de ovinos alimentados com palma forrageira na forma *in natura*, sem associação a fonte volumosa, com uma concentração de 740 g/Kg na dieta total, observaram que os cordeiros tiveram média do volume urinário de 4 litros por dia.

Neste contexto, quando o volume urinário atinge a capacidade de armazenamento da bexiga o ato de micção é acionado pelo sistema nervoso, e diariamente, quanto mais vezes o volume urinário atingir a capacidade de armazenamento do órgão, maior será a frequência da micção, o que foi observado no estudo.

Além disso, a palma forrageira pode ser considerada um alimento diurético, atuando no aumento da taxa do volume urinário, tendo em vista que alguns minerais atuam como solutos assim como o cloreto de sódio presente nos túbulos dos néfrons (Reece, 2017). Tais minerais são constituintes, em elevadas concentrações, na matéria mineral da palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana, como potássio (27,7 g/Kg^{MS}), cálcio (23,8 g/Kg^{MS}) e magnésio (8,1 g/Kg^{MS}) (Silva, 2018), associando assim esse efeito diurético da palma forrageira na fisiologia renal de cordeiros, evitando casos de urolitíase.

A medição do pH fecal pode indicar a interação de doenças metabólicas associadas a acidose láctica ruminal (Maruta et al. 2002) além da quantidade de amido presentes nas fezes (Wheeler & Noller, 1977) pelo excesso de CNF, facilitando a fermentação deste composto, o qual diminui o pH ruminal e aumenta a taxa de passagem, como indica a urina dos animais consumindo 0 g/Kg de palma forrageira, o que o pH fecal médio foi de 6,8. O mesmo foi observado por Oliveira et al (2015) utilizando grão de milho moído em dietas de alto grão para cordeiro, assim como o presente estudo.

Diferente das demais dietas, possuindo concentrações de 250, 500 e 750 g/Kg de palma forrageira, uma vez que esse alimento possui como principal CNF a pectina e seu comportamento fermentativo pode ser comparado a de uma fonte volumosa, estabilizando o pH do fluido (Figura 3).

Porém, com a adição de palma forrageira OEM na dieta de cordeiros confinados ocorre um aumento do pH fecal, o qual torna-se alcalino, sendo notório essa elevação da faixa de pH quando existe 750 g/Kg da espécie de cactácea em questão. Tal comportamento pode ser consolidado pelo fato que este alimento possui concentrações elevadas de minerais alcalinizantes, como os íons de cálcio (Ca⁺), magnésio (Mg⁺⁺), sódio (Na⁺) e o potássio (K⁺), deixando a digesta presente no intestino grosso alcalina, uma vez que o excesso dos minerais não são absorvidos, sendo lixiviados para a porção fecal presente no reto.

Assim, as dietas energéticas experimentais, utilizando determinados alimentos, podem modificar a faixa do pH fecal de modo que o meio fique alcalino e as dietas estudadas apresentavam concentrações energéticas semelhantes, havendo diferença nesta faixa nas fezes dos animais alimentados com concentrações de 250, 500 e 750 g/Kg de palma forrageira.

A concentração de palma forrageira não proporcionou interferência no balanço de N, podendo estar relacionado ao menor consumo de N dos animais submetidos a 750 g/Kg de palma forrageira. Assim, o menor N retido dos animais consumindo 750 g/Kg de palma forrageira, dividido pelo menor consumo proporcionou valores similares da porcentagem de N retido que os animais consumindo as dietas com 0, 250 e 500 g/Kg.

Rezende et al., (2021) observaram que a ingestão e o balanço de N não foram afetados utilizando com dietas contendo 513 g/Kg de palma forrageira Orelha-de-Elefante. Pereira et al., (2021) utilizando palma forrageira *in natura* chegaram ao resultado de equilíbrio no metabolismo de nitrogênio, com resultados semelhantes de ingestão de proteína bruta e energia (NDT), possuindo sincronismo entre os dois nutrientes.

Os metabólicos bases para a síntese de glicogênio, como a glicose e o β -hidroxibutirato, não sofreram modificações em suas concentrações entre as diferentes dietas, mostrando que a palma forrageira apresenta características de um alimento energético, assim como o milho (Tabela 6).

Mesmo com o aumento da ingestão deste nutriente, os metabólicos séricos da síntese de lipídio não apresentaram modificações em suas concentrações, porem apresentaram redução das concentrações referentes aos valores basais.

Valores referentes ao colesterol sérico quando cordeiros são alimentados com palma forrageira podem apresentar variações entre 41,5 a 42,6 mg/dL em concentrações de palma que variam de 150 a 450 g/Kg (Cardoso et al. 2019), o que pode ser comprovado nesse estudo que com uma concentração de 500 e 750 g/Kg de palma forrageira os níveis de colesterol mediam 44,7 e 45,2 mg/dL, simultaneamente.

Quanto aos metabólicos proteicos do sangue foi observado variações na concentração da ureia e ácido úrico com o aumento da concentração de palma forrageira (Tabela 7). Esse fator tem correlação com o tipo de nitrogênio utilizado no concentrado ofertado aos animais, em que houve diferenças com a ingestão de N, houve um aumento da ingestão de nitrogênio proteico (NP) da soja e constância do nitrogênio não proteico (NNP) da ureia nas dietas experimentais (Tabela 2).

Valores estimados por Kaneko (2008) verificam que a concentração ideal de ureia sérica, para o animal em questão, varia de 17,1 à 42,8 mg/dL, porém com o aumento da concentração de palma forrageira e variação da relação NP:NNP o nitrogênio ureico do sangue apresentou concentrações elevadas das indicadas, chegando de 51,7 a 61,6 mg/dL entre as concentrações de 250 e 750 g/Kg de palma forrageira.

Cardoso et al. (2019) modificaram a relação de carboidrato fibroso oriundo do feno de tifton por palma forrageira em concentrações de 150, 250 e 450 g/Kg obtendo uma redução na concentração de ureia séria de 37,7 para 27,2 mg/dL. Porém, em um estudo avaliando o uso de NNP + palma forrageira, em uma relação 28:379g respectivamente, Santos et al., (2020) obtiveram concentrações de ureia no sangue de 45,5 mg/dL. Isso demonstra que, o tipo de nitrogênio utilizado na dieta sofrerá modificações em sua fermentação e os compostos nitrogenados absorvidos podem interferir na concentração de ureia circulante no sangue.

As enzimas hepáticas aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamil transferase (GGT) servem de referência para o estado do metabolismo hepático para possíveis doenças metabólicas, apresentando neste estudo médias de 103,2 e 63,3 U/L, respectivamente.

Kaneko (2008) indica que as concentrações de AST devem variar de 60 a 280 U/L e a GGT de 20 a 52 U/L. Em outros estudos utilizando diferentes espécies de palma forrageira em determinadas concentrações na dieta de ovinos, estas enzimas mantiveram dentro do padrão ideal, com média de 63,6; 112; 115,4 e 125,2 para AST (Silva, 2018; Cardoso et al., 2019; Santos et al., 2020; Silva, 2020) e 46,1 e 52,3 para GGT (Silva, 2018; Silva, 2020), respectivamente.

Neste estudo, a concentração de GGT excedeu 11,3 unidades em referência ao limite prescrito, podendo ter relação direta com o aumento de aminoácidos livres na corrente sanguínea oriundo do NP da soja presente nas dietas, não causando distúrbios metabólicos de forma clínica no período de confinamento.

5. CONCLUSÃO

O Uso de concentrações de 250 g/Kg de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana beneficia a eficiência do uso da água, estabilizam compostos energéticos e enzimáticos do metabolismo hepático e o uso de nitrogênio em dietas energéticas para cordeiros confinados.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

- ANDRADE, S. F. J.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R.; LUCENA, R. B.; ANDRADE, R. P. X.; LIMA JÚNIOR, D. M. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. **Acta Scientiarum Science Animal**, v. 38, n. 2, p. 155-161, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**. 19th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012.
- BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; SANTOS, G. R. A.; CARVALHO, F. F. R.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, A.; BARBOSA, A. B. P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal Agronomy & Crop Science**, n. 189, p. 123-126, 2003.
- BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN, SALEM, L. *Opuntia ficus-indica* F. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.: two complementary feeder shrubs for sheep and goats. **Acta Horticulturae**, v. 581, ISHS, 2002.
- BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant**, n. 77, p. 174-198, 2008.
- CARDOSO, D. B.; CARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, G. R.; GUIM, A.; CABRAL, A. M. D.; VERAS, R. M. L.; SANTOS, K. C.; DANTAS, L. C. N.; NASCIMENTO, A. G. O. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, n. 247, p. 23-31, 2019.
- CHURCH, D. C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants: digestive physiology**. 2^o ed. Corvallis: O & B Books Publishing, p.349, 1976.
- DINIZ, W. J. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, D. C.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.724-733, 2017.
- FERREIRA, M. A.; VERAS, R. M. L.; CARVALHO, F. F. R.; VERAS, A. S. C. Substituição parcial do milho moído pelo farelo de palma como fonte de energia para ruminantes: consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 2. Simpósio Nordeste de Alimentação de Ruminantes. Anais... Piauí: Teresina, p. 340-342, 2000.

- IRELAND-PERRY, R. L.; STALLING, C. C. Fecal consistency as related to dietary composition in lactating holsteins cows. **Journal Dairy Science**, v.76, n.4, p.1074-1082, 1993.
- KOZLOSKI, G. V.; FIORENTINI, F.; HÄRTER, C. J.; SANCHEZ, L. M. B. Uso da creatinina como indicador da excreção urinária em ovinos. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.98-102, 2005.
- LOOPER, M. L.; STOKE, S. R.; WALDNER, D. N.; JORDAN, E. R. **Managing milk composition: evaluating herd potential**. Cooperative Extension Service College of Agriculture and Home Economics. Guide D-104. New Mexico State University, 2001.
- LOPES, L. A.; CARVALHO, F. F. R.; BEKI, A. M. D. C.; BATISTA, A. M. V.; CAMARGO, K. S.; SILVA, J. R. C.; CARDOSO, D. B.; CARVALHO, C. C. D. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em cabras leiteiras alimentadas com feno de alfafa e palma forrageira. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, v. 13, n. 4, p. 583-590, 2019.
- MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S. A.; SPLITTSTOESSER, W. E. A note on the uses of *Opuntia spp.* in Central/North America. **Journal of Arid Environments**, v.32, n.3, p.347-353, 1996.
- NETO, J. P.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUIM, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, n. 36, v. 4, p. 322-328, 2016.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, p.384, 2007.
- OLIVEIRA, L. S.; MAZON, M. R.; CARVALHO, R. F.; PESCE, D. M. C.; LUZ E SILVA, S.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; GALLO, S. B.; LEME, P. R. Processing of corn grain on feedlot and rumen health in lambs. **Ciência Rural**, v.45, n.7, p.1292-1298, 2015.
- PEREIRA, G. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; ARAÚJO, G. G. L.; PAULINO, R. S.; PERAZZO, A. F.; RAMOS, F. P. F.; NETO, J. M. C.; CRUZ, G. F. L.; LEITE, G. M. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. **Small Ruminant Research**, v. 194, p. 1-8, 2021.

- RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; LIMA JUNIOR, A. C.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, M. A. Dietary sources of diet for lactating Anglo Nubian goats: intake, digestibility and ingestive behavior. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.3, p.1-20, 2017.
- REECE, W. O. Regulação renal do volume e eletrólitos do líquido extracelular. In: REECE, W. O. (13.ed.). **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Parte 3-Cap.18, 2017.
- SAS, Statistical Analysis System. *User's guide: statistics*. **Software**. Cary: North Carolina, 2009.
- SCHULTHEISS, W. Microorganisms in the rumen – Indicators for veld or range management decisions. **Land & Livestock**, n. 100, p. 9-10, 2005.
- SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes, p. 380, 1979.
- SILVA, M. P. Balanço de macrominerais, função renal e metabólicos sanguíneos em ovinos alimentados com palma orelha-de-elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw). **Dissertação** (Mestrado em Produção Animal), p. 72, 2018.
- SANTOS, J. D. C.; SARAIVA, E. P.; GONZAGA NETO, S.; SARAIVA, C. A. S.; PINHEIRO, A. C.; FONSECA, V. F. C.; SANTOS, S. G. C. G.; SOUZA, C. G.; ALMEIDA, M. V.; VERÍSSIMO, T. N. S.; MORAIS, L. K. C. Feeding behavior of lactating dairy cattle fed sorghum-based diets and increasing levels of tannic acid. **Journal Agriculture**, v. 172, n. 11, p. 1-12, 2021.
- TAYLOR, C. R.; SPINAGE, C.A.; LYMAN, C.P. Water relations of the waterbuck an East African antelope. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 217, n. 2, p. 630–634, 1969.
- TEIXEIRA, J. C. **Fisiologia digestiva dos animais ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 270, 1996.
- TURGEON Jr, O. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. Cron particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steer diets. **Journal of Animal Science**. V. 57, n. 3, p.139-149, 1983.

CAPÍTULO IV

COMO A DINÂMICA RUMINAL SE COMPORTA COM O USO DE DIETAS ESTRATÉGICAS CONTENDO PALMA FORRAGEIRA?

(Artigo apresentado conforme as normas da revista Small Ruminant Research)

Como a dinâmica ruminal se comporta com o uso de dietas estratégicas contendo palma forrageira?

RESUMO:

Objetivou-se avaliar o uso de dietas energéticas contendo alto concentrado a base de milho; e níveis baixos, médios e altos de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana sobre a dinâmica e histologia ruminal. Foram utilizados 20 cordeiros machos mestiços Santa Inês com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg distribuídos em um delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos consistiam na inclusão de palma forrageira nos níveis de 0, 250, 500 e 750 g/Kg. Foram realizados ensaios *in vitro* da produção de gás das dietas experimentais, análises microbiológicas e histológicas em nível ruminal. Os dados de volume e pressão de gás foram submetidos a análise por meio do modelo logístico bicompartimental e os demais dados foram submetidos a de variância, todas as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey (5%). A cinética ruminal *in vitro* apresentou maiores valores no volume de gás observado ($P=0,001$), volume de gás produzido pela fração A+B1 ($P=0,019$) e latência ($P=0,012$), junto com a taxa de produção de gás da fração B2 ($P=0,001$) da dieta contendo alto concentrado 0 g/Kg de palma forrageira. A degradabilidade da matéria seca ($P=0,036$) e orgânica ($P=0,003$) das dietas apresentou diferenças. A contagem total de células de protozoários ciliados do rúmen não apresentou diferença entre os animais consumindo as dietas, mantendo uma concentração média de 30×10^4 /mL. Os cordeiros que foram alimentados com as dietas contendo 0 g/Kg e 750 g/Kg de palma forrageira apresentaram modificações morfológicas do epitélio ruminal referente à espessura de epitélio ($P=0,003$), largura de papila ($P=0,001$), camada muscular ($P=0,001$), porção queratinizada ($P=0,001$) e não queratinizada ($P=0,002$) apresentaram diferenças com surgimento de edemas teciduais. Assim, tanto dietas contendo altas concentrado ou 750 g/Kg de palma forrageira alteram a dinâmica fermentativa do rúmen e a estrutura morfológica da mucosa ruminal.

Palavras-chave: cactácea, cinética ruminal, hiperqueratose, ruminite

How do rumen dynamics behave with the use of strategic diets containing cactus cladodes?

ABSTRACT:

The objective was use of energy diets based on high concentrate corn; and low, medium and high levels of cactus cladodes Orelha-de-Elefante Mexicana about ruminal dynamics and histology. Were used 20 sheep males Santa Inês crossbreed with average of 19.0 ± 2.5 Kg of body weight destributed in a randomized block design. The diets were inclusion, with substitution, of corn by cactus cladodes at levels of 0, 250, 500 and 750 g/Kg. *In vitro* tests of gas production from experimentais diets were carried out, microbiological and histolofical analyzes of the rumen. The gas volume and pressure data were analyzed using the bicompartimental logistic model and the Other data were submitted to variance, all means were compared using the Tukey test (5%). The ruminal kinetics *in vitro* showed higher values in the volume of gas observed ($P=0.001$), volume of gas produced by fraction A1 + B1 ($P=0.019$), latence ($P=0.002$) and B2 together with gas production rate ($P=0.001$) of high concentrate diets without cactus cladodes. The degradability of dry matter ($P=0.036$) and organic matter ($P=0.003$) in experimentais diets showed diferences ($P<0.05$). The total count of rumen ciliated protozoan cells introduced no defference between diets, maintaining na average concentration of 30×10^4 /mL. The lambs that were fed diets containing 0 g/Kg and 750 g/Kg of cactus cladodes modification presented to the epithelial thickness ($P=0.003$), width of the papila ($P=0.001$), muscular layer ($P=0.001$), keratinized portion ($P=0.001$) and non-keratinized portion ($P=0.002$) introduced diferences with the appearance of tissue edema. Diets containing high concentrations of corn and 750 g/Kg cactus cladodes modify the rumen's fermentative dynamics and its morphological structure of the ruminal mucosa.

Key word: cactus, hyperkeratosis, ruminal kinetics, ruminite

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de implantação de espécies de cactáceas para criação animal em regiões Semiáridas proporciona disponibilidade de alimento energético e de água via alimento. No entanto, a palma forrageira recebe destaque, sendo chamada de rainha do semiárido (Rocha Filho et al. 2021) devido sua adaptação as condições climáticas da região levando a uma produção e uso satisfatório para criação de ovinos.

Sabe-se que em sua composição química existem concentrações significantes de carboidratos não fibrosos, com média de 512 g/Kg com base na matéria seca (Melo et al. 2003; Bispo et al 2010, Rezende et al. 2020) podendo ser utilizada como fonte energética (Batista et al. 2003; PorDeus et al. 2016 e Pessoa et al. 2020) podendo ser utilizada na dieta de ruminantes, assim como o grão de milho.

Afirmado essa questão, Dubeux Júnior et al. (2015) conduzem que à palma forrageira pode substituir o milho no Semiárido devido sua produção de energia digestível por unidade de área, a qual é superior 20 vezes.

Estudos referentes ao uso da palma forrageira em relação a dinâmica ruminal mostram que o comportamento fermentativo é afetado proporcionando maior degradação e taxa de passagem devido a menor concentração de matéria seca (Pessoa et al. 2020) e que os tipos de carboidratos presentes na cactácea, como a pectina, modificam essa taxa de fermentação (Sniffen et al. 1992). Porém são necessários mais estudos acerca da dinâmica fermentativa da palma forrageira em dietas totais.

Além disso, a estrutura morfológica da mucosa ruminal é modificada com a fermentação da palma forrageira, ocorrendo variação no tamanho de papilas, camada muscular e porção queratinizada com a utilização de baixas a altas concentrações da cactácea (Lima et al. 2018 e Silva et al. 2019a).

Devido esses fatores em nível ruminal, hiposteniza-se que dietas energéticas contendo alto concentrado e “alta palma forrageira” proporcionem mecanismos diversos na dinâmica ruminal devido os diferentes tipos de carboidratos encontrados no grão de milho e na palma forrageira, afetando os tecidos ruminais.

Com isso, objetivou-se avaliar os o uso de dietas contendo alto concentrado a base de milho; e níveis baixos, médios e altos de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana sobre a dinâmica e morfologia ruminal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Garanhuns, Agreste Meridional de Pernambuco (8° 53' 25" S, latitude e 36° 29' e 34" W, longitude) no período de março a maio de 2020. Os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como consta no protocolo N° 96162805.

Animais experimentais

Foram utilizados 32 cordeiros mestiços da raça Santa Inês, não-castrados, com peso corporal médio de $19,0 \pm 2,5$ Kg e idade média de 120 dias. Antes do início do período de confinamento, os animais foram pesados, vermifugados, vacinados contra clostridioses, receberam complexo vitamínico (ADE) e foram identificados com brincos no período de quarentena. Os animais ficaram confinados em baias individuais, com dimensões de 1,2 m x 1,8 m, providas com piso ripado, cocho, bebedouro e dreno para dejetos.

Delineamento e período experimental

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, de acordo com o peso inicial, com quatro tratamentos e oito repetições. O experimental foi de 55 dias, divididos em 15 dias para adaptação as dietas experimentais e 40 dias para o período experimental.

Dietas experimentais e tratamentos

As dietas foram formuladas a fim de atender à exigência nutricional de cordeiros desmamados em terminação segundo o NRC (2007) com peso corporal de $\pm 20,0$ kg e ganho de peso de 250 g/dia.

Foram avaliadas quatro dietas com diferentes concentrações do milho quebrado e palma forrageira OEM: 1) dieta de alto concentrado (sem palma forrageira); baixa concentração de palma forrageira (250 g/Kg na matéria seca); média concentração (500 g/Kg da matéria seca) e; alta concentração (750 g/Kg na matéria seca), sendo isoenergéticas (Tabela 2).

As dietas eram formadas por núcleo concentrado, formulado a partir de farelo de soja, ureia, calcário calcítico, óleo de soja e núcleo mineral vitamínico, associado ou não com milho, palma forrageira cv. Orelha-de-Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e/ou silagem de sorgo (Tabela 1).

O milho grão foi utilizado em sua forma física grosseiramente moída e a palma forrageira de forma *in natura* colhida de um palmar com 2 anos de plantio. A silagem de sorgo foi confeccionada no período de setembro de 2019 e aberta no mês de março de 2020, oriundo da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais, com base na matéria seca (g/Kg^{MS})

Item	Silagem de sorgo	Palma forrageira ¹	Milho	Farelo de soja
MS	244,7	76,9	893,5	902,7
MO	957,4	877,1	975,7	933,2
MM	42,6	122,9	24,2	66,7
PB	71,1	72,8	84,5	527,0
EE	16,9	16,4	62,8	27,1
FDN	648,9	228,0	148,8	149,0
FDA	355,4	159,0	90,7	86,8
FDN _{CP}	584,1	196,4	120,2	106,2
CHT	869,3	787,8	828,4	379,0
CNF	285,2	591,4	708,1	272,8
LIG	36,7	113,3	10,1	8,9
NDT	649,7	722,6	901,0	797,8

¹Palma forrageira = *Opuntia stricta* Haw cv. Orelha-de-Elefante Mexicana. Itens: MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDN_{CP} = correção da fibra para cinzas e proteína; FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível; CHT = carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso; LIG = lignina; NDT = nutrientes digestíveis totais; NDT = nutrientes digestíveis totais*estimado segundo Weiss (1993).

Tabela 2. Ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas com base na matéria seca

Ingredientes da dieta (g/Kg)	Inclusão da Palma Forrageira (g/Kg)			
	0	250	500	750
Silagem de sorgo	250	200	100	-
Palma forrageira OEM ¹	-	250	500	750
Milho quebrado	600	380	190	-
Óleo de soja	-	24	39	55
Farelo de soja	121	115	140	164
Ureia	11	16	16	16
Suplemento mineral ²	13	10	10	10
Calcário calcítico	5	5	5	5
Total (Kg)	1000	1000	1000	1000
Composição química (g/Kg)				
Matéria seca	538,6	213,8	136,1	99,8
Proteína bruta	163,1	169,9	178,2	185,8

NDT ³	799,0	795,8	793,3	791,9
Extrato etéreo	45,2	58,4	64,6	76,7
Fibra em detergente neutro	231,0	223,8	194,3	164,7

¹OEM = Orelha-de-Elefante Mexicana; ²Minerais do produto/g ou mg: Cálcio (Ca) = 140g; Fósforo (P) = 70g; Magnésio (Mg) = 1.320mg; Ferro (Fe) = 2.200mg; Cobalto (Co) = 140mg; Manganês (Mn) = 3.690mg; Zinco (Zn) = 4.700mg; Iodo (I) = 61mg; Selênio (Se) = 45mg; Enxofre (S) = 12g; Sódio (Na) = 148mg; Flúor (F) = 700mg; e ³NDT = Nutrientes Digestíveis Totais.

Manejo experimental

As dietas foram oferecidas na forma de ração completa em duas porções iguais as 08h00 e 16h00 diretamente no cocho. Assim, a quantidade da dieta completa ofertada aos animais foi ajustada diariamente durante o período de adaptação para proporcionar 10% de sobras. Quando ofertado, todos os ingredientes foram misturados para garantir a ingestão voluntária e seleção menor dos ingredientes pelos animais. A água foi disponibilizada *ad libitum*.

Abate dos animais

Decorridos 40 dias de confinamento, 20 animais com média de $32,2 \pm 5,1$ Kg de peso corporal, foram submetidos a uma dieta hídrica e jejum de sólidos por 16h00. Os foram encaminhados ao abatedouro Municipal de Garanhuns – PE, e posteriormente foram insensibilização com pistola de dardo cativo (Ctrade[®], Tec 10 PP), acionada por cartucho de explosão, seguida de sangria por cisão nas artérias carótidas e veias jugulares (Brasil, 2000). Imediatamente após o abate, foram coletados conteúdo ruminal referente ao fluido e tecido epitelial para posteriores análises.

Preparação de amostras e coleta de dados

Cinética da fermentação ruminal in vitro

Para o ensaio da cinética fermentativa *in vitro*, foram utilizadas as quatro dietas experimentais (Tabela 2) distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Foi realizada a técnica de produção de gases *in vitro* (Theodorou et al. 1994) para determinação da cinética de fermentação ruminal no Laboratório de Produção de Gás da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco.

As amostras foram incubadas em recipientes com capacidade de 160 mL, 1,0 gramas de amostra das dietas experimentais juntamente com 90 mL de um meio nutritivo descrito por Goering e Van Soest (1970). Atrelado a isto, foi injetado gás carbônico (CO₂) e 10 mL de líquido ruminal filtrado de dois bovinos fistulado pertencentes à Clínica de Bovinos da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Posteriormente, os recipientes foram vedados com rolhas de borrachas e lacrados com alumínio para serem incubados em estufa com temperatura constante de 39 °C. O gás produzido foi estimado pela mensuração da pressão dos gases produzidos pela fermentação, utilizando os transdutores de pressão (LOGGER AG100 – Agricer) por meio de seringas graduadas para volume de gás em tempos estabelecidos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 e 48 horas após a incubação.

Para a degradação *in vitro* das dietas experimentais, os horários correspondidos por 6, 12, 24 e 48 foram analisados após a incubação. A degradabilidade *in vitro* foi estimada pela diferença entre a quantidade de amostra que foi colocada para fermentar em cada recipiente e a quantidade de resíduo recuperado após a digestão com solução de detergente neutro por uma hora e posteriormente foi filtrado em cadinho de vidro nº 1 e seco em estufa a 105 °C por 24 horas (Goering & Van Soest, 1970). Com isso, o dado referente à PSI será obtido o volume do gás produzido durante a incubação.

Testes organolépticos do fluido ruminal

As amostras de fluido ruminal foram obtidos indiretamente após o abate, para provas organolépticas, de forma subjetiva, referente à cor, odor e consistência, segundo metodologia descrita por Dehority (1977). O teste foi realizado por três avaliadores treinados para padronização das variáveis estudadas.

Quantificação de protozoários ciliados do rúmen do fluido ruminal

Associado a coleta de líquido ruminal após o abate, 15 mL do meio ruminal foi filtrado e 1 mL foi conservada em 9 mL de solução de formalina a 37% para preservar as estruturas morfológicas dos protozoários de cada animal (Dehority, 1993).

A quantificação dos protozoários, foi realizada por meio de diluições como proposto por Dehority, (1984) com modificações sugeridas por D'Agosto e Carneiro (1999) para a contagem de protozoários pequenos, médios, grandes e células totais por varredura em câmara de *Sedgewick-Rafter*, em microscópio binocular Finita Acromático Halógena, sendo estipulado uma média na quantidade de protozoários por mL.

Histomofometria do rúmen

Após o abate, foi coletado amostras biológicas do rúmen, fração da base do saco dorsal esquerdo, os quais foram colocados em uma solução a 10% de formaldeído por 48 horas e emerso em parafina (Heleno et al. 2011) para posterior análise no Laboratório de

Histologia Animal da Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, pertencente ao Departamento de Medicina Veterinária, com metodologia descrita por Barboza et al. (2019).

Foram realizadas seções de 5 µm de espessura para posterior coloração com hematoxilina-eosina e as imagens digitais foram capturadas usando o microscópio Olympus BX-51 e uma Câmera Zeiss AxioCam com software ImageJ (USA).

Foram observadas análises métricas relacionadas à mucosa ruminal pelo: nível de queratinização do tecido, altura de papila, largura de papila, espessura de músculo, espessura do epitélio e área de absorção.

Quatro fotomicrografias foram digitalizadas pela lente objetiva 5x, sendo realizadas três medições em fotomicrografia, totalizando em uma amostra de 60 medidas suplementos por tratamentos (5 animais x 4 fotomicrografias x 3 mensurações).

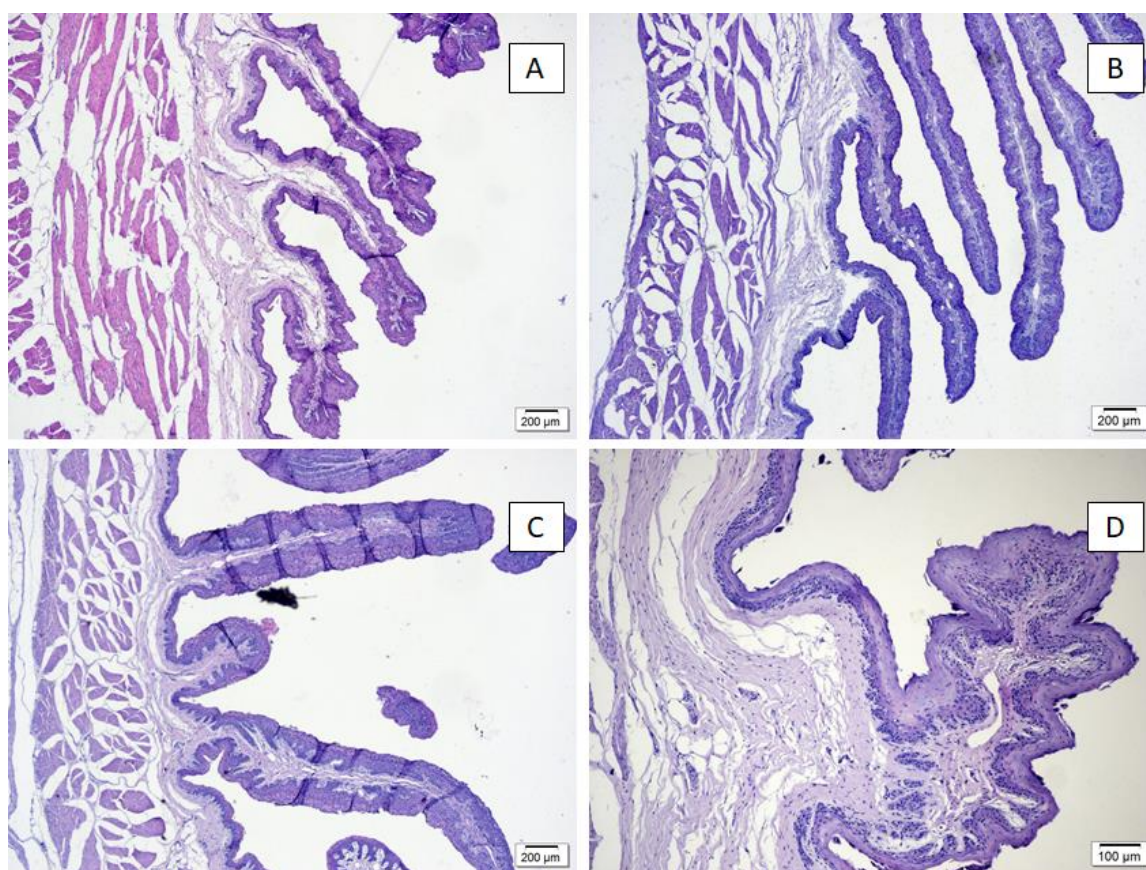


Figura 1. Foto micrografia do epitélio ruminal de cordeiros alimentados com de dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM). A = 0 g/Kg; B = 250 g/Kg; C = 500 g/Kg e D = 750 g/Kg de palma forrageira OEM na MS.

Análises estatísticas

Os dados de pressão (PSI; pressão por polegada quadrada) e volume (mL) foram aplicados a equação por meio do PROC REG do SAS (2009). Com isso, o dado referente a PSI foi obtido o volume do gás produzido durante a incubação.

Para determinação da produção cumulativa de gases foi utilizado o modelo logístico bicompartimental (Schofield et al. 1994) com auxílio do PROC NLMIXED (SAS, 2009):

$$Vt = Vf1/1 + e[2-4k1(t-\lambda)] + Vf2/1 + e[2-4k2(t-\lambda)] + \varepsilon$$

Em que: Vt = volume total de gases produzido; Vf_1 = volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação; Vf_2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação; k_1 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração A+B1 (CNF); k_2 = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF), t = tempo de fermentação; λ = fase de latência; e = exponencial; ε = erro experimental associado a cada observação.

As análises das demais variáveis foram conduzidas utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, de acordo como o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = m + T_i + b_j + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = valor observado para a variável em estudo (i = tratamento, j = repetição); m = média de todas as unidades experimentais; T_i = efeito particular do tratamento; b_j = efeito do bloco; e_{ij} = erro associado a observação.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2009). Quanto as comparações das médias foram realizadas por meio do Teste de Tukey ao nível de significância de ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS

Na cinética ruminal das dietas observou-se maior volume total de gás observado (V_{t2}) ($P=0,001$) com as dietas referentes ao alto concentrado e nível baixo (250 g/Kg) de palma forrageira. O mesmo foi observado com o volume de gás produzido com a fermentação das frações V_{f1} (A+B1 dos carboidratos), representados pelos carboidratos de rápida e intermediária fermentação (Tabela 3).

Referente ao parâmetro da produção de gás relacionada V_{f2} , referente a taxa de degradação da fração B2 não houve diferença entre as dietas, com valor médio de 120,9 mL ($P=0,072$).

Tabela 3. Cinética ruminal através da produção de gás *in vitro* de dietas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EMP ¹	P-valor ²
	0	250	500	750		
V_{f1} (mL)	202,7 ^a	189,0 ^a	173,6 ^{ab}	122,2 ^b	8,18	<0,019
K_{d1} (%/h)	0,03 ^b	0,03 ^b	0,03 ^b	0,09 ^a	0,002	<0,001
Latência (h)	5,0 ^a	4,7 ^{ab}	4,2 ^{bc}	3,9 ^c	0,10	<0,012
V_{f2} (mL)	138,9	125,3	121,3	98,2	6,41	0,072
K_{d2} (%/h)	0,09 ^{ab}	0,08 ^b	0,1 ^a	0,03 ^c	0,003	<0,001
V_{t1} (mL/g)	341,7 ^a	314,4 ^a	271,8 ^b	241,6 ^b	4,61	<0,001
V_{t2} (mL/g)	343,4 ^a	315,5 ^a	274,4 ^b	246,2 ^b	4,39	<0,001

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

V_{f1} = volume de gases produzido pela fração A+B1 do Sistema Cornell; K_{d1} = taxa de produção de gases pela degradação da fração A+B1 do Sistema Cornell; V_{f2} = volume de gases produzidos pela degradação da fração B2 do Sistema Cornell; K_{d2} = taxa de degradação de gases produzidos pela fração B2 do Sistema Cornell V_{t1} = volume total de gás observado; V_{t2} = volume de gás total estimado.

As taxas de degradação da fração A+B1 (K_{d1}) foi maior na dieta com 750 g/Kg de palma forrageira (Tabela 3). A taxa de degradação da fração B2 (K_{d2}) foi menor na dieta com 750 g/Kg de palma forrageira, com a maior degradação dessa fração ocorrendo em 0 e 500 g/Kg de palma forrageira.

Em relação a latência, a fermentação *in vitro* das dietas contendo alto concentrado e 250 g/Kg de palma forrageira apresentaram uma maior produção de gás ao decorrer do tempo de incubação ($P=0,012$) quando comparando com as concentrações de 500 e 750 g/Kg. Diferente do volume de gás observado ($P=0,001$) e estimado ($P=0,001$) que foram maiores nas dietas contendo 0 e 250 g/Kg de palma forrageira.

Associado com a cinética ruminal, o gráfico da produção de gás cumulativa apresentou forma sigmoide em que a dieta de alto concentrado (0 g/Kg de palma forrageira) teve maior produção de gás (mL/g de matéria seca incubada) ao decorrer do tempo de incubação (Figura 2).

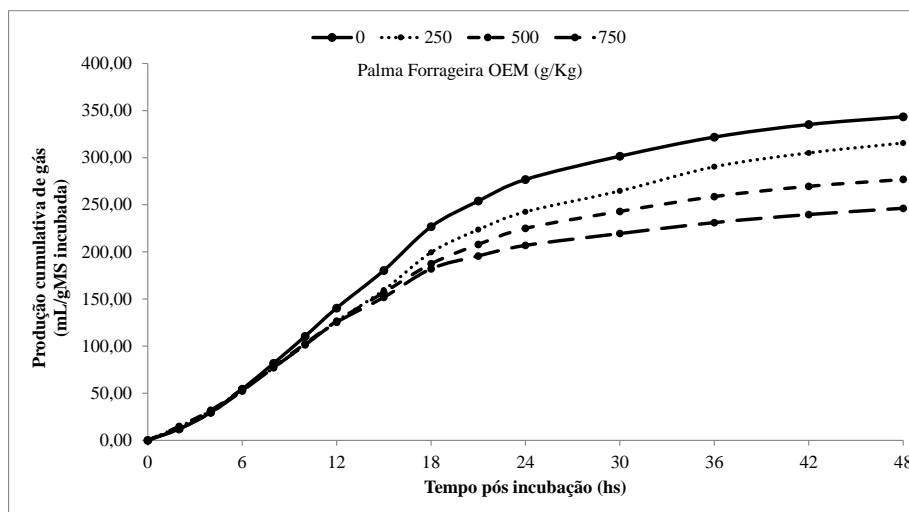


Figura 2. Volume de gás acumulativo durante a incubação *in vivo*, de dietas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Atrelado a concentração de MS das dietas, a degradação *in vitro* da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) foram inversamente proporcionais entre as dietas experimentais em que com o aumento da concentração de palma forrageira houve menor degradabilidade da MS e maior degradabilidade da MO (Figura 2).

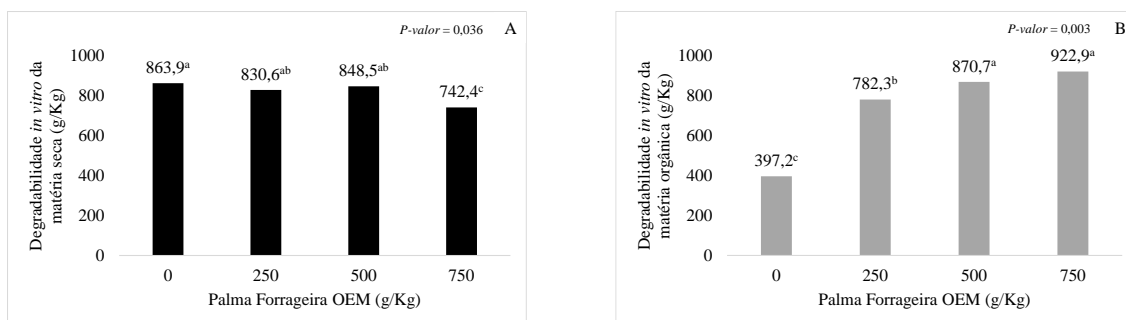


Figura 3. A = degradabilidade *in vitro* da matéria seca das dietas experimentais; B = degradabilidade *in vitro* da matéria orgânica das dietas experimentais; Letras minúsculas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Partindo do pressuposto que, a palma forrageira apresenta menor matéria seca quando comparada com o milho, sua taxa de fermentação da matéria orgânica torna-se maior, chegando a +90% em dietas contendo 750 g/Kg de palma forrageira, a qual possui uma matéria seca total baixa.

A avaliação organoléptica do fluido ruminal apresentou uma maior frequência de coloração verde amarronzado, odor aromático entre as dietas (Tabela 4). No entanto, a densidade apresentou variações destas frequências, em que as dietas de alto concentrado e 250 g/Kg de palma forrageira apresentaram consistência líquida, a dieta com 500 g/Kg

de palma forrageira apresentou maior consistência levemente viscosa e a dieta com 750 g/Kg de palma forrageira oscilou entre a consistência levemente viscosa e viscosa.

Tabela 4. Prova organoléptica do fluido ruminal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Itens		Palma forrageira OEM (g/Kg)			
		0 <i>n</i> = 5	250 <i>n</i> = 5	500 <i>n</i> = 5	750 <i>n</i> = 5
Cor (%)	Verde Amarronzado	80 (4/5)	80 (4/5)	40 (2/5)	40 (2/5)
	Verde Oliva	0 (0/5)	20 (1/5)	20 (1/5)	40 (2/5)
	Verde Acinzentado	20 (1/5)	0 (0/5)	40 (2/5)	20 (1/5)
Total		100	100	100	100
Odor (%)	Aromático	100 (5/5)	100 (5/5)	80 (4/5)	100 (5/5)
	Levemente pútrido	0 (0/5)	0 (0/5)	20 (1/5)	0 (0/5)
Total		100	100	100	100
Densidade (%)	Líquido	60 (3/5)	100 (5/5)	20 (1/5)	20 (1/5)
	Levemente viscoso	40 (2/5)	0 (0/5)	80 (4/5)	40 (2/5)
	Viscoso	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	40 (2/5)
Total		100	100	100	100

Referente à contagem total de protozoários ruminais, não houve diferenças entre as dietas estudadas, com valor médio de $32 \times 10^4/\text{mL}$. O mesmo foi observado para os protozoários ciliados grandes, médios e pequenos, com valores médios de $1 \times 10^4/\text{mL}$, $5 \times 10^4/\text{mL}$ e $25 \times 10^4/\text{mL}$, respectivamente (Figura 4).

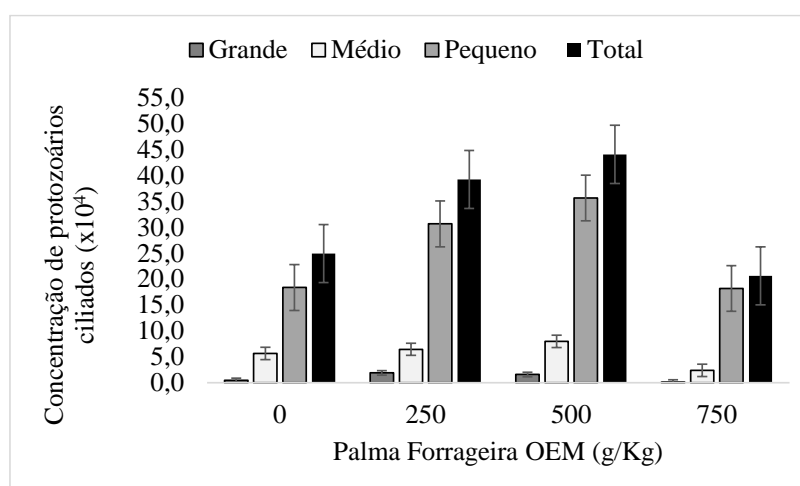


Figura 4. Contagem estimada da concentração ($\times 10^4/\text{mL}$) de protozoários ciliados do fluido ruminal de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM).

Não houve diferença significativa na altura de papila ($P=0,096$) e área de absorção ($P=0,093$) entre os animais consumindo diferentes proporções de palma forrageira, com valores médios de 2822,1 μm e 92,5 cm^2 , respectivamente (Tabela 5).

Os parâmetros histomorfológicos do tecido ruminal dos animais consumindo 750 g/Kg de palma forrageira apresentaram maiores valores de largura da papila ($P=0,001$), espessura do epitélio ($P=0,003$), porção queratinizada ($P=0,001$) e porção não queratinizada ($P=0,003$) em comparação com as demais dietas. Não houve diferença entre a camada muscular, espessura do epitélio e porção não queratinizada entre os animais consumindo 0, 250 e 500 g/Kg de palma forrageira.

Tabela 5. Parâmetros histomorfológicos (μm) e área de absorção (cm^2) do rúmen de cordeiros confinados alimentados com dietas estratégicas contendo diferentes concentrações de palma forrageira Orelha-de-Elefante Mexicana (OEM)

Item	Palma forrageira OEM (g/Kg)				EMP ¹	<i>P</i> -valor ²
	0	250	500	750		
Altura de papila	2857,7	3536,0	2173,6	2721,1	383,0	0,096
Largura de papila	295,0 ^c	309,8 ^{bc}	342,4 ^b	393,7 ^a	12,62	<0,001
Camada muscular	912,6 ^b	1074,7 ^a	953,8 ^b	850,9 ^b	31,37	<0,001
Espessura do epitélio	124,9 ^b	120,9 ^b	119,4 ^b	159,4 ^a	7,42	<0,003
Porção queratinizada	42,7 ^a	32,7 ^b	31,6 ^b	42,2 ^a	1,91	<0,001
Porção não queratinizada	82,1 ^b	88,1 ^b	87,8 ^b	118,1 ^a	7,25	<0,002
Área de absorção	83,1	105,9	75,8	105,5	10,47	0,093

¹Erro padrão da média; ²Probabilidade, letras minúsculas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

As alterações da estrutura histológica do tecido ruminal relativo à dieta contendo 0 e 750 g/Kg de palma forrageira foi notório nas fotomicrografias (Figura 5).

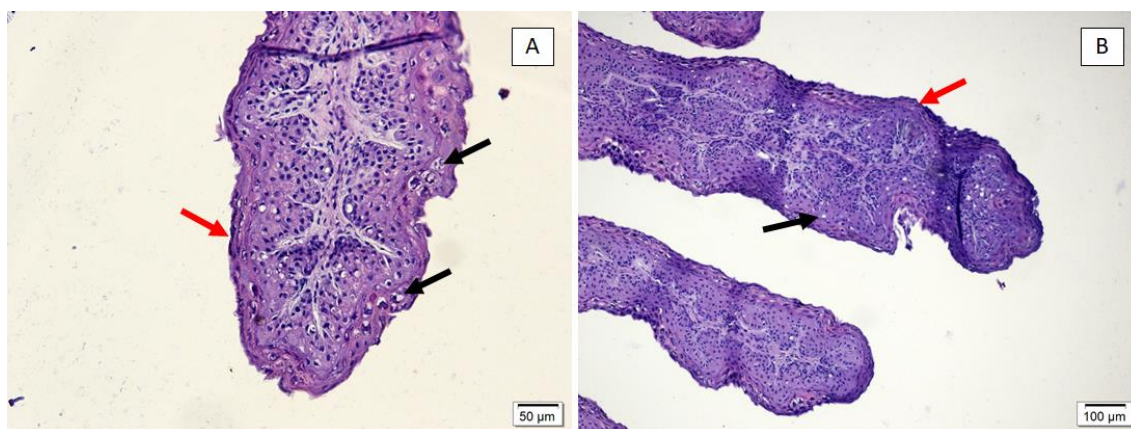


Figura 5. Fotomicrografia do epitélio ruminal de cordeiros indicando a porção queratinizada (seta em vermelho) e edemas teciduais (seta em preto). A = tratamento com alto grão; B = tratamento com alta palma forrageira.

4. DISCUSSÕES

A fermentação dos constituintes dos carboidratos mostra a variação da dinâmica da fermentação ruminal entre as dietas com diferentes concentrações de palma forrageira, em que o tipo de carboidrato fermentado determina o comportamento da cinética fermentativa.

Sniffen et al. (1992) afirmaram que existe uma classificação da fermentação dos carboidratos presentes na dieta e o tipo de carboidrato determina a taxa de degradação da matéria fermentada, em que, a fração A é composta por carboidratos de rápida degradação ruminal e açúcares simples, a fração B1 representada pela fermentação intermediária representado pelo amido, a fração B2 abrange carboidratos de lenta degradação aderido a da parede celular das plantas (incluindo a pectina); e por fim a fração C a qual não sofre ação da degradação ruminal, sendo indisponível.

De modo geral a fermentação dessas frações de carboidratos pode beneficiar a cinética ruminal e favorecer a digestibilidade da MS ruminal. Analisando os ingredientes bases das dietas, milho e palma forrageira, possibilita o entendimento dessa cinética ruminal pelos compostos degradados pela fermentação e volume de gás produzido.

Fazendo um comparativo com a teoria proposta por Sniffen et al. (1992) com o presente estudo, as dietas contendo 0 e 250 g/Kg de palma forrageira obtiveram maior produção de gás (mL) com a degradação dos açúcares simples e amido pertencentes a fração A+B1 (K_{d1}) e menor degradação da pectina a fração B2 (K_{d2}) (Tabela 3.), demonstrando a maior fermentação dos carboidratos contidos no milho.

A dieta com 750 g/Kg de palma forrageira, apresentou as menores taxas de degradação desses carboidratos. A fração B2 é majoritariamente representada pela pectina, a qual tem comportamento de degradação ruminal lenta, como mostra trabalhos realizados por Pessoa et al. (2020)

A prova organoléptica do fluido ruminal (Tabela 4.) encontra-se nos padrões prescritos por Disksen (1993) com predominância de odor aromático e variação de cor do verde amarronzado à oliva junto com a densidade de líquido a levemente viscoso entre as dietas experimentais, mostrando equilíbrio no ambiente ruminal sem algum distúrbio metabólico evidente.

Com a fermentação de compostos não fibrosos, dietas compostas com maior relação de concentrado, variando de 600 a 700 g/Kg da dieta com base na MS (Samuelson et al. 2016) proporcionam maior produção de ácido graxo de cadeia curta, propionato em específico, causando lesões teciduais (Steele et al. 2012 e Baaske et al. 2020), além de

aumentar a disponibilidade de ácido láctico no fluido ruminal cominando em diminuição da faixa de pH do meio, provocando edemas do tecido ruminal e ruminite (Nagaraja e Titgemeyer, 2007).

Esse processo de aumento do lactato ruminal e acidificação do meio, proporciona alterações da largura de papila, a qual diminui a área de absorção e aumenta a camada queratinizada causando edemas (Tabela 5). Isso demonstra que a fermentação dos compostos não fibrosos, contendo açúcares simples e amido, aumenta a concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e limitam a eficiência absorptiva do tecido com diminuição da faixa de pH (Santana Neto et al. 2014).

Tal observação afirma a ação do ácido láctico oriundo da fermentação dos compostos não fibrosos da dieta de alto grão e o ácido oxálico (oxalato), os quais provocam irritações ao tecido ruminal, podem ter proporcionado ruminite, devido a diminuição do pH (Hall e Herejk, 2001) por conta do amido presente no milho (Figura 4, A) e compostos secundários da palma forrageira (Tadele, 2015; Silva et al. 2019a) (Figura 4, B), além de proporcionar a produção da camada queratina, hiperqueratose, como barreira de preservação do tecido, uma vez que as dietas possuíam grandes concentrações de energia (Silva et al. 2019a).

Baaske et al. (2020) afirmam que o tecido ruminal possui além da função absorvente de nutrientes, uma barreira epitelial a qual protege o canal sistêmico do organismo animal contra microrganismos patogênicos, toxinas e compostos químicos de ordem secundária dos alimentos fermentados no rúmen. Esses fatores não interferem na absorção de nutrientes na forma de AGCC e desempenho do animal, como pode ver observado no capítulo II.

Estudos recentes utilizando palma forrageira na alimentação de cordeiros mostram que o tecido ruminal se adapta de forma similar ao observado neste estudo (Lima et al. 2018; Silva et al. 2019a; Silva et al. 2019b e Silva, 2020), com variações do tamanho da camada muscular, largura de papila, espessura de epitélio e porção queratinizada devido ao efeito abrasivo da palma e seus possíveis componentes químicos.

Neiva et al. (2006) e Silva et al (2019a) observaram que a oferta de concentrações que variam de 530 e 600 g/Kg de palma forrageira para ovinos afetam o metabolismo das células da mucosa ruminal com variação do tamanho de papila e hiperqueratose.

O desenvolvimento de papila além do efeito físico do alimento sobre o tecido, existe uma relação de uso energético de AGCC para o desenvolvimento celular. De acordo com Rocha Filho (2012) a fermentação da palma forrageira Orelha-de-Elefante

Mexicana proporciona maiores concentrações de ácido butírico quando comparado a demais espécies de cactáceas, e Silva et al. (2019a) complementam que esse AGCC pode favorecer um melhor desenvolvimento papilar.

Ressaltando o que Silva et al (2019a) abordaram em seu estudo, são poucas as associações dos componentes químicos de caráter antinutricionais de plantas forrageiras com as mudanças do epitélio ruminal, e como foi descrito no presente estudo a palma forrageira apresenta capacidade de modificação da estrutura em nível citológico.

5. CONCLUSÃO

O uso de dietas de alto concentrado e 750 g/Kg de palma Orelha-de-Elefante Mexicana com base na matéria seca para cordeiros condenados modificam negativamente a cinética ruminal e características do tecido ruminal.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

- BAASKE, L.; GÄBEL, G.; DENGLER, F. A checkpoint for cattle health. **Journal of Dairy Research**, v.87, n.3, p.322-329, 2020.
- BARBOZA, S.C.R., OLIVEIRA, J.S., CARVALHO, M.T., LIMA JÚNIOR, D.M., LIMA, H.B.; GUERRA, R.R. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. **Tropical Animal Health and Production**, n. 51, v. 6, p. 1689-1697, 2019.
- BATISTA, A. M. V.; MUSTAFA, A. F.; SANTOS, G. R. A.; CARVALHO, F. F. R.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, A.; BARBOSA, A. B. P. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. **Journal Agronomu & Crop Science**, n. 189, p. 123-126, 2003.
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J.; EST, Y. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.24, p.289-298, 1989.
- BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; MADESTO, E. C.; GUIMARÃES, A. V.; PESSOA, R. A. S. Ingestive Behavior of lactating cows and sheep fed diets with spineless cactus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2024-2031, 2010.
- Brasil, 2000. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA)**. Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Lex: Diário Oficial da União de 24 de janeiro de 2000, Seção 1,14-16. Brasília.
- COSTA, S.F., PEREIRA, M.N., MELO, L.Q., CALIARI, M.V.; CHAVES, M.L. 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, p. 10-18, 2008.
- D'AGOSTO, M. e CARNEIRO, M. E. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 2, p. 725-729, 1999.
- DEHORITY, B. A. **Classification and morphology of rumen protozoa**. Ohin: Department of Animal Science, p. 81, 1977.

- DEHORITY, B.A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen Protozoa. **Applied and Environmental Microbiology**, v.48, p.182-185, 1984.
- DEHORITY, B.A. **Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa**. Florida: CRC Press Inc; p. 96, 1993.
- DIRKSEN, G. Sistema digestivo. In: ROSENBERGER, G. **Exame Clínico dos Bovinos**. 3^o ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, cap. 7, p. 75-166, 1993.
- DUBEUX JR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; LIRA, A. M.; SILVA, M. C. Forage potencial of cacti on drylands. **Acta Horticulture (ISHS)**, v. 1, p. 181-186, 2015.
- ESTEVAM, D. D.; PEREIRA, I. C.; RIGUEIRO, A. L. N.; PERDIGÃO, A.; COSTA, C. F.; RIZZIERI, R. A. PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, C. L.; MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. D. B. Feedlot performance and rumen morphometrics of Nelore cattle adaptad to high-concentrate diets over periods of 6, 9, 14 and 21 days. *Animal*.
- FERREIRA, M. D. A., SILVA, R. R. D., RAMOS, A. O., VÉRAS, A. S. C., MELO, A. A. S. D., & GUIMARÃES, A. V. Síntese de proteína microbiana e concentrações de uréia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 159-165, 2009.
- GALATI, E. M., TRIPODO, M. M., TROVATO, A., MICELI, N., & MONFORTE, M. T. Biological effect of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter. Note I: diuretic acti vity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 79, n. 1, p. 17-21, 2002.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, (Agricultural Handbook, 379), 1970.
- HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2486-2493, 2001.
- HELENO, A.R., SANTOS, L.M., MIGLINO, M.A., PERES, J.A., GUERRA, R.R. Biometry, histology, and morphometry of the digestive system of wild crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). **Biotemas**, v. 24, n. 4, p. 111-119, 2011.
- LIMA, T. J.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; RIBEIRO, N. L.; OLIVEIRA, J. S.; GUERRA, R. R.; CARVALHO, F. F. R. Ruminant and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v.51, n.2, p.363-368, 2019.

- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; VILELA, M. S.; MELO, E. O. S.; ARAUJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 737-736, 2003.
- NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminant Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological and Nutritional Outlook. **Journal Dairy Science**, v. 90, p. 17-38, 2007.
- NEIVA, M. G. S.; MOTA, D. L.; BATISTA, A. M. V.; SOUSA, C. F. R. 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**, n. 24, v. 4, p. 723-728, 2006.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, p.384, 2007.
- PESSOA, D. V.; ANDRADE, A. P.; MAGALHAES, A. L. R.; TEODORO, A. L.; SANTOS, D. C.; ARAUJO, G. G. L.; MEDEIROS, A. N.; NASCIMENTO, D. B.; VALENÇA, R. L.; CARDOSO, D. B. Forage cactus of the genus *Opuntia* in diferente with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, p. 104243, 2020.
- PORDEUS, J. P.; SOARES, P. C.; BATISTA, A. M. V.; ANDRADE, S. F. J.; ANDRADE, R. P. X.; LUCENA, R. B.; GUINM, A. Blanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochinillifera* Salm Dyck) **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322-328, 2016.
- RESENDE, F. M.; VERAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; CONCEIÇÃO, M. G.; LIMA, C. L.; ALMEIDA, M. P.; MORA-LUNA, R. E.; NEVES, M. L. M. W.; MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorgum silage in sheep diets. **Tropical Animal Health and Production**, 2020.
- ROCHA FILHO, R. R. Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 87f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia), 2012.
- ROCHA FILHO, R. R.; SANTOS, D. C.; VERAS, A. S. C.; SIQUEIRA, M. C. B.; NOVAES, L. P.; MORA-LUNA, R.; MONTEIRO, C. C. F.; FERREIRA, M. A. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, p. 1-7, 2021.

- SAMUELSON, K. L.; HUBBERT, M. E.; GALYEAN, M. L.; LÖEST, C. A. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. **Journal Animal Science**, v. 94, n. 6, p. 2648-2663, 2016.
- SANTANA NETO, J.A., OLIVEIRA, V.S., SANTOS, A.C.P., VALENÇA, R.L. Distúrbios metabólicos em ruminantes – Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 8, n. 4, p. 157-186, 2014.
- SAS, Statistical Analysis System. *User's guide: statistics*. **Software**. Cary: North Carolina, 2009.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2980-2991, 1994.
- SILVA, K. B.; OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, E. M.; CARTAXO, F. Q.; GUERRA, R. R.; SOUZA, A. F. N. S.; MUNIZ, A. C. S.; CRUZ, G. F. L. Ruminal and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage. **Tropical Animal Health and Production**, v.1, p. 1-9, 2019b.
- SILVA, T. G. P. Alterações metabólicas e histológicas de caprinos e ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira. Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 152, **Tese** (Doutorado em Zootecnia), 2020c.
- SILVA, T. G. P.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SILVA JUNIOR, V. A.; CARVALHO, F. F. R.; BARROS, M. E. G.; SOUSA, D. R.; SILVA, S. M. C. Histomorphometric changer of the fora-stomach of lambs fed with diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1299-1307, 2019a.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, D. J.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.
- SOUZA, C.G.; LIMA, H. B.; SILVA, M. J. S.; PASCOAL, L. A. F. Fibra solúvel no metabolismo energético de ruminantes. **PUBVET**, v. 8, n. 22, p. 1-23, 2014.
- STEELE, M. A.; GREENWOOD, S. L.; CROOM, J.; MCBRIDE, B. W. An increase in dietary non-structural carbohydrates alters the structure and metabolism of the rumen epithelium in lambs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 92, n. 2, p. 123-130, 2012.
- TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-48, 2015.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; NcALLAN, A.B.; FRANCE, J.

A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

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

WILSON, D. J.; MUTSVANGWA, T.; PENNER, G. B. Supplemental butyrate does not enhance the absorptive or barrier functions of the isolated ovine ruminal epithelia. **Journal Animal Science**, v. 90, n. 9, p. 3153-3161, 2012.