

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

**MUCILAGEM DE SISAL (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILADA PARA
ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS**

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE

**RECIFE – PE
Setembro de 2021**

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

**MUCILAGEM DE SISAL (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILADA PARA
ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS**

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE

Zootecnista

**RECIFE – PE
Setembro de 2021**

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE

**MUCILAGEM DE SISAL (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILADA PARA
ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS**

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

Área de Concentração: Zootecnia

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Guim
Co-orientador (res): Prof. Dr. João Paulo
I. dos S. Monnerat
Prof. Dr. Edson Mauro Santos –

RECIFE – PE
Setembro de 2021

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)

C626m Clemente, João Vitor Fernandes
MUCILAGEM DE SISAL (Agave sisalana, Perrine) ENSILADA PARA
ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS / João Vitor Fernandes Clemente. -
2021.
115 f. : il.

Orientadora: Adriana Guim.
Coorientador: Joao Paulo I dos S .
Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2021.

1. Ácidos orgânicos. 2. Digestibilidade. 3. Ruminantes. 4. SilMUDS. I. Guim,
Adriana, orient. II. , Joao Paulo I dos S , coorient. III. Título

CDD 636

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

**MUCILAGEM DE SISAL (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILADA PARA
ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS**

Tese elaborada por
João Vitor Fernandes Clemente

Aprovado em 27 de setembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco –UFRPE
Presidente

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco –UFRPE

Profa. Dra. Antônia Sherlânea Chaves Vêras
Universidade Federal Rural de Pernambuco –UFRPE

Profa. Dra. Maria Gabriela da Conceição
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE

Profa. Dra. Olga Ximena Aguilar Galvis
Universidad Libre De Colombia - Socorro

**RECIFE –PE
Setembro de 2021**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOÃO VITOR FERNANDES CLEMENTE, filho de João Bernardino Clemente e Flávia Augusta Fernandes Clemente, natural de Recife, Pernambuco, nasceu no dia 08 de fevereiro de 1991. Em 2009 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), atuando durante o período do curso como bolsista de extensão no Setor de Caprinos e Ovinos (DZ/UFRPE), voltando suas atividades para as áreas de produção e nutrição de ruminantes. Em dezembro de 2014 concluiu os cursos de Bacharelado em Zootecnia pela UFRPE. Iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) da UFRPE em março de 2015, concentrando seus estudos na área de Nutrição Animal, tornando-se Mestre em fevereiro de 2017. Neste mesmo ano ingressou no Doutorado pelo mesmo programa e instituição, voltando suas pesquisas para a área de Nutrição Animal, defendendo tese em 27 de setembro de 2021.

Aos meus pais, **João Bernardino Clemente e Flávia Augusta Fernandes Clemente**, pelo amor, carinho, incentivo e apoio em minha vida, que me fizeram acreditar sempre em um futuro melhor...

As minhas tias, avó, namorada e amigos que sempre estiveram ao meu lado, sempre incentivando.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por essa força maior e infinita que me fortalece para continuar sempre a alcançar meus objetivos.

Agradeço aos meus pais João Bernardino Clemente e Flávia Augusta Fernandes Clemente, as minhas tias Maria da Luz, Maria de Jesus e Tábida Cristina e a minha avó Maria Celeste, que sempre estiveram do meu lado, torcendo e comemorando cada degrau avançado em minha vida, me dando sempre amor e carinho.

Agradeço a minha namorada Thais Helena, pelo companheirismo durante essa jornada e o incentivo de sempre seguir em frente.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela geração de conhecimentos aqui obtidos.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de vivenciar mais uma etapa profissional.

A professora Adriana Guim, pela orientação concedida durante esta jornada, por sua paciência e dedicação, sendo um exemplo de profissional com quem aprendi muito.

Aos professores Francisco Fernando Ramos de Carvalho e João Paulo I. dos S. Monnerat, por suas contribuições para o trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pela contribuição com seus ensinamentos.

Aos alunos de graduação, que auxiliaram em diversas etapas deste trabalho, em especial a Ana Carolina, Rennan, Thayna.

Aos colegas da Pós-graduação, pelo auxílio, companheirismo e disposição, em especial a Salmo, Manoel, Tomás, Marina, Rodrigo, Ana Gabriela, Maria Gabriela, Jasiel, Edwilka, Luiz, Caio, Francisco, Érick e Agni.

Aos que fazem parte do Laboratório de Nutrição Animal de pequenos ruminantes, que permitiu a realização das análises; ao PNPd Michel Maciel, por toda sua ajuda em momentos difíceis.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de estudos concedida durante o período do doutorado.

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

MUCILAGEM DE SISAL (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILADA PARA ALIMENTAÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS

RESUMO GERAL

O semiárido brasileiro é o maior produtor mundial de Sisal (*Agave sisalana*, Perrine). Entretanto, apenas 5% da planta gera enorme quantidade de resíduo sólido, que é desperdiçado ou subutilizado, podendo ser importante fonte alternativa de volumoso para ruminantes. No entanto, o desconhecimento das formas seguras de conservação e sua real importância nutricional para os ruminantes são muito escassas. Assim, objetivando-se investigar o efeito de aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) sobre as perdas, dinâmica microbiológica, alterações fermentativas e qualidade de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal em diferentes tempos de armazenamento, além do efeito das silagens na dieta de caprinos e ovinos, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo, consumo de água, dinâmica ruminal, balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana, parâmetros ruminais e perfil bioquímico do sangue e urina, foram conduzidos dois experimentos, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. No experimento I foram utilizados 60 silos experimentais, distribuídos nos tratamentos que consistiram nas silagens de: mucilagem do desfibramento de sisal (SiLMUDS), MUDS ensilada com milho moído (SiLMUDS-MI), MUDS ensilada com farelo de trigo (SiLMUDS-FT), e MUDS ensilada com farelo de algodão (SiLMUDS-FA). Os silos foram abertos aos 7, 14, 30, 60 e 120 dias após a ensilagem. Os aditivos (milho moído e farelo de trigo) foram eficientes na elevação do teor de Matéria Seca em relação ao tratamento-controle, reduzindo perdas, pela menor produção de efluentes ($P < 0,0001$), além de proporcionar menor produção de $N-NH_3$ ($P < 0,0001$) e aumentar a concentração de carboidratos solúveis em água (CSA), refletindo em fermentação mais efetiva com conseqüente queda do pH ($P < 0,0001$) durante o processo de fermentação do material. Porém, o farelo de algodão provocou efeito oposto aos demais aditivos, de modo que houve maior produção de $N-NH_3$ ($P < 0,0001$), assim como maiores valores de pH ($P < 0,0001$). No experimento II foram utilizados quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados e dotados de fístulas permanentes no rúmen, com pesos corporais (PC) médios iniciais de $71,05 \pm 7,53$ kg e $57,41 \pm 9,71$ kg, respectivamente. Os animais foram alimentados com rações experimentais compostas por feno de capim tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.) e as silagens como volumosos, alimentos concentrados (milho moído, farelo de soja e farelo de trigo) e mistura mineral, formuladas para serem isonitrogenadas. As silagens aditivadas proporcionaram maior consumo de MO ($P = 0,0383$), CT ($P = 0,0260$),

CNF(P<0,0001), NDT (P=0,0018), DMS (P<0,0001), DMO (P<0,0001), e DCT (P<0,0001), cabe destacar que os animais alimentados com SilMUDS-MI, pela sua melhor qualidade, apresentaram um maior valor observado para Alantoína (mmol/L) (P=0,0278). Os animais alimentados com a dieta-controle apresentaram maior produção de Ácido Acético (P=0,0013), já os alimentados com as dietas contendo silagens, apresentaram maiores valores de Ácido Propiônico (P=0,0112). Em geral o perfil bioquímico do sangue dos caprinos e ovinos mostraram-se dentro dos intervalos propostos para as espécies. Porém, os caprinos apresentaram quadro clínico compatível com nefropatia, apresentando obstrução do fluxo urinário por cálculos, o que pôde ser observado com os valores de ureia (306,25 a 483,639mg/dL) e creatinina (29,99 a 31,759mg/dL) acima do intervalo de referência para a espécie. Conclui-se que o uso de milho moído e farelo de trigo na ensilagem de MUDS resulta em silagens com melhor padrão de fermentação e menores perdas. O emprego de SilMUDS aditivada com milho moído ou farelo de trigo na dieta de caprinos e ovinos influencia positivamente sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e seus constituintes, não interfere no balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e não altera o perfil bioquímico do sangue. Porém, sugere-se mais estudos, com o intuito de avaliar os possíveis fatores antinutricionais contidos na mucilagem de sisal, principalmente sobre a função renal, a fim de incluir a mucilagem de sisal na alimentação de ruminantes com segurança, sem que haja comprometimento da saúde animal, concomitante a maximização das variáveis produtivas.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos; Digestibilidade; Ruminantes; SilMUDS.

SISAL MUCILAGE (*Agave sisalana*, Perrine) ENSILATED FOR RUMINANT FEEDING

The Brazilian semiarid is the world's largest producer of sisal (*Agave sisalana*, Perrine). Although only up to 5% of the plant is used, causing an enormous amount of solid waste that is wasted or underused, which can be an important alternative source of forage for ruminants. However, the lack of knowledge about safe ways of conservation and its real nutritional importance for ruminants are very scarce. Thus, aiming to investigate the effect of additives (ground corn, wheat bran and cotton bran) on losses, microbiological dynamics, fermentative changes and quality of sisal defibration mucilage silages at different storage times, in addition to the effect of silages in the diet of goats and sheep, on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, water consumption, rumen dynamics, nitrogen balance, microbial protein synthesis, ruminal parameters and biochemical profile of blood and urine, two were conducted. experiments, at the Department of Animal Science of the Federal Rural University of Pernambuco. In experiment I, 60 experimental silos were used, distributed in experimental treatments consisting of silages of: sisal shredded mucilage (SilMUDS), MUDS ensiled with ground corn (SilMUDS-MI), MUDS ensiled with wheat bran (SilMUDS-FT), and MUDS ensiled with cottonseed meal (SilMUDS-FA). The silos were opened at 7, 14, 30, 60 and 120 days after ensiling. The additives (ground corn and wheat bran) were efficient in increasing the dry matter content compared to the control treatment, reducing losses due to the lower effluent production ($P<0.0001$), in addition to providing lower $\text{NH}_3\text{-N}$ production ($P<0.0001$) and increase the concentration of water-soluble carbohydrates (CSA), resulting in more effective fermentation with a consequent drop in pH ($P<0.0001$) during the fermentation process of the material. However, cottonseed meal had an opposite effect to the other additives, so that in SilMUDS-FA there was a higher production of N-NH_3 ($P<0.0001$), as well as higher pH values ($P<0.0001$). In experiment II, four castrated male sheep and four goats with permanent rumen fistulas were used, with initial mean body weights (BW) of 71.05 ± 7.53 kg and 57.41 ± 9.71 kg, respectively. The animals were fed experimental rations composed of tifton 85 grass hay (*Cynodon dactylon* L.) and the silages in as roughage, concentrated feed (ground corn, soybean meal and wheat bran) and mineral mixture, formulated to be isonitrogenous. The additive silages showed higher consumption of MO ($P=0.0383$), CT ($P=0.0260$), CNF ($P<0.0001$), NDT ($P=0.0018$), DMS ($P<0, 0001$), BMD ($P<0.0001$), and DCT ($P<0.0001$), it should be noted that animals fed with SilMUDS-MI, due to its better quality, presented a higher observed value of

Allantoin (mmol/L) ($P=0.0278$). The animals fed the control diet showed higher production of Acetic Acid ($P=0.0013$), whereas those fed the diets containing silages had higher values of Propionic Acid ($P=0.0112$). In general, the biochemical profile of the blood of goats and sheep were within the ranges proposed for the species. However, the goats presented a clinical picture compatible with nephropathy, presenting urinary flow obstruction by stones, which could be observed with the values of urea (306.25 to 483.639mg/dL) and creatinine (29.99 to 31.759mg/dL) from above the reference range for the species. It is concluded that the use of ground corn and wheat bran in the MUDS ensilage results in silages with a better fermentation pattern and lower losses. The use of SilMUDS added with ground corn or wheat bran in the diet of goats and sheep positively influences the intake and digestibility of dry matter and its constituents, does not interfere with the nitrogen balance, microbial protein synthesis and does not alter the biochemical profile of the blood. However, further studies are suggested in order to assess the possible antinutritional factors contained in sisal mucilage, especially on renal function, in order to safely include sisal mucilage in ruminant feeding, without compromising animal health, concomitantly the maximization of productive variables.

Keywords: Sisal, Silage, Ruminants, Digestibility, Organic Acids.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 - Alterações bromatológicas, fermentativas e perdas durante o armazenamento de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos

	Página
Figura 1: Perda por Efluentes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃) e Carboidrato Solúvel em Água residual (CSAr) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SilMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.....	46
Figura 2: Ácido Lático, Acético, Propiônico e Butírico de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SilMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.....	50
Figura 3: Bactérias de Ácido Lático, Enterobactérias, Fungos e Leveduras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SilMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.....	52

Capítulo 2 - Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) ensilada na alimentação de pequenos ruminantes

	Página
Figura 1: Consumo de água via alimento, bebedouro e total por caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas.....	76

Capítulo 3 - Características metabólicas, ruminais e síntese de proteína microbiana de pequenos ruminantes alimentados com silagens de Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine)

	Página
Figura 1: Valores de pH e N-NH ₃ em função das horas de avaliação.....	98
Figura 2: Valores de Ácidos Graxos de cadeia curta em função das horas de avaliação	99
Figura 3: Valores de Ácidos Graxos de cadeia curta das dietas controle e a base de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SilMUDS), sem ou com aditivos (milho moído e farelo de trigo) ao longo das horas de avaliação.....	100

LISTA DE TABELAS

Revisão de Literatura

	Página
Tabela 1: Respostas do uso da mucilagem do desfibramento do sisal (<i>in natura</i> , fenada ou ensilada) sobre o desempenho de ruminantes.....	26

Capítulo 1 - Alterações bromatológicas, fermentativas e perdas durante o armazenamento de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos

	Página
Tabela 1. Composição química dos alimentos utilizados como aditivos e do material antes da ensilagem.....	40
Tabela 2: Perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiLMUDS), com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento	43
Tabela 3. Composição química das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiLMUDS), com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento...	44
Tabela 4: MS, PB, FDN _{cp} e CHOT de silagens de MUDS, aditivadas ou não, em diferentes tempos de armazenamento	49

Capítulo 2 - Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) ensilada na alimentação de pequenos ruminantes

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	65
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	66
Tabela 3. Valores de consumo de matéria seca e de seus constituintes por caprinos e ovinos submetidos às dietas experimentais	71
Tabela 4. Digestibilidade da matéria seca e seus constituintes das dietas experimentais, por caprinos e ovinos.....	73
Tabela 5. Valores do comportamento ingestivo de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais	73
Tabela 6. Consumo de água por caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais.....	75

Tabela 7. Valores de dinâmica ruminal de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais.....	77
---	----

Capítulo 3 - Características metabólicas, ruminais e síntese de proteína microbiana de pequenos ruminantes alimentados com silagens de Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine)

	Página
Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....	87
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	88
Tabela 3. Consumos de MS, MO, NDT e balanço de nitrogênio de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais	93
Tabela 4. Síntese de proteína microbiana de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais.....	94
Tabela 5. Desdobramento das interações entre espécie e tratamento sobre a Alantoína (mmol/d), DPE (mmol/d), DPA (mmol/d) e gN mic/d de ruminantes submetidos a diferentes dietas experimentais.....	95
Tabela 6. Parâmetros ruminais de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais.....	97
Tabela 7. Perfil bioquímico do sangue de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais.....	103
Tabela 8. Desdobramento das interações entre espécie e tratamento sobre o Colesterol (mg/dL), Albumina (mg/dL), AST (U/L), GGT (U/L) e Cálcio (mg/dL) de ruminantes submetidos a diferentes dietas experimentais.....	104
Tabela 9. Perfil bioquímico da urina de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais	108

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
INTRODUÇÃO.....	18
REVISÃO DE LITERATURA.....	21
Cultura do sisal (<i>Agave sisalana</i>, Perrine) e os resíduos de seu processamento	21
Composição bromatológica da mucilagem do sisal	23
Conservação da mucilagem resultante do desfibramento do sisal	23
Mucilagem do desfibramento do sisal na alimentação de ruminantes	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
Capítulo 1 - Alterações bromatológicas, fermentativas e perdas durante o armazenamento de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos.....	32
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	41
Conclusões.....	54
Referências Bibliográficas.....	55
Capítulo 2 - Mucilagem de sisal (<i>Agave sisalana</i>, Perrine) ensilada na alimentação de pequenos ruminantes.....	60
Resumo.....	61
Abstract.....	62
Introdução.....	63
Material e Métodos.....	64
Resultados e Discussão.....	70
Conclusões.....	78
Referências Bibliográficas.....	79

Capítulo 3 - Características metabólicas, ruminais e síntese de proteína microbiana de pequenos ruminantes alimentados com silagens de Mucilagem de sisal (<i>Agave sisalana</i>, Perrine)	82
Resumo.....	83
Abstract.....	84
Introdução.....	85
Material e Métodos.....	86
Resultados e Discussão.....	91
Conclusões.....	109
Referências Bibliográficas.....	110
CONSIDERAÇÕES FINIAIS E IMPLICAÇÕES.....	115

INTRODUÇÃO

A produção de ovinos no Brasil, de 2018 para 2019, apresentou crescimento de 4,1% do seu rebanho, atingindo 19,7 milhões de cabeças; já o rebanho caprino cresceu 5,3%, atingindo 11,3 milhões de cabeças. A região Nordeste é caracterizada como sendo a mais importante nesse contexto, uma vez que, dos ovinos existentes no país, ela foi responsável por 94,6% do total desses caprinos e 68,5% dos ovinos dessa população (IBGE, 2019).

A principal fonte de alimentação destas espécies são as pastagens nativas e a caatinga; no entanto, a estacionalidade de produção é um fator limitante para a produção local, levando grande parte dos agricultores a comprar alimentos concentrados e ingredientes diversos (farelo de soja, farelo de trigo, torta de algodão, entre outros) para suplementar a dieta dos animais, encarecendo a exploração, havendo a necessidade de substituir estes produtos por alimentos alternativos de menor custo e de boa qualidade.

O aproveitamento dos resíduos agroindustriais seria uma forma de diminuir a utilização de rações concentradas por um material menos oneroso. Porém, o aproveitamento de resíduos agroindustriais não é utilizado de forma eficiente e muitos são deixados no campo e na época de utilizá-los já se encontram empobrecidos em nutrientes e bastante reduzidos em quantidade, tendo como alternativa a conservação por meio das técnicas de fenação e ensilagem.

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal poderia reduzir os custos totais da produção animal, visto que a alimentação é responsável por aproximadamente 70% dos custos da produção de ruminantes, além de servir como uma alternativa sustentável na cadeia produtiva da carne e do leite, evitando o acúmulo destes resíduos no meio ambiente, e a consequente contaminação ambiental, o que contribuiria com a preservação dos recursos naturais e com a sustentabilidade da produção animal local.

O sisal ou agave (*Agave sisalana*, Perrine) é uma planta originária da Península de Yucatã (México) que se adequa ao clima tropical semiárido e regiões de clima quente com poucas chuvas (ANDRADE, 1969). Pertence à classe monocotiledônea, série Liliiflórea, família Agavacea, subfamília Agavoidea, gênero *Agave*, espécie *A. sisalana*., o gênero acha-se subdividido em dois subgêneros, distintos segundo as características do escapo floral: *Littaea* e *Euagave*; porém, é nesta última que estão às espécies de interesse comercial para produção de fibra (SILVA et al., 1999).

Alguns autores revelaram que a mucilagem de sisal é volumoso de boa qualidade. Avaliando a composição bromatológica do coproduto do desfibramento do sisal tratado com ureia, Faria et al. (2008) e Brandão et al. (2011) verificaram que o uso da ureia durante o

processo de estocagem do coproduto do sisal melhora sua qualidade em teor proteico; entretanto, a ensilagem não trouxe benefícios ao coproduto, observado pelas reduções nos teores de CNF e na DMS e, então, sugeriram que outras pesquisas fossem realizadas com a desidratação prévia do coproduto ou a adição de aditivos sequestrantes de umidade, visando evitar a perda da qualidade do produto final.

A viabilidade da mucilagem do sisal como suplemento alimentar animal também é citada por alguns autores, entre eles, Figueiredo (1974), Peixoto et al. (1977) e Paiva et al. (1986). Estes últimos estudaram dietas alimentares para novilhos fistulados à base de mucilagem do sisal, e concluíram que, uma vez removidas as fibras longas da mucilagem e parte do suco, esta surge como suplemento valioso para o período seco, quando fornecida aos animais associada a outros ingredientes. Estes autores afirmaram ainda que a utilização exclusiva da mucilagem não é prática recomendada, pois o animal poderá apresentar alguns inconvenientes de ordem nutricional, bioquímica e fisiológica.

Casso e Castro (1998) analisaram a utilização de subprodutos do sisal no México, que indicou que a fenação e a ensilagem, com a fermentação concluída em 10 dias, poderiam preservar o resíduo normalmente. Esses autores concluíram que o resíduo do sisal deve ser fornecido em conjunto com uma fonte de fibras para garantir o funcionamento ideal do rúmen.

A ensilagem é um método para conservar a forragem em seu estado úmido, por meio da fermentação anaeróbia realizada por bactérias que promovem o abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis por um longo período de tempo, tendo seu ciclo fermentativo completo com 21 dias, e quando bem ensilada, com o pH moderado (na faixa de 3,8 a 4,2), pode-se dizer que os principais processos fermentativos já ocorreram e a silagem se encontra estabilizada, podendo o silo ser aberto e a silagem consumida (KALLAH et al., 1997; OLIVEIRA, 1997).

Alguns autores (SENGER et al., 2005; VELHO et al., 2007; NEUMANN et al., 2017) relatam que, para produzir silagem de boa qualidade, a forrageira deve ser picada e compactada em estruturas denominadas silos, os quais devem ser fechados no menor espaço de tempo possível, mantendo-se as condições anaeróbias, a fim de que as características qualitativas da silagem sejam similares à da forragem verde.

A alta umidade da mucilagem de sisal (em torno de 85%) pode gerar grande produção de efluentes, e, conseqüentemente trazer problemas ao processo fermentativo da silagem. Sendo assim, a adição de aditivos absorventes de umidade pode ser uma forma de evitar a perda da qualidade do produto final (FARIA et al., 2008).

Ao incluir resíduos na dieta de ruminantes se faz necessário uma atenção no que diz respeito à composição química e balanço dos nutrientes, pois muitos têm composição com deficiência em alguns nutrientes e valores ótimos para outros, sendo necessário balancear para melhorar o aproveitamento desse resíduo.

Sendo assim, faz-se necessário mais pesquisas sobre a viabilidade do uso de resíduos agroindustriais, como o resíduo do sisal (mucilagem), que podem ser destinados à alimentação animal e que podem subsidiar os agricultores/pecuaristas, pois em regiões semiáridas, onde o período chuvoso é curto, é crucial que os agricultores aproveitem o que restou de sua produção de sisal para saciar a fome dos seus rebanhos, e o aproveitamento destes resíduos demonstra ser uma boa alternativa na alimentação animal, sendo um produto de grande potencial e disponibilidade na região Nordeste do Brasil.

REVISÃO DE LITERATURA

Cultura do sisal (*Agave sisalana*, Perrine) e os resíduos de seu processamento

No cenário do semiárido brasileiro, os subprodutos agroindustriais e resíduos agrícolas podem suprir parcialmente a demanda alimentar, minimizando a competição por alimentos entre humanos e animais, reduzindo o custo de produção e contribuindo para a autossuficiência em nutrientes de fontes de alimentação localmente disponíveis (NEGESSE et al., 2009).

Uma das culturas mais importantes cultivadas no semiárido do Brasil é o sisal, que gera uma quantidade imensa de resíduo que poderia ser mais bem aproveitado pelos sisaleiros/pecuaristas. O sisal, assim como a palma forrageira, oferece grande potencial para ser utilizado extensivamente em áreas áridas e semiáridas por suas características de adaptação às várias condições edafoclimáticas (YANG et al., 2015).

O sisal é uma planta originária da Península de Yucatã (México), pertencente à divisão Angiospermae, Classe Monocotiledoneae, Ordem Liliales, Família Agavaceae, subfamília Agavoideae, gênero *Agave*, espécie *A. sisalana* (ANDRADE, 1969; SILVA; BELTRÃO, 1999).

O gênero *Agave* L. compreende cerca de 200 espécies distribuídas principalmente em regiões áridas e semiáridas. No entanto, a taxonomia do gênero é muito complicada e existem diferentes visões sobre sua delimitação e classificação. O número básico de cromossomos do gênero é $x = 30$ e contém diploides, triploides, tetraploides e pentaploides. Na América Central, onde o gênero provavelmente se originou, a *Agave* tem sido usada pelos seres humanos como fonte de alimento, bebida e fibras há pelo menos 9 mil anos (BRINK; ESCOBIN, 2003).

As agaváceas utilizam o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que consiste, fisiologicamente, em uma via fotossintética de máxima eficiência no uso da água e que realizam a maior parte da absorção de CO_2 durante a noite (LUTTGE, 2004). Elas abrem seus estômatos à noite e absorvem CO_2 no escuro para formar ácido málico, que é metabolizado para liberar CO_2 para a fotossíntese do dia seguinte que ocorre com seus estômatos fechados (CASIERRA-POSADA; GONZÁLEZ, 2009; HOLTUM et al., 2011; BORLAND et al., 2011).

Cultivada para produção de fibras em muitas regiões de clima quente, áridas e semiáridas, devido à sua adaptação a ambientes secos e quentes (IÑIGUEZ-COVARRUBIAS et al., 2001; ZAMUDIO et al., 2009). É uma cultura ecologicamente correta e é um recurso renovável que pode contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais.

São plantas altamente tolerantes a temperaturas elevadas (60 a 70°C), radiação ultravioleta e condições severas de seca devido à capacidade de sobreviver com perdas de 80 a

90% de seu teor de água, e isso se deve à capacidade das plantas CAM armazenar água e translocar a água entre as células para manter ativo seu metabolismo (BORLAND et al., 2009; NOBEL, 2009; MARTINEZ-TORRES et al., 2011).

Existem dois tipos de resíduos oriundos do processamento do sisal: aquele oriundo do desfibramento das folhas do agave e aqueles resultantes do processo de produção de bebidas, denominado bagaço. Vários autores, no passado recente, citados por Kategile (1986) e Laksevela e Said (1970), descreveram que o resíduo do processamento do agave permanece apto ao consumo animal até três dias pós-desfibramento. A partir desse período, considerando que este resíduo apresenta elevada umidade, e ao ser exposto ao sol, intenso processo de deterioração aeróbia se inicia, levando à perda de quantidades significativas de nutrientes solúveis e ainda provocam inoportuna contaminação ambiental (SALEM; SMITH, 2008; SALUM; HODES, 2009).

Após o desfibramento do sisal, o resíduo normalmente é amontoado e abandonado no local do desfibramento, podendo ser consumido diretamente pelos animais. No entanto, como o resíduo sólido do desfibramento é composto pela bucha e mucilagem (de difícil digestão), apresentam sérias restrições, pois a ingestão continuada e exclusiva desses resíduos extremamente fibrosos poderá acarretar timpanismo (devido à formação de bolos de fibras) e até mesmo a morte de bovinos, ovinos e caprinos. Além disso, esses bolos de fibras podem ser responsáveis por baixa taxa de diluição ruminal e baixo consumo voluntário (FIGUEREDO, 1974; RODRIGUEZ et al., 1984; PAIVA et al., 1986; SILVA; BELTRÃO, 1999; PINOS-RODRIGUEZ et al., 2006; GEBREMARIAM; MACHIN, 2008).

Buscando maximizar o aproveitamento do resíduo do desfibramento do sisal na alimentação de ruminantes, assim como minimizar os efeitos de timpanismo, pesquisadores da Embrapa Algodão desenvolveram a peneira rotativa (SILVA et al., 1998), com a finalidade de oferecer ao produtor de sisal/pecuarista um equipamento de concepção simples e de baixo custo, que permite a separação da mucilagem da bucha, possibilitando o aproveitamento da mucilagem na alimentação controlada de animais sem os riscos de mortalidade.

Após a utilização da peneira rotativa para a separação da bucha, a mucilagem fresca ou “*in natura*” pode ser melhor aproveitada na alimentação controlada de ruminantes, reduzindo os riscos de mortalidade dos animais por timpanismo. Assim, a mucilagem poderá ser oferecida fresca ou *in natura*, na forma de feno ou na forma de silagem (PAIVA et al. 1986; CASSO; CASTRO, 1998).

Composição bromatológica da mucilagem do sisal

A composição bromatológica da mucilagem do sisal varia muito, dependendo da época da colheita, local da colheita e estágio fisiológico das plantas analisadas. Verifica-se, na literatura, várias pesquisas que relatam teores mínimos e máximos, que variam de 82 a 220g/kg em MS; 26 a 75g/kg em PB; 245 a 502g/kg em FDN; 200 a 450g/kg em FDA; 59 a 169g/kg em lignina; 103 a 172g/kg em MM; 16 a 120g/kg em EE e 200 a 570 g/kg em carboidratos solúveis para folhas e a mucilagem do sisal (SILVA; BELTRÃO, 1999; PINOS-RODRÍGUEZ et al., 2006; PINOS-RODRIGUEZ et al., 2008; BARAZA et al., 2008; NEGESSE et al., 2009; PINOS-RODRÍGUEZ et al., 2009; ZAMUDIO et al., 2009; BRANDÃO et al., 2011; SANTOS et al., 2011; SANTOS, 2013; SOUZA et al., 2018).

Segundo Harrison (1984) e Iñiguez-Covarrubias (2001) é de fundamental importância o conhecimento da composição química e o valor nutritivo dos coprodutos do desfibramento do sisal para que possa ser complementado com outros ingredientes, visando fornecer uma dieta equilibrada aos animais.

Conservação da mucilagem resultante do desfibramento do sisal

O método eficaz para conservar a forragem em seu estado úmido é a ensilagem, que, por meio da fermentação anaeróbia realizada por bactérias, ocasionam o abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis por um longo período de tempo, tendo seu ciclo fermentativo completo com 21 dias, e quando bem ensilada, com o pH moderado (na faixa de 3,8 a 4,2) pode-se dizer que os principais processos fermentativos já ocorreram e a silagem se encontra estabilizada, podendo o silo ser aberto e a silagem consumida (KALLAH et al., 1997; OLIVEIRA, 1997).

Segundo Jobim et al. (2007), a qualidade da forragem é uma expressão utilizada como referência ao valor nutritivo da massa de forragem em interação com o consumo efetuado pelo animal e com o potencial de desempenho do animal. Desse modo, a qualidade das silagens pode variar em função de diversos fatores, incluindo aqueles inerentes ao próprio material a ser ensilado.

Segundo McDonald (1981), o teor de matéria seca da forragem a ser ensilada deve estar ao redor de 300 a 350 g/kg na MS, além de considerar outros fatores que podem fornecer informações da possível qualidade da silagem como os carboidratos solúveis e poder tampão, para assegurar a fermentação desejável das silagens, de modo que o alimento seja conservado de maneira adequada. A elevada umidade do material ensilado produz grande quantidade de efluentes. Estes, por sua vez, carregam nutrientes altamente digestíveis, açúcares e ácidos

orgânicos. Além disso, o baixo teor de matéria seca propicia baixa pressão osmótica, favorecendo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, as quais desdobram açúcares, ácido lático, proteína e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia e gás carbônico, levando a perdas significativas na qualidade da silagem, com redução da sua aceitabilidade e consumo (WILKINSON, 1983; TOSI et al., 1995). O conjunto destas variáveis prejudica todo o processo, acarretando perdas significativas e diminuição do valor nutritivo da silagem, incluindo a redução de sua aceitabilidade pelo animal (MILLER et al., 1966; MCDONALD, 1981; WILKINSON, 1983; TOSI et al., 1995; SANTOS; ZANINE, 2006).

Isto posto, fica evidente que o alto teor de umidade da mucilagem do desfibramento do sisal representa um obstáculo para sua conservação na forma de silagem. Para contornar o problema, o emprego de aditivos sequestrantes de umidade aparece como uma alternativa viável para o sucesso de sua ensilagem.

Os aditivos sequestrantes de umidade são bastante utilizados no Brasil, principalmente para ensilagem de gramíneas tropicais, como: polpa cítrica; subprodutos da indústria de mandioca, maracujá; biodiesel; resíduos de colheita de soja e algodão; tortas e farelos (milho, trigo, algodão). Além de corrigir a MS, alguns materiais fornecem carboidratos solúveis e estimulam a fermentação (SCHMIDT et al., 2014). Estes mesmos autores destacam que por diluição, quanto maior a qualidade do sequestrante usado, menor o teor de FDN e maior a digestibilidade da MS, o que leva ao maior consumo e desempenho de ruminantes (SCHMIDT et al., 2014). A redução do teor de água do material ensilado concentra os carboidratos solúveis, diminui a ocorrência de fermentações clostrídicas, favorece o abaixamento do pH, reduz a quebra de proteína em amônia e diminui a produção de gases e efluentes (ANDRADE et al., 2010).

É oportuno expor que além dos problemas decorrentes do baixo teor de matéria seca da mucilagem de sisal, as Agaváceas apresentam alguns fatores antinutricionais, como as saponinas e hecogeninas, que podem interferir na ruminação. Os cristais de oxalato de cálcio que, juntamente com as saponinas, podem causar irritação na pele de animais e pessoas que manuseiam o sisal. Porém, o processo de ensilagem pode reduzir os níveis destes compostos (ZAMUDIO et al., 2008), passando de 6,1% no material *in natura* para 3,4% na matéria seca da silagem (PINOS-RODRIGUEZ et al., 2008).

Mucilagem do desfibramento do sisal na alimentação de ruminantes

No Brasil, o principal resíduo do sisal é a mucilagem, que na alimentação animal é pouco utilizada por diversos fatores: transporte da mucilagem do local de produção, teor de água

elevado, maior presença de saponinas na mucilagem fresca, que podem causar distúrbios nos animais, entre outros. Atualmente, a mucilagem vem sendo utilizada, principalmente, na forma de feno e ensilada pura ou com aditivos, sendo esta última mais recomendada devido ao excesso de umidade do resíduo.

Vários autores descrevem a viabilidade da mucilagem do sisal como suplemento alimentar animal aqui no Brasil (FIGUEIREDO,1974; PEIXOTO et al., 1977; PAIVA et al., 1986). Estes últimos estudaram dietas alimentares para novilhos fistulados à base de mucilagem do sisal, e concluíram que, uma vez removidas as fibras longas da mucilagem e parte do suco, esta desponta como suplemento valioso para o período seco, quando fornecida aos animais associada a outros ingredientes. Estes autores afirmaram ainda que a utilização exclusiva da mucilagem não é prática recomendada, pois o animal poderá apresentar alguns inconvenientes de ordem nutricional, bioquímica e fisiológica.

Na Tabela 1 estão sumarizados trabalhos que relatam o reflexo da utilização de mucilagem do desfibramento do sisal (*in natura*, fenada ou ensilada) sobre o desempenho animal.

Tabela 1: Respostas do uso da mucilagem do desfibramento do sisal (*in natura*, fenada ou ensilada) sobre o desempenho de ruminantes

Item	Categoria	Desempenho	Referências
Mucilagem do sisal ensilada pura ou com aditivo (pó-de-batedeira) x silagem de milho	Ovinos	Não alterou o consumo dos principais nutrientes e frações fibrosas dos alimentos, além de promover ganho de peso satisfatório. Verificaram ganho de peso diário médio de 184 g/dia para os animais que consumiam a mucilagem ensilada sem aditivo, 229 g/dia para aqueles que consumiam a mucilagem ensilada com o aditivo (pó de bateadeira) e 191 g/dia para aqueles que consumiam mucilagem fenada quando comparados com os animais que consumiam, apenas, silagem de milho, que tiveram ganho de 182 g/dia.	Santos et al. (2011)
Feno da mucilagem de sisal x palhada de cevada	Ovinos	Os resultados dos testes de alimentação animal demonstraram que quando alimentados com 250 e 500 g de resíduo de sisal com palha seca de cevada, <i>ad libitum</i> e minerais, os ovinos obtiveram ganho de peso diário médio de 41 e 53 g/animal/dia, enquanto aqueles que se alimentavam da dieta basal (palha seca de cevada), sem resíduo de sisal, alcançaram ganho de 22 g/animal/dia.	Gebremariam e Machin (2008)
Silagens e feno da mucilagem de sisal	Bovinos de corte, bovinos de leite, ovinos e caprinos	Os resultados demonstraram que a mucilagem do sisal pode ser usada como fonte alternativa de alimentação de ruminantes pois promoveu o ganho de peso diário de 1,0 kg em novilhos e ganhos satisfatórios em ovinos e caprinos e, ainda, promoveu acréscimos na produção leiteira de vacas.	Unido (2005)
Silagens de resíduo do agave salmiana puro e aditivado	Caprinos	Obtiveram ganhos de 125 g/animal/dia em caprinos; já quando a silagem foi aditivada com 50 e 65% de alfafa os ganhos foram de 125 e 118 g/animal/dia, porém a conversão alimentar (5,7) foi melhor no tratamento com 50% de resíduo do agave mais 50% de alfafa devido a ingestão voluntário da dieta total.	Zamudio et al. (2009)
Resíduo do sisal x palhada de milho	Ovinos	Verificaram que o ganho médio diário foi maior (179 g/dia) para animais alimentados com a dieta de milho, mas os ganhos médios de peso entre os animais alimentados com a dieta basal de resíduo do pseudocaule do sisal (96,4 g/dia) foram melhores quando comparados com aqueles alimentados com a dieta basal da palhada de milho (72,1 g/dia). Quando a taxa de conversão alimentar é considerada, o resíduo do sisal foi mais eficiente na conversão alimentar (8,32) que a palhada de milho (11,12).	Iñiguez-Covarrubias et al. (2001)
Mucilagem de sisal ensilada	Ovinos	Os animais apresentaram consumo e desempenho semelhantes àqueles que consumiam feno de tifton como volumoso, com ganho médio diário de 216 g/animal/dia e conversão alimentar média de 5,56. Além disso, a mucilagem de sisal ensilada não afetou nenhuma característica relacionada à qualidade da carne e constitui-se em uma boa fonte de água em regiões áridas e semiáridas com excelente redução do custo de produção com ração.	Souza et al. (2018)

Em geral, ao incluir resíduos na dieta de ruminantes se faz necessário uma atenção no que diz respeito à composição química e balanço dos nutrientes, pois muitos têm composição com deficiência em alguns nutrientes e valores ótimos para outros, sendo necessário balancear para melhorar o aproveitamento desse resíduo.

Sendo assim, se faz necessário mais pesquisas sobre a viabilidade do uso de resíduos agroindustriais, como a mucilagem de desfibramento do sisal, que tem potencial como ingrediente de ração animal, e que podem subsidiar os agricultores/pecuaristas, pois, em regiões semiáridas, onde o período chuvoso é curto, é crucial que os agricultores aproveitem o que restou de sua produção de sisal para saciar a fome dos seus rebanhos e o aproveitamento destes resíduos demonstra ser uma boa alternativa na alimentação animal, sendo um produto de grande potencial e disponibilidade na região Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, I. V. O. PIRES A. J. V.; CARVALHO G. G. P.; VELOSO C. M.; BONOMO P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa**, v. 39, n. 12, p. 2578-2588. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200004>
- ANDRADE, M. C. de A. A cultura do sisal. In: SUDENE. **Agricultura e regionalização do Nordeste**: culturas industriais. Recife, p.1-13. 1969.
- BARAZA, E.; ÁNGELES, S.C.; PÉREZ Á. G.; VALIENTE-BANUET A. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el valle de tehuacán, México. **Interciencia**, v.33, n.12, p.891-896. 2008.
- BORLAND, A.M.; GRIFFITHS, H.; HARTWELL, J.; SMITH J. A. C. Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands. **Journal of Experimental Botany**, v.60, p.2879-2896, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erp118>
- BORLAND, A.M., BARRERA ZAMBRANO, V.A., CEUSTERS, J., SHORROCK, K., The photosynthetic plasticity of crassulacean acid metabolism: an evolutionary innovation for sustainable productivity in a changing world. **New Phytol.** 191, 619–633. 2011. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.03781.x
- BRINK, M.; ESCOBIN, R.P. **Fibre plants**. Prosea Foundation: Bogor, Indonesia, 453p. 2003.
- BRANDÃO, L.G.N.; PEREIRA, L.G.R.; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAGÃO, A.S.L.; VOLTOLINI, T.V.; NEVES, A.L.A.; ARAÚJO, G.G.L.; BRANDÃO, W.N. Valor nutricional da planta e dos coprodutos da Agave sisalana para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1493-1501, 2011. DOI: 10.1590/s0102-09352011000600029
- CASIERRA-POSADA, F.; GONZÁLEZ, D.M. **Cambio circadiano de pH y acidez titulable en la savia de fique (Furcraea castilla y F. macrophylla)**. Orinoquia, v.13, p.5-13. 2009. DOI: <https://redalyc.org/articulo.oa?id=89612776003>
- CASSO, R.B.; CASTRO, C.S. **Use of Sisal Waste as Animal Feed. Common Fund Commodities Special Agreement**, N. 98/09. Merida, Yucatan. 1998.
- FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C. et al. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com ureia. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.301-308, 2008.
- FIGUEIREDO, K. J. C. **Estudo experimental da toxicidade do resíduo do sisal (Agave sisalana, Perrine) para bovinos**. 1974. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- GEBREMARIAM, D.Y.; MACHIN, D.H. Evaluation of sun dried sisal pulp (Agave sisalana, Perrine) as feed for sheep in Eritrea. **Livestock Research for Rural Development**. v.20, n.11, 2008.

HARRISON, D. G. Subprodutos del sisal como alimentos para los rumiantes. **Revista Mundial de Zootecnia**, v.49, p.25-31, 1984.

HOLTUM, J.A.M.; CHAMBERS, D.; MORGAN, T.; TAN, D.K.Y. Agave as a biofuel feedstock in Australia. **GCB Bioenergy**; v.3, p.58–67, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01083.x>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal PPM 2019**, Rio de Janeiro, v.30, p.1-9, 2019.

IGNIGUEZ-COVARRUBIAS, G.; LANGE, S.E.; ROWELL, R.M. Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: agave bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production. **Bioresource Technology**. v.77, p.25-32, 2001. DOI: S0960-8524(00)00137-1

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KATEGILE, J.A. Feed value of tanzanian sisal wastes: chemical composition and digestibility in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v.14, p.255-263. 1986. DOI:10.1016 / 0377-8401 (86) 90098-2

KALLAH, M. S. BABA, ALAWA, J.P.; MUHAMMAD, I.R.; TANKO Ensiling quality of Columbus grass (*Sorghum almun*) grown in northern Nigeria. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.68, p.153-163, 1997.

LUTTGE, U. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). **Annals of Botany**, v.93, p.629-652, 2004. DOI: doi.org/10.2307/43576018

MARTINEZ-TORRES, J.; BARAHONA- PEREZ, F. Ethanol production from two varieties of henequen (*Agave fourcroydes* Lem). **GCB Bioenergy**, v.3, p.37-42. 2011. DOI: [10.1111/j.1757-1707.2010.01081.x](https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01081.x)

McDONALD, P. **The Biochemistry of Silage**. Chichester: John Wiley, 128p. 1981.

MILLER, W. J.; CLIFTON, C. M.; FOWLER, P. R.; CAMERON, N. W. Ensiling characteristics of Tift sudangrass and Coastal bermudagrass. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.49, n.5, p.477-485, 1966. DOI: [10.3168/jds.s0022-0302\(66\)87900-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(66)87900-6)

NEGESSE, T.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Animal Feed Science and Technology**. v.154, p.204-217. 2009. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2009.09.010](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.010)

NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; COELHO, M.G.; FIGUEIRA, D.N.; SPADA, C.A.; PERUSSOLO, L.F.. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Arquivo de Zootecnia**, v.66 (253): p.51-58. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2125>.

NOBEL, P.S. **Desert Wisdom, Agaves and Cacti, CO₂, Water, Climate Change**. Universe: New York, 198p., 2009.

OLIVEIRA, J. S. **Forragens para o gado leiteiro**. São Paulo: Tortuga/Embrapa- CNPGL, v.98, p. 1997.

PAIVA, J. A. de J.; VALE, O. E. do; MOREIRA, W. M.; SAMPAIO, A. O. **Utilização do resíduo do desfibramento do sisal (*Agave sisalana*, Perrine) na alimentação de novilhos**. Salvador: EPABA, 7p. (EPABA, Boletim de Pesquisa, 5). 1986.

PEIXOTO, A. M.; BOSE, M. L. V.; SENNA, V. Digestibilidade de silagem de sisal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 14., 1977, Recife. Anais... Recife: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p.104. 1977.

PINOS-RODRÍGUEZ, J.M.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; GARCÍA-LÓPEZ, J.C.; RIVERAMIRANDA, M.T.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, S.; LÓPEZ-AGUIRRE, S.; CHÁVEZ-VILLALOBOS, D. Use of “Maguey” (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) as Forage for Ewes. **Journal of Applied Animal Research**, v.30, p.101-107, 2006. DOI: 10.1080/09712119.2006.9706596

PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; ZAMUDIO, M.; GONZÁLEZ, S.S. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. **South African Journal of Animal Science**, v.38, p.43-50, 2008. DOI:10.4314/sajas.v38i1.4108

PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; ZAMUDIO, M.; GONZÁLEZ, S.S.; MENDOZA, G.D.; BÁRCENAC, R.; ORTEGAC, M.E.; MIRANDA, L.A. Effects of maturity and ensiling of *Agave salmiana* on nutritional quality for lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.152, p.298-306, 2009. DOI: doi:10.1016/j.anifeedsci.2009.05.002

RODRIGUEZ, A.; RILEY, J.A.; THORPE, W. Animal performance and physiological disturbances in sheep fed diets based on ensiled sisal pulp (*Agave fourcroydes*): I. the effect of supplementation with protein, forages and minerals. **Tropical Animal Production**. v.10, p.23-31, 1984.

SALEM, H.B.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant Research**, v.77, p.174-194, 2008. DOI:10.1016/j.smallrumres.2008.03.008

SALUM, A.; HODES, G. S. **Leveraging CDM to scale-up sustainable biogas production from sisal waste**. In Proceedings, p.2431-2442. 2009.

SANTOS, A.S. **Mucilagem de sisal e licuri na alimentação de cabras leiteiras**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 89p. 2013.

SANTOS, E.M. e ZANINE, A.M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v.2, p.32-45, 2006.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A.; BRANDÃO, L.G.N.; ARAÚJO, G.G.L.; ARAGÃO, A.S.L.; BRANDÃO, W.N.; SOUZA, R.A.; OLIVEIRA, G.F. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do

desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1502-1510, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600030>

SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar? In: Jobim, C.C.; Cecato, U.; Canto, M.W.; Bankuti, F.I (eds.), **Simpósio: produção e utilização de forragens conservadas**, 5.ed., Anais... Maringá: UEM, p.243-264. 2014.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; BONNECARRÈRE SANCHEZ, L.M.; NETTO, D.P.; LIMA, L.D. Composição e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1393-1399. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600026>.

SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; MOREIRA, J. A. N.; BANDEIRA, D. A.; COSTA, L. B.; ALVES, I. **Peneira rotativa CNPA: uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação animal**. Campina Grande: Embrapa Algodão, (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 36). 1998.

SILVA, O. R. R. F. da; BELTRÃO, N. E. de M. **O Agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 205p. 1999.

SOUZA, F.N.C.; SILVA, T.C.; RIBEIRO, C.V.D.M. Sisal silage addition to feedlot sheep diets as a water and forage source. **Animal Feed Science and Technology**, v.235, p.120- 127, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.010>

TOSI, H.; RODRIGUES, L. R. de A.; JOBIM, C.C.; OLIVEIRA, M.D.S.; SAMPAIO, A.A.M.; ROSA, B. Ensilagem do capim elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.6, p.909-916, 1995.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). Product and market development of sisal and henequen - Project Completion Report. **Common Fund for Commodities** (CFC): Viena. p.1-52, 2005.

VELHO, J.P.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, I.M.P.H. GENRO, T.C.M.; KESSLER, J.D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1532- 1538. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000700011>.

WILKINSON, J.M. Silage made from tropical and temperate crops. 2. Techniques for improving the nutritive value of silage. **World Animal Review**, v.46, p.35-40. 1983.

YANG, X.; CUSHMAN, J.C.; BORLAND, A.M.; EDWARDS, E.J. A roadmap for research on crassulacean acid metabolism (CAM) to enhance sustainable food and bioenergy production in a hotter, drier world. **New Phytologist**, v.207, p.491-504. 2015. DOI: 10.1111 / nph.13393

ZAMUDIO, D.M.; PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; GONZALEZ, S.S.; ROBINSON, P.H.; GARCIA, J.C.; MONTANEZ, O. Effects of Agave salmiana Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v.148: p.1-11. 2009. DOI: [doi:10.1016/j.anifeedsci.2008.02.002](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.02.002)

CAPÍTULO 1

Alterações bromatológicas, fermentativas e perdas durante o armazenamento de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos

Alterações bromatológicas, fermentativas e perdas durante o armazenamento de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, com e sem aditivos

RESUMO

A modernização dos processamentos dos alimentos proporcionou aumento na produção de resíduos agrícolas, impulsionando a busca de alternativas para destinação adequada do resíduo e dentre estas, sua utilização como ingrediente na dieta de ruminantes. Em meio a esses resíduos, encontra-se a mucilagem, resultante do desfibramento do sisal. O destino inadequado deste material pode trazer grandes prejuízos ambientais, justificando-se o estudo para melhor uso deste resíduo. A ensilagem aparece como alternativa para conservá-lo, mas devido à elevada umidade que apresenta, é sugerido que seja ensilado com aditivos, objetivando aumentar o teor de matéria seca para o sucesso do processo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) sobre as perdas, a dinâmica microbológica e as alterações fermentativas e qualidade de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal em diferentes tempos de armazenamento. Utilizaram-se 60 silos, distribuídos nos tratamentos experimentais que consistiram em: silagem de mucilagem do desfibramento de sisal (SilMUDS), MUDS ensilada com milho moído (SilMUDS-MI), MUDS ensilada com farelo de trigo (SilMUDS-FT), e MUDS ensilada com farelo de algodão (SilMUDS-FA). Os silos foram abertos aos 7, 14, 30, 60 e 120 dias após a ensilagem. Amostras dos materiais foram coletadas, para análises químicas e microbiológicas, antes da ensilagem e das silagens em cada tempo de armazenamento estabelecido. As silagens aditivadas apresentaram maior ($P < 0,05$) teor de matéria seca em relação ao tratamento-controle (sem aditivo). As silagens de MUDS sem aditivo apresentaram maior perda por efluentes (246,3 Kg/Ton de Matéria Verde) que as aditivadas. A maior produção de $N-NH_3$ foi observada nas silagens de MUDS-FA (98,6 g/Kg de N da proteína bruta). O tratamento aditivado com milho moído e com o farelo de trigo foram os mais eficientes na conservação do resíduo sobre a forma de silagem, sendo a decisão de escolha do aditivo o seu preço no mercado.

Palavras-chave: Armazenamento; Fermentação; Resíduo Agrícola, SilMUDS.

Bromatological, fermentative changes and losses during storage of sisal shredded mucilage silages, with and without additives

ABSTRACT

The modernization of food processing provided an increase in the production of agricultural residues, boosting the search for alternatives for the proper disposal of the residue and among these, its use as an ingredient in the diet of ruminants. Among these residues is the mucilage resulting from the defibration of sisal. The inadequate destination of this material can bring great environmental damage, justifying the study for better use of this residue. Ensiling appears as an alternative to conserve it, but due to the high humidity it presents, it is suggested that they be ensiled with additives in order to increase the dry matter content for the success of the process. The objective of this work was to evaluate the effect of additives (ground corn, wheat bran and cotton bran) on losses, microbiological dynamics and fermentative changes and quality of sisal defibration mucilage silages at different storage times. Sixty experimental silos were used, distributed in experimental treatments that consisted of: sisal shredded mucilage silage (SilMUDS), MUDS ensiled with ground corn (SilMUDS-MI), MUDS ensiled with wheat bran (SilMUDS-FT), and MUDS ensiled with cotton bran (SilMUDS-FA). The silos were opened at 7, 14, 30, 60 and 120 days after ensiling. Material samples were collected, for chemical and microbiological analysis, before ensiling and silages at each established storage time. The additive silages had higher ($P < 0.05$) dry matter content compared to the control treatment (without additives). The MUDS silages without additives showed greater loss by effluents (246.3 Kg/Ton of Green Matter) than those with additives. The highest production of N-NH₃ was observed in MUDS-FA silages (98.6 g/kg of crude protein N). The additive treatment with ground corn and wheat bran were the most efficient in the conservation of the residue in the form of silage, being the decision to choose the additive its price in the market.

Keywords: Storage; Fermentation; Agroindustrial waste, Sisal.

INTRODUÇÃO

O Brasil produz grande variedade de fibras vegetais, como sisal, fibra de bananeira e outros materiais sustentáveis, preferencialmente de origem natural (Gonçalves et al., 2018). No entanto, o processamento das matérias primas para obtenção da fibra natural gera grande volume de resíduo agroindustrial. Como exemplo destaca-se a cultura do sisal, em que pequena parcela da planta é utilizada para obtenção das fibras longas, as quais representam apenas de 3 a 5% do peso das folhas. Os 95 a 97% restantes constituem os chamados resíduos do beneficiamento (Martin et al., 2009; Carneiro, 2017). O agravante é que estes resíduos são descartados no campo ou, em casos raros, são destinados a ração animal (Brandão et al., 2013).

O reaproveitamento de resíduos gerados pela agricultura é um dos maiores polos de investimento, mesmo em países com elevado desenvolvimento tecnológico como França e Estados Unidos (Filho e Franco, 2015).

A utilização de resíduos agrícolas na alimentação animal poderia contribuir para redução dos custos totais da produção animal, visto que a alimentação é responsável por aproximadamente 70% dos custos da produção de ruminantes além de servir como uma alternativa sustentável na cadeia produtiva da carne e do leite, evitando o acúmulo destes resíduos no meio ambiente, e a consequente contaminação ambiental, o que contribuiria com a preservação dos recursos naturais e com a sustentabilidade da produção animal local.

É originária da península de Yukatan, no México, fato que a torna adequada para cultivo em regiões de clima tropical semiárido (Andrade, 1969; Martin et al., 2009).

A produção nacional de sisal em 2020, pode ser estimada de 81 a 84 mil toneladas, levemente superior em relação a safra passada, pela metodologia de extrapolação estatística dos dados de exportação, implantada pela Conab no ano de 2000 (CONAB 2021). Dados do IBGE em 2019, mostram que 100% desta produção foi oriunda da região Nordeste, basicamente no estado da Bahia com 49 municípios (98,4%), Paraíba (1,33%) e Pernambuco (0,15%).

Para Xavier (2016), após a extração da fibra (4%), o resíduo é decomposto em 16% de resíduos sólidos e 80% de resíduos líquidos. Geralmente o resíduo é descartado inadequadamente no próprio campo. Com isso, o material fica exposto ao oxigênio, acelerando os processos oxidativos. Assim, além da perda de qualidade por oxidação e fermentação aeróbica, e quando consumidos de forma empírica pelos animais (Santos et al., 2013) pode representar riscos à saúde dos animais. Desta forma, o desenvolvimento de pesquisas sobre formas de utilização do resíduo do desfibramento do sisal na produção animal, diminui os custos de produção, agrega valor ao MUDS, além de reduzir o descarte inadequado no meio ambiente.

A mucilagem resultante do desfibramento do sisal (MUDS) contém elevadas concentrações de cinza, no entanto, as concentrações de fósforo e proteína bruta são baixas (Silva et al., 1998). Na sua composição podemos encontrar carboidratos (monossacarídeos, hemicelulose e celulose), pectina, clorofila, caroteno, lignina e saponina (hecogenina e tigogenina). Estas últimas substâncias são sapogeninas, encontradas em proporções que variam em relação à idade e diferentes partes da planta (Botura, 2011).

A composição da MUDS *in natura* varia de 40 a 220g/Kg de matéria seca; 26 a 75g/kg de PB; de 100 a 502 g/Kg de fibra em detergente neutro, 200 a 450g/kg de FDA; 59 a 169g/kg de lignina; 103 a 172g/kg de MM; 16 a 120g/kg de EE e 200 a 570 g/kg em carboidratos solúveis (Pinos-Rodríguez et al., 2006; Pinos-Rodríguez et al., 2008; Baraza et al., 2008; Negesse et al., 2009; Pinos-Rodríguez et al., 2009; Zamudio et al., 2009; Brandão et al., 2011; Pedreira, 2011; Santos et al., 2011; Santos, 2013; Silva et al., 2014; Souza et al., 2018).

É necessário destacar que a umidade deste resíduo (ao redor de 85%) acarreta transtornos na logística de transporte e armazenamento, principalmente quando a propriedade é distante do local de produção, evento que conduz a necessidade de estudos sobre a forma mais adequada de sua conservação.

Considerando que a ensilagem é uma das formas adequadas de conservar os subprodutos do sisal, é preciso enfatizar que materiais com alta umidade são sujeitos a fermentações indesejáveis e perda de nutrientes devido ao excesso de efluentes produzidos (Lala et al., 2010). Corroborando com esta afirmativa, Rocha Jr. et al. (2000) mencionaram que a umidade excessiva parece impedir a fermentação adequada no silo. Neste contexto, os baixos teores de matéria seca característicos das Agaváceas (Brandão et al., 2013) sinalizam que a ensilagem da mucilagem do desfibramento do sisal requer atenção.

Uma forma de minimizar as limitações para ensilagem da mucilagem do desfibramento do sisal é o uso de aditivos com alto teor de matéria seca incorporado ao resíduo sólido no momento da ensilagem, favorecendo melhores condições para a fermentação, resultando em maior qualidade do material conservado (Souza et al., 2018).

Diante deste contexto, objetivou-se avaliar o efeito de aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) sobre as perdas, a dinâmica microbológica e as alterações fermentativas e qualidade de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal em diferentes tempos de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DZ-UFRPE), município de Recife-PE, situado sob as coordenadas geográficas de 8°02'16''S e 34°95'43''W, com altitude de 4 metros. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da referida instituição e as análises de ácidos orgânicos no Laboratório do Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa.

A mucilagem do desfibramento do sisal foi obtida em uma fazenda sisaleira localizada no município de Barra de Santa Rosa (PB). Os aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) foram obtidos no comércio local. Após o desfibramento do sisal, processado por meio de peneira rotativa obteve-se a mucilagem úmida do desfibramento do sisal (MUDS).

Para confecção das silagens foram utilizados 60 silos experimentais (quatro tratamentos, cinco tempos de armazenamento e três repetições) confeccionados com tubos de "PVC" de 150 mm de diâmetro, com 75 cm de comprimento, providos de tampas apropriadas dotadas de válvulas tipo *Bunsen*, para a eliminação de gases produzidos durante a estocagem. No fundo de cada silo foram adicionados, aproximadamente, 4 kg de areia fina, seca em estufa, separada da silagem por um saco de algodão. Foi registrada a tara (cano + tampa + areia seca + saco de algodão) antes da ensilagem, bem como o peso dos silos cheios e tampados.

Os aditivos (milho moído, farelo de trigo e farelo de algodão) foram adicionados na proporção de 75 MUDS: 25 aditivos, com base na matéria natural, objetivando-se alcançar valores entre 30 a 35% de matéria seca do material a ser ensilado. Para definição da proporção a ser misturada, no dia anterior à ensilagem, amostra da mucilagem e dos aditivos foi colocada em estufa a 105°C por 24 horas para estimar o teor de matéria seca da mucilagem, e, dessa forma, chegar à relação de mucilagem e do aditivo.

Os tratamentos experimentais consistiram em: mucilagem do desfibramento do sisal ensilada sem aditivo (MUDS), MUDS ensilada com milho moído (MUDS-MI), MUDS ensilada com farelo de trigo (MUDS-FT) e MUDS ensilada com farelo de algodão (MUDS-FA). Os silos foram abertos aos 7, 14, 30, 60 e 120 dias da ensilagem, quando foram novamente pesados e coletadas amostras para posteriores análises químico-bromatológicas. Antes da ensilagem foram coletadas amostras dos aditivos, da MUDS e de suas misturas para avaliação da composição bromatológica, que estão apontadas na Tabela 1.

As perdas por gases e por efluentes foram calculadas por diferenças gravimétricas entre os silos antes e depois da ensilagem, empregando as equações descritas por Schmidt (2006).

-Determinação da perda por gases:

$$G = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * MSen]}$$

onde:

G = Perda por gases (%MS);

PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%MS);

PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de MSda forragem na abertura (%MS).

-Determinação da produção de efluentes

$$E = (Pab - Pen) \times 1000 \quad (MVfe)$$

onde:

E = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pab = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia úmida + saco) na abertura (kg);

Pen = Peso do conjunto vazio (silo + tampa + areia seca + saco) na ensilagem (kg);

MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Em seguida, amostras das silagens foram recolhidas, secas em estufa a 55°C por 72 horas, depois moídas em moinho estacionário com peneira de crivo de 1,0 mm e armazenadas para posterior determinação da composição bromatológica em Matéria Seca (MS; método INCT-CA no. G-003/1), Proteína Bruta (PB; método de Kjeldhal; método INCT-CA no. N 001/1), Matéria Mineral (MM; método INCT-CA no. M-001/1), Extrato Etéreo (EE; método INCT-CA no. G-004/1), Matéria Orgânica (MO; método INCT-CA no. M-001/1), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}; método INCT-CA no. F-004/1; M-002/1) e Fibra em Detergente Ácido (FDA; método INCT-CA no. F-004/1), segundo as metodologias descritas por AOAC (2000) e adaptadas por Detmann et al. (2012). Os teores de carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pelas equações: CHOT = 100 - (PB% + EE% + MM%) e CNF = 100 - (PB% + EE% + MM% + FDN%) de acordo com Sniffen et al. (1992).

A cada tempo de abertura dos silos foram determinados também a concentração de N-NH₃, conforme metodologia de Bolsen et al. (1992) e modificada por Cândido (2000), pesando-

se 25 g de amostra in natura de silagem em becker de 250 mL mergulhada em solução de ácido sulfúrico de baixa concentração (0,2 N). Em seguida, cada Becker foi vedado e permaneceu em refrigeração por um período de 48 horas. Após esse período de repouso, filtrou-se o sobrenadante em papel filtro de filtragem rápida, recepcionando-o em frasco plástico com tampa hermética até o momento de destilação e titulação das amostras para quantificação da amônia.

Registrados os valores de pH das silagens (SILVA; QUEIROZ, 2002), pesando-se 9 g de silagem in natura com 60mL de água destilada em um béquer de 100 mL, a solução permaneceu em repouso por 30 minutos e posteriormente foi realizada a leitura do pH com potenciômetro digital. Para quantificação dos carboidratos solúveis em água (CSA) foi utilizada a metodologia descrita por Yemm e Willis (1954), modificada por Bezerra Neto e Barreto (2011) e a capacidade tamponante (CT) foi realizada segundo Playne e Mcdonald (1966), tendo sido quantificada a concentração de ácidos orgânicos (KUNG JR., 1996) e, por fim, registrada a contagem total de bactérias produtoras de ácido lático (BAL), enterobactérias (ENTERO), fungos e leveduras, segundo metodologia descrita por Jonsson (1991).

Tabela 1. Composição química dos alimentos utilizados como aditivos e do material antes da ensilagem

Variáveis, g/kg ¹	Milho Moído	Farelo Trigo	Farelo Algodão	MUDS ²	MUDS – MI ³	MUDS – FT ⁴	MUDS – FA ⁵
MS*	893,74	866,95	902,31	150,41	336,24	329,55	338,38
MO**	984,42	931,62	938,39	838,15	874,72	861,52	863,21
MM**	15,58	68,38	61,61	161,85	125,28	138,48	136,79
PB**	97,59	164,80	380,28	106,24	104,08	120,88	174,75
FDN**	197,92	535,86	699,55	457,60	392,68	477,17	518,09
FDNcp**	190,00	448,21	648,64	402,30	274,91	429,84	550,10
Hemi**	153,59	294,72	317,31	115,31	138,27	222,95	236,76
FDA**	36,41	153,49	330,90	286,99	136,64	206,89	313,34
CHOT**	857,66	742,52	554,30	713,19	749,31	720,53	673,47
CNFcp**	667,66	294,31	234,70	310,89	474,4	290,69	123,37
EE**	29,17	24,30	3,81	18,72	21,33	20,11	14,99
CSA**	1,69	3,36	2,18	5,99	3,41	4,41	3,71
Cap. Tamp.***	11,59	21,78	25,78	96,14	75,01	77,55	78,55

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; Hemi = hemicelulose; FDA = fibra em detergente ácido; CHOT= carboidratos totais; CNFcp = carboidrato não fibroso corrigido para cinzas e proteína; EE = extrato etéreo; CSA = carboidrato solúvel em água; Cap Tamp. = Capacidade Tampão; ²MUDS = mucilagem do desfibramento do sisal; ³MUDS-MI= mucilagem do desfibramento do sisal com milho; ⁴MUDS-TRI = mucilagem do desfibramento do sisal com trigo; ⁵MUDS-FA = mucilagem do desfibramento do sisal com algodão. * g/Kg de MN; **g/Kg de MS; *** (N eq.mg/100g MS).

O delineamento empregado foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 4 X 5, sendo quatro silagens (MUDS sem aditivo, MUDS-MI, MUDS-FT e MUDS-FA) e cinco tempos de armazenamento (7, 14, 30, 60 e 120 dias), com três repetições.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando-se nível de significância de 5 %, usando-se o programa estatístico Statistical Analysis System (SAS, 2011), com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + TA_j + (T * TA)_{ij} + e_{ij}$$

μ é a média geral;

T_i é o efeito da i-ésima silagem;

TA_j é o efeito do tempo de armazenamento das silagens;

TTA_{ij} é o efeito da interação aditivo x tempo de armazenamento;

e_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As silagens que não receberam aditivo mostraram maiores ($P<0,05$) concentrações de matéria mineral e FDA, este último não diferindo das silagens aditivadas com farelo de algodão. Os valores de hemicelulose foram maiores nas silagens aditivadas ($P<0,05$), exceto para a MUDS+MI (Tabela 3). A adição de farelo de algodão também promoveu ($P<0,05$) maiores perdas por gases (Tabela 2) e menores concentrações de CNF (Tabela 3).

Houve interação significativa ($P<0,05$) entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para as variáveis de produção de efluentes, pH, teores de carboidratos solúveis e N-NH₃ (Tabela 2). Pelos resultados apontados na Figura 1 percebe-se que as silagens sem aditivo apresentaram as maiores produções de efluente em todos os tempos de armazenamento. No entanto, as silagens aditivadas com farelo de algodão, a partir do 14º dia de armazenamento, registraram as menores concentrações de CSAr e os maiores valores de pH e de N-NH₃ que as demais silagens. Os carboidratos solúveis em água residual (CSAr) foram maiores para as silagens MUDS ($P<0,05$), nas quais verificou-se maior concentração de CSAr nos primeiros dias (7 e 14 dias) de armazenamento (Tabela 2).

A inclusão de aditivos elevou a MS das silagens (Tabela 3). As silagens de MUDS aditivadas com farelo de algodão e trigo apresentaram maiores teores de PB após os tempos de armazenamento ($P<0,05$). A partir de 60 dias de armazenamento, o teor de PB das silagens sem aditivos reduziu significativamente ($P<0,05$). Já para as aditivadas com farelo de algodão esta redução foi a partir de 30 dias de armazenamento (Tabela 4). Por outro lado, as silagens que receberam milho moído e farelo de trigo não mostraram alterações nos teores de PB ao longo do armazenamento. Ao se analisar o teor de PB entre as silagens ao longo do tempo de armazenamento, percebe-se que as silagens MUDS-FA apresentaram os maiores valores em todos os tempos de armazenamento estudados (Tabela 4). Os teores de N-NH₃ foram maiores nas silagens de MUDS-FA e aos 120 dias (98,6 e 123,8 g/Kg de N da PB, respectivamente) (Tabela 2 e Figura 1).

Houve interação entre tratamento x tempo de armazenamento ($P<0,05$) para fibra em detergente neutro corrigida (FDN_{cp}) e carboidratos totais (CHOT) (Tabela 3). A FDN_{cp} foi maior para as silagens de MUDS-FA ($P<0,05$) seguidas das silagens de MUDS sem aditivo ($P<0,05$), e aumentando com o tempo de armazenamento (Tabela 4). A silagem MUDS-MI apresentou maiores valores ($P<0,05$) para CHOT e não variou com o tempo de armazenamento (Tabela 4).

As maiores ($P<0,05$) produções de todos os ácidos orgânicos mensurados foram observadas nas silagens sem aditivos, e aos 60 dias de armazenamento para os ácidos láctico e

butírico (Tabela 3). As silagens de MUDS sem aditivo apresentaram comportamento crescente ($P < 0,05$) na produção dos ácidos orgânicos; já as silagens MUDS-FA apresentaram comportamento inverso para os ácidos orgânicos (Figura 2).

As silagens de MUDS-FA apresentaram menores valores de bactérias do Ácido Lático, Fungos e Leveduras (3,9; 0,6 LogUFC/g de MS, respectivamente) (Tabela 3). A produção de bactérias do ácido lático foi maior aos 14 dias (9,9 LogUFC/g de MS) (Tabela 3). Aos sete dias de armazenamento ocorreu uma maior expressão para as enterobactérias, mofos e leveduras (Figura 3).

O resultado para perda por gases (% MS) não apresentou interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores (Tabela 2). Da mesma forma, não foram registradas interações ($P > 0,05$) significativas para as variáveis MM, MO, FDA, Hemicelulose e CNF (Tabela 3).

O aumento significativo nas Perda por Gases (% MS) foi observado com a inclusão dos aditivos, principalmente nas silagens aditivadas com farelo de algodão (2,00 % MS), possivelmente por conter material de fácil fermentação (174,75 e 3,71 g/Kg de MS de PB e CSA, respectivamente na Tabela 1). Os aditivos, por sua vez, reduziram ($P < 0,05$) a Perda Total de Matéria Seca (% MS), sendo o milho moído e o farelo de trigo os aditivos mais efetivos na redução da perda de MS, já as silagens MUDS e MUDS-FA não foram tão eficientes na redução de Perda Total de Matéria Seca (% MS), possivelmente devido aos fatores supracitados acima (Tabela 2).

Tabela 2: Perda total de matéria seca, perda por gases e produção de efluentes das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiMUDS), com e sem aditivos em diferentes tempos de armazenamento

Fonte de Variação	Tratamentos (TRAT) ¹				Tempo de Armazenamento - dias							Valor de P		
					EPM ²		(TA)							
	SiMUDS	SiMUDS-TRI	SiMUDS-MI	SiMUDS-FA		7	14	30	60	120		TRAT ³	TA ⁴	TRATxTA ⁵
PTMS ⁶	58,4	17,1	18,0	28,8	0,38	27,2	28,2	28,4	32,5	36,6	0,43	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PG ⁷	1,2C	1,6B	1,6B	2,0A	0,03	1,6	1,6	1,5	1,6	1,7	0,03	<0,0001	0,3031	0,3720
Eflu ⁸	246,3	27,8	62,0	13,3	2,41	63,3	66,2	84,8	98,6	123,8	2,70	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N-NH ₃ /N Total ⁹	24,8	28,9	18,9	98,6	0,09	0,7	8,7	46,7	76,0	81,9	0,11	<0,0001	<0,0001	<0,0001
pH	4,9	4,5	4,1	7,0	0,04	4,6	4,7	5,3	5,4	5,6	0,04	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CSAr ¹⁰	1,2	0,7	1,1	0,7	0,05	1,0	1,1	0,9	0,9	0,7	0,06	<0,0001	0,0006	<0,0001

¹SiMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SiMUDS-TRI=silagem aditivada com farelo de trigo, SiMUDS-MI=silagem aditivada com milho moído, SiMUDS-FA=silagem aditivada com farelo de algodão; ²Erro padrão da média; ³TRAT = Efeito do tratamento; ⁴TA = Efeito do tempo de armazenamento; ⁵TRATxTA = efeito da Interação entre o tratamento e o tempo de armazenamento; ⁶Perda Total de Matéria Seca (%MS); ⁷Perda por Gases (%MS); ⁸Produção de efluentes (Kg/tonMV); ⁹Nitrogênio amoniacal (g/Kg de N da PB); ¹⁰Carboidrato solúvel em água residual (g/Kg de MS). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Composição química das silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiMUDS), com e sem aditivos, em diferentes tempos de armazenamento

Fonte de Variação	Tratamentos (TRAT) ¹				EPM ² Tempo de Armazenamento - dias (TA)						Valor de P			
	SiMUDS	SiMUDS-TRI	SiMUDS-MI	SiMUDS-FA	7	14	30	60	120	TRAT ³	TA ⁴	TRATxTA ⁵		
Matéria seca *	133,8	305,4	321,7	287,2	0,14	267,8	265,9	269,6	258,7	248,3	0,15	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Proteína Bruta **	53,3	72,5	46,3	116,3	0,05	78,8	78,5	73,2	65,5	64,7	0,05	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Matéria Mineral **	153,2A	87,2B	53,9C	97,3B	0,37	100,5	91,0	94,0	96,2	107,9	0,42	0,0001	0,0620	0,8069
Matéria Orgânica **	846,7C	912,7B	946,0A	902,6B	0,37	899,4	908,9	905,9	903,7	892,0	0,42	<0,0001	0,0620	0,8069
FDN **	473,4	392,6	179,3	556,8	0,56	395,8	392,8	386,4	411,7	416,1	0,63	<0,0001	0,0073	0,0027
FDNcp **	375,7	363,7	146,9	499,8	0,57	342,0	336,7	330,7	360,9	362,2	0,64	<0,0001	0,0025	<0,0001
Hemicelulose **	139,4B	204,7A	84,1C	199,1A	1,24	176,5	157,1	149,6	149,5	151,5	1,3	<0,0001	0,6113	0,9952
FDA **	334,0A	187,9B	114,5C	357,7A	1,10	219,2C	235,6B	261,0A	262,1A	264,5A	1,23	<0,0001	0,0473	0,0696
CHOT **	754,6	788,6	853,8	759,9	0,41	778,2	781,7	788,5	802,8	795,0	0,46	<0,0001	<0,0001	0,0272
CNF **	378,9C	424,9B	706,9A	260,1D	0,75	436,1	445,0	457,8	441,8	432,7	0,84	<0,0001	0,2800	0,1347
Extrato Etéreo **	38,7	51,4	45,8	26,2	0,22	42,4	48,6	44,2	35,4	32,2	0,25	<0,0001	0,0002	0,0377
Ác. Lático ***	13,3	6,3	5,2	4,7	0,22	6,7	7,3	8,1	8,0	6,9	0,25	<0,0001	0,0007	<0,0001
Ác. Acético ***	6,6	3,0	2,6	2,4	0,15	3,5	3,6	3,8	4,0	3,3	0,17	<0,0001	0,0527	<0,0001
Ác. Propiônico ***	2,1	0,9	0,8	0,8	0,06	1,2	1,1	1,3	1,2	1,0	0,07	<0,0001	0,0724	0,0002
Ác. Butírico ***	0,3	0,1	0,1	0,1	0,00	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	<0,0001	0,0402	0,0001
BAL ⁶	8,1	8,0	8,1	3,9	0,11	5,6	9,9	8,4	5,3	5,9	0,13	<0,0001	<0,0001	<0,0001
ENTERO ⁷	0,7	0,4	0,3	0,3	0,16	1,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,18	0,3048	<0,0001	<0,0001
Mofos /Leveduras ****	2,7	2,0	1,9	0,6	0,28	4,7	3,1	1,2	0,0	0,0	0,318 7	0,0001	<0,0001	<0,0001

¹SiMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SiMUDS-TRI=silagem aditivada com farelo de trigo, SiMUDS-MI=silagem aditivada com milho moído, SiMUDS-FA=silagem aditivada com farelo de algodão; ²Erro padrão da média; ³TRAT = Efeito do tratamento; ⁴TA = Efeito do tempo de armazenamento; ⁵TRATxTA = efeito da Interação entre o tratamento e o tempo de armazenamento; ⁶BAL= Bactérias Ácido Lático (LogUFC/g de MS); ⁷ENTERO= Enterobactérias (LogUFC/g de MS); * g/Kg de MN; ** g/Kg de MS; *** % MS; ****(LogUFC/g de MS). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

O uso de aditivos (Figura 1) proporcionou menor ($P < 0,05$) produção de efluentes. No entanto, quanto maior o tempo de armazenamento, maior foi a produção de efluentes. Dessa forma, materiais que apresentem baixos teores de MS podem ter problemas fermentativos, causando elevadas perdas por gases e efluentes, que acabam carreando vários nutrientes solúveis em água, como açúcares, proteínas, minerais e vitaminas (MACÊDO et al., 2019), conseqüentemente, diminuindo o valor nutritivo do material e elevando a fração fibrosa (MONTEIRO et al., 2011). Também silagens desse tipo podem predispor a ocorrência de fermentações secundárias, onde há a transformação de substratos em ácidos de baixo poder de acidificação e com elevadas perdas de MS e energia, até mesmo o ácido láctico, podendo também degradar frações proteicas do material (MACÊDO et al., 2019).

Os valores de $N-NH_3$ indicam que as silagens puras e aditivadas em maior tempo de armazenamento apresentaram maior proteólise e o tratamento que mais apresentou $N-NH_3$ foi o MUDS-FA 98,6 g/Kg de N da PB. É importante ressaltar que a maior parte das proteases provenientes de células vegetais é inativada pelo abaixamento de pH e ao se verificar estes valores nas silagens destaca-se que as silagens MUDS e MUDS-FA tiveram os maiores teores de pH (Figura 1); assim, compreende-se o benefício da obtenção de silagens com baixo pH.

Benacchio (1965) classificou a silagem quanto ao teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) em relação ao nitrogênio total. Essa é considerada como muito boa, quando os valores são inferiores a 10%, adequada quando entre 10 e 15%, aceitável entre 15 e 20%, e insatisfatória quando os valores se situam acima de 20%. Afirmou também que silagens que apresentam valores máximos de 10% de $N-NH_3$ total podem ser consideradas como indicativo de silagens bem conservadas. Classificando as silagens do presente estudo, de acordo com o comportamento durante todo o período experimental, as silagens MUDS, MUDS-FT e MUDS-MI estão dentro da classificação de muito boa. O tratamento SilMUDS-FA até os primeiros 14 dias estava classificado como muito bom; a partir do 30º dia de armazenamento, a classificação deslocou de adequada para insatisfatória.

Os resultados de $N-NH_3$ obtidos para as silagens MUDS-FA podem ser justificados pela alta concentração de proteína 174,75 g/Kg de MS (Tabela 1), favorecendo, assim, o pH elevado, acima de 6,75 (Figura 1), que proporcionou ambiente favorável para atuação de microrganismos indesejáveis, degradando a PB do material e resultando no aumento de $N-NH_3$ da silagem em questão, tornando o meio propício ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que, por sua vez, degradam a proteína, havendo maior formação de $N-NH_3$ (Figura 1).

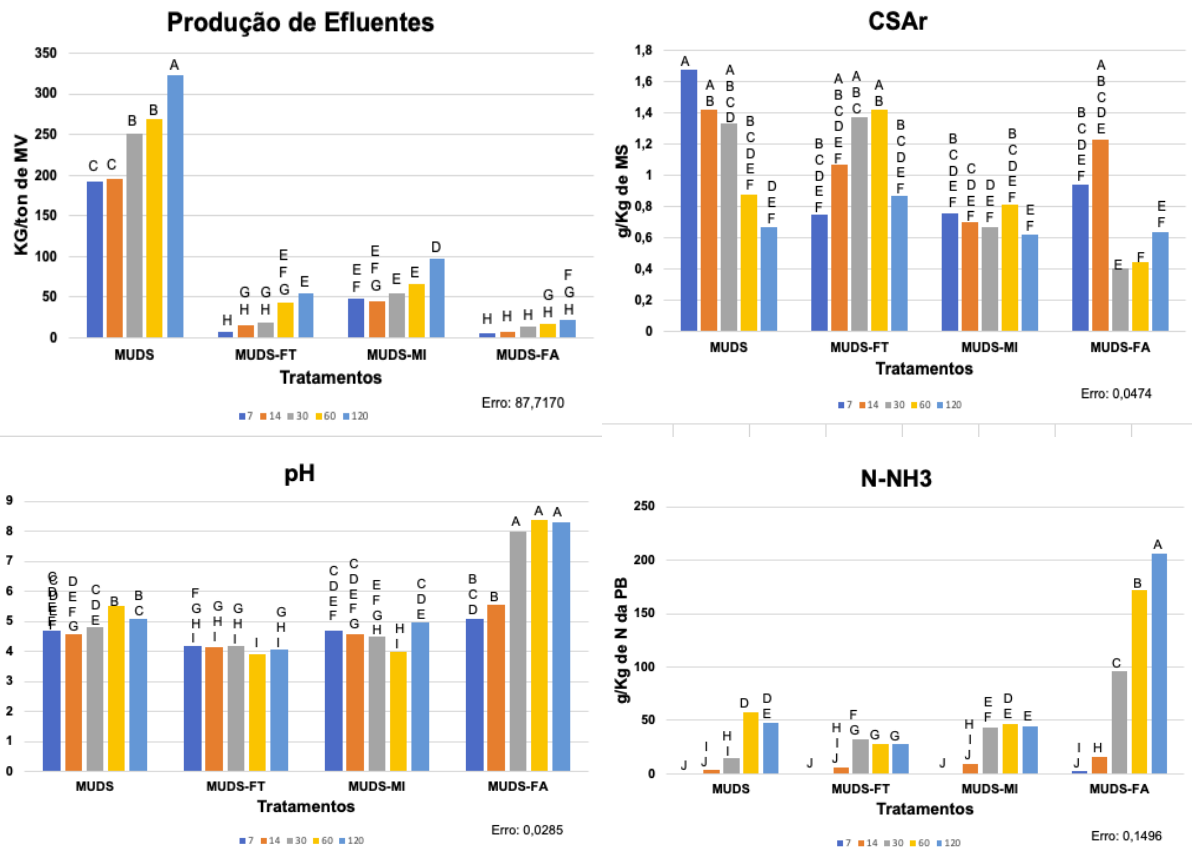


Figura 1: Perda por Efluentes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃) e Carboidrato Solúvel em Água residual (CSAr) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

As silagens MUDS sem aditivos, da mesma forma que as aditivadas, a partir do 14^o dia de fermentação já começaram a mostrar aumento nas concentrações de N-NH₃. No entanto, diferentemente das silagens aditivadas, o aumento da concentração de N-NH₃ pode ser atribuído ao baixo teor de matéria seca do material ensilado.

É oportuno mencionar que nas duas situações mencionadas anteriormente (SiMUDS-MI e SiMUDS-FT), a proteólise não foi intensa, o que pode ser atribuída ao poder absorvente dos aditivos, aumentando o teor de MS da silagem, como também as capacidades tampão de ambos os aditivos (milho moído e farelo de trigo) são menores (Tabela 1), facilitando a diminuição do pH, conseqüentemente inibindo o aparecimento e atuação de microrganismos indesejáveis.

Uma silagem de boa qualidade apresenta valores de pH entre 3,8 e 4,6, atrelado a MS do material ensilado, pois silagens com 35% MS podem apresentar pH até 4,6 e ainda assim ser segura (MCDONALD et al., 1991; LALLEMAND, 2003), posto que bactérias proteolíticas são inibidas, reduzindo a proteólise e, conseqüentemente, a produção de nitrogênio amoniacal (SANTOS et al., 2008).

As silagens de MUDS aditivadas com farelo de algodão desde o primeiro tempo de abertura dos silos (sete dias) foram as que mostraram os valores de pH mais altos ($P < 0,05$) e estes foram aumentando com o tempo de armazenamento, de modo que dos 30 aos 120 dias de armazenamento estavam ao redor de 8,0, corroborando os valores de N-NH₃, que aumentaram ($P < 0,05$) e, conseqüentemente, aumentando o pH (Figura 1).

Forrageiras que apresentam elevados teores de carboidratos solúveis podem também ser um problema, como a MUDS ensilada sem uso de aditivos, pois quando ensilado devido à grande quantidade de substrato disponível ocorre fermentação intensa, promovendo uma queda rápida e acentuada do pH, o que predispõe ao desenvolvimento de leveduras que podem utilizar tanto os açúcares disponíveis no meio como também a conversão de ácido láctico em etanol e CO₂, ocasionando, assim, perdas fermentativas consideráveis, tanto de MS como de outros nutrientes da planta (RIBEIRO et al., 2010; BEHLING NETO et al., 2017; MACÊDO et al., 2019).

A maior quantidade de CSAr da silagem MUDS deve-se a maior proporção deste componente no material inicial (Tabela 1) e a maior concentração deste aos 7 e 14 dias (Figura 1), reflexo do metabolismo dos açúcares em produtos de fermentação, podendo ser evidenciado pela maior atividade de bactérias produtoras de ácido láctico (Figura 3), bem como pela menor perda de MS e produção de Efluentes (Tabela 4 e Figura 1) nesses períodos. No desdobramento da interação Tratamento x Tempo de Armazenamento ($P < 0,05$) observa-se que somente a silagem MUDS-TRI aumentou a quantidade de CSAr dos 14 aos 60 dias de fermentação (Figura 1). Esse aumento no teor de carboidratos solúveis pode ser decorrente da ação de enzimas ou da hidrólise ácida da hemicelulose, liberando carboidratos solúveis para fermentação. Durante a fase estável de fermentação pode ainda ocorrer alguma quebra química da hemicelulose, liberando açúcares para fermentação (BOLSEN, 1995).

Considerando a umidade da MUDS *in natura* empregada neste estudo, os aditivos foram efetivos na elevação do teor de matéria seca do material a ser ensilado, devido ao teor inicial dos ingredientes utilizados como aditivos (Tabela 1). Contudo, as silagens de MUDS-MI demonstraram maior teor de MS, seguida das silagens MUDS-FT e MUDS-FA (Tabela 3).

Após fermentação, as silagens MUDS-FA apresentaram diminuição no teor de PB (Tabela 4), o que, conseqüentemente, levou a resistência ao abaixamento do pH ($P < 0,05$), que favoreceu fermentação secundária e como resposta maior proteólise, levando a maior produção de nitrogênio amoniacal ($P < 0,05$), respectivamente, aos 30, 60 e 120 dias de armazenamento da silagem (Figura 1).

As diferenças numéricas entre os teores de FDN e FDNcp são oriundas da subtração das cinzas e PIDN na FDNcp, cujas amplitudes indicam a importância destas correções para classificação das silagens quanto à qualidade e expressando melhor os valores das silagens de MUDS sem aditivo e aditivadas com farelo de algodão ao longo do tempo de armazenamento (VELHO et al., 2007).

A fração fibra insolúvel em detergente ácida (FDA) em forragens é compreendida principalmente pelas frações celulose e lignina (VAN SOEST, 1994). No entanto, as silagens de MUDS e MUDS-FA apresentaram maiores valores de FDA devido à composição inicial do aditivo em questão (Tabela 3 e 1); as silagens armazenadas por maior tempo mostraram maior ($P < 0,05$) concentração de FDA, fato que pode ser atribuído à maior perda de compostos solúveis ou passíveis a fermentação durante o armazenamento, que leva a maior concentração dos componentes da parede celular.

A hemicelulose é compreendida como um carboidrato estrutural, formada por uma cadeia principal de xilanas com ligações α (1 – 4) nas unidades de D – xilose, com cadeias laterais de ácido metil glucurônico, e frequentemente glicose, galactose e arabinose (VAN SOEST, 1994). Os valores de Hemicelulose diminuíram 54,11% na silagem MUDS-MI (Tabela 3) durante o processo de ensilagem. A redução no teor de hemicelulose pode ser justificada por sua hidrólise ácida, que, segundo McDonald et al. (1991), resulta da atividade da enzima hemicelulase presente na forragem. Essa enzima é produzida pelas bactérias e a hidrólise ocorre por causa da presença de ácidos produzidos durante a fermentação. Segundo esses autores, metade da hemicelulose contida na forragem pode ser hidrolisada e a maior parte da hidrólise ocorre na fase inicial da ensilagem.

As menores concentrações de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram encontradas nas silagens de MUDS e SilMUDS-FA, acompanhando o mesmo comportamento da FDA (Tabela 3) destas silagens, fato que vem como reflexo da menor qualidade de fermentação destas silagens, com maiores perdas de material solúvel e concentração de constituintes da parede celular. Além disso, as silagens MUDS-FA, apesar de apresentaram elevados teores de PB, também maior produção de N-NH₃ (Tabela 3 e Figura 1), sinalizando a proteólise do material e, conseqüentemente, utilização dos CNF para obtenção de energia.

As silagens de MUDS sem aditivo e aditivadas com farelo de algodão apresentaram aumento no teor da FDNcp ao longo do tempo de armazenamento como consequência da fermentação indesejável destas silagens. Resultados esses que são confirmados pelo maior pH e maior teor de N-NH₃ ($P < 0,05$) destas silagens, indicando consumo de carboidratos solúveis

e intensa proteólise por bactérias indesejáveis, com implicação imediata no aumento do conteúdo de parede celular, expresso nos teores de FDNcp mais elevados (Tabela 4).

Tabela 4: MS, PB, FDNcp e CHOT de silagens de MUDS, aditivadas ou não, em diferentes tempos de armazenamento

Tratamentos (TRAT) ¹	Tempo de Armazenamento - dias (TA)					Valor de P
	7	14	30	60	120	
MS (g/kg de MN)						
SilMUDS	14,7cB	13,7bcC	14,2bcC	12,6abD	11,6aC	<0,0001
SilMUDS-TRI	31,3bA	31,8abA	33,1aA	33,1aA	31,5abA	
SilMUDS-MI	31,0aA	30,5aA	30,8aB	30,1aB	30,2aA	
SilMUDS-FA	30,1aA	30,2aA	29,6bB	27,6cC	26,0cB	
PB (g/kg de MS)						
SilMUDS	57,5aC	58,6aC	58,3aC	46,9bC	45,3bC	<0,0001
SilMUDS-TRI	71,3aB	71,1aB	71,9aB	73,0aB	75,4aB	
SilMUDS-MI	46,6aD	45,7aD	47,2aD	47,4aC	44,6aC	
SilMUDS-FA	139,5aA	138,8aA	115,3bA	94,5cA	93,7cA	
FDNcp (g/kg de MS)						
SilMUDS	370,7cB	372,0abC	322,7abB	408,7aB	404,4aB	<0,0001
SilMUDS-TRI	386,0aA	371,5aB	362,2aB	347,8aC	350,8aB	
SilMUDS-MI	167,4aC	137,7bE	138,3bC	145,0bD	145,9bC	
SilMUDS-FA	444,0bA	465,5bA	499,5abA	542,0aA	547,9aA	
CHOT (g/kg de MS)						
SilMUDS	733,8bC	759,1aB	742,7aB	772,3aB	764,9aB	0,0272
SilMUDS-TRI	792,1bB	788,8bB	784,9bB	792,0aB	785,5bB	
SilMUDS-MI	852,5aA	846,0aA	855,1aA	853,1aA	862,3aA	
SilMUDS-FA	734,4cC	732,9cC	771,5bB	793,6aB	767,2bB	

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho, SilMUDS-FA=silagem aditivada com farelo de algodão. Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os carboidratos totais (CHOT) foram maiores para as silagens MUDS+MI (P<0,05), devido ao baixo teor de proteína e matéria mineral (Tabela 3 e Tabela 4). Segundo Pires et al. (2009), menores teores de proteína bruta contribuem para valores mais elevados de CHOT na silagem produzida. De acordo com McDonald et al. (1991), valores elevados de pH indicam, possivelmente, atividade de microrganismos responsáveis pela fermentação secundária.

A inatividade do ácido láctico pode ocorrer devido à dissociação de H⁺; entretanto, quando há muito nitrogênio livre ocorre a “captura” destes íons, formando NH₄⁺ que, dependendo da quantidade formada, promove aumento de pH do meio. Este processo é observado com frequência em silagens de leguminosas ou de materiais tratados com ureia

(MCDONALD et al., 1991), justificando o comportamento do aumento de pH do tratamento MUDS- FA em que possui o maior teor de PB (Tabela 4 e Figura 1).

O pH está diretamente relacionado à concentração dos ácidos orgânicos. As maiores concentrações de ácidos orgânicos ($P < 0,05$) (ácidos láctico, acético, butírico e propiônico) foram encontradas nas silagens de MUDS sem aditivo (Tabela 3). Tal comportamento deve-se a maior capacidade tampão em relação aos demais (Tabela 1), diminuindo ainda mais a ação dos ácidos orgânicos (Figura 2).

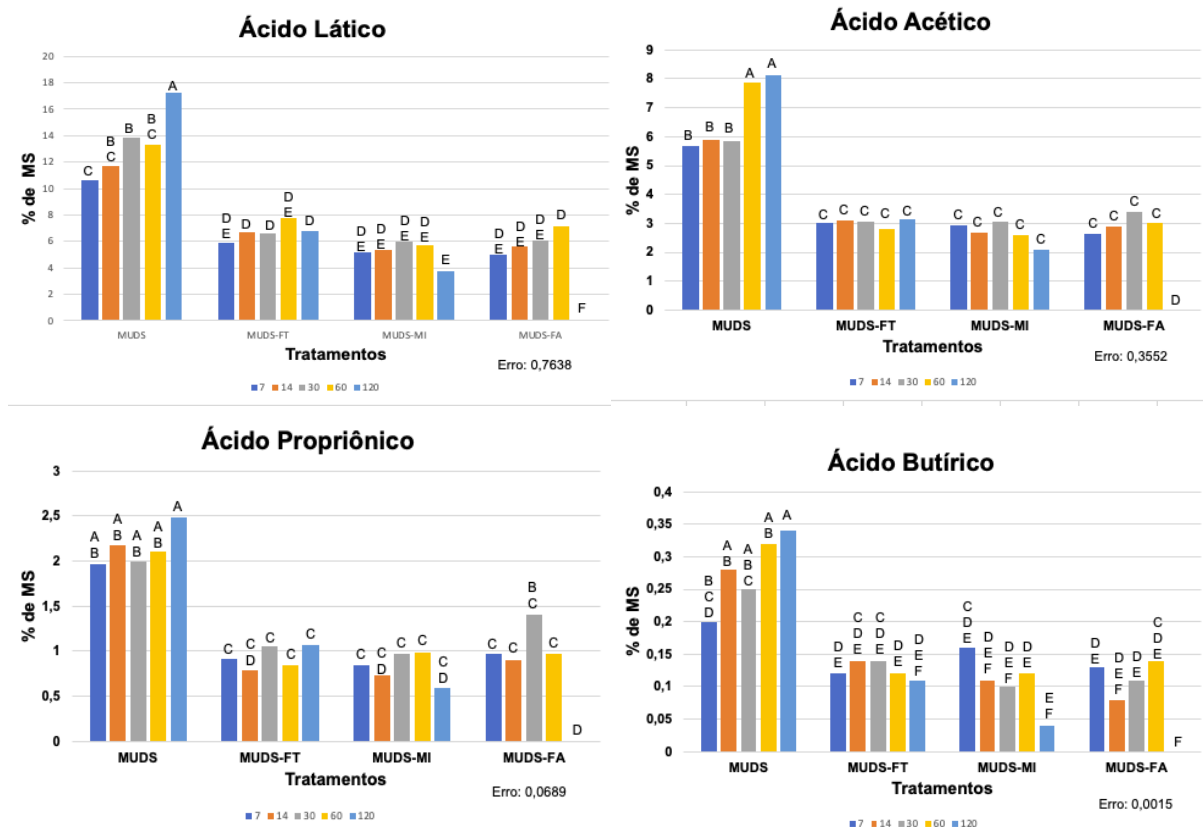


Figura 2: Ácido Láctico, Acético, Propiônico e Butírico de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SilMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

Os carboidratos solúveis são rapidamente utilizados pelos microrganismos presentes na silagem para a produção do ácido láctico, os quais são responsáveis em acidificar o meio e garantem a conservação adequada da forragem ao longo do armazenamento.

Ácidos orgânicos (láctico, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico) no interior da massa ensilada, sendo produzidos por microrganismos de diversos gêneros, em especial por Bactérias do Ácido Láctico (BAL), sejam elas homofermentativas ou heterofermentativas, são de fundamental importância para a conservação

do material ensilado (MCDONALD et al., 1991), o que pôde ser observado no presente estudo com a produção dos ácidos orgânicos (Figura 2). Para a avaliação da qualidade do processo fermentativo, os mais comumente quantificados são os Ácidos Lático (AL), Acético (AA), Propiônico (AP) e Butírico (AB) (MACÊDO et al., 2017), que, no presente estudo, a SilMUDS apresentou os maiores valores (Figura 2).

Segundo Macêdo et al. (2017), o ácido lático é o mais produzido em silagens bem fermentadas, conserva a massa ensilada e é produzido por BAL homofermentativas e heterofermentativas em meio anaeróbico. Para Muck (2010), o ácido lático é considerado um ácido forte, ao ponto de cessar o próprio desenvolvimento das Bactérias de Ácido Lático e o de outros microrganismos; a concentração deste ácido na massa ensilada é um dentre vários indicativos que apontam para uma silagem apresentar-se bem fermentada (MUCK, 2010).

As BAL heterofermentativas, Enterobactérias (ENT) e também alguns tipos de clostrídios produzem o ácido acético, que pode representar em torno de 20% a 30% de todos os ácidos presentes no material ensilado, e pode atuar de forma antifúngica (MACÊDO et al., 2017). Estudos realizados com BAL heterofermentativas demonstram o potencial deste ácido como inibidor de microrganismos indesejáveis, como fungos filamentosos e leveduras (MCDONALD et al., 1991).

O ácido propiônico ocorre em menor escala; é produzido, em sua maioria, por bactérias propiônicas e BAL heterofermentativas com potencial antifúngico. Durante a fase inicial e final da ensilagem, o AP pode eficazmente inibir a atividade de microrganismos indesejáveis (MUCK, 2010), fato esse observado em todas as silagens do estudo, que, com a produção e estabilização do ácido propiônico, foi observado seu potencial antifúngico (Figura 3).

A concentração de ácido butírico nas silagens de MUDS foi superior quando comparado aos demais tratamentos (Figura 2), ressaltando que, durante todo o período experimental, as silagens sem aditivos continuaram fermentando, mas a concentração do ácido butírico mais elevada nestas silagens corroboram a afirmativa da ocorrência de fermentação inadequada, possivelmente por bactérias do gênero *Clostridium*, apresentando perdas acentuadas de MS e energia da forragem original durante a fermentação (MACÊDO et al., 2017), corroborando os dados de perdas de MS que foram crescentes ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 4) e com a queda do EE ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 3). Esse conteúdo de ácido butírico está positivamente correlacionado à redução da palatabilidade e do consumo da forragem (MUCK; BOLSEN, 1991).

As bactérias ácido-lático e enterobactérias são competidoras entre si; no entanto, almeja-se que exista maior unidade formadora de colônias para as BAL, visto que elas consumiriam os

carboidratos solúveis eficientemente e produziram ácido lático, que é o principal ácido na contribuição para a redução adequada do pH.

As silagens de MUDS sem aditivo e com farelo de algodão, aos sete dias de armazenamento, apresentaram menor expressão de BAL, conseqüentemente, maior expressão para as enterobactérias (Figura 3). A partir do momento em que houve aumento das unidades formadoras de colônia das BAL, conseqüentemente aumento na produção de ácido lático (Figura 2), não se registrou presença de enterobactérias.

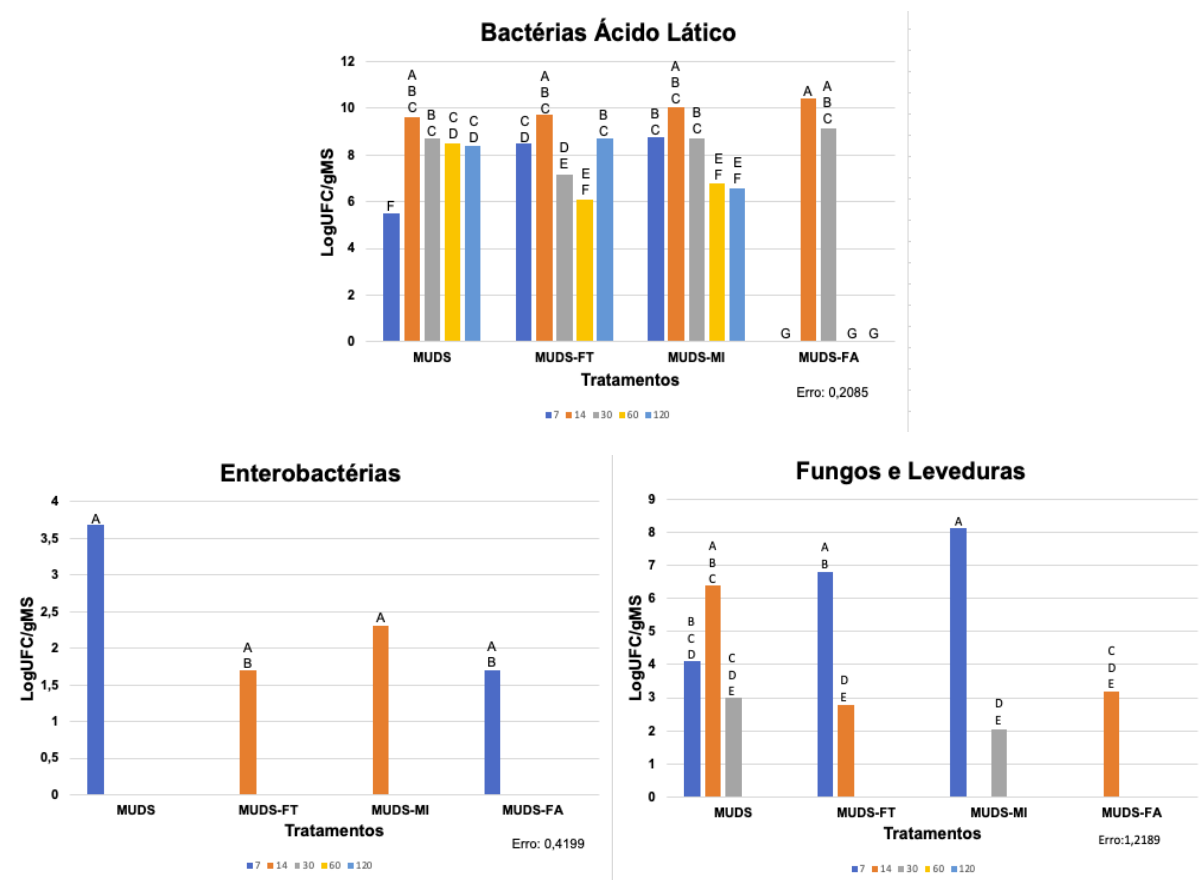


Figura 3: Bactérias de Ácido Lático, Enterobactérias, Fungos e Leveduras de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiMUDS), sem ou com aditivos (farelo de trigo, milho moído e farelo de algodão) ao longo do tempo de armazenamento.

O avançar do tempo de armazenamento conduziu a diminuição ($P < 0,05$) das BAL para as silagens aditivadas com farelo de algodão (Figura 3). Esse comportamento se deu pela redução do CSAr, EE e PB, junto ao aumento do pH (Tabelas 3,4 e Figura 1 e 2), refletindo a degradação dos nutrientes e aumento da produção de $N-NH_3$ (Figura 1) e aminas biogênicas (cadaverinas, putrecinas) pelas enterobactérias. A possível presença dessas aminas biogênicas pode justificar o odor desagradável das silagens MUDS-FA, observado no momento da abertura dos silos.

Clostrídios são microrganismos anaeróbios obrigatórios, e os seus efeitos sobre a qualidade da silagem normalmente ocorrem muito depois das BAL pararem de crescer ativamente no silo. O principal produto da sua fermentação é o AB, como também AA, AP e etanol, possuindo efeito negativo sobre a qualidade da silagem, liberando CO₂, gerando perdas de MS e energia, principalmente quando o pH se encontra acima de cinco e elevado teor de umidade, esses microrganismos fermentam carboidratos, ácido lático e aminoácidos.

Os clostrídeos são divididos em três grupos, pelos principais compostos que fermentam: proteolíticos (fermentam aminoácidos em ácidos orgânicos, amônia e aminas - butírico, acético, propiônico); sacarolíticos (fermentam carboidratos e ácido lático em ácido butírico e CO₂); e sacaroproteolíticos (fermentam açúcares e aminoácidos em ácido butírico e demais outros compostos), o que possivelmente ocorreu com as silagens de MUDS sem aditivo e com farelo de algodão (REIS et al., 2008; MUCK, 2010; OLIVEIRA et al., 2010; MACÊDO et al., 2017).

Apesar das silagens de MUDS sem aditivos terem apresentado elevadas concentrações ($P < 0,05$) dos ácidos orgânicos em relação às silagens aditivadas (Figura 2), e que segundo a literatura, os ácidos orgânicos mencionados têm potencial antifúngico, as silagens de MUDS também apresentaram altas concentrações de ácido butírico (Figura 2) juntamente com a baixa quantidade de MS durante o tempo de armazenamento (Tabela 4), e alta concentração inicial de CSA (Tabela 1). Favoreceu, assim, o aparecimento de leveduras pois são consideradas anaeróbias facultativas e podem se desenvolver em níveis de acidez variados, crescem em substratos com açúcares solúveis e AL são capazes de se desenvolver em uma faixa variável de pH 3,5 a 6,5, gerando como produto de fermentação etanol e CO₂, acarretando perdas de MS e energia, influenciando diretamente na qualidade da silagem durante o processo de fermentação após a abertura do silo, sendo responsável pela deterioração da silagem quando exposta ao O₂. Com isso, forragens com níveis substanciais remanescentes de açúcar e AL residuais predisõem ao desenvolvimento de leveduras (MUCK, 2010; MACÊDO et al., 2017).

CONCLUSÕES

Silagens de mucilagem do desfibramento de sisal sem aditivo ou aditivada com farelo de algodão apresentaram maiores perdas no processo fermentativo, assim como não apresentam características fermentativas adequadas para conservação deste resíduo.

A adição de milho moído ou farelo de trigo na ensilagem de mucilagem do desfibramento de sisal conduz a eficiente padrão de fermentação e uma adequada dinâmica microbiológica ao longo do processo de conservação.

Dessa forma, recomenda-se a ensilagem de MUDS com o milho moído e o farelo de trigo por resultar em menores perdas e, conseqüentemente, maior retorno econômico. A silagem de MUDS com o farelo de algodão pode ser indicada ao uso até os 30 dias de fermentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.C. DE A. 1969. A cultura do sisal. In: SUDENE. **Agricultura e regionalização do Nordeste**. Culturas Industriais, p.1-13, 1969.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. **Official methods of analysis**. Arlington, VA. 2000.
- BARAZA, E.; ÁNGELES, S.; et al. **Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el valle de tehuacán**, México. *Interciencia*, v.33, n.12, p.891-896. 2008.
- BEHLING NETO, A.; REIS, R.H.P.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUSA, D.P.; PEDREIRA, B.C.; MOMBACH, M.A.; BALBINOT, E.; CARVALHO, P.; CARVALHO, A.P.S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, p.2607-2618, 2017.
DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2607.
- BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho crioulo (Sorghum vulgare). *Agronomia Tropical*. v.14, p.651- 658, 1965.
- BEZERRA, G.S. **Avaliação da produção simultânea de xilitol e etanol a partir do bagaço de sisal**. 2016. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Methods for Chemical Analysis in Plants**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2011.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEVERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy* v.75, p.3066-3083, 1992.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78070-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9).
- BOLSEN, K.K. 1995. **Silage: basic principles**. p.163-176. In: Barnes, R.F.; Miller, D.A.; Nelson, C.J. (Eds.) *Forages*. 5.ed. Ames: Iowa State University. 1995.
- BOTURA, M.B. **Avaliação anti-helmíntica e toxicológica de extratos e frações do resíduo de Agve sisalana Perr. (SISAL) sobre nematoides gastrintestinais de caprinos**. 2011. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- BRANDÃO, L.G.N. **Coprodutos do sisal como opção para alimentação de ruminantes no semi-árido**. 2009. Dissertação (M.Sc.). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- BRANDÃO, L.G.N.; PEREIRA, L.G.R; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAÚJO, G.G.L.; JOÃO DÓREA, R.R.; NEVES, A.L.A. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. *Semina: Ciências Agrárias*. V.34: p.2991–3000. 2013. DOI: 10.5433 / 1679-0359.2013v34n6p2991.
- CARNEIRO, J.L. DOS S. **Caracterização acessos de sisal usando descritores da planta e da fibra**. 2017. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- **CONAB**. Conjuntura especial. Sisal 2020: Produção, Exportações e Preços em alta. 2021.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. 2012. **Métodos para análise de alimentos**. p.214. Visconde do Rio Branco: Suprema. 2012.

FARIA, M.M. DE S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C.; OLIVEIRA, R.L.; LEDO, C.A.S.; SANTANA, F.S. Composição bromatológica do coproduto do desfibramento do sisal tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, p.377- 382, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300001>.

FILHO, W. B. N. E FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**. V.7; p.1968- 1987. 2015. DOI: 10.5935/1984-6835.20150116.

GONÇALVES, F. A. C.; AMARAL, E.L.S.; LOPES JUNIOR, J.L.; LOPES, B.L.S.; RIBEIRO JUNIOR, L.S.; BRABO, D.R.; AMARANTE, C.B. Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação, Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**. v.39, p.1–16, 2018.

HARRINSON, D. G. Subprodutos del sisal como alimentos para los ruminates. **Revue Mundiale de Zootechnie**. V.49: 25-31. 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. 2019. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. p. 82, Rio de Janeiro.

JONSSON, A. Growth of *clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal Science Food and Agriculture** v.54,p.557-568, 1991. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540407>.

KUNG JR., L. 1996. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses**. p.32. Standard operating procedure. 001 ed. Delaware: University of Delaware, Ruminant Nutrition Lab. 1996.

LALA, B.; PEREIRA, V. V.; POSSAMAI, A. P.S.; DINIZ, P. P. S.; SILVA, C.C.; GRANDE, P. A. Aditivos no processo de ensilagem. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas** v.4, p.175–183, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2010v4n3p175-183>.

LALLEMAND, J.; LEM, P. Grass consensus STS markers: Uma abordagem eficiente para a detecção de polimorfismo em *Lolium*. **Theor Appl Genet**. v. 107, p.1113–1122,2003. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1308-y>.

MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **Revista Eletrônica de Veterinária**. v.18, p.1-11, 2017

MACÊDO, A.J.S.; NETO, J.M.C.; SILVA, M.A.; SANTOS, E.M. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** v.13, p.320 – 337, 2019.

- MACIEL, R. P.; NEIVA, J.N.M.; OLIVEIRA, R.C.; ARAÚJO, V.L.; LÔBO, R.N.B. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-elefante. **Revista Ciência Agronômica** v.39, p.142–147, 2008.
- MARTIN, A. R.; MARTINS, M.A.; MATTOSO, L.H.C.; SILVA, O.R.R.F. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* v.19, p.40–46, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282009000100011>.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. 1991. **Biochemistry of silage**. 340p. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479700023115>
- MONTEIRO, I.J.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** v.33, p.347-352, 2011. DOI: 10.4025/actascianimsci.v33i4.12629.
- MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, p.183-191, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>.
- MUCK, R.E. E BOLSEN, K.K. 1991. **Silage preservation and additive products**. p. 105-126. *Field Guide and Silage Management. North America*. 1991.
- NEGESSE, T.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Animal Feed Science Technology**. v.154, p.204-217. 2009.
- PEDREIRA, E. M. **Avaliação de silagens de mucilagem de sisal, aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de uréia**. 2011. Dissertação (M.Sc). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- PINOS-RODRÍGUEZ, J.M.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; et al. Use of “Maguey” (Agave salmiana Otto ex. Salm-Dick) as Forage for Ewes. **Journal of Applied Animal Research**, v.30, p.101-107, 2006.
- PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; ZAMUDIO, M.; GONZÁLEZ, S.S. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled Agave salmiana leaves. **South African Journal of Animal Science**, v.38, p.43-50, 2008.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; JUNIOR, J.N.C.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.38, p.422-427, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300004>.
- PLAYNE, M. J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 17, p. 264-268, 1966.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.61-67, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>.

QUEIROZ, S.R.O.D.; ORTOLANI, F.A.; MATAQUEIRO, M.F.; OSUNA, J.T.A.; MORO, J.R. Análise cromossômica em bulbilhos de sisal (*Agave spp.*) cultivados em diferentes municípios baianos, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v.26, p.842–848, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000400013>.

RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; LIMA, L.E.; ROCHA, V.R.R.A. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.35, p.1221-1227, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400037>.

REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; ALMEIDA, E.O.; JANUSCKIEWICZ, E.R.; BERNARDES, T.F.; ROTH, A.P.T.P. Efeito de doses de *Lactobacillus buchneri* “cepa ncimb 40788” sobre as perdas nos períodos de fermentação e pós-abertura da silagem de grãos úmidos de milho. **Ciência Animal Brasileira** v.9, p.923-934, 2008. Recuperado de <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/1196>.

RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. Composição química e perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar tratadas com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, p.1911-1918, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000900008>.

ROCHA JR., V.R., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., BRITO, A.F., BORGES, I., & RODRIGUEZ, N.M. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. II- Padrão de fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52(5), p.512-520, 2000. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352000000500018>.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS user's guide: statistics. 2011. Versão 9.3 Cary, NC: SAS. 2011.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, p.1555-1563, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000900006>.

SANTOS, A.S. **Mucilagem de sisal e licuri na alimentação de cabras leiteiras**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 89p.

SANTOS, R.D.; NEVES, A.L.A.; PEREIRA, L.G.R.; ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V.; COSTA, C.T.F.; OLIVEIRA, G.F. 2013. **Coprodutos do Desfibramento do Sisal como Alternativa na Alimentação de Ruminantes**. p. 1–6. Circular Técnica 102, EMBRAPA. 2013.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; ET AL. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.1502-1510, 2011.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. Tese (D.Sc.). Universidade de São Paulo, São Paulo.

- SILVA, A.M.; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, O.L.; BAGALDO, A.R.; BEZERRA, L.R.; CARVALHO, S.T.; ABREU, C.L.; LEÃO, A.G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria alimentação de ruminantes. **Science with quality** v.5, p.370–379, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v5i4.870>.
- SILVA, D.J. E QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. p.235. 3.ed. Viçosa: UFV. 2002.
- SILVA, O. R. R. F. DA; BELTRÃO, N. E. de M. **O Agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 205p. 1999.
- SILVA, O.R.R.F.; BELTRÃO, N.E.M. 1999. **Aproveitamento dos resíduos do desfibramento**. 205 p In: SILVA, O. R. R. F.; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O Agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI. 1999.
- SILVA, O. R. R. F. DA; CARVALHO, O. S.; MOREIRA, J. DE A. N.; BANDEIRA, D. A.; COSTA, L. B. DA; ALVES, I. 1998. Peneira rotativa CNPA. **Uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação animal**. p. 1–15. Boletim de Pesquisa 36, EMBRAPA. 1998.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science** v.70, p.3562-3577, 1992. DOI: 10.2527 / 1992.70113562x.
- SOUZA, F.N.C.; SILVA, T.C.; RIBEIRO, C.V.D.M. Sisal silage addition to feedlot sheep diets as a water and forage source. **Animal Feed Science and Technology**, v.235, p.120-127, 2018.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. London: Constock Publishing Associates. 1994. <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctv5rf668>.
- VELHO, J.P. FRENZEL MÜHLBACH, P.R.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, I.M.P.H.; GENRO, T.C.M.; KESSLER, J.D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, p.1532- 1538. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000700011>.
- VIEIRA, P.F. Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes. 1980. Tese (D.Sc). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- XAVIER, F. D. **Produção biotecnológica de xilitol a partir da fração hemicelulósica da fibra de sisal**. 2016. Dissertação (M.Sc). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- YEMM, E. W., E WILLIS, A. J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **The Biochemical journal**, v. 57(3), p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO 2

**Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) ensilada, com e sem aditivos,
na alimentação de pequenos ruminantes**

**Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) ensilada, com e sem aditivos,
na alimentação de pequenos ruminantes**

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito das silagens de mucilagem de sisal, aditivadas ou não, na dieta de caprinos e ovinos, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo, consumo de água e a dinâmica ruminal. As rações experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de caprinos e ovinos adultos sob manutenção, tendo relação volumoso:concentrado, 60:40, compostas por feno de capim tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.) e silagem de mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) como volumosos, milho moído, farelo de soja, farelo de trigo e mistura mineral, sendo formuladas para serem isonitrogenadas. Os tratamentos experimentais foram a base de silagem de Mucilagem de Sisal com os tratamentos: Controle – 60% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.); SilMUDS (Mucilagem) – 45% de SilMUDS e 15% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.); SilMUDS-MI (MUDS + milho moído) – 45% de SilMUDS-MI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.); e SilMUDS-TRI (MUDS + Farelo de trigo) – 45% de SilMUDS-TRI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.). As proporções usadas nas silagens aditivadas foi 75% da MUDS e 25% do aditivo. Foram utilizados quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados e canulados no rúmen, com pesos corporais (PC) médios iniciais de $71,05 \pm 7,53$ kg e $57,41 \pm 9,71$ kg, respectivamente. Os consumos de EE e CNF foram maiores nas silagens ($P < 0,05$) do que na dieta-controle, comportamento inverso para o consumo de FDNcp. A ingestão de nutriente (g/dia) foi maior ($P < 0,05$) na espécie ovina do que na caprina. As silagens apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) de digestibilidade aparente da MO e dos CNF. Os ovinos apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) de eficiências de alimentação e de ruminação da MS e do FDNcp. O tratamento-controle despendeu maior TRU que as silagens. As silagens de mucilagem de sisal, com e sem aditivos, podem ser utilizadas na dieta de caprinos e ovinos fistulados, sem que haja comprometido do consumo, da digestibilidade aparente dos nutrientes, do comportamento ingestivo, do consumo de água e dinâmica ruminal

Palavras-chave: Consumo; Comportamento ingestivo; Digestibilidade; Dinâmica ruminal; Sisal.

Sisal mucilage (*Agave sisalana*, Perrine) ensiled, with and without additives, in the feeding of small ruminants

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of sisal mucilage silages, with or without additives to the diet of goats and sheep, on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, water intake and ruminal dynamics. The experimental diets were formulated to meet the nutritional requirements of adult goats and sheep under maintenance, with a forage:concentrate ratio, 60:40, composed of tifton 85 grass hay (*Cynodon dactylon* L.) and sisal mucilage silage (*Agave sisalana* Perrine) as forages, ground corn, soy bran, wheat bran and mineral mixture, being formulated to be isonitrogenous. The experimental treatments were based on Sisal Mucilage silage with the treatments: Control – 60% tifton 85 hay (*Cynodon dactylon* L.); SilMUDS (Mucilage) - 45% SilMUDS and 15% tifton 85 hay (*Cynodon dactylon* L.); SilMUDS-MI (MUDS + Corn Bran) - 45% SilMUDS-MI and 15% - tifton 85 hay (*Cynodon dactylon* L.); and SilMUDS-TRI (MUDS + Wheat Bran) - 45% SilMUDS-TRI and 15% - tifton 85 hay (*Cynodon dactylon* L.). The proportions used in the additive silages were 75% of the MUDS and 25% of the additive. Four male sheep and four male goats, castrated and cannulated in the rumen, with initial mean body weights (BW) of 71.05 ± 7.53 kg and 57.41 ± 9.71 kg, respectively, were used. The EE and CNF intakes were higher in the silages ($P < 0.05$) than in the control diet, inverse behavior for the NDFcp intake. Nutrient intake (g/day) was higher ($P < 0.05$) in sheep than in goats. The silages showed higher values ($P < 0.05$) of apparent digestibility of OM and CNF. Sheep presented higher values ($P < 0.05$) of feeding and rumination efficiencies of DM and NDF. The control treatment spent more TRU than the silages. Sisal mucilage silages, with and without additives, can be used in the diet of fistulated goats and sheep, without compromising consumption, apparent nutrient digestibility, ingestive behavior, water consumption and ruminal dynamics

Key words: consumption, digestibility, sisal, ingestive behavior, rumen dynamics.

INTRODUÇÃO

Segundo a Embrapa (2018), a região Nordeste (NE) é a única do país onde rebanhos de caprinos e de ovinos apresentaram, simultaneamente, crescimento entre os anos de 2006 e 2017, dados do mais recente Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Na região, o rebanho de caprinos teve aumento de 18,38%, passando de cerca de 6,4 milhões de cabeças para 7,6 milhões. No caso dos ovinos, o Nordeste foi a única região do país a ter crescimento de rebanho entre um Censo e outro, passando de 7,7 milhões de animais em 2006 para cerca de 9 milhões em 2017, crescimento de 15,94%.

Os resíduos agroindustriais vêm destacando-se cada vez mais como ingrediente viável na dieta de ruminantes, pois a oferta é abundante, de baixo custo e fácil acesso (BOTURA, 2011). Assim, o emprego de ingredientes desta natureza contribui para a redução dos custos de produção, uma vez que a alimentação do rebanho corresponde a maior parcela da despesa da propriedade.

O Sisal (*Agave sisalana*, Perrine) é uma planta originária da Península de Yucatã, do México. No Brasil, o cultivo desta planta se estabeleceu na região semiárida nordestina por apresentar condições favoráveis a sua produção (CARVALHO; SENA, 2008), em especial, o estado da Bahia, que é o seu maior produtor (FREIXO, 2010; SANTOS et al., 2013). A produção nacional de sisal em 2017 foi de 9.577 ton de folha (IBGE, 2018). Estima-se que na Bahia, estado expressivo no cultivo e produção de sisal, sejam gerados mais de 5 milhões de toneladas de resíduos, visto que apenas 4% de suas folhas são aproveitadas em fibras (SOUZA, 2016).

Segundo Santos et al. (2013), com o desfibramento do sisal obtém-se um resíduo que pode ser transformado em coproduto e utilizado como alimento estratégico na nutrição animal, porém é necessária a utilização de formas de armazenamento e fornecimento, como também a sua combinação com outros ingredientes para atender às necessidades da exigência dos animais. Este fato sinaliza a necessidade de pesquisas para avaliar o potencial dos diversos resíduos da cultura do sisal na alimentação animal (BRANDÃO et al., 2011; SANTOS et al., 2013), tornando o sistema de produção cada vez mais sustentável. Portanto, hipotetizou-se que as silagens de mucilagem do desfibramento do sisal podem substituir as componentes das dietas tradicionalmente utilizadas de pequenos ruminantes.

Objetivou-se avaliar a utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal na dieta de caprinos e ovinos, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo, o consumo de água e a dinâmica ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

Confecção das silagens

O resíduo do sisal foi obtido em uma fazenda sisaleira localizada na zona rural do município de Barra de Santa Rosa, no estado da Paraíba. Após o desfibramento do sisal, o resíduo foi processado por meio de peneira rotativa para separação da bucha e a mucilagem resultante do desfibramento do sisal (MUDS).

A MUDS foi ensilada exclusivamente sem a adição de nenhum aditivo, compactada manualmente nos silos (tambores de 200 litros). No momento da ensilagem, os aditivos (milho moído e farelo de trigo) foram adicionados na proporção de 75:25 (MUDS:aditivo), com base na matéria natural, para proporcionar a elevação da matéria seca dos resíduos para valores próximos a 35%.

Local, manejo e dietas experimentais

O manejo e tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações e recomendações do Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE, licença 034/2018. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia – UFRPE, localizado na cidade do Recife – PE.

Quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com peso corporal (PC) médio inicial de $71,05 \pm 7,53\text{kg}$ e $57,41 \pm 9,71\text{kg}$, respectivamente, foram distribuídos em dois quadrados latinos simultâneos. Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados contra endo e ectoparasitas (Ivomec®, Merial Saúde Animal Ltda., Paulínia, SP- Ivermectina 1,0g), vacinados contra clostridiose (Botulinomax®, Hertape Saúde Animal S.A., Juatuba, MG- Vac. Clostridiose e receberam complexo vitamínico ADE e foram mantidos em sistema de confinamento com baias individuais providas de comedouro e bebedouro.

O experimento teve duração de 80 dias, com quatro períodos de 20 dias consecutivos, divididos em 12 dias para adaptação às dietas e oito para coletas de dados e amostras.

A composição química dos ingredientes e a proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. As dietas experimentais foram a base de silagem de mucilagem de sisal com os tratamentos: Controle – 60% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS (Mucilagem) – 45% de SilMUDS e 15% de feno de tifton 85; SilMUDS-MI (MUDS + milho moído) – 45% de SilMUDS-MI e 15% - de feno de tifton 85; e SilMUDS-TRI (MUDS + Farelo de trigo) – 45% de SilMUDS-TRI e 15% - de feno de tifton 85. As proporções usadas nas SilMUDS-MI e SilMUDS-TRI

foram 75% da MUDS e 25% do aditivo. As dietas foram compostas de 60% de volumoso e 40% de concentrado (Tabela 2). A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (8h00 e 15h00), na forma de mistura completa. O ajuste da oferta foi realizado diariamente, permitindo sobras de 15% do ofertado.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Variáveis, g/kg ¹	Silagens ²			F.C.Tifton 85 ³	Milho	Soja	Trigo
	SilMUDS	SilMUDS- MI	SilMUDS- TRI				
MS	183,5	343,1	364,9	873,3	870,4	882,8	869,9
MO	870,5	932,8	921,1	943,1	981,1	943,9	950,5
PB	84,4	70,9	112,3	93,7	85,1	512,0	156,7
EE	21,8	36,2	35,1	16,6	39,1	14,4	29,2
FDN _{cp}	261,8	245,6	344,7	751,2	133,8	168,7	391,3
FDNi	161,5	116,1	160,6	397,7	31,3	38,7	183,8
MM	129,5	67,2	78,9	56,9	18,2	56,1	49,5
CHOT	731,6	826,8	740,0	831,3	861,0	417,4	738,6
CNF	469,8	581,2	395,3	80,0	727,2	248,4	347,4

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; MM = matéria mineral; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso; ²SilMUDS = silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI = silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI = silagem aditivada com trigo.; ³F.C.Tifton = feno de capim Tifton 85.

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

Ingredientes (g/kg na MS)	Tratamentos ¹			
	Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI
Feno de Capim Tifton 85	600	150	150	150
Silagem de MUDS	0	450	0	0
Silagem de MUDS-MI	0	0	450	0
Silagem de MUDS-TRI	0	0	0	450
Milho Moído	147,5	156,3	130	233,8
Farelo de Soja	127,5	130	127,5	78,75
Farelo de Trigo	110	98,75	127,5	72,5
Mistura Mineral	15	15	15	15
Composição química, g/kg MS				
Matéria seca (g/kg MN)	877,6	323,5	525,7	520,0
Matéria mineral	51,5	84,2	47,2	53,4
Matéria orgânica	934,7	898,1	936,7	928,9
Proteína bruta	154,4	151,5	151,3	146,9
Extrato etéreo	20,8	30,6	30,0	36,4
Fibra em detergente neutro _{cp}	510,3	320,3	261,1	320,8
Fibra em detergente neutro _i	268,4	164,8	129,9	146,2
Carboidrato não fibroso	249,9	396,5	495,0	425,9
Carboidratos totais	760,2	716,8	756,1	746,7
Nutrientes Digestíveis Totais	699,2	754,2	837,2	769,8

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo.

Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes

Durante todos os períodos de coletas foram amostrados ingredientes (100g) dos concentrados, volumosos e sobras (10%), identificadas, e armazenadas em freezer, para posteriores análises. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional, a cada período, constituindo-se em amostras compostas.

Para estimativa da digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada coleta total de fezes (FUKUMOTO et al., 2007) do 15° ao 17° dia de cada período experimental, utilizando-se bolsas coletoras nos animais. Os esvaziamentos parciais das bolsas dentro do período de 24 horas aconteciam a fim de não haver perdas e desconforto dos animais, ficando muito cheias, e não ter perdas de umidade, sendo reservadas em baldes e sacolas. Ao final de 24 horas, as fezes foram pesadas e homogeneizadas, sendo retirada uma porção de 20 a 30% por animal e armazenadas; ao final do período de coleta total, as amostras foram descongeladas e feitas amostras compostas, sendo retiradas 10% do total de fezes produzida para pré-secagem.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C, durante 72 horas; posteriormente, foram moídas em moinho de faca tipo Willey com peneira de crivos de 1 mm, para análises quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.06), matéria mineral (MM; método 930.05), proteína bruta (PB; método 968.06), extrato etéreo (EE; método 920.39), segundo a metodologia descrita por AOAC (2000), adaptadas por Detman et al. (2012). Para a determinação de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína foram utilizados sacos (5,0 x 5,0 cm) de tecido não tecido (TNT, 100 g/m²), utilizando autoclave (Prismatec®) com adição de α -amilase (Termoestável), metodologia descrita por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo Detmann e Valadares Filho (2010), onde: $CNF = 100 - (\%FDNcp + \%EE + \%MM + \%PB)$, em que: FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados; EE = teor de extrato etéreo; MM = teor de matéria mineral; PB = teor de proteína bruta. Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados segundo Sniffen et al. (1992), onde: $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. Os Nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados segundo Weiss (1999), sendo: $NDT(g/dia) = PBD\% + FDND\% + CNFD\% + (2,25 \times EED\%)$, sendo FDND% e CNFD% corrigidos para cinzas e compostos nitrogenados.

Comportamento Ingestivo e Consumo de Água

A avaliação do comportamento ingestivo foi realizada no 12º dia de cada período experimental, sendo iniciada após o primeiro fornecimento da alimentação. Foram avaliados os seguintes parâmetros: tempo de alimentação, tempo de ruminação e tempo em ócio, por 24 horas. O método utilizado foi o proposto por Martin e Bateson (2007), de varredura instantânea (“Scam sampling”), modificada para o intervalo de observações, a cada 10 minutos.

As eficiências de alimentação e ruminação da MS e FDN_{cp} (g/h) foram calculadas dividindo-se a ingestão de cada um desses nutrientes pelo tempo total de alimentação e ruminação, respectivamente (BÜRGER et al., 2000). $EALMS = CMS/TAL$; $EALFDN_{cp} = CFDN_{cp}/TAL$; $ERUMS = CMS/TRU$; $ERUFDN_{cp} = CFDN_{cp}/TRU$, onde: EAL (g MS/h; g FDN_{cp}/h) é eficiência de alimentação; CMS (g MS/dia), consumo de MS; CFDN_{cp} (g FDN_{cp}/dia), consumo de FDN_{cp}; TAL (h/dia), tempo de alimentação; ERU (g MS/h; g FDN_{cp}/h), eficiência de ruminação; TRU (h/dia), tempo de ruminação.

A estimativa do consumo de água de bebida foi determinada do 15º ao 17º dia de coleta de dados. A água era fornecida em baldes plásticos com capacidade de 10 litros, identificados para cada animal. O consumo foi determinado por meio da diferença de peso dos baldes antes e após a ingestão, levando em consideração a quantidade evaporada. Para determinar a evaporação, foram posicionados em dois pontos distintos do galpão, dois baldes contendo água, com peso determinado, os quais eram pesados todos os dias, segundo metodologia descrita por Souza et al. (2010).

Dinâmica Ruminal

No 18º e 20º dias de cada período experimental foi realizado o esvaziamento ruminal total mediante cânula ruminal, manualmente, sendo realizado quatro horas após a alimentação no 18º dia e antes da alimentação no 20º dia. Após o total esvaziamento ruminal, a digesta foi pesada e aferida a densidade. O esvaziamento teve como objetivo determinar as taxas de digestão e os “pools” ruminais para dieta experimental testada, utilizando-se a técnica descrita por Allen e Linton (2007).

Uma amostra representativa foi coletada e congelada para posteriores análises de MS, FDN e FDN_i. Após a amostragem, o conteúdo ruminal remanescente foi devolvido ao rúmen. Para determinação da taxa de passagem das partículas no rúmen foi utilizada a FDN indigestível (FDN_i) como marcador interno (TAMMINGA et al., 1989).

A amostras foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas, posteriormente processadas em moinho tipo Wiley (Thomas Wiley®),

Modelo 4, USA), utilizando peneira de crivo 2 mm, depois de homogeneizada e dividida em duas porções, uma delas tendo sido processada em peneira de crivo 1 mm para avaliação da composição química.

O teor de FDNi nas amostras de alimentos, conteúdo ruminal e sobras foi determinado pelo procedimento de incubação ruminal *in situ* em bovinos durante 288 horas, conforme descrito por Detmann et al. (2012). As taxas de ingestão (Ki), passagem (Kp), degradação da MS e da FDN(Kd) e da FDNi (Kpi) foram calculadas por intermédio de equações adaptadas, dividindo-se o fluxo do consumo diário pelos seus respectivos pools ruminais, seguindo as recomendações de Allen e Linton (2007).

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa SAS (9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC), usando o procedimento MIXED. As variáveis dependentes foram analisadas como um delineamento quadrado latino 4×4 em esquema de parcela subdividida, com a Espécie Animal (ovino e caprino) alocada na parcela e os tratamentos nas subparcelas. Os animais foram considerados unidades experimentais porque foram alimentados individualmente e a ingestão de alimentos foi conhecida. Todos os graus de liberdade do denominador para testes F serão calculados de acordo com Kenward e Roger (1997). O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T_j + A_k(i) + ET(ij) + P_l + e_{ijkl}$$

Onde,

Y_{ijkl} é uma variável de resposta dependente contínua;

μ é a média geral;

E_i é o efeito fixo do tratamento com Espécie ($i = 1, 2$);

T_j é o efeito fixo do Tratamento ($j = 1, 2, 3, 4$);

$A_k(i)$ é o efeito aleatório do animal dentro do Tratamento;

$ET(ij)$ é a interação da Espécie e Tratamento;

P_l é o efeito do período;

e_{ijkl} é o erro residual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora o NRC (2007) preconize exigências nutricionais para manutenção de proteína e energia semelhantes entre ovinos e caprinos, neste trabalho os ovinos apresentaram um consumo de MS e dos nutrientes PB, EE, FDNcp, CT, CNF e NDT superior aos caprinos, independente da suplementação (Tabela 3).

Os consumos de MO, MM, EE, FDNcp, CHOT e CNF sofreram influência com a utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal na dieta. Houve interação entre as espécies e os tratamentos para as variáveis de consumo de MS, MO (expressos em g/d e %IMS), Carboidratos Totais (CT), CNF, NDT (g/d) (Tabela 3).

O maior CMS (%PC e g/kg PC^{0,75}) dos ovinos está relacionado ao maior peso vivo dos animais em relação aos caprinos (71,9 Kg e 64,9 Kg \pm 2,3Kg, respectivamente), como consequência menor tamanho do trato gastrointestinal, o que possivelmente causou o enchimento das câmaras fermentativas e, conseqüentemente, a limitação da ingestão dos nutrientes dietéticos (VAN SOEST, 1994; NRC, 2007). Este maior CMS inferiu em maior CMM, CPB, CEE e CFDNcp (g/dia) dos ovinos (Tabela 3).

Houve interação entre os fatores espécie e tratamento para as variáveis: consumo de matéria seca (g/dia), de matéria mineral (%IMS), de matéria orgânica (g/dia e %IMS) CT, CNF e NDT(g/dia), sendo os maiores (P<0,05) valores registrados para os ovinos, fato que pode ser atribuído parcialmente pela maior habilidade de seleção dos caprinos bem como pela conhecida menor aceitação de silagens por estes animais. Segundo Ribeiro et al. (2010), mesmo em sistema de confinamento, os animais conseguem expressar suas características seletivas.

Os animais do tratamento SilMUDS mostraram o maior (P<0,05) consumo de matéria mineral (g/dia e % da IMS) e, conseqüentemente, o menor consumo de matéria orgânica (g/dia e % da IMS), que pode ser justificado pela composição da dieta (Tabela 2). Entre os tratamentos, a SilMUDS foi a que proporcionou o menor (P<0,05) consumo de matéria orgânica em relação aos demais, fato que reforça os benefícios dos aditivos na conservação deste material e no aumento o valor nutritivo (BRANDÃO et al., 2013).

O maior consumo de CT, CNF e NDT (g/d) (Tabela 3) foi observado pelos ovinos no tratamento SilMUDS-MI, podendo ser justificado pelo maior CMS (g/d; %PC e g/kg PC^{0,75}) pelos ovinos, além do teor destes nutrientes nas dietas experimentais (Tabela 2). A diferença significativa (P<0,05) entre os tratamentos para as variáveis de CMM (g/d), CEE e CFDNcp (g/d e %IMS) e CCNF (%IMS) pode ser explicado pelo teor de destes nas dietas experimentais (Tabela 2).

Tabela 3. Valores de consumo de matéria seca e de seus constituintes por caprinos e ovinos submetidos às dietas experimentais

Consumos	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
CMS											
g/d	644,96b	999,44a	130,46	768,34	771,34	947,95	801,18	101,9	0,0024	0,0706	0,0288
%PC	1,10b	1,41a	0,06	1,16	1,16	1,47	1,23	0,087	0,0019	0,0622	0,1173
g/kg PC ^{0,75}	30,42b	40,95a	1,78	33,08	33,12	41,64	34,89	2,52	0,0004	0,0798	0,1006
CMM											
g/d	68,41b	88,63a	3,14	64,61b	98,44a	72,51b	78,51b	4,44	0,0002	0,0002	0,4401
%IMS	11,69a	8,97b	0,62	8,38b	15,01a	7,88b	10,04b	0,89	0,0059	<,0001	0,0183
CMO											
g/d	576,5b	910,8a	64,34	703,74ab	672,88b	875,41a	722,66ab	61,31	0,0023	0,0383	0,0265
%IMS	88,30b	91,02a	0,62	91,62a	84,98b	92,11a	89,95a	0,89	0,0059	<,0001	0,0183
C PB											
g/d	103,14b	160,35a	11,50	127,32	124,84	150,36	124,44	11,16	0,0031	0,1577	0,0536
%IMS	15,96	15,99	0,22	16,37	16,11	15,95	15,46	0,31	0,9179	0,2337	0,7656
CEE											
g/d	20,11b	32,47a	2,47	17,46b	25,17ab	31,53a	30,99a	2,51	0,0030	0,0007	0,1179
%IMS	3,12	3,21	0,13	2,28b	3,20a	3,29a	3,87a	0,18	0,6329	<,0001	0,9286
CFDNcp											
g/d	250,30b	360,67a	27,47	407,20a	261,44b	260,91b	292,40b	25,78	0,0124	0,0002	0,1272
%IMS	38,48	37,34	0,57	52,74a	34,81b	27,69c	36,41b	0,81	0,1735	<,0001	0,2224
CCHO's Totais											
g/d	488,93b	750,06a	49,46	585,86ab	564,20b	725,81a	602,10ab	46,75	0,0020	0,0260	0,0331
%IMS	75,80	75,04	1,01	76,24	73,14	76,56	75,15	1,43	0,5264	0,7257	0,4232
CCNF											
g/d	238,62b	389,39a	25,19	178,66c	302,76b	464,90a	309,71b	26,24	0,0007	<,0001	0,0264
%IMS	37,69	37,91	0,94	23,76c	39,92b	48,87a	38,66b	1,33	0,8703	<,0001	0,5043
CNDT (g/d)	496,56b	760,80a	50,37	536,82b	571,17b	790,09a	616,64b	49,16	0,0021	0,0018	0,0405

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS+MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS+TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

A utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal nas dietas de caprinos e ovinos não influenciou ($P>0,05$) a digestibilidade aparente da PB e FDN_{cp}. A digestibilidade aparente da MS, MO, CT e dos CNF aumentou ($P<0,05$) com a utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (Tabela 4). Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre as espécies para as variáveis da Tabela 4.

A digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica (g/d) foram influenciadas ($P<0,05$) pelos tratamentos (Tabela 4). É importante ressaltar que a digestibilidade é uma característica dos alimentos, mas que sofre forte influência de vários fatores e entre estes a do animal se destaca.

Os resultados mostraram que o tratamento-controle (sem inclusão das silagens) apresentou os menores valores ($P<0,05$) de digestibilidade da MS e da MO. Por outro lado, a dieta SilMUDS+Mi foi a que mostrou os maiores valores, respectivamente, 818,77 e 834,56 g/kg de MS, para estas variáveis, em razão da concentração de carboidratos não-fibrosos presente no milho (SILVA, 2019), e que, possivelmente, foi influenciada pelo padrão de fermentação da silagem de MUDS aditivada com milho moído que apresentou o menor teor de FDN (%MS) em relação aos demais tratamentos, contribuindo para um eficiente padrão de fermentação (SILVA, 2019).

Vale salientar que a digestibilidade é mais uma característica do alimento do que animal. Com isso, a digestibilidade do EE, dos carboidratos totais e carboidratos não-fibrosos (g/Kg de MS) apresentaram diferença significativa ($P<0,05$) no qual as silagens aditivas SilMUDS-MI e SilMUDS-TRI foram superiores aos demais tratamentos. Tal comportamento é justificado pela composição inicial das dietas (Tabela 2).

Os carboidratos que são fermentados no rúmen pelas bactérias ruminais, a AGV, representam a principal fonte de energia; e os que escapam, quando chegam ao intestino grosso, também podem ser fermentados da mesma maneira (KOZLOSKI, 2016). Podendo explicar a maior digestibilidade dos CNF para as SilMUDS-MI, onde a dieta apresentou maior CNF e NDT. Ainda pode-se reafirmar que houve uma relação energia/proteína favorável a microbiota ruminal, em que a proteína fornecida na dieta refletiu em sua digestibilidade, sem apresentar diferença estatística.

Tabela 4. Digestibilidade da matéria seca e seus constituintes das dietas experimentais, por caprinos e ovinos

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
DMS (g/kg de MS)	761,59	741,14	0,00	700,49c	736,41bc	818,77a	749,79b	0,01	0,1605	<,0001	0,9326
DMO (g/kg de MS)	765,38	757,99	0,00	700,68c	749,65b	834,56a	761,86b	0,01	0,5590	<,0001	0,8589
DPB (g/kg de MS)	827,99	814,84	0,01	806,96	830,43	834,40	813,88	0,01	0,4883	0,3091	0,4883
DEE (g/kg de MS)	761,13	751,80	0,03	748,11ab	650,11b	802,17a	825,46a	0,03	0,8508	0,0025	0,7340
DFDNcp (g/kg de MS)	682,24	659,74	0,01	628,19	656,00	711,62	688,15	0,02	0,3694	0,1227	0,5841
DCT (g/kg de MS)	770,60	757,42	0,01	689,25c	763,60bc	841,47a	761,70b	0,01	0,3895	<,0001	0,8292
DCNF (g/kg de MS)	863,38	849,16	0,01	823,24b	856,33ab	913,78a	831,73b	0,01	0,4512	0,0114	0,3752

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS+MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS+TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Tabela 5. Valores do comportamento ingestivo de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Tempo de alimentação (min/d)	191,88	164,37	13,96	195,00	187,50	180,00	150,00	18,55	0,1266	0,3001	0,4785
Tempo ruminado (min/d)	251,87	277,50	30,04	377,50 a	233,75 b	212,50 b	235,00 b	31,91	0,1071	<,0001	0,8831
Tempo ócio (min/d)	996,25	998,13	39,32	867,50 b	1018,75a	1047,50 a	1055,00 a	43,66	0,9449	0,0002	0,7737
Eficiência de alimentação (gMS/min)	3,4238 b	6,0181 a	0,589	3,7950	4,5813	5,1200	5,3875	0,68	<,0001	0,1419	0,0769
Eficiência de alimentação (gFDNcp/min)	1,5113 b	2,6006 a	0,232	2,2525	2,0175	1,7750	2,1788	0,27	<,0001	0,4395	0,0894
Eficiência de ruminação (gMS/min)	2,9650	3,6156	0,537	1,918 c	3,4650ab	4,6088 a	3,1688 bc	0,58	0,0539	<,0001	0,2154
Eficiência de ruminação (gFDNcp/min)	1,2488 b	1,5281 a	0,217	1,1413	1,5288	1,6063	1,2775	0,23	0,0425	0,0651	0,1923

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS+MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS+TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Os animais da espécie caprina foram menos eficientes em alimentação da MS e do FDN_{cp} e ruminação do FDN_{cp} (Tabela 5). Os tempos despendidos em ruminação (TR) e em ócio (TO) e a eficiência de ruminação (g de MS /min) foram influenciados ($P>0,05$) pela utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal nas dietas (Tabela 5).

Os ovinos apresentaram maior ($P<0,05$) consumo de matéria seca (MS) e de fibra em detergente neutro (FDN_{cp}) que os caprinos, relacionado com a maior aceitação de silagens pelos ovinos, sendo que os caprinos apresentam alta capacidade para selecionar os ingredientes da dieta, refletindo em uma maior ($P<0,05$) eficiência de alimentação e ruminação tanto de MS quanto de FDN para a espécie ovina (Tabela 5).

Os animais que se alimentaram da SilMUDS, com e sem aditivos, passaram menos tempo ruminando e mais tempo em ócio, em relação à dieta-controle, reflexo do teor de FDN das respectivas dietas (Tabela 2). As propriedades físicas e químicas dos alimentos influenciam diretamente o tempo despedido com ruminação pelo animal, sendo proporcional ao teor da parede celular dos volumosos (VAN SOEST, 1994).

Segundo Dulphy et al. (1980), dietas com altos níveis de FDN, a eficiência de ruminação é diminuída, em razão da maior dificuldade em reduzir o tamanho da fibra, o que diminui a ingestão de alimento. Considerando o efeito espécie animal, registrou-se que, para os ovinos, quanto maiores os níveis de FDN na dieta (Tabela 2), maior foi o tempo gasto com a ruminação (Tabela 5), refletindo em uma maior ($P<0,05$) eficiência de ruminação da FDN, comportamento inverso foi registrado para os caprinos.

O consumo de água estimada foi maior ($P<0,05$) na espécie ovina (Tabela 6). Houve interação ($P<0,05$) entre os efeitos dos tratamentos e espécie animal para o consumo total de água (g/dia), ingestão de água via alimento e bebedouro (Tabela 6).

Ao se estimar o consumo de água pelo NRC (2007), apenas o consumo de água pelos ovinos foi superior ($P<0,05$) ao dos caprinos (Tabela 6), justificado pelo fato de os ovinos terem registrado maior consumo de matéria seca (Tabela 3) quando comparado aos caprinos e, conseqüentemente, maior consumo de água via alimento.

Os caprinos ingeriram menos água via alimento para todos os tratamentos, uma vez que consumiram menos ($P<0,05$) que os ovinos (Tabela 3). As silagens acarretaram maior consumo de água via alimentos em relação à dieta-controle, com destaque para a silagem não aditivada

Tabela 6. Consumo de água por caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUD S	SilMUDS- MI	SilMUDS- TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
<i>Consumo de água (g/dia)</i>											
Contida no alimento	591,04	933,42	75,48	78,59	1525,47	812,51	632,35	100,54	0,0015	<,0001	0,0102
Voluntária	1589,29	1193,12	147,31	1261,88	1534,83	1195,21	1572,92	198,07	0,0465	0,3978	0,0002
Total	2180,33	2126,55	175,88	1340,47	3060,30	2007,71	2205,27	237,07	0,8132	0,0003	0,0053
Estimado ⁶	2444,01b	3464,44 a	198,69	2757,52	2957,77	3410,35	2691,25	268,14	0,0006	0,2139	0,2268

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS+MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS+TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento; ⁶Estimado pelo NRC(2007)= (CMS x 3,86)-0,99. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Conseqüentemente à menor ingestão de água via alimento, os caprinos buscaram mais água via bebedouro do que os ovinos em todos os tratamentos, justificado pelo menor consumo de MS (Tabela 3) e ingestão de água via alimento (Tabela 6 e Figura 1), obrigando-os a buscar mais água para garantir o equilíbrio do conteúdo corporal de água e atender à sua exigência.

No consumo total de água (Tabela 6 e Figura 1), os ovinos consumiram mais água quando submetidos a dietas SiLMUDS e SiLMUDS-TRI. Os caprinos tiveram o menor consumo total de água quando submetidos à dieta com silagem de mucilagem aditivada com trigo, pois apesar de ter sido a dieta menos consumida, os animais também compensaram o consumo de água, buscando-a no bebedouro para garantir a homeostase orgânica.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre as espécies quanto aos pools de MS, FDN e FDNi (Tabela 7). Não houve diferença entre as espécies para as demais variáveis. Os pools de MS, FDN e FDNi foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos, podendo observar que o pool de FDN e FDNi diminuíram com os tratamentos de silagens em relação ao controle ($P < 0,05$) (Tabela 7). A taxa de ingestão de MS foi influenciada ($P < 0,05$) com a utilização das silagens na dieta.

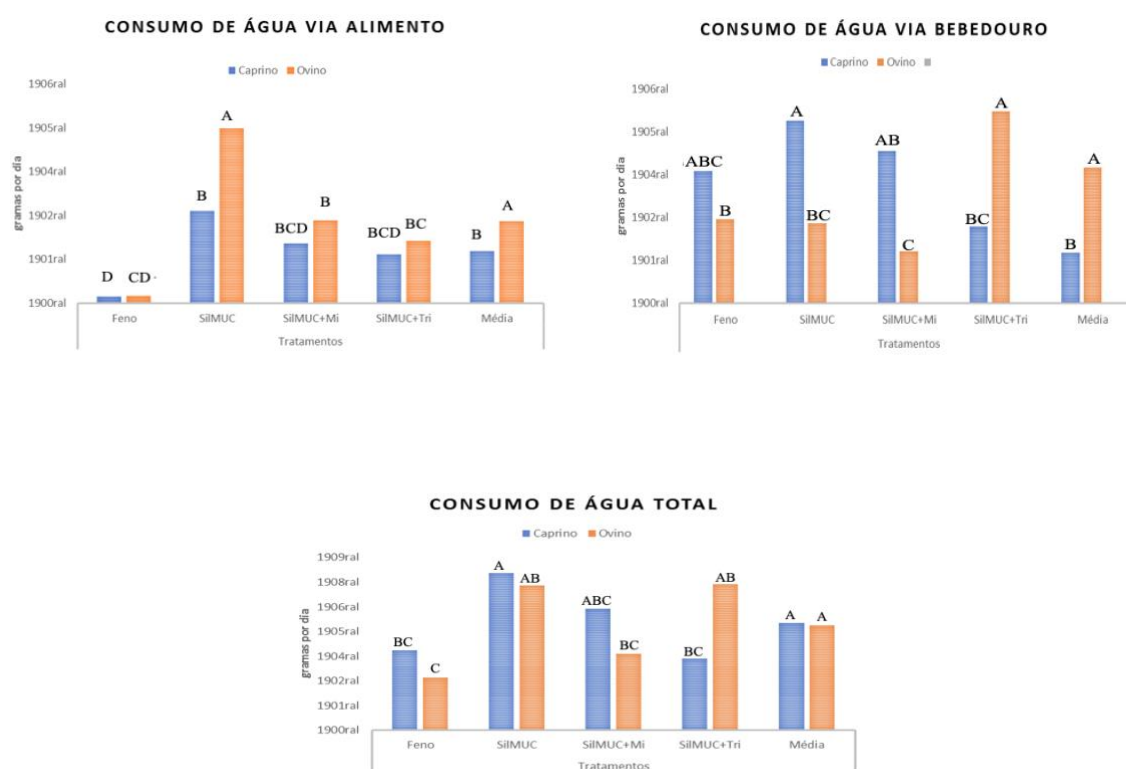


Figura 1: Consumo de água via alimento, bebedouro e total por caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas

Tabela 7. Valores de dinâmica ruminal de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Pool (g)											
MS	430,66b	644,54a	93,45	654,94a	537,60ab	495,68ab	462,18b	83,7083	0,0025	0,0273	0,2795
FDN	253,11b	392,37a	66,86	431,73a	305,82b	271,39b	282,03b	50,1412	0,0079	0,0018	0,3451
FDNi	217,63b	331,29a	66,38	362,32a	264,22ab	228,98b	242,32b	36,2545	0,0196	0,0109	0,5986
MS (Kg.h⁻¹)											
Ki	0,066	0,068	0,01	0,050c	0,061bc	0,085ab	0,075bc	0,01366	0,8464	0,0129	0,8258
Kp	0,032	0,023	0,01	0,027	0,025	0,037	0,021	0,01629	0,2855	0,5692	0,5561
Kd	0,031	0,042	0,01	0,022	0,033	0,045	0,047	0,01265	0,2194	0,0598	0,5753
FDN (Kg.h⁻¹)											
Ki	0,042	0,039	0,00	0,038	0,036	0,046	0,042	0,00710	0,6668	0,2717	0,4216
Kp	0,031	0,023	0,01	0,027	0,023	0,037	0,022	0,01609	0,3741	0,5663	0,4873
Kd	0,010	0,016	0,00	0,012	0,012	0,006	0,020	0,00594	0,2864	0,4759	0,5019
Kpi FDNi	0,031	0,023	0,00	0,027	0,025	0,036	0,021	0,00826	0,3196	0,6373	0,6311

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível; Ki = Taxa de ingestão; Kp = Taxa de passagem ruminal; Kd = Taxa de degradação; Kpi FDNi= taxa de passagem ruminal da FDNi; Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

O reflexo da composição das dietas pode ser visto também com a diminuição dos pools de MS, FDN e FDNi, em relação à dieta-controle (Tabela 7). A redução do pool de FDN e FDNi, nas dietas de SiMUDS e aditivadas, possivelmente foi devido a maior disponibilidade de material mais solúvel, porque os açúcares são quase em sua totalidade fermentados no rúmen de acordo com Sniffer et al. (1992).

Da mesma forma, o aumento na K_i da MS (Kg.h^{-1}) das dietas com silagem (Tabela 7), haja vista que a mucilagem de Sisal é um volumoso diferenciado, já que possui elevada quantidade de CNF e baixa concentração de FDN (Tabela 2), o que pode promover aumento do aporte de energia, favorecendo o crescimento microbiano e, conseqüentemente, a degradação ruminal (BATISTA et al., 2009; LIMA, 2019).

CONCLUSÕES

As silagens de mucilagem de sisal, aditivadas, além de conduzirem a eficiente padrão de fermentação, e a silagem de mucilagem de sisal sem aditivos, podem ser utilizadas na dieta de caprinos e ovinos fistulados, sem que haja comprometido do consumo, da digestibilidade aparente dos nutrientes, do comportamento ingestivo e da dinâmica ruminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M.S. E LINTON, J.A.V., *In vivo* methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In: Rennó, F.P., Silva, L.F.P. (Eds.), **Proceedings of the Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes**. Pirassununga, São Paulo, Brasil. p.72–89, 2007.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. **Official methods of analysis**. Arlington, 2000.
- BATISTA, A.M.V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B., SANTOS, D. C., DUBEUX JR.; J. B.; MUSTAFA, A. F. Chemical Composition and Ruminal Degradability of Spineless Cactus Grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**. Arizona USA, v.62, n.3, p.297–301. 2009.
- BRANDÃO, L. G. N. PEREIRA, L.G.R.; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAGÃO, A.S.L.; VOLTOLINI, T.V.; NEVES, A.L.A.; ARAÚJO, G.G.L.; BRANDÃO, W.N. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da Agave sisalana para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63: p.1493–1501, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600029>.
- BRANDÃO, L. G. N.; PEREIRA, L.G.R.; AZEVÊDO, J.A.G.; SANTOS, R.D.; ARAÚJO, G.G.L.; DÓREA, J.R.R.; NEVES, A.L.A. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.2991–3000, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n6p2991.
- BOTURA, M. B. **Avaliação anti-helmíntica e toxicológica de extratos e frações do resíduo de Agave sisalana Perr. (SISAL) sobre nematoides gastrintestinais de caprinos**. 2011. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; SILVA, J.F.C.; FILHO, S.C.V.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R.; MONTEIRO, H.C.F. Consumo e digestibilidades aparentes total e parcial em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.206-214, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100028>.
- CARVALHO, J.M.F.C E SENA, D.V. dos A. **Técnicas de cultivo In Vitro no sisal**. 2008. Documentos 208, EMBRAPA: p.1-22, 2008.
- DETMANN, E., SOUZA, M.A., VALADARES FILHO, S.C. 2012. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG, 2012
- DETMANN, E. E VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.980-984, 2010. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000400030>.

DULPHY, J.P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. 1980. **Ingestive behavior and related activities in ruminants**. In: RUCKEBUSH, Y.; THIVEND, P. (Eds). **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP, p.103-122, 1980.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018. **Censo agropecuário**. <https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/busca-de-noticias/-/noticia/36365362/novo-censo-agropecuário-mostra-crescimento-de-efetivo-de-caprinos-e-ovinos-no-nordeste>. <Acesso: 13 de abril de 2020>.

FREIXO, A. A. Do sertão dos tocós ao território do sisal: rumo a invenção de uma região e uma vocação. *Revista Geografica*, v.8, p.1-23, 2010. DOI: <https://doi.org/10.7147/GEO8.1287>.

FUKUMOTO, N.M.; JULIO CESAR DAMASCENO, J.C.; CÔRTEZ, C.; PAINE, R.C.; QUEIROZ, M.F.S.; SANTOS, G.T.; MATSUSHITA, M. Consumo e digestibilidade da matéria seca de fenos de braquiária decumbens e amendoim forrageiro em ovinos estimados por meio de n alcanos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.2, p.471-479, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200026>.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. p. 82, Rio de Janeiro, 2018.

KENWARD, M. G.; ROGER, J. H. Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics*. v.53, p.983-997, 1997. DOI: 10.2307 / 2533558 <https://www.jstor.org/stable/2533558>.

KOZLOSKI, G.V. 2016. **Bioquímica para ruminantes**. 3 ed. Santa Maria, Editora UFSM, 365. ISBN 9788573911503. 2016.

LICITRA, G.; HERNANDES, T. M. AND VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347-358, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).

LIMA, C.L. **Parâmetros ruminais em ovinos alimentados com palma orelha de elefante mexicana em substituição à silagem de sorgo**, 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco Recife.

MARTIN, P. E BATESON, P. 2007. **Measuring behavior: An Introductory guide**. 3 ed, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.

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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 1996. 7. ed. Washington, D.C. National Academy Press, 242 p. 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 362p. 2007.

RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. Composição química e perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar tratadas com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.39, p.1911-1918, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000900008>.

SANTOS, R. D.; NEVES, A.L.A.; PEREIRA, L.G.R.; ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V.; COSTA, C.T.F.; OLIVEIRA, G.F. **Coprodutos do Desfibramento do Sisal como Alternativa na Alimentação de Ruminantes**. Circular Técnica 102, EMBRAPA, p. 1–6, 2013.

SILVA, E. A. M. **Implicações do uso e aditivos sobre as características fermentativas de silagens de mucilagem de sisal**. 2019. Monografia (Bacharelado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife

SOUZA, M. B. D. **Coprodutos do desfibramento do sisal na produção de silagem**, 2016. Dissertação (M.Sc), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia.

SOUZA, E.J.O.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V.; ALBUQUERQUE, D.B.; MONTEIRO, C.C.F.; ZUMBA, E.R.F.; TORRES, T. R. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1056-1067, 2010.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - **SAS User's guide: statistics**. 2011. Versão 9.3 Cary, NC: SAS.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein availability.. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992. DOI: 10.2527 / 1992.70113551x.

TAMMINGA, S.; ROBINSON, P. H.; MEIJS, S.; BOER, H. Feed components as internal markers in digestion studies with dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.27, n.1-2, p.49–57, 1989. DOI:10.1016/0377-8401(89)90128-4.

WEISS, W.; 1999. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Proceedings of 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca: Cornell University. 1999.

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

CAPÍTULO 3

**Características metabólicas, ruminais e síntese de proteína microbiana de
pequenos ruminantes alimentados com silagens de Mucilagem de sisal
(*Agave sisalana*, Perrine)**

Características metabólicas, ruminais e síntese de proteína microbiana de pequenos ruminantes alimentados com silagens de Mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine)

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito das silagens de mucilagem de sisal, aditivadas ou não, na dieta de caprinos e ovinos, sobre o balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana, parâmetros ruminais e perfil bioquímico do sangue e urina. As rações experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de caprinos e ovinos adultos sob manutenção, tendo relação volumoso:concentrado, 60:40, compostas por feno de capim tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.) e silagem de mucilagem de sisal (*Agave sisalana*, Perrine) como volumosos, milho moído, farelo de soja, farelo de trigo e mistura mineral, sendo formuladas para serem isonitrogenadas. Os tratamentos experimentais foram a base de silagem de Mucilagem de Sisal com os tratamentos: Controle – 60% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS (Silagem de mucilagem úmida do desfibramento do sisal) – 45% de SilMUDS e 15% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS-MI (MUDS + Farelo de milho) – 45% de SilMUDS-MI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); e SilMUDS-TRI (MUDS + Farelo de trigo) – 45% de SilMUDS-TRI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.). As proporções usadas nas silagens aditivadas foi 75% da MUDS e 25% do aditivo. Foram utilizados quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados e canulados no rúmen, com pesos corporais (PC) médios iniciais de $71,05 \pm 7,53\text{kg}$ e $57,41 \pm 9,71\text{kg}$, respectivamente. O balanço de Nitrogênio, Nitrogênio ingerido e nas fezes (g/dia), assim como o Nitrogênio ureico na urina - NUU ($\text{mg kg}^{-1}\text{PC}$) foi influenciado ($P < 0,05$) pela espécie. Os derivados de purinas excretados - DPE e derivados de purinas absorvidos - DPA (mmol/d) ($P < 0,05$) foi superior nas dietas contendo silagens; os parâmetros ruminais foram influenciados ($P < 0,05$) com a utilização das silagens; o potencial Hidrogênioônico - pH e o nitrogênio amoniacal foram influenciados ($P < 0,05$) quanto ao tempo com picos de duas a quatro horas após a alimentação; os ácidos acético e propiônico foram influenciados ($P < 0,05$) pelas silagens e os tempos. A relação acético:propiônico foi influenciada ($P < 0,05$) pelo tratamento, sendo maior na dieta-controle. Pode ser observado o perfil bioquímico do sangue, no qual houve interação para o colesterol, albumina, cálcio(mg/dL), AST e GGT (U/L), tendo maiores valores para os ovinos. As SilMUDS (com e sem aditivos) são recomendadas na alimentação de ovinos. Para os caprinos, faz-se necessário uma maior investigação com relação a componentes antinutricionais que possam existir no Sisal.

Palavras-chave: AGCC; Parâmetros ruminais; SilMUDS; Taxa de passagem.

Metabolic, ruminal characteristics and microbial protein synthesis of small ruminants fed with sisal mucilage silages (Agave sisalana, Perrine)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of sisal mucilage silages, with or without additives to the diet of goats and sheep, on nitrogen balance, microbial protein synthesis, ruminal parameters and biochemical profile of blood and urine. The experimental diets were formulated to meet the nutritional requirements of adult goats and sheep under maintenance, with a forage:concentrate ratio, 60:40, composed of 85 tifton grass hay (*Cynodon dactylon*, L.) and sisal mucilage silage (*Agave sisalana*, Perrine) as forages, ground corn, soy bran, wheat bran and mineral mixture, being formulated to be isonitrogenous. The experimental treatments were based on Sisal Mucilage silage with the treatments: Control – 60% tifton 85 hay (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS (Wet Mucilage Silage from Sisal Shedding) - 45% SilMUDS and 15% tifton 85 hay (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS-MI (MUDS + Corn Bran) - 45% SilMUDS-MI and 15% - tifton 85 hay (*Cynodon dactylon*, L.); and SilMUDS-TRI (MUDS + Wheat Bran) - 45% SilMUDS-TRI and 15% - tifton 85 hay (*Cynodon dactylon*, L.). The proportions used in the additive silages were 75% of the MUDS and 25% of the additive. Four male sheep and four male goats, castrated and cannulated in the rumen, with initial mean body weights (BW) of 71.05 ± 7.53 kg and 57.41 ± 9.71 kg, respectively, were used. The balance of Nitrogen, Nitrogen ingested and in feces (g/day), as well as Urea Nitrogen in urine - NUU (mg kg⁻¹ PC) was influenced ($P < 0.05$) by the species. Excreted Purine Derivatives - DPE and Absorbed Purine Derivatives - DPA (mmol/d) ($P < 0.05$) were higher in diets containing silages; the ruminal parameters were influenced ($P < 0.05$) with the use of silages; the hydrogen potential - pH and ammonia nitrogen were influenced ($P < 0.05$) in terms of time with peaks of 2 to 4 hours after feeding; acetic and propionic acids were influenced ($P < 0.05$) by silages and times. The acetic:propionic ratio was influenced ($P < 0.05$) by the treatment, being higher in the control diet. The biochemical profile of the blood can be observed, where there was interaction for cholesterol, albumin, calcium (mg/dL), AST and GGT (U/L), with higher values for sheep. SilMUDS (with and without additives) are recommended in sheep feed. For goats, further investigation is needed regarding antinutritional components that may exist in Sisal.

Keywords: AGCC, ruminal parameters, SilMUDS throughput.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a criação de caprinos e ovinos vem exercendo seu potencial no Nordeste, mostrando ser uma atividade de grande importância social, econômica e cultural (COSTA et al., 2008). A região é caracterizada como sendo a mais importante nesse contexto, uma vez que representa, de 66,67% (12,6 milhões) de ovinos e 93,93% (10 milhões) de caprinos existentes no país (18,9 e 10,6 milhões, respectivamente), comportando 76,51% do total dessa população (IBGE, 2018). A maioria é composta por animais sem padrão racial definido, criados por pequenos produtores, servindo como fonte de renda e de alimento para a família.

Nesta região, há variação bastante acentuada na produção de alimentos em função das condições edafoclimáticas, o que compromete a produção de forragem (pastagens nativas e a caatinga) ao longo do ano. Esta estacionalidade de produção de forragem, aliada à necessidade de atendimento das exigências nutricionais dos animais, tem levado os produtores a buscarem alternativas alimentares para seus rebanhos, tendo os resíduos da agroindústria grande potencial de substituição (BOTURA, 2011; SANTOS et al., 2011).

Entre os resíduos que possuem potencial para utilização na alimentação animal está a mucilagem, oriunda do resíduo do processamento do Sisal (*Agave Sisalana*, Perrine), que é utilizado para produção de fibras. O Sisal é uma planta que tem sua origem no México. No Brasil, o cultivo desta planta se estabeleceu na região semiárida nordestina por apresentar condições favoráveis à sua produção, em especial o estado da Bahia, que é seu maior produtor (CARVALHO; SENA, 2008; SANTOS et al., 2013).

A mucilagem possibilita sua conservação mediante a utilização da técnica de ensilagem ou fenação (CASSO; CASTRO, 1998). Entretanto, este apresenta elevado conteúdo de umidade, entre 80-96% (SILVA et al., 1998; PEDREIRA, 2011; SILVA et al., 2014), distante do conteúdo considerado ideal para uma ensilagem adequada, em torno de 65% (35% de matéria seca), fazendo-se necessário sua combinação com outros ingredientes para auxiliar no armazenamento e atender às necessidades da dieta dos animais.

Embora evidenciada a potencialidade da utilização do subproduto oriundo do processo do desfibramento do sisal na alimentação de ruminantes (SANTOS et al., 2011), os pecuaristas fazem a utilização desta fonte volumosa de forma empírica, desconhecendo do valor nutritivo, bem como a maneira mais adequada de armazenar e ofertar ao animal. Para isto, é preciso conhecer a ingestão e a capacidade de aproveitamento dos nutrientes desse alimento pelos animais.

Portanto, hipotetizou-se que as silagens de mucilagem do desfibramento do sisal podem substituir alimentos tradicionalmente utilizados nas dietas de pequenos ruminantes.

Objetivou-se avaliar a utilização de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal na dieta de caprinos e ovinos, sobre a dinâmica ruminal, síntese de proteína microbiana, parâmetros ruminais e perfil bioquímico do sangue e urina.

MATERIAL E MÉTODOS

Confecção dos Silos Experimentais

O resíduo do Sisal foi obtido em uma fazenda sisaleira localizada na zona rural do município de Barra de Santa Rosa, no estado da Paraíba. Após o desfibramento do sisal, o resíduo foi processado por meio de peneira rotativa para separação da bucha e a mucilagem resultante do desfibramento do sisal (MUDS).

A MUDS foi ensilada exclusivamente sem a adição de nenhum aditivo, compactado manualmente nos silos (tambores de 200 litros). No momento da ensilagem, os aditivos (milho moído e farelo de trigo) foram adicionados na proporção de 75 MUDS: 25 aditivos, com base na matéria natural, para proporcionar a elevação da matéria seca dos resíduos para valores próximos a 35%.

Local, manejo e dietas experimentais

O manejo e tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações e recomendações da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE, licença 034/2018. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia – UFRPE, localizado na cidade do Recife – PE.

Quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com peso corporal (PC) médio inicial de $71,05 \pm 7,53\text{kg}$ e $57,41 \pm 9,71\text{kg}$, respectivamente, foram distribuídos em dois quadrados latinos simultâneos. Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados contra endo e ectoparasitas (Ivomec®, Merial Saúde Animal Ltda., Paulínia, SP- Ivermectina 1,0g), vacinados contra clostridiose (Botulinomax®, Hertape Saúde Animal S.A., Juatuba, MG- Vac. Clostridiose) e receberam complexo vitamínico ADE e foram mantidos em sistema de confinamento com baias individuais providas de comedouro e bebedouro.

O experimento teve duração de 80 dias, com quatro períodos de 20 dias consecutivos, divididos em 12 dias para adaptação às dietas e oito para coletas de dados e amostras.

A composição química dos ingredientes e a proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. As dietas experimentais foram a base de silagem de Mucilagem de Sisal com os tratamentos: Controle – 60% de feno

de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS (Mucilagem) – 45% de SilMUDS e 15% de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); SilMUDS-MI (MUDS + Farelo de milho) – 45% de SilMUDS-MI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.); e SilMUDS-TRI (MUDS + Farelo de trigo) – 45% de SilMUDS-TRI e 15% - de feno de tifton 85 (*Cynodon dactylon*, L.). As proporções usadas nas SilMUDS-MI e SilMUDS-TRI foram 75% da MUDS e 25% do aditivo. As dietas foram compostas de 60% de volumoso e 40% de concentrado (Tabela 2). A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (8h00 e 15h00), na forma de mistura completa. O ajuste da oferta foi realizado diariamente, permitindo sobras de 15% do ofertado.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes nas dietas experimentais

Variáveis, g/kg ¹	Silagens ²			F.C. Tifton 85 ³	Milho	Soja	Trigo
	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI				
MS	183,5	343,1	364,9	873,3	870,4	882,8	869,9
MO	870,5	932,8	921,1	943,1	981,1	943,9	950,5
PB	84,4	70,9	112,3	93,7	85,1	512,0	156,7
EE	21,8	36,2	35,1	16,6	39,1	14,4	29,2
FDN _{cp}	261,8	245,6	344,7	751,2	133,8	168,7	391,3
FDNi	161,5	116,1	160,6	397,7	31,3	38,7	183,8
MM	129,5	67,2	78,9	56,9	18,2	56,1	49,5
CHOT	731,6	826,8	740,0	831,3	861,0	417,4	738,6
CNF	469,8	581,2	395,3	80,0	727,2	248,4	347,4

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível; MM = matéria mineral; CHOT= carboidratos totais; CNF = carboidrato não fibroso; ²SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ³F.C. Tifton 85 = feno de capim Tifton 85.

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

Ingredientes (g/kg na MS)	Tratamentos ¹			
	Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI
Feno de Capim Tifton 85	600	150	150	150
Silagem de MUDS	0	450	0	0
Silagem de MUDS-MI	0	0	450	0
Silagem de MUDS-TRI	0	0	0	450
Milho Moído	147,5	156,3	130	233,8
Farelo de Soja	127,5	130	127,5	78,75
Farelo de Trigo	110	98,75	127,5	72,5
Mistura Mineral	15	15	15	15
Composição química, g/kg MS				
Matéria seca (g/kg MN)	877,6	323,5	525,7	520,0
Matéria mineral	51,5	84,2	47,2	53,4
Matéria orgânica	934,7	898,1	936,7	928,9
Proteína bruta	154,4	151,5	151,3	146,9
Extrato etéreo	20,8	30,6	30,0	36,4
Fibra em detergente neutro _{cp}	510,3	320,3	261,1	320,8
Fibra em detergente neutro _i	268,4	164,8	129,9	146,2
Carboidrato não fibroso	249,9	396,5	495,0	425,9
Carboidratos totais	760,2	716,8	756,1	746,7
Nutrientes Digestíveis Totais	699,2	754,2	837,2	769,8

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo

Consumo de Nutrientes

Os consumos de matéria seca, matéria orgânica e de nutrientes digestíveis totais foram de acordo com o Capítulo 2.

Balanço de nitrogênio

Do 15° ao 17° dias de cada período foi realizada coleta total de urina, utilizando-se de funis coletores com mangueiras acoplados aos animais para conduzir a urina até um recipiente contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 10%, sendo ajustada quantidade de ácido, quando necessário, a fim de manter o pH inferior a 3,0 (CHEN; GOMES, 1992); para isso, o pH foi aferido a cada seis horas. Ao final de cada dia foram determinados o peso e o

volume total de urina, para posteriormente ser determinado o teor de nitrogênio total, utilizando-se da metodologia descrita pela AOAC 2000 e adaptada por Detmann et al. (2012). Foi retirada e congelada a -20 °C uma alíquota de 50 mL para as análises químicas.

Síntese de proteína microbiana

As análises de alantoína foram realizadas pelo método colorimétrico, conforme descrito por Chen e Gomes (1992), e ácido úrico com kits comerciais - LABTEST®, em analisador bioquímico automático LABMAX 240® (LabTest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

A síntese de proteína microbiana no rúmen foi estimada pelas purinas absorvidas (X, mmol/dia), a partir da excreção total de derivados de purinas (DP) na urina (Y, mmol/dia), segundo Chen et al. (1990a): $Y = 0,84X + (0,150 \cdot PC^{0,75} \cdot e^{-0,25X})$. Foram determinadas as concentrações dos DP na urina: alantoína, segundo a metodologia descrita por Chen et al. (1990b), cuja quantidade excretada foi calculada em função do volume urinário.

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, gN/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (PA, mmol/dia), utilizando-se a equação (CHEN; GOMES, 1992):

$Y = (70 \times PA) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol), 0,116 a relação N purina: N total nas bactérias e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Parâmetros ruminais

Foram coletadas, após homogeneização, amostras de líquido ruminal de quatro pontos distintos, na região ventral do rúmen, nos 13° (às 0; 4 e 8 horas após o fornecimento da ração matinal) e 14° (às 2; 6 e 10 horas após o fornecimento da ração matinal) dias de cada período experimental.

O material foi filtrado em pano de algodão para obtenção do líquido, tomando-se uma alíquota de 100 mL, na qual foi, imediatamente, mensurado o pH, com um potenciômetro (Kasavi, Modelo K39-0014P, Taiwan). O fluido foi então dividido em duas alíquotas de 30 ml e acidificado com 1,5 mL de solução de ácido clorídrico (1:1). As amostras foram congeladas a -20° C, para determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N- NH₃) ruminal (NAR) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC- acético, propiônico e butírico).

Para a determinação de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi utilizada a metodologia descrita por Detmann et al. (2012), pelo método da destilação de Kjeldahl. As amostras foram descongeladas e em um tubo de ensaio foram adicionados 10 mL de fluido ruminal e 1 mL de ácido tricloroacético (100 g/L) e deixando descansar por 30 minutos. Após esse tempo, o material foi centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos, separando o sobrenadante e mantido sob

refrigeração até o momento da análise. Para destilação, foram pipetados 2 mL do sobrenadante do líquido ruminal nos tubos de ensaio. Prosseguiu-se a destilação adicionando aos tubos de ensaio 10 mL de hidróxido de potássio (KOH) e nos erlenmeyer foi adicionado 10 mL de ácido bórico para captação da amônia. O resultado da destilação foi 50 mL de amostra sendo titulado na solução de ácido clorídrico 0,005N. O volume titulado foi usado para calcular a quantidade de N-NH₃ em cada amostra.

Para a determinação de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa, utilizando um cromatógrafo a gás modelo CG – Master. As amostras de líquido ruminal foram coletadas no 13º e 14º dia, nos horários 0 antes da alimentação matinal, 2, 4, 6, 8 e 10 horas após a alimentação matinal, separadas para tal análise. As amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, sendo deixadas em repouso para facilitar a separação do sobrenadante; foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos e armazenados em ependorfs.

No momento da análise foram preparados padrões individuais na concentração de 0,5% para os ácidos acético, propiônico e butírico, sendo esses, posteriormente, injetados no equipamento. Após a leitura, foram geradas as curvas padrões dos AGCC e, a partir daí foram injetadas as amostras, uma por vez, sempre acompanhando o resultado obtido com a curva-padrão. O tempo de leitura de cada amostra foi em torno de quatro minutos.

O cromatógrafo foi utilizado com a seguinte programação: Temperatura: 120°C; Coluna Carbowax: 30m; Temperatura do forno: 120°C; Temperatura do vaporizador: 250°C; Temperatura do detetor: 260°C; 1 mL/min; H₂ split less.

Após a leitura das amostras, os gráficos foram interpretados pelo software Peaksimple e geradas as proporções, para serem calculada as porcentagens e concentrações dos principais AGCC presentes no ambiente ruminal e a relação acetato:propionato.

Perfil bioquímico do sangue

Uma coleta de sangue foi realizada no 16º dia experimental, quatro horas após o fornecimento da ração, via punção da veia jugular, utilizando-se tubo de ensaio Vacutainer® Fluoreto/EDTA, para determinação de glicose plasmática e Vacutainer® sem anticoagulante para determinação de metabólitos energéticos, proteicos, enzimáticos e minerais séricos. As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos para separação do soro e plasma, sendo em seguida acondicionadas em ependorfes de 2 mL e armazenadas a -20°C. Os metabólitos bioquímicos plasmáticos e séricos do sangue foram analisados com kits

comerciais - LABTEST[®], em analisador bioquímico automático LABMAX 240[®] (LabTest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas via SAS (9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC) usando o procedimento MIXED. As variáveis dependentes foram analisadas como um delineamento quadrado latino 4×4 em esquema de parcela subdividida, com a Espécie Animal (ovino e caprino) alocada na parcela e os tratamentos nas subparcelas. Os animais foram considerados unidades experimentais porque eram alimentados individualmente e a ingestão de alimentos era conhecida. Todos os graus de liberdade do denominador para testes F foram calculados de acordo com Kenward e Roger (1997).

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T_j + A_k(i) + ET(ij) + P_l + e_{ijkl}, \text{ onde}$$

Y_{ijkl} é uma variável de resposta dependente contínua;

μ é a média geral;

E_i é o efeito fixo do tratamento com Espécie ($i = 1, 2$);

T_j é o efeito fixo do Tratamento ($j = 1, 2, 3, 4$);

$A_k(i)$ é o efeito aleatório do animal dentro do Tratamento;

$ET(ij)$ é a interação da Espécie e Tratamento;

P_l é o efeito do período;

e_{ijkl} é o erro residual.

Medidas repetidas foram utilizadas para analisar os parâmetros ruminais usando SP (POW).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ingestão de MS e nutrientes (g/dia; $P < 0,05$) foi maior pela espécie ovina quando comparada à espécie caprina (Tabela 3). Os animais da espécie ovinos consumiram e excretaram (pelas fezes) mais N (Tabela 3), conseqüentemente houve um maior balanço de N (g/dia; $P < 0,05$). O N-Ureico (NUU) foi maior na espécie ovina (Tabela 3).

Houve interação entre os fatores espécie e tratamento para as variáveis: consumo de matéria seca (g/dia), matéria orgânica (g/dia) e NDT(g/dia), sendo os maiores ($P < 0,05$) valores registrados para os ovinos, fato que pode ser atribuído parcialmente pela maior habilidade de seleção dos caprinos, bem como menor aceitação de silagens por estes animais.

Segundo Kolb (1984), a determinação do BN é útil para avaliar se o animal se encontra em equilíbrio nitrogenado e se, sob determinadas condições alimentares, ocorre ganho ou perda de N. No presente trabalho observou-se que todos os tratamentos apresentaram BN positivo (Tabela 3), indicando que os animais estavam em condições alimentares de ganho de N.

O nitrogênio ingerido e o excretado nas fezes foi maior ($P < 0,05$) nos ovinos, refletindo em um maior balanço de nitrogênio para a espécie (Tabela 3), resultados consequentes a um maior ($P < 0,05$) consumo de matéria seca e de proteína pelos ovinos (Tabela 3).

Valadares et al. (1997) afirmaram que as concentrações de N no plasma e na urina estão correlacionadas, e que valores de 14,0 a 16 mg/dL de N ureico plasmáticos correspondem à máxima eficiência microbiana, representando limites a partir dos quais estariam ocorrendo perdas de nitrogênio da dieta. Isto, no presente estudo, não ocorreu, pois foram encontrados valores acima destes limites (Tabela 3), indicando perda de nitrogênio da dieta.

O nitrogênio Ureico na urina (NUU) foi maior ($P < 0,05$) nos ovinos (Tabela 3), influência direta do consumo de matéria seca (Tabela 3) e proteína (Dados na Tabela 3 do capítulo 2), que foi maior na espécie citada. Na síntese de proteína microbiana (Tabela 4) não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre as espécies para DPE, que será discutido na interação entre espécie e tratamento (Tabela 5). Nos dados relacionados à síntese de proteína microbiana (Tabela 4), podemos observar que houve influência ($P < 0,05$) para Alantoína (mmol/L), o efeito significativo ($P < 0,05$) encontrado para Alantoína (mmol/d), será discutido juntamente com os dados de DPE, DPA e gN mic/d na interação entre espécie e tratamento (Tabela 5).

Chen e Gomes (1992) relatam que na urina de ovinos podem ser contabilizados de 10% a 30% de ácido úrico dos derivados totais de purinas; já Johnson et al. (1998) dizem que essa amplitude de excreção de ácido úrico na urina em relação aos DPE fica condicionada ao estágio fisiológico do animal e aos tratamentos dietéticos, que no presente estudo observamos de 10,36 a 12,37% para a espécie (caprinos e ovinos) e de 9,39 a 14,73% para os tratamentos (Tabela 4).

Tais valores determinam os valores da alantoína, que foram contabilizados de 87,62 a 89,63% para as espécies (ovinos e caprinos) e de 85,26 a 90,44% para os tratamentos, em relação aos DPE (Tabela 4).

De acordo com Chen e Gomes (1992) e Belenguer et al. (2002), o equilíbrio entre o N-microbiano do rúmen e purinas absorvidas não é constante, podendo oscilar de acordo com a dieta. Em função disto, eles relatam que a digestibilidade dessas purinas no duodeno pode variar de 83 a 92%.

Tabela 3. Consumos de MS, MO, NDT e balanço de nitrogênio de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
CMS (g/dia)*	644,96b	999,44a	130,46	768,34	771,34	947,95	801,18	101,96	0,0024	0,0706	0,0288
CMO (g/dia)*	576,5b	910,8a	64,34	703,74ab	672,88b	875,41a	722,66ab	61,31	0,0023	0,0383	0,0265
Consumo de NDT (g/dia)	496,56b	760,80a	50,37	536,82b	571,17b	790,09a	616,64b	49,16	0,0021	0,0018	0,0405
Balanço de N (g/dia)	11,83b	18,71a	1,22	15,03	14,18	18,05	13,82	1,27	0,0012	0,0557	0,0849
N ingerido (g/dia)	16,50b	25,65a	1,84	20,37	19,97	24,05	19,91	1,78	0,0031	0,1577	0,0536
N fezes (g/dia)	2,62b	4,31a	0,28	3,54	3,21	3,76	3,35	0,40	0,0005	0,7992	0,1895
N urina (g/dia)	2,04	2,62	0,36	1,79	2,57	2,23	2,72	0,51	0,2756	0,5979	0,3712
BN (% de N ingerido)	72,15	72,95	2,32	73,94	71,81	75,24	69,21	2,29	0,8125	0,1554	0,1699
NUP (mg dL ⁻¹)*	18,39	16,39	1,40	16,50	17,98	17,77	17,31	1,98	0,3231	0,9541	0,4684
NUU (mg kg ⁻¹ PC)*	142,71b	225,37a	21,11	188,04	176,76	181,89	189,47	29,85	0,0115	0,9896	0,5002

* CMS = Consumo matéria seca; CMO = Consumo matéria orgânica; NUP = N-Ureico no Plasma; NUU = N-Ureico na Urina; ¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS+MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS+TRI=silagem aditivada com trigo; ²EPM = Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. NDT = nutrientes digestíveis totais. N = nitrogênio; BN = balanço de nitrogênio. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Tabela 4. Síntese de proteína microbiana de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Alantoína (mmol/L)	5,16	7,75	2,05	7,47a	5,12b	8,12a	5,11b	1,56	0,1135	0,0278	0,0682
Alantoína (mmol/d)	4,67	5,94	0,90	4,57b	4,86ab	6,30a	5,49ab	0,73	0,0668	0,0202	0,0115
Ácido Úrico (mmol/L)	0,63	1,21	0,97	1,70	0,66	0,84	0,48	0,91	0,3229	0,2833	0,6550
Ácido Úrico (mmol/d)	0,54	0,84	0,40	0,79	0,74	0,67	0,57	0,40	0,1483	0,8841	0,6495
DPE (mmol/d)	5,21b	6,79a	0,97	5,36	5,60	6,97	6,07	0,88	0,0177	0,0916	0,0423
DPA (mmol/d)	4,97	6,90	1,81	4,36	6,49	6,99	5,90	1,81	0,0504	0,2332	0,0114
gN mic/d	3,76	5,05	1,18	3,43	4,13	5,49	4,57	1,13	0,0669	0,1185	0,0427
E.gPmic/Kg de NDT	48,08	44,20	9,00	46,38	46,55	44,08	47,54	8,42	0,4820	0,9465	0,5806

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. DPE = Derivados de Purinas Excretadas; DPA = Derivados de Purinas Absorvidas; gN = gramas de nitrogênio; E.gPmic = Eficiência de Proteína microbiana;. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Tabela 5. Desdobramento das interações entre espécie e tratamento sobre a Alantoína (mmol/d), DPE (mmol/d), DPA (mmol/d) e gN mic/d de ruminantes submetidos a diferentes dietas experimentais

Espécie (E)	Tratamentos (T) ¹				Valor de P (E x T) ²
	Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI	
Alantoína (mmol/d)					
Caprino	5,16aA	3,72aA	5,11aA	4,68aA	0,0115
Ovino	3,97aB	5,99aAB	7,49aA	6,31aAB	
DPE (mmol/d)					
Caprino	5,74bAB	4,13bB	5,72bAB	5,26bAB	0,0423
Ovino	4,97aB	7,07aAB	8,23aA	6,88aAB	
DPA (mmol/d)					
Caprino	6,35aA	3,70aA	5,57A	4,12A	0,0114
Ovino	2,36aB	9,28aA	8,28AB	7,67AB	
gN mic/d					
Caprino	4,32aA	2,69aA	4,62aA	3,80aA	0,0427
Ovino	2,55aB	5,57aAB	6,75aA	5,35aAB	

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. DPE = Derivados de Purinas Excretadas; DPA = Derivados de Purinas Absorvidas; gN = Gramas de nitrogênio; Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas), diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

No presente estudo pode-se observar que o tratamento-controle obteve a menor ($P<0,05$) média de gN mic/d, relacionado à DPA, que também foi menor no tratamento citado. Dewhurst et al. (2000) destacam a importância de se compreender que em diferentes sistemas de produção pontos distintos devem ser esclarecidos sobre alterações na eficiência microbiana. Em pastejo existe abundância de matéria orgânica fermentável no rúmen e com reduzido teor de compostos nitrogenados que precisam ser suplementados para elevar a eficiência microbiana, enquanto animais alimentados à base de forragem conservada na forma de silagem podem receber maiores quantidades de peptídeos e aminoácidos oriundos da degradação das proteínas.

O pH e o nitrogênio amoniacal foram influenciados ($P<0,05$) quanto ao tempo ($P<0,05$), tendo picos para o pH às 4 e 8 horas após a primeira alimentação e o nitrogênio amoniacal às 2 e 10 horas após a primeira alimentação (Figura 1). As dietas influenciaram ($P<0,05$) os AGCC, o ácido butírico caiu sua produção após seis horas da primeira alimentação, o acético teve pico após 4 e 6 horas da primeira alimentação e o propiônico com pequenos picos após 2 e 8 horas da primeira alimentação (Figura 2). Houve interação ($P<0,05$) entre os tratamentos e as horas para os ácidos acético, propiônico que serão discutidas na figura 3. A maior ($P<0,05$) relação acético: propiônico foi encontrada no tratamento-controle.

A maior concentração de N-NH₃ no presente estudo foi de 13,80 mg 100 mL⁻¹ de líquido ruminal no tempo 10h após a alimentação, e a concentração mínima foi de 9,37 mg 100 mL⁻¹ de líquido ruminal às 2h após a alimentação, quantidade que não limita o desenvolvimento microbiano. De acordo com Detmann et al. (2014), o nível de nitrogênio amoniacal necessário à maximização do consumo de MS é de no mínimo 8 mg/dL; já Van Soest (1994) cita como nível ótimo concentração próxima de 10 mg/dL, entretanto, os autores reportaram que níveis de 15 mg/dL são necessários para elevar o consumo de FDN, maximizando, assim, a degradação dos carboidratos fibrosos, o que permite elevar a eficiência microbiana e o trânsito ruminal a partir de forragem de baixa qualidade como os pastos tropicais.

Entretanto, estes valores não devem ser considerados fixos, devido à capacidade de síntese de proteínas e à captação de amônia pelas bactérias que vai depender da taxa de fermentação dos carboidratos (HOMEM JR. et al., 2010).

Dessa forma, Detmann et al. (2014) afirmam que a manutenção de níveis de nitrogênio amoniacal em torno de 15 mg/dL é necessária para elevar a produção de proteína microbiana, contribuindo, assim, para incrementos na proteína microbiana destinada ao hospedeiro, o que pode ter contribuído para uma menor produção de proteína microbiana pelo tratamento-controle (Tabelas 5 e 6).

Tabela 6. Parâmetros ruminais de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P				
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	H ⁵	E x T ⁶	T x H ⁷
pH	6,16	6,17	0,25	6,12b	6,48a	5,97b	6,10b	0,25	0,8734	0,0016	<,0001	0,6271	0,3706
N-NH ₃ , mg dL ⁻¹	11,52	11,50	2,16	12,07ab	10,01b	11,47ab	12,51a	2,16	0,9646	0,0248	<,0001	0,7458	0,9674
AGCC []													
Acético	69,71	69,63	3,13	74,24a	69,42b	67,02b	68,01b8	3,13	0,9419	0,0013	<,0001	0,6439	0,0438
Propiônico	18,65	18,90	2,60	15,63b	19,92a	19,26ab	20,28a	2,60	0,8043	0,0112	<,0001	0,7231	0,0015
Butírico	11,52	11,59	1,50	10,12b	10,65b	13,50a	11,94b	1,50	0,9079	0,0009	0,0002	0,5939	0,1175
ACE:PROP	3,97	4,33	2,06	5,56a	3,84ab	3,63ab	3,56b	2,06	0,4715	0,0266	0,1049	0,4446	0,5523

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵H = Efeito da hora; ⁶E x T = efeito da Interação entre espécies e tratamento; ⁷T x H = efeito da Interação entre o tratamento e a hora. AGCC = Ácidos Graxos de cadeia curta; ACE:PROP = Relação acético:propiónico. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

O N-NH_3 presente no ambiente ruminal é proveniente do processo de degradação das fontes proteicas, sejam elas de proteína verdadeira ou de nitrogênio não proteico (NNP). Nesse estudo observa-se uma elevação na concentração de N-NH_3 duas horas após o fornecimento da alimentação da manhã e da tarde (Figura 1). Simultaneamente à degradação das fontes proteicas ocorre também a degradação das fontes de carboidratos, que são responsáveis pelo fornecimento do esqueleto de carbono para formação da proteína microbiana, quando sincronizadas no rúmen, sendo essa concentração de N-NH_3 reduzida novamente aos níveis mínimos. Comportamento esse que pode ser observado da hora 4 e 6, na Figura 1.

O valor mínimo de pH (5,94) foi encontrado no tempo de 10h após a alimentação e no tratamento SilMUDS-MI (5,97), enquanto o valor máximo (6,4) foi 0h da alimentação no tratamento SilMUDS (6,48). Segundo McCarthy Jr. et al. (1989), o pH abaixo de 6,2 prejudica a degradação da fibra.

Fatores nutricionais como os teores de fibra e carboidratos (principalmente amido) da dieta são os principais influenciadores do pH ruminal, uma vez que podem resultar na variação do tempo de ruminação (produção de saliva, tamponante que eleva o pH ruminal) e nos produtos resultantes da fermentação ruminal, como os ácidos graxos de cadeia curta (ALVES et al., 2012). Neste trabalho, apenas o tratamento SilMUDS obteve a maior média de pH, possivelmente devido a uma maior capacidade tamponante do material (96,14 N eq.mg/100g MS), dados descritos na Tabela 1 do capítulo 1.

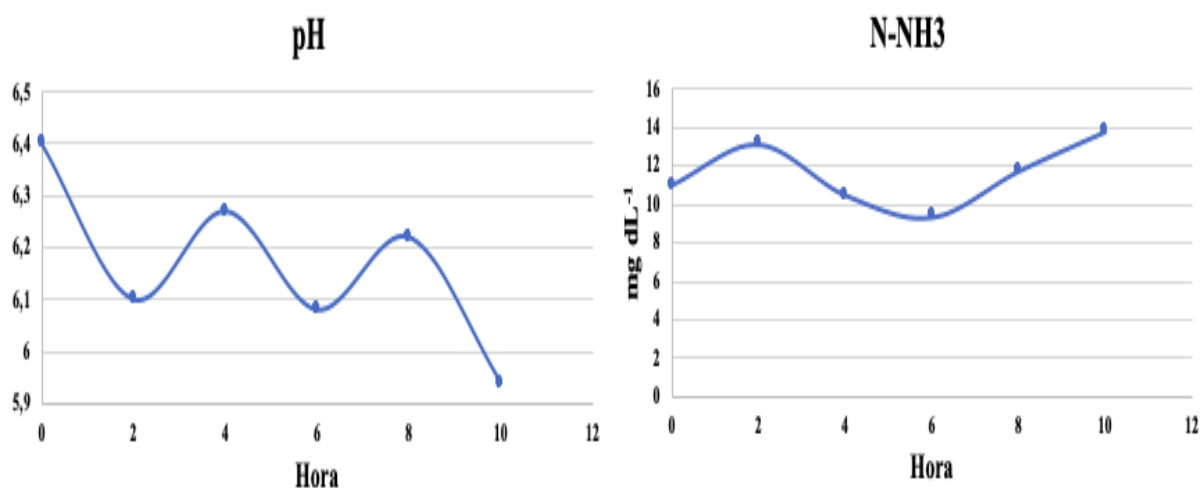


Figura 1: Valores de pH e N-NH_3 em função das horas de avaliação

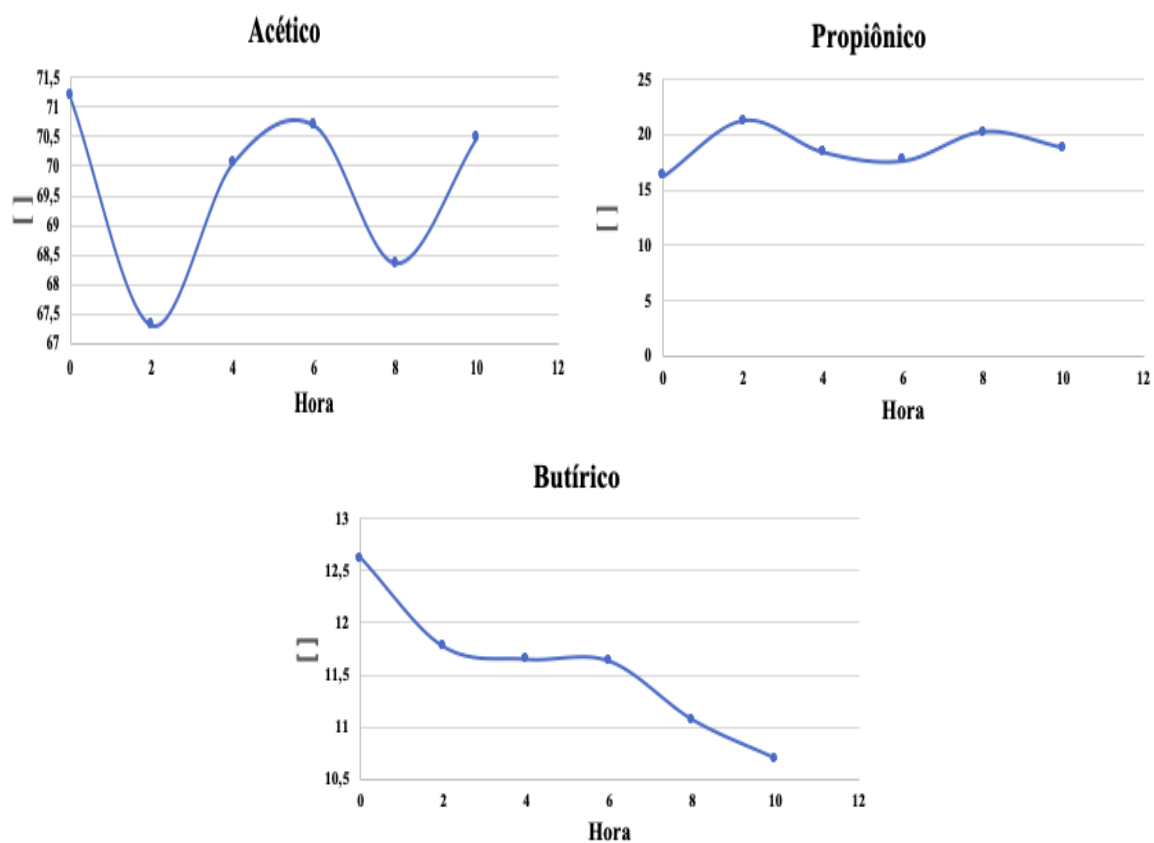


Figura 2: Valores de Ácidos Graxos de cadeia curta em função das horas de avaliação

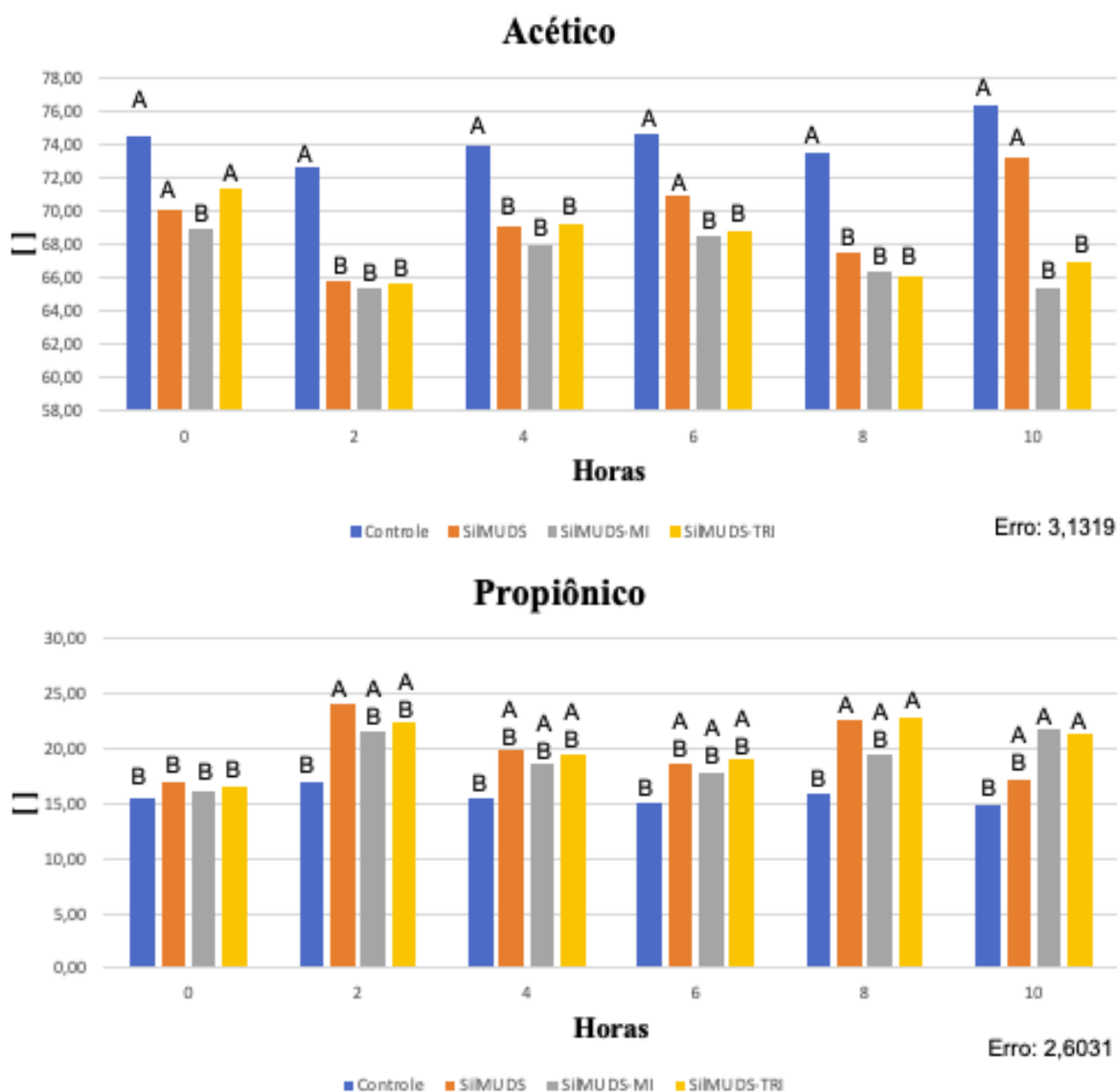


Figura 3: Valores de Ácidos Graxos de cadeia curta das dietas controle e a base de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal (SiMUDS), sem ou com aditivos (milho moído e farelo de trigo) ao longo das horas de avaliação.

Em relação ao tempo, valores mínimos de pH foram observados às 2, 6 e 10 horas após a alimentação e valores máximos às 0, 4 e 8 horas, representados na figura 1. Valores de pH máximo (0, 4 e 8 horas) e mínimo (2, 6 e 10 horas) são relatados por diferentes autores (ZEOULA et al., 2003; ASSIS et al., 2004; ALVES et al., 2012; CAVALCANTE, 2018).

Os carboidratos digeridos no rúmen são transformados em ácidos graxos de cadeia curta, sendo a fonte de energia mais importante para os ruminantes (ALENCAR et al., 2011). Em média, as concentrações dos principais AGCC são: 54% a 74% para acetato, 16% a 27% para propionato, 6% a 15% para butirato, podendo variar de acordo com o tipo de dieta, que determina a dinâmica da população microbiana residente e influencia diretamente o perfil de AGCC em conformidade.

Em relação aos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), o Acetato e o Propionato sofreram efeito ($P < 0,05$) na interação do tratamento e hora (Figura 3). O tipo de alimento altera os produtos da fermentação ruminal, por conta da especificidade dos microrganismos em digerir determinados nutrientes da dieta.

Dietas ricas em forragens resultam em maior atividade de bactérias celulolíticas e sacarolíticas, aumentando a produção de ácido acético (MANELLA et al., 2003). Já as dietas ricas em amido e/ou proteína aumentam ação das bactérias amilolíticas e/ou proteolíticas, que são produtoras de ácido propiônico (CHURCH, 1988). Isso pôde ser evidenciado no tratamento que continha mais feno (Controle), a ação das bactérias celulolíticas aumentaram ($P < 0,05$) a produção de ácido acético, com valores máximo (0, 6 e 10 horas) e mínimo (2 e 8 horas) após a alimentação, em relação aos tratamentos que utilizaram silagens, onde as bactérias amilolíticas aumentam ($P < 0,05$) a produção ácido propiônico, com valores máximos (2 e 8 horas) e mínimo (0, 4, 6 e 10 horas) após a alimentação (Figuras 2 e 3).

Foi observado que tratamento SilMUDS-MI aumentou ($P < 0,05$) a concentração de butirato (Tabela 6), devido ao consumo de CNF da dieta (495,0 g/Kg de MS). Observou-se uma queda na concentração de butirato em 2 horas após o fornecimento das dietas, e se mantendo estável até 6 horas após o fornecimento (Figura 2), segundo Berchielli, et al. (1996), isso ocorreu devido à presença de açúcares realmente fermentáveis e amido nesse tratamento e período, e que a síntese do butirato também pode ocorrer no rúmen a partir do acetato ou de outros compostos (ANTUNES; RODRIGUEZ, 2006).

Os animais alimentados com silagens apresentaram menor relação ($P < 0,05$) Acetato:Propionato, devido aos maiores ($P < 0,05$) resultados encontrados para o propionato (Tabela 6), que é atribuído a quantidade de carboidratos rapidamente degradáveis no rúmen que compõe a dieta (Tabela 2).

No perfil bioquímico do sangue houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre as espécies com relação aos triglicerídeos, proteína sérica, ALT e o potássio, além do fósforo e magnésio que foram influenciados ($P < 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 7), o efeito significativo ($P < 0,05$) encontrado para o colesterol, albumina, AST, GGT e cálcio será discutido na interação entre espécie e tratamento (Tabela 8). Os parâmetros bioquímicos do sangue (Tabelas 7 e 8) que representam as principais vias metabólicas do organismo, são recomendados para avaliar o estado de saúde dos animais, o estado fisiológico, nutricional e patológico dos animais de fazenda (DIRKSEN; BREITNER, 1993; GONZÁLEZ, 2001).

As concentrações do colesterol variaram de 38,88 a 77,11 mg/dL (Tabela 8), valores séricos referência devem estar compreendidos entre 513,89 e 749,9 mg/dL (ou 1,35 e 1,97

mmol/L) (KANEKO et al., 2008). Concentrações sanguíneas baixas de colesterol podem ser observadas na insuficiência hepática, em dietas com baixo teor de energia, podendo indicar um início de insuficiência hepática nos animais do presente estudo. Porém, a ingestão das silagens, aumentam a produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que representam a principal fonte de energia para o animal, diminuindo a utilização dos lipídios ingeridos na dieta como fonte de energia.

Em relação aos triglicerídeos (Tabela 7), esse metabólito energético tende a apresentar diminuição dos seus níveis conforme o avançar da idade, sendo atribuída ao uso da energia para deposição de massa muscular (SANTOS et al., 2015), justificando, assim, a baixa concentração deste metabólito nos animais do estudo (4,82 e 10,84 mg/dL, caprinos e ovinos, respectivamente), com mais de 72 meses de idade (Tabela 7).

O aumento dos níveis plasmáticos/séricos de triglicerídeos ocorre semelhante ao do colesterol, durante o período absorptivo. Em geral, elevados níveis séricos/plasmáticos de colesterol e triglicerídeos indicam quadro de balanço energético positivo, onde a via metabólica da lipogênese é ativada (FERNANDES et al., 2012).

Os níveis de triglicerídeos podem indicar a qualidade da dieta fornecida e refletir o fornecimento de sua energia. Segundo Kaneko et al. (2008), o intervalo de referência definido para ovinos é de 9 a 30 mg/dL. Apenas os ovinos e o tratamento SilMUDS-TRI (Tabela 7) atenderam o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008), indicando que além do fator de idade avançada, a dieta não supriu metabólitos de triglicerídeos suficiente para elevar os valores desse parâmetro no sangue.

Tabela 7. Perfil bioquímico do sangue de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Energético, mg/dL											
Glicose	55,68	56,24	2,79	54,42	55,10	55,08	59,26	2,69	0,7223	0,0823	0,4815
Colesterol	44,71	59,63	8,46	46,77b	47,91b	52,14b	61,86a	5,13	0,0561	0,0033	0,0154
Triglicerídeos	4,82b	10,84a	4,28	3,22c	7,33bc	7,81bc	12,97ab	4,09	0,0244	0,0325	0,2305
Proteicos, mg/dl											
Proteína Sérica	6,38b	7,56a	0,54	7,02	6,64	6,81	7,39	0,45	0,0071	0,1560	0,1952
Albumina	2,22b	2,68a	0,14	2,46bc	2,33c	2,38bc	2,62ab	0,13	<,0001	0,0497	0,0431
Ureia	39,47	35,17	8,13	35,42	38,58	38,13	37,15	4,74	0,5490	0,7900	0,0741
Creatinina	1,45	1,03	0,24	1,24	1,28	1,16	1,27	0,11	0,0764	0,4584	0,5968
Ácido Úrico	0,05	0,04	0,01	0,04	0,05	0,05	0,06	0,01	0,3114	0,6865	0,3934
Enzimático, U/L											
AST	38,67b	61,70a	9,12	48,01b	44,59b	47,15b	61,01a	5,56	0,0095	0,0037	0,0373
ALT	9,36b	13,54a	1,95	11,38bc	10,66c	9,76c	14,01ab	1,52	0,0107	0,0081	0,1224
GGT	14,66b	43,65a	6,41	25,37c	25,32c	32,04bc	33,91ab	3,60	0,0001	0,0061	0,0060
FA	85,09	107,38	45,98	78,37	96,86	103,93	105,79	21,65	0,6034	0,2999	0,1541
Frutosamina	170,53	170,12	12,94	169,61	167,34	166,34	178,01	11,21	0,9631	0,4665	0,1313
CCK	61,57	58,76	25,63	57,36	67,24	47,26	68,78	25,50	0,8302	0,6198	0,3857
Mineral											
Cálcio, mg/dL	6,31b	8,19a	0,62	7,16	6,87	7,29	7,54	0,44	0,0026	0,2360	0,0292
Fósforo, mg/dL	6,53	5,59	0,95	6,24ab	4,87b	6,26ab	6,85a	0,77	0,1893	0,0162	0,2102
Sódio, mEq/L	160,73	160,30	11,69	165,83	152,96	157,33	165,94	11,62	0,9437	0,3326	0,8216
Potássio, mEq/L	4,73b	5,27a	0,24	4,92	4,81	5,11	5,08	0,24	0,0011	0,3254	0,4859
Magnésio, mg/dL	2,48	2,88	0,32	2,23b	2,73a	2,89a	2,88a	0,22	0,1374	0,0028	0,6485

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. AST= Aspartato Animotransferase; ALT= Alanina Animotransferase; GGT= Gama glutamiltransferase; FA= Fosfatase Alcalina; CCK= Creatinina quinase; Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Tabela 8. Desdobramento das interações entre espécie e tratamento sobre o Colesterol (mg/dL), Albumina (mg/dL), AST (U/L), GGT (U/L) e Cálcio (mg/dL) de ruminantes submetidos a diferentes dietas experimentais

Espécie (E)	Tratamentos (T) ¹				Valor de P (E x T) ²
	Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI	
Colesterol (mg/dL)					
Caprino	38,88aB	44,22aB	49,13aB	46,61aB	0,0154
Ovino	54,66aB	51,59aB	55,14aB	77,11aA	
Albumina (mg/dL)					
Caprino	2,18bC	2,19bC	2,27bBC	2,23bC	0,0431
Ovino	2,74aAB	2,48aBC	2,49aBC	3,00aA	
AST (U/L)					
Caprino	36,73bB	38,48bB	37,26bB	42,22bB	0,0373
Ovino	59,29aB	50,70aB	57,03aB	79,79aA	
GGT (U/L)					
Caprino	11,02bC	14,64bBC	19,90bBC	13,08bC	0,0060
Ovino	39,72aAB	35,99aB	44,18aA	54,74aA	
Cálcio (mg/dL)					
Caprino	6,12bB	6,39bB	6,67bB	6,08bB	0,0292
Ovino	8,19aAB	7,36aB	7,91aAB	8,99aA	

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo; ²ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. AST= Aspartato Animotransferase; GGT= Gama glutamiltransferase; Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas), diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

A síntese de ácidos graxos apresenta aumento quando dietas de alta densidade energética são ingeridas, pois elevadas quantidades de acetato e propionato chegam ao fígado, levando ao aumento da exportação de triglicerídeos em forma de VLDL (FERNANDES et al., 2012). Os níveis plasmáticos/séricos no presente estudo, acompanharam os níveis de energia das dietas sendo maiores nas silagens do que no tratamento controle (Tabela 2).

A albumina é a proteína mais abundante no plasma, constituindo cerca de 50% da proteína sérica total. Seus níveis podem indicar o teor de proteína na alimentação, embora suas mudanças no sangue ocorram lentamente. Como a velocidade de síntese e degradação é baixa, torna-se essencial um período de pelo menos um mês para detectar mudanças significativas na concentração da albumina sérica (GONZÁLEZ; SILVA, 2006).

As concentrações de albumina podem ser afetadas pelo funcionamento hepático, disponibilidade de aminoácidos, perdas durante doenças e equilíbrio hidroeletrolítico (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). Segundo Kaneko et al. (2008), o intervalo de referência definido para ovinos é de 2,29 a 2,86 mg/dL. As concentrações de albumina dos ovinos do presente estudo (Tabelas 7 e 8) atenderam o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008). Quando níveis de albumina são diminuídos, pode-se indicar deficiência proteica, enquanto níveis de ureia normais e/ou níveis enzimáticos elevados indicam falha hepática, casos de dano hepático crônico (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; KLEIN, 2014), o que pode ter ocorrido com os caprinos (Tabela 8) no presente estudo.

Os baixos níveis séricos de albumina é um indicativo de déficit alimentar nas fontes proteicas, doença renal e função hepática. Porém, esse efeito só é observado numa dieta de longo prazo, quando um animal consome uma dieta por, no mínimo, um mês, diferente dos animais experimentais que consumiram a dieta experimental por um período curto. Nos caprinos (Tabelas 7 e 8), os valores de albumina foram inferiores ao proposto por Kaneko et al., 2008, possivelmente em decorrência a doenças renais, lesões glomerulares e tubulares, que causam aumento da filtração das proteínas plasmáticas e redução de sua reabsorção, levando a hipoalbuminemia (SILVA, 2018).

No perfil enzimático, o intervalo de referência da AST, definido para ovinos é de 60 a 280 U/L⁻¹ (KANEKO et al., 2008). No presente estudo, os ovinos (61,7 U/L⁻¹) atenderam o intervalo proposto (Tabela 7). A AST está presente em diversos tecidos, sendo útil para a indicação de danos em tecidos moles, principalmente dos tecidos cardíaco e hepático (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). A meia-vida dessa enzima é de dois a quatro dias, sendo que no fim destes sofre desnaturação, perde a atividade catalítica e não pode ser encontrada ou dosada

(MANGUEIRA, 2008). Em ruminantes, é um bom indicador de funcionamento hepático e do surgimento de transtorno metabólico, como a toxemia da gestação.

Ovinos e caprinos podem apresentar níveis aumentados em casos de necrose hepática ou lesão muscular. Em casos de valores altos de AST e baixos de colesterol e albumina, pode-se afirmar que há transtornos na função hepática. No presente estudo (Tabela 8), os ovinos apresentaram valores dentro do intervalo e os caprinos apresentaram valores menores, demonstrando um avançado processo de desnaturação, perdendo a atividade catalítica da enzima (MANGUEIRA, 2008), provavelmente devido a idade avançada dos animais em estudo.

A ALT apresentou maiores níveis ($P < 0,05$) para os ovinos em relação aos caprinos e para o tratamento SilMUDS-TRI; contudo, as concentrações de ALT (Tabela 7) do presente estudo atenderam o intervalo ($22-28 \text{ UI L}^{-1}$) proposto por Kaneko et al. (2008). Valores acima destes indicam possível degeneração das células hepáticas.

A GGT no sangue é a de origem hepática, já que a originada no rim é excretada pela urina. A GGT de origem hepática pode indicar colestases e proliferação de ductos bilares, enquanto a urinária indica possíveis danos renais. Nos tecidos de pequenos ruminantes, a GGT é encontrada em maiores concentrações nos rins, pâncreas, intestinos e glândulas mamárias (KANEKO et al., 2008). Segundo Kaneko et al. (2008), o intervalo de referência definido para ovinos é de 20 a 52 U/L^{-1} . As concentrações de GGT dos ovinos do presente estudo (Tabela 8) atenderam o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008), os caprinos que foram inferiores em todos os tratamentos.

O decréscimo nos níveis de GGT pode ocorrer em condições de restrição alimentar, pois essa enzima é responsável pela degradação de glutatona, que serve com fonte de cisteína para síntese proteica, principalmente a albumina. Já o aumento nos níveis de GGT podem indicar, assim como a AST, desordens hepáticas (BORBUREMA et al., 2012; SANTOS et al., 2015).

No perfil mineral, o cálcio pode ser encontrado de duas formas no plasma. Aproximadamente 45% na forma livre ionizada e outra parte associado a moléculas orgânicas, principalmente albumina (cerca de 45%) ou ácidos orgânicos (cerca de 10%) (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2002). O controle endócrino homeostático é preciso, fazendo com que os níveis de cálcio variem muito pouco (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2002; RIBEIRO et al., 2003).

Segundo Kaneko et al. (2008), o intervalo de referência definido para ovinos é de 11,5 a 12,8 mg/dL. As concentrações de cálcio dos animais do presente estudo (6,08 a 8,99 mg/dL) foram menores que o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008).

Se houver uma queda no nível de proteínas séricas, o valor de cálcio sanguíneo pode diminuir (GONZÁLEZ; SILVA, 2006). Para os caprinos, pode-se justificar os menores valores

encontrados do cálcio devido à baixa albumina, já que essa proteína é responsável pelo transporte do cálcio no plasma (RIBEIRO et al., 2003)

Em geral, a diminuição dos níveis ocorre quando há deficiência de vitamina D, doenças intestinais, doença renal crônica, dietas deficientes em cálcio ou magnésio, ou animais mais velhos, gestantes ou lactantes (GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2002). Os animais do presente estudo já possuíam uma idade avançada (mais de 72 meses), e animais mais velhos são incapazes de mobilizar reservas quando ocorre algum desequilíbrio, tornando-os mais susceptíveis a casos de hipocalcemia (BRANCO, 2015).

O metabolismo de Ca está intimamente ligado ao metabolismo de fósforo e magnésio, uma vez que o paratormônio, a calcitonina e a vitamina D agem sobre o metabolismo destes (SILVA, 2018). As concentrações de fósforo dos animais do presente estudo atenderam o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008), (5 a 7,3 mg/dL), exceto o tratamento SilMUDS sem aditivo. Dietas ricas em cereais, como o trigo, que contém alto teor de fósforo, podem resultar em hiperfosfatemia em pequenos ruminantes, podendo acarretar ocorrência de urolitíase (GONZÁLEZ et al., 2000; GONZÁLEZ; SCHEFFER, 2002), ocorrência que foi verificada no decorrer do experimento com dois caprinos.

As concentrações de potássio dos animais do presente estudo atenderam o intervalo proposto por Kaneko et al. (2008) e Thompson, (1978), (4 a 9 mg/dL), verificando maiores médias ($P < 0,05$) para os ovinos, possivelmente devido ao maior ($P < 0,05$) consumo de MS (Tabela 3) da espécie. Os valores de ureia e creatinina na urina preconizador por Kaneko et al., (2008) são de 17,12 a 42,8mg/dL e 1,2 a 1,9mg/dL. As médias das concentrações da ureia e creatinina (Tabela 9) do presente estudo se mostraram maiores do que o padrão de referência para a espécie. Em decorrência, os animais apresentaram sintomatologia de alteração da função renal.

Em animais saudáveis, a creatinina não é reabsorvida pela parede das células dos túbulos renais, por isso é considerada um marcador de lesão renal mais eficaz que a ureia, além de não ser influenciada pela dieta (KIRSZTAJN et al., 2007; BRAUN et al., 2010). A creatinina se mostra elevada quando há comprometimento de mais de 70% dos néfrons (KOZLOSKI et al., 2005). O perfil bioquímico da urina apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) entre as espécies apenas para a ureia (Tabela 9). Sendo maiores valores ($P < 0,05$) das variáveis descritas para a espécie ovino. Não houve diferença entre as espécies para as demais variáveis..

Tabela 9. Perfil bioquímico da urina de caprinos e ovinos submetidos a diferentes dietas experimentais

Fonte de variação	Espécie (E)		EPM ²	Tratamentos (T) ¹				EPM ²	Valor de P		
	Caprino	Ovino		Controle	SilMUDS	SilMUDS-MI	SilMUDS-TRI		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Proteicos, mg/dl											
Ureia	306,25b	483,63a	128,14	403,52	379,32	390,32	406,58	128,1 4	0,0143	0,9895	0,5057
Creatinina	29,99	31,75	5,09	31,70	31,39	30,50	29,90	5,09	0,5003	0,9560	0,6970
Ácido Úrico	2,36	3,60	1,65	3,50	3,08	2,89	2,44	1,65	0,1532	0,8370	0,6833

¹SilMUDS=silagem de mucilagem do desfibramento do sisal sem aditivo, SilMUDS-MI=silagem aditivada com milho; SilMUDS-TRI=silagem aditivada com trigo;

²Erro padrão da média; ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da Interação entre espécies e tratamento. Médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

Avaliando a ureia, foi maior ($P < 0,05$) nos ovinos (483,63 mg/dl) em comparação aos caprinos (306,25 mg/dl), que apresentaram quadro clínico compatível com nefropatia, apresentando obstrução do fluxo urinário por cálculos, no presente estudo. Uma análise conjunta da ureia ($P < 0,05$) e a creatinina mostra que os caprinos são mais susceptíveis a apresentarem problemas urinários que os ovinos, quando submetidos às diferentes dietas experimentais.

CONCLUSÕES

É recomendada a utilização de silagens de mucilagens de sisal com e sem aditivos na alimentação de ovinos. Para os caprinos, faz-se necessário uma maior investigação com relação a componentes antinutricionais que possam existir no Sisal, já que foi observado o comprometimento do seu metabolismo quando submetidos a diferentes dietas experimentais aditivadas ou não.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; PEREIRA, M. L. A.; ALMEIDA, P. J. P.; GONSALVES NETO, J.; FREIRE, L. D. R. 2012. Farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia na alimentação de ovinos: balanço de nitrogênio, N-ureico no plasma e parâmetros ruminais. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, 34, 3, 287-295. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.12759>.

ALENCAR, C E. M.; POMPEU, R. C. F.F.; CÂNDIDO, M. J. D.; MONTEIRO, A. A. S.; PAULA, R. C. M.; SOMBRA, V. G. 2011. Parâmetros Ruminais de Ovinos Alimentados com Rações Contendo Torta de Mamona Destoxificada. **Revista Científica de Produção Animal**, 13, 1, 119-125. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v13n1p119-125>.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N, M. 2006. **Metabolismos dos carboidratos não estruturais**. IN: Berchielle, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. de. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 583.

ASSIS, A. J.; CAMPOS, J. M. S.; QUEIROZ, A. C.; VALADARES FILHO, S. C.; EUCLYDES, R. F.; LANA, R. P.; MAGALHÃES, A. L. R.; MENDES NETO, J.; MENDONÇA, S. S. 2004. Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação. 2. digestibilidade dos nutrientes em dois períodos de coleta de fezes, pH e nitrogênio amoniacal do líquido ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 1, 251-257, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100029>.

BELENGUER, A.; YANEZ, D.; BALCELLS, J.; OZDEMIR BABER, N.H.; GONZALEZ RONQUILLO, M. 2002. Urinary excretion of purine derivatives and prediction of rumen microbial out flow in goats. **Livestock Production Science**. N.77, p.127-135. DOI:10.1016/S0301-6226(02)00081-7.

BERCHIELLI, T.T.; RODRIGUEZ, N. M.; ANDRADE, P.; 1996. Concentração, proporção molar e taxa de produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen de bovinos alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 25, 517.

BORBUREMA, J. B.; CEZAR, M. F.; MARQUES, D. D.; CUNHA, M. G. G.; PEREIRA FILHO, J. M.; SOUSA, W. H.; FURTADO, D. A.; COSTA, R. G. 2012. Efeito do regime alimentar sobre o perfil metabólico de ovinos Santa Inês em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.4, p.983-990, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000400027>.

BOTURA, M. B. 2011. **Avaliação anti-helmíntica e toxicológica de extratos e frações do resíduo de Agave sisalana Perr. (SISAL) sobre nematoides gastrintestinais de caprinos**. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

BRANCO, K. F. C. 2015. **Impacto da restrição alimentar sobre os parâmetros biométricos, hormonais e metabólicos de ovinos Santa Inês**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza,

CARVALHO, J.M.F.C; SENA, D.V. dos A. 2008. **Técnicas de cultivo In Vitro no sisal.** Documentos 208, EMBRAPA, 1-22.

CASSO, R.B. E CASTRO, C.S. 1998. **Use of Sisal Waste as Animal Feed.** N. 98/09. Common Fund Commodities Special Agreement, Merida, Yucatan.

CAVALCANTE, E. O. 2018. **Fontes de carboidratos associado à ureia em substituição ao farelo de soja na alimentação de caprinos e ovinos.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CLARK, J. H.; KLUSMEYER, T. H.; CAMERON, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 75:2304-2323, 1992. DOI: 10.3168 / jds.S0022-0302 (92) 77992-2.

COSTA, R. G.; ALMEIDA, C. C.; PIMENTA FILHO, E. C.; HOLANDA, E. V.; SANTOS, N. M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semi-árida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, 57, 218, 95–205, 2008.

CHEN, X. B.; HOVELL, F.D.; ORSKOV, E.R.; BROWN, D.S. 1990a. Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. **British Journal of Nutrition**, 63, 1, 131-142, DOI: 10.1079 / bjn19900098.

CHEN, X.B.; MATHIESON, J.; HOVELL, F.D.; REEDS, P.J. 1990b. Measurement of purine derivatives in urine of ruminants using automated methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 53,1, 23-33, DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740530104>.

CHEN, X.B. E GOMES, M.J. 1992. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- An overview of the technical details.** International Feed Resources Unit Rowett Research Institute, Bucksburn Aberdeen, UK. Occasional Publication. 21, 332.

CHURCH, D.C. 1988. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Waveland Press, 563.

DETMANN, E., SOUZA, M.A., VALADARES FILHO, S.C. 2012. **Métodos para análise de alimentos.** Visconde do Rio Branco, MG.

DETMANN, E.; VALENTE, E. E.; BATISTA, E. D.; HUHTANEN, P. 2014. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, 162:141- 153, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>.

DEWHURST, R. J.; DAVIES, D. R.; FELIZ, R. J. 2000. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, 85:1-21, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00139-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00139-5).

DIRKSEN, G.; BREITNER, W. 1993. A New Quick-Test for Semi quantitative Determination of Beta-Hydroxybutyric Acid in Bovine Milk. **Journal of Veterinary Medical Science**. 40, 1-10, 779-784, DOI: 10.1111/j.1439-0442.1993.tb00694.x.

FERNANDES, S. R.; FREITAS, J. A.; SOUZA, D. F.; KOWALSKI, L. H.; DITTRICH, R. L.; ROSSI JUNIOR, P.; SILVA, C. J. A. 2012. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. **Brasil Agrociência**, Pelotas, 18, 1-4, 21-32, DOI: <https://doi.org/10.18539/cast.v18i1.2484>.

GONZÁLEZ, F. H. D. 2000. **Uso de provas de campo e laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos**. Porto Alegre – Rio Grande do Sul. 60.

GONZÁLEZ, F. H. D. 2001. **Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais (sangue, leite e urina)**. Porto Alegre – Rio Grande do Sul. 72.

GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H. O.; RIBEIRO, L. A. 2000. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Editado por Félix H. D. González. Porto Alegre.

GONZÁLEZ, F. H. D. E SILVA, S. C. 2006. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS. 364.

GONZÁLEZ, F. H. D. E SCHEFFER, J. F. S. 2002. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. Avaliação metabólico nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais (sangue, leite e urina). In: **Congresso Nacional de Medicina Veterinária**, 29. Gramado-RS, Brasil. Anais, 5-17.

HOMEM JR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; GONÇALVES, J. DE S.; SANTOS, V.C.; SATO, R.A. 2010. Grãos de girassol ou gordura protegida em dietas com alto concentrado e ganho compensatório de cordeiros em confinamento. **Revista Brasileira Zootecnia** 39, 563-571, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000300016>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. **Produção da Pecuária Municipal 2018**. Rio de Janeiro, 44, 1-53.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H; RILEY, R.E. 1998. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using urinary uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**, 81, 2408-2420.

KENWARD, M. G.; ROGER, J. H. 1997. Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. **Biometrics**. 53, 983-997, DOI: 10.2307 / 2533558 <https://www.jstor.org/stable/2533558>.

MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; LEME, P. R. 2003. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32, 4, 1002-1012, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000400028>.

MANGUEIRA, J. M. 2008. **Perfil metabólico de ovinos Santa Inês submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* Wild.) e Faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* Pax e K. Hoffm.) no semiárido paraibano**. Monografia (graduação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos.

MCCARTHY JR., R. D.; KLUSMEYER, T. H.; VICINI, J. L.; CLARK, J. H. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 8, p. 2002-2016, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302 (89) 79324-3.

PEDREIRA, E. M. 2011. **Avaliação de silagens de mucilagem de sisal, aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de uréia**. Dissertação (M.Sc). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

RENNÓ, L. N.; VALADARES, R. F. B.; LEÃO, M. I. 2000. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29:1223-1234, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000400037>.

RIBEIRO, L. A. B., GONZÁLEZ, F. H. D.; CONCEIÇÃO, T. R.; BRITO, M. A.; LA ROSA, V. L.; CAMPOS, R. 2003. Perfil metabólico de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.31, n.3, p.167-170, DOI: <http://hdl.handle.net/10183/19810>.

SANTOS, R. D.; NEVES, A.L.A.; PEREIRA, L.G.R.; ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V.; COSTA, C.T.F.; OLIVEIRA, G.F. 2013. **Coprodutos do Desfibramento do Sisal como Alternativa na Alimentação de Ruminantes**. Circular Técnica 102, EMBRAPA, 1-6.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAUJO, G. G. L.; ARAGAO, A.S.L.; BRANDÃO, W.N.; SOUZA, R.A.; OLIVEIRA G. F.; 2011. Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**. 63, 6, 1502-1510, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600030>.

SANTOS, R. P.; SOUSA, L. F.; SOUSA, J. T. L.; ANDRADE, M. E. B.; MACEDO JÚNIOR, G. L.; SILVA, S. P. Parâmetros sanguíneos de cordeiros em crescimento filhos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 10, 3, 473-478, 2015. DOI:10.5039/agraria.v10i3a4924.

SILVA, A.M.; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, O.L.; BAGALDO, A.R.; BEZERRA, L.R.; CARVALHO, S.T.; ABREU, C.L.; LEÃO, A.G. 2014. Valor nutricional de resíduos da agroindústria alimentação de ruminantes. **Science with quality** 5. 370-379. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v5i4.870>.

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

SILVA, O. R. R. F.; CARVALHO, O. S.; MOREIRA, J. A. N.; BANDEIRA, D. A.; COSTA, L. B.; ALVES, I. 1998. **Peneira rotativa CNPA, uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação animal**. Campina Grande: Embrapa CNPA.

VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. 1997. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 26, 1270-1278.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. London: Constock Publishing Associates. <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctv5rf668>.

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F.; GERON, L. J. V.; MAEDA, E. M.; PRADO, I. N.; DIAN, P. H. M.; JORGE, J. R. V.; MARQUES, J. A. 2003. Substituição do milho pela farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em rações de ovinos: consumo, digestibilidade, balanços de nitrogênio e energia e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 491-502, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000200030>.

WITTWER, F. M. M. V.; CONTRERAS, P. A. M. V. 2000. **Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos; Indicadores do metabolismo protéico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos**. In: Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Editado por Félix H. D. González... [et al.]. – Porto Alegre, 9 – 30.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A mucilagem do sisal configura um recurso alimentar estratégico à região semiárida do Brasil, que é o maior produtor mundial de fibras desta agavácea. O aproveitamento dos resíduos do sisal, especificamente a mucilagem, é importante aliado da pecuária local pelo aporte de nutrientes e água para os ruminantes. Contudo, ao formular dietas para pequenos ruminantes, alguns aspectos merecem atenção, a fim de evitar problemas de ordem bioquímica, nutricional e fisiológicos. Assim deve ser evitado o uso exclusivo da mucilagem, e aconselha-se ser fornecida com uma fonte de energia digestível, uma fonte proteica e uma fonte de fibra efetiva.

No entanto, o uso de dietas baseadas em silagens de mucilagem do sisal pode alterar parâmetros bioquímicos e histológicos de pequenos ruminantes, porém estes ainda se mantêm na faixa do esperado para as espécies.

O uso de aditivos na ensilagem aumenta o período de conservação e melhora seu o valor nutritivo e suas características fermentativas, além de promover uma maior/melhor estabilidade, mas atenção deve ser tomada quanto ao objetivo que se deseja para que a escolha do aditivo seja eficiente. O conhecimento das características da forrageira e do aditivo a ser utilizado deve ser conhecido para que as dosagens sejam adequadas para não aumentar os custos da estratégia de produção e que o produto final traga benefícios quando fornecidos aos animais

Ressalta-se a necessidade de mais estudos para melhor entendimento da atuação dos fatores antinutricionais contidos na mucilagem de sisal, a nível ruminal e nos diversos sistemas orgânicos de pequenos ruminantes que consomem dietas contendo mucilagem de sisal, sobretudo de caprinos, visando estabelecer limites dietéticos, temporais e os reais efeitos sobre o organismo de pequenos ruminantes.