



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

TEMPO DE ARMAZENAMENTO E USO DE ADITIVOS SOBRE A
ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MUCILAGEM DO
DESFIBRAMENTO DO SISAL

SALMO OLEGÁRIO LIMA DA SILVA

RECIFE – PE
FEVEREIRO DE 2020

SALMO OLEGÁRIO LIMA DA SILVA

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO E USO DE ADITIVOS SOBRE A
ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MUCILAGEM DO
DEFIBRAMENTO DO SISAL**

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

Comitê de orientação:

Prof. Dr^a. Adriana Guim – Orientadora

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello – Co-orientador

DSc. Michel do Vale Maciel – Co-orientador

RECIFE – PE

FEVEREIRO DE 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Sistema Integrado de Bibliotecas

S586t Silva, Salmo Olegário Lima da

TEMPO DE ARMAZENAMENTO E USO DE ADITIVOS SOBRE A ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MUCILAGEM DO DESFIBRAMENTO DO SISAL / Salmo Olegário Lima da Silva. - 2020.

52 f. : il.

Orientadora: Adriana Guim.

Coorientadores: Alexandre Carneiro Leão de Mello, Michel do Vale Maciel.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2020.

1. Agave. 2. Perdas de matéria seca. 3. Digestibilidade in vitro. I. , Adriana Guim, orient. II. , Alexandre Carneiro Leão de Mello, Michel do Vale Maciel, coorient. III. Título

CDD 636

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO E USO DE ADITIVOS SOBRE A
ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MUCILAGEM DO
DESFIBRAMENTO DO SISAL**

SALMO OLEGÁRIO LIMA DA SILVA

**DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA
EM 17 / 02/ 2020**

**Dra. Kelly Cristina dos Santos
(PNPD-UFRPE)**

**Dr. Manoel Francisco de Sousa
(EMBRAPA ALGODÃO)**

**Prof. Dra. Adriana Guim
Departamento de Zootecnia– UFRPE
Orientadora**

**RECIFE – PE
FEVEREIRO DE 2020**

BIOGRAFIA

Salmo Olegário Lima da Silva, filho de Antônio Olegário da Silva e Maria Josefa de Lima, nasceu em 27 de março de 1992 na cidade de Garanhuns – PE, passou a residir na cidade circunvizinha de Capoeiras – PE, onde estudou até o ensino médio, concluindo o mesmo no ano de 2009 na escola de Referência em Ensino Médio Nossa Senhora do Perpétuo Socorro. No ano de 2011, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE/UAG, concluindo o curso em setembro de 2016. Em março de 2018, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco na área de produção e nutrição de ruminantes, concluindo o curso de mestrado em fevereiro de 2020.

DEDICATÓRIA

À

Meus pais Antônio Olegário (*in memoriam*) e Maria Josefa por toda a dedicação e incentivo.

À

Meus irmãos Aldjair, Alvani, Alvandei, Givalci e Maria Quitéria pelo carinho e apoio.

À

Todos os meus amigos que participaram dessa importante fase da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda a força para que eu não desistisse diante das dificuldades impostas pela vida.

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

A minha orientadora Professora Dr^a. Adriana Guim, por toda a sua orientação e compreensão, sempre direcionando ao melhor caminho.

Aos meus coorientadores, Professor Dr. Michel Maciel e Professor Dr. Alexandre Mello.

Aos meus pais Antônio Olegário da Silva (*in memoriam*) e Maria Josefa de Lima, por todo o incentivo e apoio para que eu seguisse minha trajetória e nunca desistisse.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, pela sua contribuição na transmissão de seus conhecimentos.

Aos alunos de graduação, que sempre estiveram dispostos a ajudar: Caroline Louise, Erick Magalhães, Francisco Neto, Ana Carolina, Guilherme Heliodoro, Caio César, Rennan Galvão, Agni Martins, Thayná Milano, Carolina Silva, Lucas Miranda e Lucas Lemos.

Aos amigos da Pós-Graduação, Jasiel, Marina, Rodrigo, Leonardo Barros, Luiz Wilker, Gaby Mello, Maria Gabriela, Tomás, Alisson, Claudineide e um agradecimento especial a João Vitor por toda a ajuda desde o início do mestrado.

Aos meus queridos amigos André, Ricardo e Jadylyson por todo o incentivo durante esse tempo.

Ao Sr. Pedro, pessoa de grande caráter e que sempre está disposto a ajudar, enfim um amigo.

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram nessa caminhada e peço desculpas se esqueci de alguém.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 SISAL E OS RESÍDUOS DE SEU PROCESSAMENTO	16
2.2 O USO DA ENSILAGEM PARA CONSERVAÇÃO DA MUCILAGEM DO DESFIBRAMENTO DO SISAL	18
2.3 TEMPO DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS ..	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Esquema geral do desenho experimental.....	27
FIGURA 2: Valores médios referentes às interações tratamento x tempo de exposição para: (a) Matéria mineral, (b) Matéria orgânica, (c) Fibra em detergente neutro e (d) Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.....	37
FIGURA 3: Valores médios referentes às interações tratamento x tempo de exposição para: (a) Nitrogênio amoniacal, (b) Carboidratos solúveis em água residual, (c) Dióxido de carbono e (d) Perdas de matéria seca.....	38
FIGURA 4: Valores médios referentes às interações tempo de armazenamento x tempo de exposição ao ar para: (a) Fibra em detergente neutro, (b) Nitrogênio amoniacal.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição química da MUDS, dos aditivos absorventes empregados e suas misturas antes da ensilagem.....	24
TABELA 2: Composição químico-bromatológicas das silagens de MUDS, confeccionadas com ou sem aditivos absorventes em diferentes tempos.....	25
TABELA 3: Valores médios da composição química e perdas de matéria seca de silagens de MUDS confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos e expostas ao ar por até 9 dias.....	30
TABELA 4: Valores médios dos teores de matéria mineral e orgânica, proteína bruta e fibra em detergente ácido das silagens de MUDS aditivadas ou não em interação com o tempo de armazenamento.....	34
TABELA 5: Valores médios de pH, nitrogênio amoniacal e carboidrato solúvel residual de silagens de MUDS, aditivadas ou não, em interação com o tempo de armazenamento.....	34
TABELA 6: Digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de MUDS, aditivadas ou não, em interação com o tempo de armazenamento.....	42
TABELA 7: Valores médios de DIVMS e DIVMO de silagens de MUDS, aditivadas ou não, em interação com o tempo de armazenamento.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO₂ = Dióxido de Carbono

CSA = Carboidratos Solúvel em Água

CSAr = Carboidratos Solúvel em Água residual

CT = Capacidade Tampão

DIC = Delineamento Inteiramente Casualizado

DIVMS = Digestibilidade “*in vitro*” da Matéria Seca

DIVMO = Digestibilidade “*in vitro*” da Matéria orgânica

EE = Extrato Etéreo

FDA = Fibra insolúvel em Detergente Ácido

FDN = Fibra insolúvel em Detergente Neutro

FDNcp = Fibra insolúvel em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína

HEM = Hemicelulose

KOH = Hidróxido de Potássio

MM = Matéria Mineral

MO = Matéria Orgânica

MS = Matéria Seca

MUDS = Mucilagem do desfibramento do Sisal

MUDS+MI = Mucilagem do desfibramento do Sisal + Milho moído

MUDS+TRI = Mucilagem do desfibramento do Sisal + Farelo de trigo

N-NH₃ = Nitrogênio Amoniacal

PB = Proteína Bruta

PET = Polietileno tereftalato

pH = Potencial Hidrogeniônico

PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro

PTMS = Perda total de matéria seca

SAS = Statistical Analysis System

silMUDS = Mucilagem do desfibramento do Sisal

silMUDS+MI = Mucilagem do desfibramento do Sisal + Milho moído

silMUDS+TRI = Mucilagem do desfibramento do Sisal + Farelo de trigo

UFRPE = Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

Objetivou-se analisar o efeito do tempo de armazenamento e o uso de aditivos sobre a estabilidade aeróbia de silagem de mucilagem do desfibramento de sisal (silMUDS). Foram avaliadas três diferentes silagens: silagem de mucilagem de sisal sem aditivo (silMUDS), silagem de mucilagem de sisal aditivada com milho (silMUDS+MI) e silagem de mucilagem de sisal aditivada com farelo de trigo (silMUDS+TRI), em diferentes tempos de armazenamento (60, 90 e 120 dias) com diferentes tempos de exposição ao ar (1, 3, 6 e 9 dias). Foram analisados: composição químico-bromatológica, estabilidade aeróbia, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica. Para a composição e estabilidade aeróbia foi empregado o delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial e para a digestibilidade utilizou-se delineamento inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas. A silMUDS apresentou maior FDA ($P < 0,05$) durante o armazenamento (242,9g/kg). As silagens aditivadas foram mais estáveis produzindo menores quantidades de CO₂ durante a exposição ao ar, com valores de 36,3g/kg (silMUDS+MI), 29,5g/kg (silMUDS+TRI) e 62,0g/kg (silMUDS). A silMUDS+MI apresentou os maiores valores de digestibilidade da matéria seca e de matéria orgânica (855,2g/kg e 819,8g/kg, respectivamente) em todos os tempos de armazenamento. Conclui-se que, 90 dias de armazenamento e 6 dias de exposição ao ar comprometem a qualidade das silagens de MUDS sobretudo as que não aditivadas. Assim, o uso de aditivos sequestrantes de umidade faz-se necessário para garantir a qualidade destas silagens.

Palavras-chave: Agave; Perdas de matéria seca; Digestibilidade *in vitro*

ABSTRACT

The objective was to analyze the effect of storage time and the use of additives on the aerobic stability of mucilage silage of sisal defibration (MSSDsil). Three different silages were evaluated: sisal mucilage silage without additive (MSSDsil), corn sisal mucilage silage (MSSDsil+CORN) and sisal mucilage silage added with wheat bran (MSSDsil+WHEAT), at different times of storage (60, 90 and 120 days) with different exposure times to air (1, 3, 6 and 9 days). The following were analyzed: chemical-chemical composition, aerobic stability, in vitro digestibility of dry matter and organic matter. For the composition and aerobic stability, a completely randomized design was used, in a factorial scheme and for digestibility, a completely randomized design with subdivided plots was used. SilMUDS showed higher FDA ($P < 0.05$) during storage (242.9g/kg). The added silages were more stable, producing smaller amounts of CO₂ during exposure to air, with values of 36.3g/kg (MSSDsil+CORN), 29.5g/kg (MSSDsil+WHEAT) and 62.0g/kg (MSSDsil). MSSDsil+CORN showed the highest digestibility values of dry matter and organic matter (855.2g/kg and 819.8g/kg, respectively) in all storage times. It is concluded that 90 days of storage and 6 days of air exposure compromise the quality of the MUDS silages, especially those that are not additive. Thus, the use of moisture-sequestering additives is necessary to guarantee the quality of these silages.

Keywords: Agave; Dry matter losses; In vitro digestibility

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui extensão territorial de 8.515.759.090 km² (IBGE, 2017) e, pelas condições de clima e solo que apresenta, mostra vocação para produção pecuária. No entanto, estas condições variam amplamente entre as regiões do país, o que impacta diretamente sobre a produção de alimentos para os animais ao longo do ano.

O rebanho de ruminantes corresponde atualmente a cerca de 244,5 milhões de cabeças, dos quais a região Nordeste detém 94%, 67%, 9% e 13% dos rebanhos caprino, ovino, bubalino e bovino, respectivamente (IBGE., 2018). Nesta região, há variação na produção de alimentos bastante acentuada em função das condições edafoclimáticas, o que compromete a produção de forragem 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, sendo os resíduos da agroindústria considerados como opções potenciais (SANTOS et al., 2011).

O aproveitamento de resíduos agroindustriais associado às técnicas de conservação de forragem, tais como a ensilagem, possuem um papel estratégico no que diz respeito a conservação e armazenamento de alimentos para utilização em períodos de escassez, à exemplo das silagens de resíduo de abacaxi (PRADO et al., 2003) e sisal (BRANDÃO et al., 2013).

A utilização da ensilagem de restos de cultura ou subprodutos da indústria é uma forma de diminuir a contaminação ambiental por grande quantidade de resíduos vegetais, além de ser mais uma alternativa para o produtor rural como suporte alimentar, diminuindo a dependência de insumos externos (SANTOS et al., 2010).

Segundo Oliveira et al. (2014), o aproveitamento dos resíduos agroindustriais promove a redução dos efeitos deletérios sobre o ambiente, causados pelo seu descarte inadequado. Aliada a produção estacional desses resíduos que coincide com o período

de escassez de forragem, a sua conservação parece ser uma solução estratégica. É válido mencionar ainda que, dependendo do custo do resíduo, sua utilização pode levar a redução dos custos totais com alimentação, os quais chegam a alcançar até 70% dos custos da atividade pecuária (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

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. A mucilagem possibilita sua conservação mediante a utilização da técnica de ensilagem ou fenação. Entretanto, o mesmo apresenta elevado conteúdo de umidade, entre 80-85% (SILVA et al., 2008), distante do conteúdo considerado ideal para uma ensilagem adequada, em torno de 65% (35% de matéria seca). O baixo teor de matéria seca pode ser minimizado por meio da inclusão de aditivos sequestrantes de umidade, que tem objetivo elevar o teor de matéria seca e, conseqüentemente, melhorar o processo fermentativo do material ensilado.

Brandão et al. (2013) relataram elevação dos teores de matéria seca e proteína bruta ao trabalhar com a silagem do resíduo do sisal aditivada com farelo de trigo, um efeito benéfico da utilização de aditivos.

Algumas pesquisas demonstraram ser possível a utilização da mucilagem do desfibramento do sisal como um volumoso de qualidade considerável para ruminantes. Souza et al. (2018) obtiveram ganhos de 0,203 kg/dia em cordeiros Santa Inês, substituindo o feno de tifton em até 50% pela silagem de mucilagem de sisal e Santos et al. (2011) não observaram influência sobre o ganho diário (g/dia) ao incluir silagem de mucilagem na dieta de ovinos. Faria et al. (2008) e Brandão et al. (2011), no entanto, verificaram que o longo período de estocagem diminuiu os teores de CNF e DMS, o que impactou na qualidade do produto.

De acordo com Guim et al. (2002), o processo de ensilagem constitui-se em uma técnica de conservação de forragem, por meio da fermentação anaeróbica da massa, na qual estão envolvidas várias fontes de perdas, sendo uma das principais, a deterioração aeróbia da silagem, após a abertura do silo.

Diante do exposto, hipotetizou-se que a inclusão de aditivos sequestrantes de umidade melhoraria a estabilidade aeróbia de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal e que os avançados tempos de armazenamento diminuiriam a qualidade destas silagens. Assim, o objetivo do experimento foi avaliar os efeitos do tempo de armazenamento e de exposição das silagens ao ar, bem como a inclusão de aditivos sobre a composição químico-bromatológica, estabilidade aeróbia e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica de silagens de mucilagem do sisal (silMUDS).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISAL E OS RESÍDUOS DE SEU PROCESSAMENTO

O sisal é uma planta da família das agaváceas de origem creditada a península de Yucatan no México, segundo Queiroz et al. (2012) e adaptada ao clima tropical quente e com pouca precipitação, como o semiárido (ANDRADE, 1969; GUTIÉRREZ et al., 2008). É uma planta que pertence à classe monocotiledônea, série Liliflorea, família Agavaceae, subfamília Agavoidea, gênero Agave, subgênero Euagave (SILVA et al., 2008), as quais segundo Hazra et al. (2002), podem ser utilizadas para fins de produção de comida para alimentação humana, bebida, xarope, açúcar, silagem, produtos farmacêuticos entre outros, ainda segundo Silva et al. (2008) apenas duas espécies têm importância para a produção de fibra *A. sisalana* e *A. fourcroydes*.

O Brasil é o maior produtor de sisal do mundo (FAO, 2020). Em 2017, sua produção foi de 100.788 mil t e 100% desta produção vem da região nordeste, sendo

basicamente representando pelos estados da Bahia (95%) e Paraíba (4,6%) (IBGE, 2018) e, segundo Santos et al. (2013), apenas 4% das suas folhas são aproveitadas, gerando grande quantidade de resíduos. Conforme Pereira (2011), o resíduo sólido do processamento do sisal para obtenção das fibras é composto pela mucilagem (pedaços de folha esmagada) e pela bucha (fibras curtas). Resíduos estes que apresentam potencial para utilização na alimentação de ruminantes.

Considerando que este resíduo do desfibramento do sisal é muito fibroso e que, se ingerido continuamente, poderá causar oclusão ruminal e, conseqüentemente, timpanismo (PAIVA et al., 1986), há a necessidade de separar a mucilagem da bucha antes do fornecimento aos animais. Com este propósito, a Embrapa Algodão desenvolveu a peneira rotativa (SILVA et al., 1998) que separa a bucha da mucilagem, permitindo assim o emprego da mucilagem na alimentação animal.

A mucilagem resultante do desfibramento do sisal (MUDS), depois da separação da bucha, é pobre em proteína, mas é rica em carboidratos não fibrosos, principalmente das frações A+B1, que representam os açúcares solúveis, amido e pectina (SILVA et al. 2014a). Fato que sinaliza a possibilidade de ser transformado em coproduto e constituir alimento estratégico para a pecuária, nas regiões sisaleiras.

Os resultados obtidos por Souza et al. (2018) quando substituíram o feno de tifton em até 50% pela mucilagem de sisal na dieta de cordeiros Santa Inês foram na ordem 0,203 kg/dia. Fato que demonstra ser possível a utilização da mucilagem do desfibramento do sisal como volumoso de qualidade considerável para ruminantes. Por outro lado, Harrison (1984) verificou que a mucilagem de sisal apresenta alta relação cálcio: fósforo (50:1), muito além dos valores aceitáveis de 1,5~2:1, o que pode ocasionar distúrbios metabólicos, sinalizando que este resíduo não deve ser usado como alimento exclusivo na dieta de ruminantes.

É necessário destacar que o elevado teor de umidade da MUDS acarreta transtornos na logística, transporte e armazenamento destes materiais, principalmente quando a propriedade for distante do local de produção. O problema de armazenamento deste coproduto nas propriedades rurais reside na perda de qualidade do material em decorrência da ação danosa de fungos aeróbios, responsáveis pela rápida degradação do material. Além da perda de qualidade decorrente da degradação, a consequente produção de toxinas por estes microrganismos pode representar riscos à saúde dos animais.

Faria et al. (2008) e Brandão et al. (2011) verificaram que o longo período de estocagem diminuiu os teores de CNF e da digestibilidade da matéria seca da mucilagem de sisal, eventos que evidenciam a necessidade de estudos sobre a forma mais adequada de sua conservação.

A ensilagem (fermentação anaeróbia) mostra-se com um método adequado de conservação deste coproduto. No entanto, é oportuno lembrar que para o sucesso da ensilagem é necessário que o material a ser ensilado apresente conteúdo de umidade inferior a 70%. Desta forma, é explícita a necessidade de avaliar o uso de aditivos na ensilagem de MUDS.

2.2 O USO DA ENSILAGEM PARA CONSERVAÇÃO DA MUCILAGEM DO DESFIBRAMENTO DO SISAL

A silagem tem participação de 10 a 25% do total de alimentos volumosos utilizados para animais ruminantes no mundo (NUSSIO E RIBEIRO, 2008). No entanto, essa forma de conservação de resíduos do desfibramento do sisal para alimentação de animais ruminantes é pouco explorada, mas que vem sendo trabalhada nos últimos anos para conservação da mucilagem (PEDREIRA, 2011; SOUSA, 2016; SOUSA, 2019).

O processo de ensilagem caracteriza-se pela conservação de forragem na forma úmida mediante processo de fermentação anaeróbia, através da conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, principalmente o lactato. No entanto, para o sucesso do processo é necessário que o material a ser ensilado apresente, entre outras características, adequado teor de matéria seca variando entre 30 a 35% de MS (McDONALD et al., 1991).

A mucilagem de sisal, devido ao seu alto teor de umidade, apresenta dificuldade no processo de ensilagem. Logo, faz-se necessário a inserção de aditivos sequestrantes de umidade para aumentar o teor de matéria seca e assim propiciar ambiente adequado para a fermentação.

O baixo teor de matéria seca pode impactar negativamente na qualidade da silagem (McDONALD et al., 1991). Segundo Ferrari Junior e Lavezzo (2001), os baixos valores de matéria seca proporcionam ambiente favorável para o desenvolvimento de fermentação butírica, tornando assim as silagens de baixa qualidade e por consequência de menor valor nutricional.

Baixos teores de matéria seca impactam negativamente sobre a produção de efluente das silagens e, conseqüentemente, perdas de nutrientes (ASHBELL et al., 2002; WEINBERG et al., 2002). Aliado ao teor de matéria seca é desejável que o material apresente elevado teor de carboidratos solúveis acima de 5% da MS e baixa capacidade tampão (menos de 15,98 meq./100 g MS de forragem) (RODRIGUES et al., 2005), não influenciando fortemente na redução do pH, condição para a estabilidade da silagem.

De maneira geral, entre 21 e 30 dias o processo de fermentação encontra-se concluído (KUNG, 2013), permanecendo estável até que o silo seja aberto dando início

quebra da estabilidade e início da deterioração aeróbia através da ação de microrganismos e do contato com o oxigênio atmosférico.

2.3 TEMPO DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS

O tempo de armazenamento está entre os fatores que podem alterar a composição e, conseqüentemente, a qualidade da silagem (FARIA et al.,2008; BRANDÃO et al.,2011), através de modificações na dinâmica de sucessão de microrganismos que se desenvolvem na massa ensilada e, potencialmente irão degradar os nutrientes contidos nesta. No entanto, segundo Bernardes et al. (2009) se forem mantidas as condições de anaerobiose do sistema estas podem permanecer com boa qualidade por longos períodos de armazenamento.

Segundo Hill e Leaver (2002), a atividade microbiana promove oxidação da MS, causando perdas através da produção de CO₂, sendo os principais microrganismos associados com a deterioração de silagens expostas ao ar os fungos, principalmente as leveduras e as bactérias do gênero *Bacillus* (WOOLFORD, 1990).

Há de se considerar que os microrganismos ficam dormentes dentro do silo até que este seja aberto e o ar penetre na massa ensilada (NETO, 2009), o que ressalta a importância da adequada expulsão do oxigênio no interior do silo bem como do apropriado descarregamento da silagem do interior do silo no momento de fornecimento aos animais.

A silagem quando exposta ao ar é inevitável que ocorra sua deterioração, podendo resultar em perda substancial de matéria seca, o que geralmente ocorre pela interação de atividades fúngicas e bacterianas (TAYLOR et al., 2002). O pH tende a aumentar, ocorre o acúmulo de amônia e o nível de ácidos orgânicos (lático e acético) tende a diminuir (KUNG E RANJIT, 2001), ainda segundo estes autores a estabilidade

aeróbia pode ser definida como a resistência que a massa ensilada oferece à deterioração após ser exposta ao ar. Menor estabilidade aeróbia foi verificada em silagens continuamente expostas ao ar por diferentes tempos (GIMENES et al., 2006, RABELO et al., 2012; TRES et al., 2014).

Portanto, as silagens quando entram em contato com o oxigênio apresentam tendência à rápida deterioração e por consequência perdem mais rapidamente sua estabilidade e qualidade.

3. 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 m. O clima é classificado, segundo Koppen, como sendo do tipo Ams', que se caracteriza por ser quente e úmido, com temperatura média anual de 25,2 °C.

O resíduo do desfibramento do sisal foi obtido em uma propriedade sisaleira, localizada no município de Barra de Santa Rosa (PB), situada na Região Geográfica Curimataú situado sob as coordenadas geográficas de 6°72'58''S e 36°05'74''W, com altitude de 473 m. O clima é classificado, segundo Koppen, como sendo do tipo BSh, com temperatura média 23,6 °C.

Após o desfibramento do sisal, o resíduo foi processado por meio de peneira rotativa para obtenção da mucilagem (MUDES). No tratamento controle, a MUDES foi ensilada exclusivamente, sem a inclusão de nenhum aditivo, sendo compactada manualmente em tambores plásticos com capacidade de 200 litros. A MUDES restante foi dividida em duas partes e, antes da ensilagem, uma parte recebeu milho moído (MI) e, a outra, farelo de trigo (TRI), como aditivos absorventes, na proporção de 25% da matéria natural, objetivando elevar o teor de matéria seca da mistura para valores

próximos a 35%, resultando em três tratamentos: silMUDS (controle), silMUDS+MI e silMUDS+TRI.

Para cada tratamento foram confeccionados três silos, resultando um total de nove tambores plásticos com capacidade de 200 litros, os quais foram abertos em diferentes tempos de armazenamento (60, 90 e 120 dias após a vedação) e coletava-se a silagem no terço superior dos tambores, descartando os primeiros 10 cm de superfície.

Os materiais antes e após a confecção das misturas de cada tratamento foram amostrados para determinação dos teores de matéria seca (MS; método INCT-CA no. G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA no. M-001/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA no. M-001/1), proteína bruta (PB; método de Kjeldhal; método INCT-CA no. N 001/1), extrato etéreo (EE; método INCT-CA no. G-004/1), segundo metodologias descritas por Detmann et al. (2012); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991) e, ainda, para quantificação dos carboidratos solúveis em água (CSA)(Yemm e Willis, 1954, modificado por Bezerra Neto e Barreto, 2011) e capacidade tamponante (CT)(Playne e Mcdonald, 1966). Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram estimados segundo Hall (2001) e, os carboidratos totais (CHOT), segundo Sniffen et al. (1992). O coeficiente de fermentação (CF) foi calculado segundo a equação proposta por Weissbach and Honig (1996), conforme segue: $CF=MS(\%) + 8x(CSA/CT)$.

Realizaram-se ainda a aferição dos valores de pH das silagens, conforme Silva e Queiroz (2002), a determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃), segundo Bolsen et al. (1992), modificado por Cândido (2000) e a digestibilidade *in vitro* da MS e MO, aplicando-se os princípios de Tilley e Terry (1963), utilizando-se o equipamento Dayse II Fermenter®.

Ao completar cada período de armazenamento previamente definidos (60, 90 e 120 dias), um silo de cada tratamento foi aberto e amostras retiradas para análises mencionadas.

A composição química dos materiais e suas misturas utilizadas nas ensilagens encontram-se na Tabela 1, enquanto a composição químico-bromatológica das silagens, na Tabela 2.

TABELA 1. Composição química da Mucilagem do Desfibramento do Sisal, dos aditivos absorventes empregados e suas misturas antes da ensilagem

Item	MS ¹	MO ²	MM ²	PB ²	EE ²	FDN ²	FDN _{cp}	FDA	CHOT	CNF	HEM	CSA ³	CT ⁴	CF ⁵
Milho moído	870,4	981,1	18,9	85,1	39,1	222,1	133,8	25,7	856,9	723,1	197,1	62,7	11,6	-
Farelo trigo	869,9	950,5	49,5	156,7	29,2	427,3	391,3	127,0	764,6	373,3	300,3	90,8	21,8	-
MUDS ⁶	183,5	870,5	129,5	88,4	21,8	355,0	261,8	221,3	760,3	498,5	133,7	121,2	96,1	28,4
MUDS+MI ⁷	343,1	932,8	67,2	70,9	36,2	296,3	245,6	112,1	825,7	580,1	184,2	108,9	75,0	43,4
MUDS+TRI ⁸	364,9	921,1	78,9	112,3	35,1	380,2	344,7	160,3	773,7	429,0	219,9	85,4	77,5	45,3

¹g/kg MN; ²g/kg MS; ³Carboidrato solúvel em água (g/kg MS); ⁴Capacidade Tampão (n e.mg/100g MS); ⁵Coefficiente de fermentabilidade ⁶Mucilagem do desfibramento do sisal; ⁷75% MUDS + 25% de milho moído; ⁸75% MUDS + 25% de farelo de trigo. MS=Matéria seca, MO=Matéria orgânica; MM=Matéria Mineral; PB=Proteína Bruta; FDN=Fibra em Detergente Neutro, FDN_{cp}=Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA= Fibra em Detergente ácido; CHOT=Carboidratos Totais; CNF=Carboidratos Não-Fibrosos; HEM= Hemicelulose; N-NH₃/NT= Nitrogênio Amoniacal sobre Nitrogênio Total/ EE= Extrato Etéreo, pH=Potencial Hidrogeniônico; CSA=Carboidrato Solúvel em Água Residual; DIVMS= Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Seca; DIVMO=Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Orgânica)

TABELA 2. Composição químico-bromatológicas das silagens de Mucilagem do Desfibramento do Sisal , confeccionadas com ou sem aditivos absorventes e armazenadas por diferentes tempos

Item	Tratamentos								
	silMUDS ⁵			silMUDS+MI ⁶			silMUDS+TRI ⁷		
	60 dias	90 dias	120 dias	60 dias	90 dias	120 dias	60 dias	90 dias	120 dias
MS ¹	157,4 ±1,3	188,6 ±2,4	173,2 ±2,3	353,7 ±2,7	368,5±4,9	368,1 ±5,6	347,1 ±5,0	352,8 ±5,3	336,9 ±0,8
MO ²	817,4 ±0,9	826,7 ±0,9	794,0 ±6,9	931,8 ±0,1	938,3 ±0,6	933,6 ±1,1	904,6 ±2,5	918,4 ±3,5	910,6 ±1,6
MM ²	182,8 ±0,6	173,6 ±0,9	205,9 ±6,9	68,7 ±0,07	61,7 ±0,6	66,4 ±1,1	95,4 ±1,7	81,6±3,5	89,5 ±1,6
PB ²	84,4 ±5,6	94,0 ±13,9	82,6 ±14,6	80,7 ±12,5	80,6 ±13,7	75,5 ±20,4	102,5 ±7,8	137,5 ±19,2	118,4 ±12,3
EE ²	44,9 ±0,2	37,5 ±0,01	27,0 ±0,1	41,0 ±0,3	54,2 ±0,8	47,3 ±0,6	47,4 ±1,4	55,5 ±0,6	28,7 ±0,1
FDN ²	375,5 ±16,7	402,7 ±18,6	323,6± 11,7	153,2 ±6,9	200,4 ±10,6	159,8 ±27,1	419,6 ±13,7	371,5 ±7,9	385,4 ±16,1
FDNcp ²	293,7 ±9,87	320,3 ±2,30	244,9 ±1,9	117,3 ±2,4	166,6 ±1,7	119,7 ±0,7	365,8 ±2,4	324,2 ±2,4	333,5 ±2,7
FDA ²	254,2 ±2,5	251,8 ±7,9	249,6 ±0,1	82,3 ±0,73	100,7 ±3,4	83,6 ±0,5	184,6 ±6,0	183,8 ±2,5	168,8 ±0,02
CHOT ²	688,0 ±1,7	716,9 ±21,6	691,3± 8,4	810,3 ±1,1	810,4 ±0,1	817,2 ±3,6	755,6 ±0,4	738,9 ±1,2	780,1 ±1,4
CNF ²	314,5 ±1,7	314,9 ±21,6	368,6 ±8,4	656,8 ±1,1	610,0 ±0,1	657,4 ±3,6	336,0 ±0,4	367,5 ±1,2	394,7 ±1,4
HEM ²	138,3 ±2,5	169,3 ±7,8	94,2 ±0,1	77,5 ±0,7	107,6 ±3,3	82,9 ±0,6	249,2 ±6,0	205,3± 2,5	236,1 ±0,1
N-NH ₃ /NT ³	16,6 ±1,9	15,0 ±0,5	16,6 ±1,3	40,0 ±2,0	39,2 ±3,3	40,6 ±3,4	51,9 ±8,6	47,9 ±0,3	34,1 ±1,7
pH	3,2 ±0,1	4,1 ±0,1	3,9 ±0,00	3,3 ±0,00	4,2 ±0,00	3,9 ±0,00	3,5 ±0,00	4,3 ±0,00	3,9 ±0,07
CSAr ²	38,3 ±0,01	37,8 ±0,00	38,6 ±0,00	38,5 ±0,01	38,2 ±0,00	38,3 ±0,00	39,2 ±0,0	39,0 ±0,00	39,8 ±0,01
DIVMS ²	793,9 ±9,0	820,8 ±18,9	713,5 ±2,8	871,9 ±7,28	893,9 ±11,96	867,0 ±4,8	789,6 ±9,6	768,6 ±6,5	741,9 ±9,6
DIVMO ⁴	713,0 ±12,9	763,8 ±16,0	642,1 ±2,7	834,3 ±10,9	859,8 ±16,9	825,7 ±3,7	707,1 ±15,6	686,0 ± 9,9	632,0 ±14,16

1 g/kg MN; 2 g/kg MS; 3 g/kg N, 4 g/kg MO; 5 Silagem de Mucilagem do desfibramento do sisal (silMUDS) sem aditivo, 6. Silagem de MUDS aditivada com milho moído -silMUDS+MI; 7. Silagem de MUDS aditivada com farelo de trigo – silMUDS+TRI; MS=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; FDA= Fibra em Detergente ácido; CHOT=Carboidratos Totais; CNF=Carboidratos Não-Fibrosos; HEM= Hemicelulose; N-NH₃/NT= Nitrogênio Amoniacal sobre Nitrogênio Total/ EE= Extrato Etéreo, pH=Potencial Hidrogeniônico; CSAr=Carboidrato Solúvel em Água Residual; DIVMS= Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Seca; DIVMO=Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Orgânica)

Para avaliação da estabilidade aeróbia nos respectivos tempos de armazenamento, as silagens de cada tratamento foram expostas ao ar por 1, 3, 6 e 9 dias em sistemas adaptados (ASHBELL et al., 1991), com quatro repetições por tempo de exposição.

O sistema utilizado foi confeccionado por uma garrafa de polietileno (PET) com capacidade de 2 litros e um recipiente de plástico resistente. A garrafa PET foi seccionada no volume de um litro, para ser utilizada como parte superior do sistema e, a parte inferior da garrafa, foi utilizada como a tampa do sistema, enquanto o pote plástico, com capacidade de 1 L foi utilizado como a base do sistema. Para permitir a circulação de ar na parte superior do sistema, foram abertos dois orifícios de 1 cm de diâmetro, um na tampa e outro no fundo, protegido por uma tela, para evitar a entrada de insetos.

Na parte superior do sistema foram colocados e levemente compactados, cerca de 500 g de silagem, com os pesos devidamente registrados. Na base do sistema foram adicionados 100 mL de hidróxido de potássio (KOH) a 20 %. As partes superior e inferior foram então encaixadas e fixadas com fita adesiva, formando o sistema completo.

Em cada tempo de exposição ao ar (1, 3, 6 e 9 dias), os sistemas foram abertos e colhidas amostra das silagens para as análises químico-bromatológicas (as mesmas descritas para as silagens armazenadas nos tambores de 200 litros). Para quantificar a produção de CO₂ resultante do processo de oxidação das silagens expostas ao ar, titulou-se 10 mL da solução de KOH acondicionado na parte inferior do sistema com solução de ácido clorídrico (HCl) 1N, anotando-se o volume gasto no intervalo de pH da solução entre 8,1 e 3,6, permanecendo o eletrodo do potenciômetro todo o tempo da titulação em contato com a solução de KOH.

A quantidade de CO₂ (g kg⁻¹ de MS) foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Ashbell et al. (1991): $CO_2 = (0,044 * T * V) / (A * S * MS)$, onde: T = Volume de HCl utilizado na titulação (mL); V = Volume total de KOH 20 % (100 mL); A = Volume de KOH 20 % utilizado na titulação (20 mL); S = Quantidade de silagem fresca (kg) no sistema; MS = Matéria Seca da silagem. A partir da quantidade de CO₂ produzida, as perdas de matéria seca foram estimadas, multiplicando-se o valor por 0,68 que corresponde a proporção de nutrientes liberados na forma de CO₂ (ASHBELL et al., 1991).

Para as amostras das silagens expostas ao ar por 3 e 9 dias foram estimados os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e matéria orgânica (DIVMO), aplicando-se os princípios de Tilley e Terry (1963). O esquema geral do desenho experimental pode ser visualizado na Figura 1.

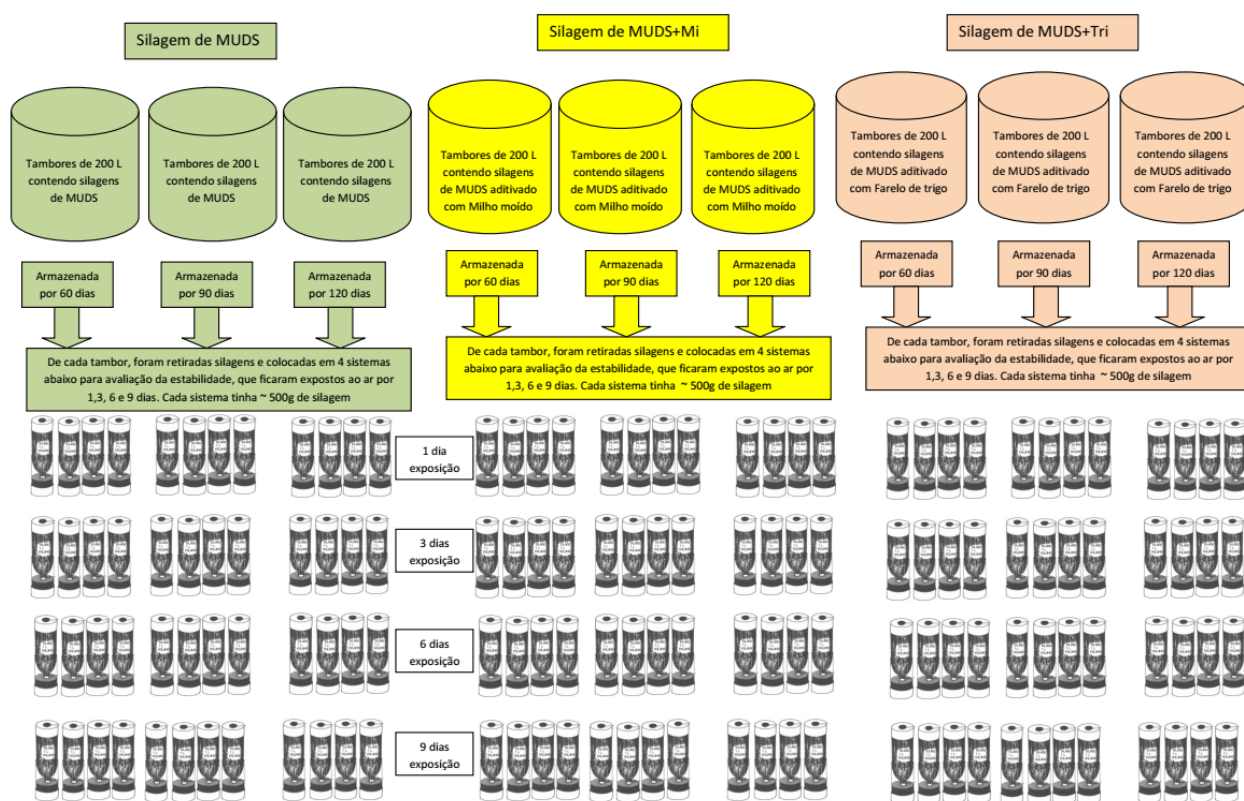


FIGURA 1: Esquema geral do desenho experimental

Os dados foram analisados com procedimento MIXED de SAS (Version 9.4; SAS Inst., Inc., NC, USA) utilizando com um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3 x 3 (tratamentos x tempos de armazenamento) com os tempos de exposição ao ar (1, 3, 6 e 9 dias) avaliados como medidas repetidas no tempo, considerando as medidas tomadas em unidades distintas, com quatro repetições. O modelo utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + T_i + TA_j + TE_k + (T * TA)_{ij} + (T * TE)_{ik} + (TA * TE)_{jk} + (T * TA * TE)_{ijk} + E_{ijk}$,

μ é a média geral;

T_i é o efeito da i-ésima silagem (tratamento);

TA_j é o efeito do tempo de armazenamento das silagens;

TE_k é o efeito do tempo de exposição ao ar;

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

TTE_{ik} é o efeito da interação aditivo x tempo de exposição ao ar;

$TATE_{jk}$ é o efeito da interação tempo de armazenamento x tempo de exposição ao ar;

$(TTATE)_{ijk}$ é o efeito da interação silagem x tempo de armazenamento x tempo de exposição ao ar;

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

Quando houve interações significativas foi utilizado o procedimento PLM do SAS, de modo que as interações triplas (T x TA x TE) significativas não foram consideradas para a discussão. Os efeitos foram considerados significativos com $P < 0,05$.

Considerando que apenas os tempos 3 e 9 dias de exposição das silagens ao ar foram avaliados para análise dos dados da DIVMS e da DIVMO, empregou-se o delineamento em parcelas subdivididas, alocando-se, na parcela, um esquema fatorial 3 x 3 (tratamentos x tempo de armazenamentos) e, na subparcela, os tempos de exposição das silagens ao ar. Esses dados também foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + TA_j + TE_k + (T * TA)_{ij} + TE(TRAT)_{ik} + TE(TA)_{jk},$$

μ é a média geral;

T_i é o efeito da i-ésima silagem (tratamento);

TA_j é o efeito do tempo de armazenamento das silagens;

TE_k é o efeito do tempo de exposição ao ar;

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

TET_{ik} é o efeito do tempo de exposição ao ar dentro de tratamento;

$TETA_{jk}$ é o efeito do tempo de exposição ao ar dentro do tempo de armazenamento

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não foram observadas interações ($P>0,05$) entre os fatores para as variáveis MS, CNF, HEM e EE. No entanto, para MS, houve efeito do tratamento e da exposição ao ar ($P<0,05$)(Tabela 3).

Os maiores valores de matéria seca (MS) obtidos nas silagens aditivadas ($P<0,05$) (Tabela 3), mais que o dobro do obtido no tratamento controle, deve-se ao elevado teor de MS que os aditivos já apresentavam isoladamente (Tabela 1).

Com o avanço do tempo de exposição ao ar, evidenciou-se a redução do teor de MS ($P<0,05$) (Tabela 3), indicando a progressiva deterioração das silagens pelos microrganismos aeróbios, principalmente os fungos filamentosos, leveduras e bactérias do gênero *Bacillus* (WOOLFORD, 1990). Isto acontece porque os microrganismos aeróbios que estavam dormentes no interior do silo, em função da anaerobiose, entram em atividade e passam a oxidar os carboidratos solúveis contidos na silagem, resultando na produção de CO_2 , água e calor. Além desses produtos, ocorrem aumentos do pH e do conteúdo de cinzas (ASHBELL et al., 1991), além de perdas de MS (Tabela3).

Foram observados maiores valores de carboidratos não-fibrosos (CNF) no tratamento silMUDS+MI ($P<0,05$), pois esta possui menor quantidade de FDN em sua composição (Tabela 1), além da elevada quantidade de amido que possui o milho, o que, segundo Ramalho et al. (2006), apresenta maior disponibilidade energética que os carboidratos estruturais.

À medida que o tempo de armazenamento avançou foram observados aumentos na concentração do CNF, provavelmente em função da proteólise ocorrida na silagem aditivada com milho (silMUDS+MI).

TABELA 3. Valores médios da composição química e perdas de matéria seca de silagens de Mucilagem do Desfibramento do Sisal confeccionadas com ou sem aditivos absorventes, armazenadas por diferentes tempos e expostas ao ar por até 9 dias.

Item	Tratamentos (T)				Tempo de Armazenamento (TA, dias)				Tempo de Exposição ao ar (TE, dias)					Valor de P					
	silMUDS	silMUDS+MI	silMUDS+TRI	EPM	60	90	120	EPM	1	3	6	9	EPM	T	TA	TE	TxTA	TxTE	TAxTE
MS ¹	167,5b	342,4a	340,5a	0,28	277,8	287,30	285,3	0,28	288,1a	289,8a	282,2ab	273,7b	0,26	<,0001	0,0535	<,0001	0,5825	0,2637	0,0520
MM ²	185,9	64,9	88,6	0,18	108,6	117,32	113,5	0,18	111,2	106,5	116,3	118,5	0,22	<,0001	0,0073	0,0001	0,0003	0,0484	0,4353
MO ²	814,0	935,0	911,3	0,18	891,3	882,68	886,4	0,18	888,7	893,4	883,7	881,5	0,22	<,0001	0,0073	0,0001	0,0003	0,0484	0,4353
PB ²	91,5	81,1	130,9	0,13	104,2	98,03	101,2	0,13	102,7	99,2	102,0	100,7	0,17	<,0001	0,0108	0,5639	0,0034	0,2441	0,5074
EE ²	28,7b	39,0a	44,6a	0,16	44,1a	36,8b	31,4b	0,16	37,1	39,4	35,2	38,0	0,20	<,0001	<,0001	0,5951	0,3209	0,4298	0,6649
FDN ²	375,4	176,8	402,7	0,39	321,7	324,05	309,2	0,39	315,7	308,7	323,9	324,9	0,40	<,0001	0,0272	0,0138	0,3748	0,0412	0,0014
FDN _{CP} ²	303,7	140,1	353,7	0,39	272,7	265,02	259,7	0,39	263,3	259,9	269,1	270,8	0,42	<,0001	0,0770	0,1517	0,2374	0,0075	0,0734
FDA ²	242,9	93,9	177,4	0,30	169,1	170,80	174,4	0,30	164,5b	162,6b	178,7a	179,9a	0,32	<,0001	0,4483	<,0001	0,0032	0,3281	0,4102
CHOT ²	693,7	814,9	735,7	0,32	742,9	747,79	753,7	0,32	748,7	754,6	746,3	742,7	0,39	<,0001	0,0747	0,1266	0,0088	0,3977	0,3208
CNF ²	389,0b	674,0a	381,2b	0,57	470,1c	480,22b	493,9a	0,57	485,4	491,3	477,2	471,8	0,64	<,0001	0,0224	0,0527	0,1261	0,1184	0,2898
HEM ²	133,5b	83,6c	226,2a	0,40	152,5a	155,96a	134,8b	0,40	151,1	149,7	145,2	145,0	0,42	<,0001	0,0020	0,6591	0,5105	0,1550	0,1992
pH	4,6	5,3	4,5	0,13	4,6	4,8	5,1	0,13	4,1c	4,3c	5,5a	5,4a	0,16	0,0002	0,0216	<,0001	0,0145	0,0520	0,2367
N-NH ₃ ³	20,6	60,8	50,6	0,14	44,8	51,4	35,7	0,14	36,3	42,9	47,1	49,5	0,20	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
CSAr ²	20,3	18,0	19,9	0,50	22,4	18,6	17,2	0,50	20,2	19,5	19,0	18,8	0,47	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0052	0,5977
CO ₂ ²	62,0	36,2	29,5	2,43	50,9a	36,4b	40,3b	2,43	13,9	33,9	56,2	66,1	2,57	<,0001	0,0008	<,0001	0,2841	0,0086	0,1956
PMS ²	421,5	246,2	200,7	1,65	346,4a	247,8b	274,2b	1,65	94,7	230,6	382,5	450,1	1,75	<,0001	0,0008	<,0001	0,2842	0,0086	0,1958

1 g/kg MN; 2 g/kg MS; 3 g/kg N | silMUDS=Mucilagem | silMUDS+MI= Mucilagem + milho | sil MUDS+TRI= Mucilagem + trigo | média na mesma linha seguida de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MS=Matéria seca, MO=Matéria orgânica; MM=Matéria Mineral; PB=Proteína Bruta; FDN=Fibra em Detergente Neutro, FDN_{CP}=Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA= Fibra em Detergente ácido; CHOT=Carboidratos Totais; CNF=Carboidratos Não-Fibrosos; HEM= Hemicelulose; N-NH₃/NT= Nitrogênio Amoniacal sobre Nitrogênio Total/ EE= Extrato Etéreo, pH=Potencial Hidrogeniônico; CSAr=Carboidrato Solúvel em Água Residual; CO₂=Dióxido de Carbono; PMS=Perda de Matéria Seca; DIVMS= Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Seca; DIVMO=Digestibilidade “*IN VITRO*” da Matéria Orgânica).

O teor de hemicelulose foi menor para o tratamento silMUDS+MI ($P < 0,05$) (Tabela 3). Entende-se que essa redução tenha sido provocada pela ação microbiana às silagens, e que a hemicelulose foi hidrolisada durante a fermentação. Segundo McDonald et al. (1991), a hidrólise da hemicelulose promove abertura na parede celular, permitindo maior ataque microbiano, através da ação da hemicelulase, que é uma enzima produzida através do metabolismo bacteriano, fato que, em parte, justifica a redução ($P < 0,05$) desta fração ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 3). É importante ressaltar que o prolongamento do tempo de armazenamento das silagens favoreceu a continuidade da fermentação, muito provavelmente por microrganismos indesejáveis, comprovado pelos maiores valores de pH e menores valores de CSAr obtidos (Tabela 5).

Foi observado efeito do tratamento ($P < 0,05$) para os valores de extrato etéreo, com valores superiores nas silagens aditivadas, em função da própria composição do material inicial (Tabela 1). Quanto ao tempo de armazenamento ($P < 0,05$) (Tabela 3), verificou-se redução deste nutriente, o que pode estar relacionado com a lixiviação e consequente produção de efluente.

Os teores de FDA não sofreram influência do tempo de armazenamento, mas o tempo de exposição provocou elevação desta fração a partir de 6 dias de exposição ao ar, demonstrando que esse tempo de exposição é suficiente para causar aumento nos componentes fibrosos das silagens de MUDS (Tabela 3).

Outra variável que pode ser usada para analisar a qualidade da silagem é o pH, especialmente quando a massa ensilada entra em contato com o oxigênio. A aferição do pH fora anteriormente usada como indicador qualitativo da fermentação de silagens, possibilitando sua classificação, porém deve ser usada de maneira criteriosa ao analisar a qualidade fermentativa. No presente estudo verificou-se que, a partir de 6 dias de

exposição ao ar, os valores de pH apresentaram elevação, acima dos valores referência entre 3,8 a 4,5 (McDONALD et al., 1981; MOHAMMED et al., 2012).

Elevação do pH, entre outras causas, podem estar relacionadas ao consumo de ácido láctico pelos microrganismos, os quais o utilizam para obter energia e consequente crescimento, bem como pela volatilização de outros ácidos orgânicos (WOOLFORD, 1990), conforme demonstrado por Dolci et al. (2011) que, ao expor silagens ao ar, observaram elevação do pH e redução da concentração de ácido láctico.

A mensuração da quantidade de CO₂ em silagens expostas ao ar contribui para caracterizar a velocidade com que ocorre a deterioração de silagens (HONING E WOOLFORD, 1979; MOURA et al., 2001). O tempo de armazenamento das silagens provocou efeito sobre a produção de CO₂ e PMS (Tabela 3), com a maior (P<0,05) produção de CO₂ e PMS observada aos 60 dias de armazenamento, o que provavelmente está relacionado a maior umidade durante esse período (Tabela 3).

Segundo Zanine et al. (2006), o alto teor de umidade propicia condições de desenvolvimento para bactérias do gênero *Clostridium* que promovem perdas gasosas através da produção de CO₂ e ácido butírico.

Foi observada interação (P<0,05) tratamento x tempo de armazenamento para a MO, MM, PB e FDA (Tabela 4).

O contato entre a silagem e o oxigênio bem como a ação de microrganismos aeróbios propiciaram condições ideais para que ocorresse a mineralização dos nutrientes e consumo de matéria orgânica, pois segundo Honing e Woolford (1979), a deterioração aeróbia é comandada principalmente por esses fatores. Esses resultados também foram obtidos no presente estudo, quando se observou que a silMUDS apresentou aumento do teor de matéria mineral ao longo dos períodos de armazenamento e, por conseguinte, redução dos seus teores de matéria orgânica (Tabela 4). Este fato demonstra que, para

essa silagem, elevados tempos de armazenamento são prejudiciais, visto que a mineralização dos nutrientes implica em perda de componentes potencialmente digestíveis.

Destaca-se que apenas o tratamento silMUDS+MI teve diminuição do teor de proteína ao longo do tempo de armazenamento, confirmando que os maiores tempos de armazenamento influenciam negativamente sobre essa variável.

A ação proteolítica pode estar relacionada à presença de bactérias do gênero *Clostridium* e enzimas da própria planta, que podem ser responsáveis também pelo aumento do nitrogênio amoniacal em silagens com baixo teor de matéria seca (CASTRO et al., 2006). A degradação da proteína é outro fator que merece especial atenção, pois dietas com níveis proteicos abaixo de 8% comprometem o desempenho de animais ruminantes, segundo Church (1988) e Mertens (1994). O resultado da degradação da proteína da silagem é sinalizado pela concentração de nitrogênio amoniacal, que pode indicar a extensão da proteólise.

Em todos os tempos de armazenamento, as silagens de MUDS sem aditivo apresentaram os maiores teores de FDA, seguida por aquelas aditivadas com farelo de trigo, que por sua vez, foram superiores as aditivadas com milho moído.

TABELA 4. Valores médios dos teores de matéria mineral e orgânica, proteína bruta e fibra em detergente ácido das silagens de Mucilagem do Desfibramento do Sisal, aditivadas ou não em interação com o tempo de armazenamento

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
Matéria mineral (g/kg MS)					
silMUDS	170,5bA	198,7aA	188,6aA	0,31	0,0003
silMUDS+Mi	66,0aC	64,8aC	63,8aC		
silMUDS+Tri	89,2aB	88,3aB	88,3aB		
Matéria Orgânica (g/kg MS)					
silMUDS	829,4aC	801,2bC	811,4bC	0,31	0,0003
silMUDS+Mi	933,9aA	935,1aA	936,2aA		
silMUDS+Tri	910,7aB	911,6aB	911,6aB		
Proteína Bruta (g/kg MS)					
silMUDS	91,7aB	92,6aAb	90,3aB	0,23	0,0034
silMUDS+Mi	90,4aB	73,6bC	72,2bC		
silMUDS+Tri	130,6aA	127,7aA	134,3aA		
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)					
silMUDS	227,6aA	249,6aA	251,3aA	0,51	0,0032
silMUDS+Mi	93,8aC	95,2aC	92,8aC		
silMUDS+Tri	186,0aB	186,0aB	167,2aB		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem pelo teste de Tukey (5%).

Foi observada interação ($P < 0,05$) tratamento x tempo de armazenamento para as variáveis nitrogênio amoniacal, pH, carboidratos solúveis residual e carboidratos totais (Tabela 5). Observou-se que as silagens sem aditivos e as aditivadas com farelo de trigo não apresentaram variações significativas ($P > 0,05$) na concentração de $N-NH_3$, porém, aquelas confeccionadas com milho moído, a partir de 90 dias de armazenamento, passaram a apresentar aumento na concentração desta variável.

TABELA 5. Valores médios de nitrogênio amoniacal, pH e carboidrato solúvel residual de silagens de Mucilagem do Desfibramento do Sisal, aditivadas ou não, em interação com o tempo de armazenamento

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
N-NH ₃ (% do Ntotal)					
silMUDS	1,7aB	2,0aC	2,3aC	0,24	<,0001
silMUDS+Mi	5,9bA	7,4aA	4,9bA		
silMUDS+Tri	5,7aA	5,9aB	3,4bB		
pH					
silMUDS	4,7aA	4,4aB	4,7aB	0,23	0,0145
silMUDS+Mi	4,5bA	5,6aA	5,9aA		
silMUDS+Tri	4,5aA	4,3aB	4,9aB		
Carboidrato solúvel residual (g/kg MS)					
silMUDS	23,9aA	19,2bA	17,8cA	0,02	<,0001
silMUDS+Mi	19,8aB	17,8bB	16,5cB		
silMUDS+Tri	23,5aA	18,8bAB	17,4cAB		
Carboidrato Total (g/kg MS)					
silMUDS	700,5aC	682,0aC	698,5aC	0,55	0,0088
silMUDS+Mi	798,9bA	819,4abA	826,3aA		
silMUDS+Tri	729,2aB	741,9aB	736,2aB		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem pelo teste de Tukey (5%)

Vale salientar que em todos os tratamentos e tempos de armazenamento os valores de N-NH₃ das silagens foram considerados baixos, sinalizando que não houve comprometimento da fração proteica das silagens, mesmo àquelas confeccionadas com milho moído. Os valores de N-NH₃ não devem ser superiores a 12% do nitrogênio total (BENACCHIO, 1965; HENDERSON, 1993; MONTEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Foi verificada elevação do pH ao longo do período de armazenamento apenas para silMUDS+MI. Os valores de pH assumem maior representatividade na avaliação da qualidade da fermentação, quando os teores de MS são considerados abaixo da faixa ideal (CHERNEY E CHERNEY 2003; ANDRADE et al., 2010). No caso dessas silagens com

baixo teor de MS, pH baixo indica que os microrganismos converteram de maneira eficiente os substratos em ácidos orgânicos. Segundo Woolford (1984), a inibição do desenvolvimento de bactérias é dependente da velocidade da redução do pH, bem como do teor de umidade do meio.

O avanço do período de armazenamento promoveu redução da quantidade de CSAr em todas as silagens, possivelmente devido a maior atividade de microrganismos, pois quanto maior a quantidade desse substrato, maior será a disponibilidade de nutrientes facilmente oxidáveis para os microrganismos.

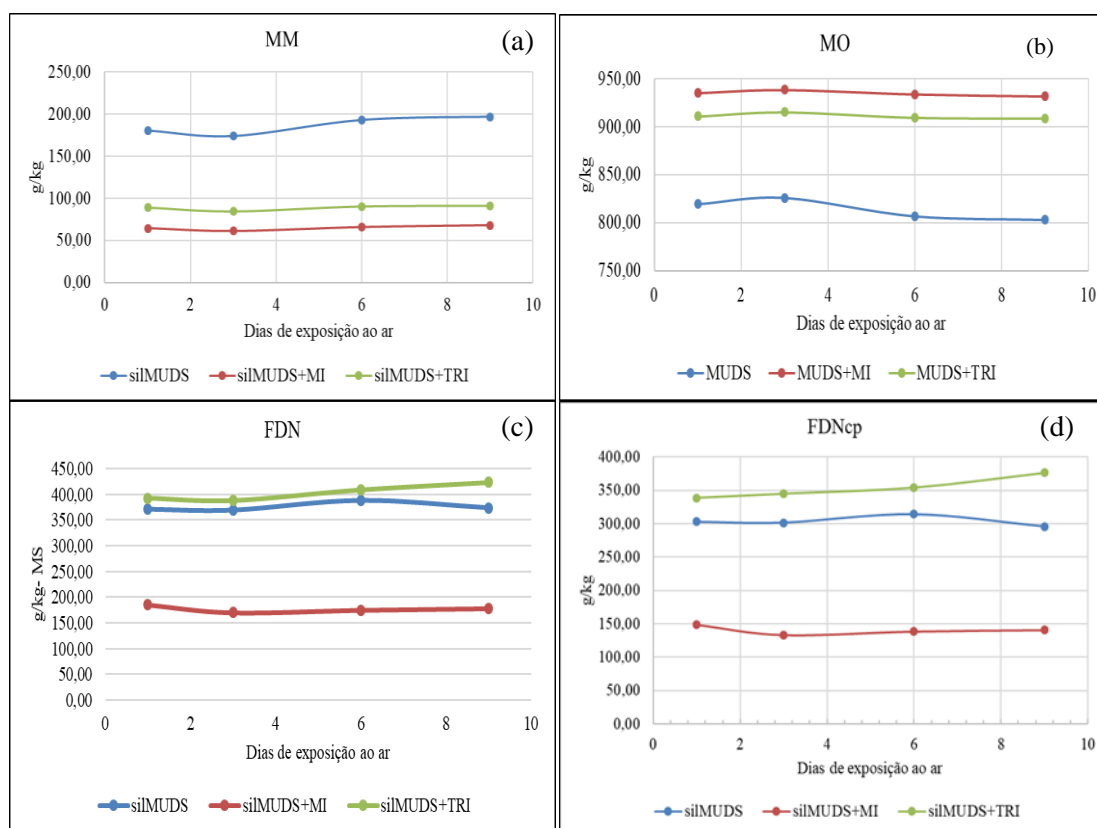
Foram observados maiores ($P < 0,05$) valores de carboidratos totais (CHOT) nas silagens aditivadas (Tabela 5), devido ao menor teor de matéria mineral destas silagens. Para a silMUDS+MI, o baixo valor de proteína também contribuiu para elevar os teores de CHOT. Segundo Pires et al. (2009), menores teores de proteína bruta contribuem para valores mais elevados de CHOT na silagem produzida, assim como observado no tratamento silMUDS+MI. A interação tratamento x tempo de armazenamento para a fração CHOT também foi significativa, de modo que, à medida que se prolongou o período de armazenamento, as silagens aditivadas com milho moído apresentaram maior concentração de carboidrato total.

Os carboidratos têm grande importância na nutrição de ruminantes, pois compõem a dieta destes animais com cerca de 70 a 80% da ração (NUSSIO et al., 2011), fornecendo a maior parte da fonte de energia usada no metabolismo animal.

Foram observadas interações ($P < 0,05$) tratamento x tempo de exposição (T x TE) para MM, MO, FDN, FDNcp, N-NH₃, CSAr, CO₂ e PMS (Figuras 2 e 3).

Observou-se que quanto maior o tempo de exposição ao ar, maior mineralização dos nutrientes foi obtida (Figura 2a), haja vista a consequente diminuição da matéria orgânica da silMUDS (Figura 2b).

(b)



FIGURAS 2. Valores médios referentes às interações tratamento x tempo de exposição para: (a) Matéria mineral, (b) Matéria orgânica, (c) Fibra em detergente neutro e (d) Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Apenas a silMUDS+TRI apresentou mudança significativa ($P < 0,05$) no teor de FDN a partir de 6 dias de exposição (Figura 2c). No entanto, apesar da elevação, os valores permaneceram abaixo de valores considerados limitantes para a ingestão por ruminantes (VAN SOEST, 1965). Elevação de componentes fibrosos nos alimentos pode ocasionar efeitos negativos sobre a digestibilidade do material e, por conseguinte, menor desempenho animal. Teores de FDN superiores a 60% são capazes de limitar o consumo de MS pelos animais, provocado pelo efeito de enchimento físico do rúmen (VAN SOEST, 1965; RESENDE et al., 1994). Elevação dos teores de fibra em silagens expostas ao ar é devido ao consumo de compostos mais digestíveis pela ação de microrganismos que oxidam os compostos prontamente solúveis e consequentemente eleva a concentração dos componentes da parede celular.

Para a fibra corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) (Figura 2d), apenas a silMUDS+TRI demonstrou aumento em seus teores ao longo do tempo de exposição ao

ar, indicando que, provavelmente, esta silagem apresentava menores teores de PB e MM aderidos a fibra e, segundo parâmetros apontados por Mulligan et al. (2002) e Qiu et al. (2003), as silagens do presente estudo apresentam valores adequados de FDN_{cp}, os quais não comprometem a qualidade das mesmas.

As diferenças entre FDN e FDN_{cp} originam-se da subtração do PIDN (proteína insolúvel em detergente neutro) e matéria mineral e, segundo Velho et al. (2007), essa amplitude de valores indica necessidade da correções para fins de classificação entre as silagens.

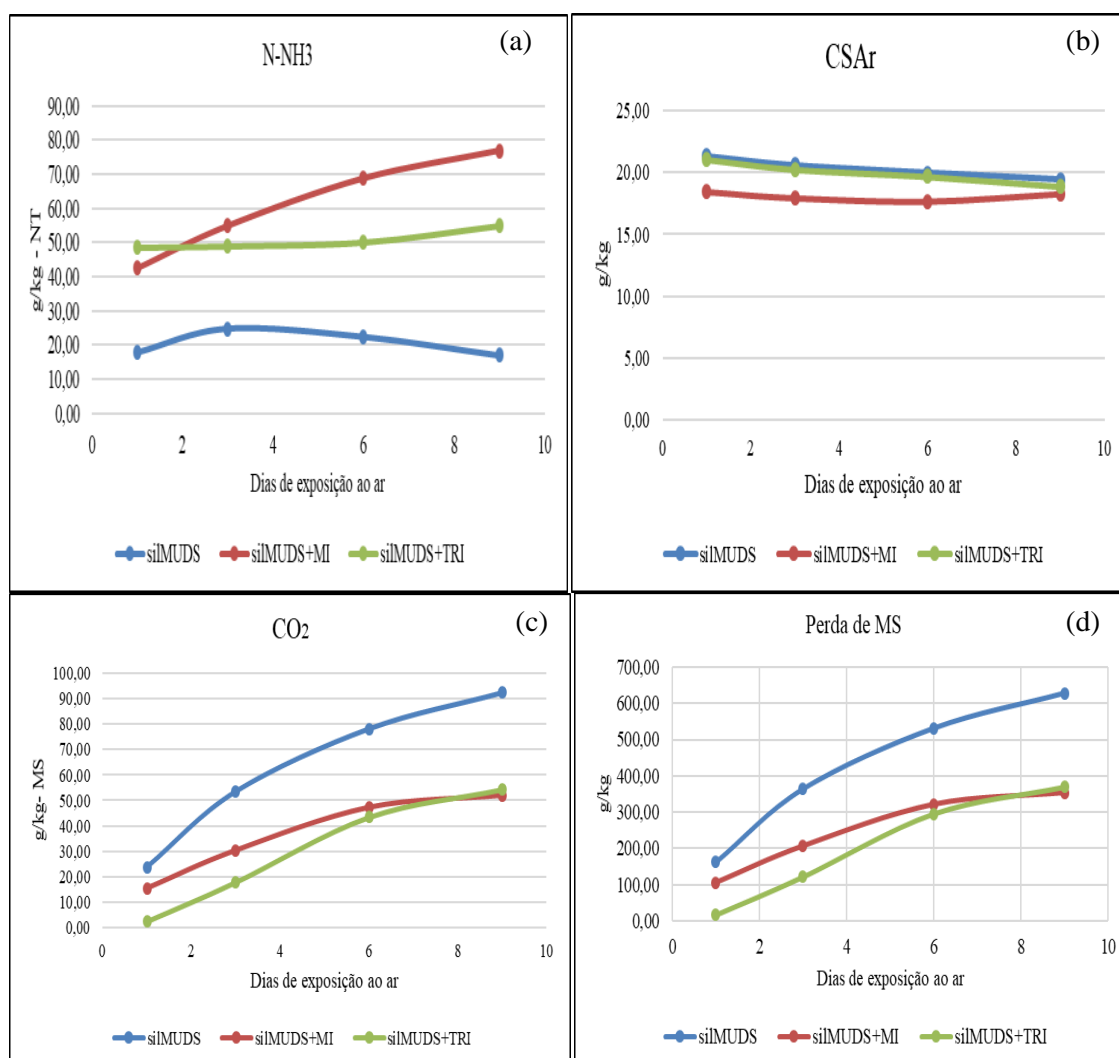


FIGURA 3. Valores médios referentes às interações tratamento x tempo de exposição para: (a) Nitrogênio amoniacal, (b) Carboidratos solúveis em água residual, (c) Dióxido de carbono e (d) Perdas de matéria seca.

As silagens aditivadas produziram maiores quantidades de N-NH₃(Figura 3a) em relação ao nitrogênio total das silagens, tendo a silMUDS+MI obtido o maior conteúdo de N-NH₃. Possivelmente em função de seu menor conteúdo proteico a quantidade de N-NH₃ acabou resultando em maior proporção do nitrogênio total.

Somado ao comportamento do N-NH₃, foram observadas reduções dos CSAr (Figura 3b) ao longo do tempo de exposição ao ar, o que indica desenvolvimento do microrganismos aeróbios, com conseqüente consumo destes nutrientes, o que também se relaciona com a elevação do pH da silagem, quando exposta ao ar.

No processo de avaliação de silagens, além da caracterização nutricional é importante a quantificação das perdas, especialmente quando ocorre exposição destas ao ar, o que resulta na produção de CO₂ resultante da interação do oxigênio com o material exposto.

No desdobramento das interações, verificou-se que a produção de CO₂ elevou-se com o aumento do tempo de exposição ao ar (Figura 3c) e, conseqüentemente, elevando as perdas de MS. Guim et al. (2002) e Matos (2006) verificaram aumento gradativo na produção de CO₂ em silagens aditivadas expostas ao ar. Segundo Wilkinson e Davies (2013), a ação dos microrganismos sobre a silagem induz a produção de CO₂ através do consumo de ácido láctico e carboidratos solúveis residuais. Entretanto, destaca-se que a silagens aditivadas produziram menor quantidade de CO₂ que a silagem de MUDS, o que demonstra que os aditivos foram eficientes em conferir maior estabilidade aeróbia as silagens e que a silagem de MUDS devido a maior quantidade de CSAr teve a maior produção de CO₂.

Analisando as perdas de matéria seca, observou-se elevação durante a exposição ao ar, com menores perdas para as silagens com aditivo. Segundo McDonald et al. (1991), silagens de elevado teor de umidade proporcionam condições de desenvolvimento

para bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, que leva a um incremento na produção de gases, o comportamento das perdas está diretamente vinculado ao CO₂. A produção de CO₂ e as perdas de matéria seca estão relacionadas ao coeficiente de fermentabilidade, pois este se relaciona diretamente com o teor de MS do material.

Além das perdas que as silagens podem sofrer quando expostas ao ar, essa exposição pode influenciar na ingestão pelos animais, conforme verificado por Gerlach et al. (2014) onde cabras leiteiras diminuíram o consumo de silagem à medida que esta foi exposta ao ar.

Foram observadas interações ($P < 0,05$) tempo de armazenamento x tempo de exposição (TA x TE) para FDN e N-NH₃ (Figura 4). No período de 120 dias de armazenamento ocorreu diminuição dos teores de FDN, o que indica que os microrganismos após utilizarem outros compostos para obter energia utilizam também compostos da parede celular. A FDN é composta por celulose, hemicelulose e lignina, portanto, alterações em um de seus componentes resultam em mudanças na proporção desta em relação ao conteúdo de MS.

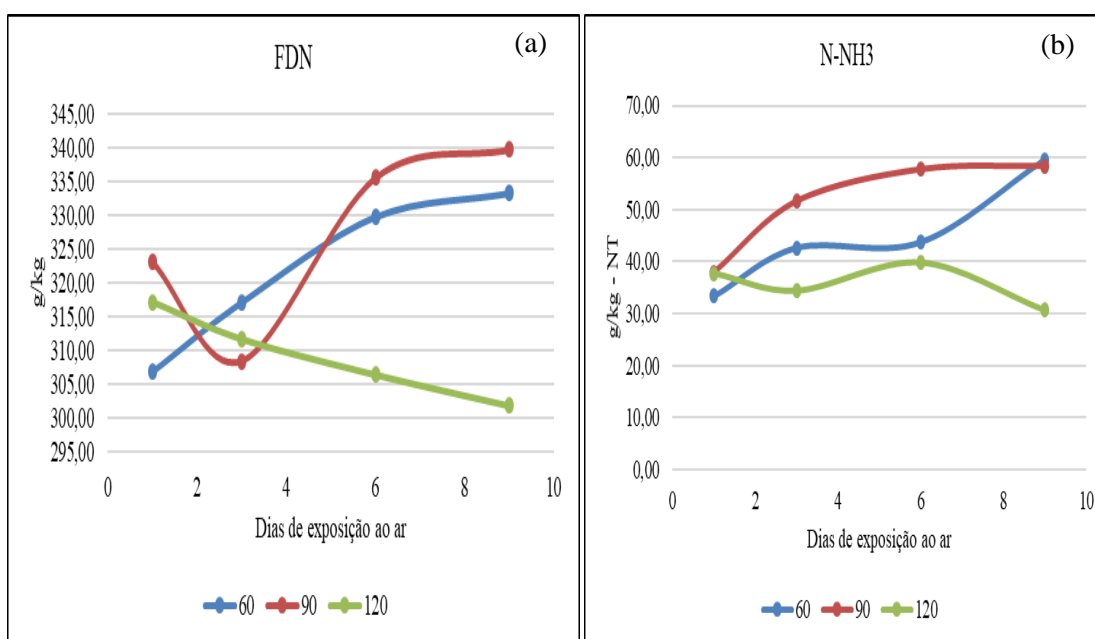


FIGURA 4. Valores médios referentes às interações tempo de armazenamento x tempo de exposição para: (a) Fibra em detergente neutro, (b) Nitrogênio amoniacal.

No teor de N-NH₃ observa-se que apenas os tempos 60 e 90 dias apresentaram alteração com os dias de exposição ao ar, com elevação nos valores. Conforme Guim et al. (2002), a produção de N-NH₃ é bastante variável e pode ser influenciada por diversos fatores, desde a própria volatilização, que ocorre quando as silagens atingem pH superior a 6, até mesmo a imobilização de N pelos fungos filamentosos (em suas hifas), como nitrogênio orgânico.

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica encontram-se na Tabela 6. Pelos resultados obtidos verifica-se que, a medida em que foram expostas ao ar entre os dias 3 e 9 ocorreram reduções das digestibilidades da MS e da MO.

A menor digestibilidade da MS está justificada pelo aumento na fração de FDA durante a exposição ao ar (Tabela 3). A diminuição da digestibilidade da matéria orgânica é observada pelo aumento na concentração de MM (Figura 2a), o que diminuiu a disponibilidade de compostos orgânicos.

Na tabela7 estão apontados os valores da interação para DIVMS e DIVMO. Observa-se menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silMUDS e silMUDS+TRI ao longo do tempo de armazenamento (Tabela7) em relação a silMUDS+MI.

A menor digestibilidade da silMUDS e da silMUDS+TRI pode ser justificada pelos maiores teores de FDA (P<0,05), que segundo Van Soest (1994) impactam negativamente sobre a digestibilidade. Logo, verifica-se que a MUDS e a MUDS+TRI tiveram suas digestibilidades da matéria seca e matéria orgânica afetadas negativamente pelo tempo de armazenamento, o que demonstra que o longo tempo de armazenamento diminui a digestibilidade.

TABELA 6: Valores médios da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, confeccionada com e sem aditivos sequestrantes de umidade, expostas ao ar por 3 e 9 dias

	Tratamentos (T)			EPM	Tempo de Armazenamento (TA, dias)			EPM	Tempo de Exposição ao ar (TE, dias)			EPM	Valor de P				
	silMUDS	silMUDS+MI	silMUDS+TRI		60	90	120		3	9	T		TA	TE	TxTA	TE(TRAT)	TE(TA)
DIVMS ¹	763,46	855,22	757,21	11.72	826,11	789,39	761,38	9.57	809,70a	774,22 b	9.57	<,0001	<,0001	<,0001	0,0252	0,0885	0,2546
DIVMO ²	688,41	819,80	689,02	12.42	773,77	729,38	694,08	10.14	752,73a	712,09b	10.14	<,0001	<,0001	0,0009	0,0047	0,0603	0,1307

¹ DIVMS= Digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca ; ² DIVMO = Digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica; | silMUDS=Mucilagem | silMUDS+MI= Mucilagem + milho | silMUDS+TRI= Mucilagem + trigo | média na mesma linha seguida de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 7. Valores médios de Digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) e Digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica (DIVMO) de silagens de mucilagem do desfibramento do sisal, aditivadas ou não, em interação com o tempo de armazenamento

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			EPM	Valor de P
	60	90	120		
DIVMS (g/kg MS)					
silMUDS	809,96aB	771,91bB	708,50cB		
silMUDS+Mi	879,37aA	839,26 aA	847,01aA	11,72	0,0281
silMUDS+Tri	788,99aB	753,99aB	728,63bB		
DIVMO (g/kg MS)					
silMUDS	747,77aB	697,38aB	620,06bB		
silMUDS+Mi	847,85aA	801,98aA	809,57aA	12,42	0,0047
silMUDS+Tri	725,67aB	688,79abB	652,60bB		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem pelo teste de Tukey (5%)

Segundo Schmidt et al. (2007) e Velásquez et al. (2010) alimentos com maior teores de componentes da parede celular resultam em menores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica. Para a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica também a diminuição dos valores pode ser corroborada pela elevação da MM durante o armazenamento para a silMUDS (Tabela 4), confirmando o impacto negativo de longos período de armazenamento essa característica da silMUDS.

Verifica-se que outras características influíram negativamente sobre a digestibilidade da silagem sem aditivos (silMUDS), tais como, maior perda de matéria seca, maior quantidade de parede celular.

5. CONCLUSÕES

Os tempos de armazenamento e de exposição ao ar promovem redução da estabilidade aeróbia da silagem da mucilagem do sisal, independente do uso de aditivos. Noventa dias de armazenamento e 6 dias de exposição das silagens ao ar são suficientes para causar os impactos negativos sobre a qualidade da silagem.

A inclusão de milho moído ou farelo de trigo, como aditivos sequestrantes de umidade, reduzem estes impactos negativos, melhorando a estabilidade aeróbia e reduzindo as perdas de matéria seca.

Recomenda-se a utilização do milho moído como aditivo para silagem de mucilagem de sisal, por proporcionar maior digestibilidade da silagem.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G.; SILVA, P. H. S.; ARAÚJO, J. A. M.; ALMEIDA, J. A. R.; SANTOS, L. I. J. Estabilidade aeróbia da silagem de capim elefante com diferentes proporções de casquinha de soja de fubá de milho. In: **Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia**, 47., 2010, Salvador. Anais... Salvador: SBZ, 2010, CD-ROM.
- ANDRADE, M. C. de A. A cultura do sisal. In: SUDENE. **Agricultura e regionalização do Nordeste**: culturas industriais. Recife, p. 1-13. 1969.
- ASHBELL, Z. G.; WEINBERG, A.; AZRIELI, Y. H.; HOREV, B. A simple system to study the aerobic determination of silages. **Canadian Agricultural Engineering**, Winnipeg, Technical Notes. p. 391-393, 1991.
- BENACCHIO, S. Níveis de melaza em silo experimental de milho crioulo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, v.14, n.4, p. 651-658, 1965.
- BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C.; SCHOGOR, A. L. B. Sealing strategies to control the top losses of corn silage. In: **Proc. 15th Int. Silage Conf., Madison, Wisconsin, USA**. 2009. p. 213-214.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Methods for Chemical Analysis in Plants**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2011.
- BEZERRA, H. F.C.; SANTOS, E. D.; OLIVEIRA, J. S.; CARVALHO, G. G. P.; CASSUCE, M. R.; PERAZZO, A. F.; FREITAS, D. S. S.; SANTOS, V. S. Degradabilidade ruminal in situ de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, v.16, n.2, p.265-277, 2015.
- BOLSEN, K.K., LIN, C., BRENT, B.E. AND GADEKEN, D. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**. v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- 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, n.6, p.1493-1501, 2011.
- 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, Londrina**. v. 34, n. 6, p. 2991-3000, nov./dez. 2013.
- CÂNDIDO, M. J. D. **Qualidade e valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendação de adubação**. 57 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CASTRO, F. G. R.; NUSSIO, L. G.; HADDAD, C. M.; CAMPOS, F. P.; COELHO, R. M.; MARI, L. J.; TOLEDO, P. A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon sp.*) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 358-371, 2006.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. Silage science and technology. Madison USA: **American Society of Agronomy**, Wisconsin, 2003. p. 141-198.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. 564 p.

DETMANN et al. **Métodos para análises de alimentos - INCT – Ciência Animal**. Editora UFV. 214 p. 2012.

FAO - **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**. Disponível em < <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/sisal/en/>>. Acesso em: 07 fev. 2020.

FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C.; OLIVEIRA, R.L.; LEDO, C.A.S.; SANTANA, F.S. Composição bromatológica do co-produto do desfibrilamento do sisal tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 377-382, 2008a.

GERLACH, K.; ROß, F.; WEIß, K.; BÜSCHER, W.; SÜDEKUM, K.H. Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats. **Small Ruminant Research**, v. 117, n. 2-3, p. 131-141, 2014.

GIMENES, A. L. G.; MIZUBUTI, I. Y.; MOREIRA, F. B.; PEREIRA, E. S.; RIBEIRO, E. L. A.; MORI, R. M. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 153-158, 2006.

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M.O.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**. v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R.P.; FRANCO, G.L.; RUGGIERI, A.C.; MALHEIROS, E.B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurhecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.

GUTIÉRREZ, A.; RODRIGUEZ, I.M.; DEL RIO, J. C. 2008. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial Crops and Products**. 28: 81–87.

HALL, M. B. **Recentes avanços em carboidratos não-fibrosos na nutrição de vacas leiteiras**. In: SIMLEITE, 2, 2001, Lavras. Anais... Lavras, 2001, p.149-159.

HARRINSON, D. G. Subprodutos del sisal como alimentos para los ruminates. **Revue Mondiale de Zootechnie**, Roma, v. 49, n. 1, p. 25-31, 1984.

HAZRA, S.K.; DAS, S.; DAS, A.K. 2002. Sisal plant regeneration via organogenesis. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** **70**: 235-240.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45: p.35-56. 1993

HILL, J.; LEAVER, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v.102, p.181-195, 2002.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**. v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

HONING, H.; WOOLFORD, M. K. **Changes in silage exposure** to air. In: Forage Conservation in the 80's. Brighton, European Grassland Society. Proceeding...**Oxford, British Grassland, 1979**.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

IBGE. **IBGE Brasil em síntese Brasil Panorama**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

IBGE-Sidra. Efetivo/rebanhos **Pesquisa pecuária Municipal (PMP)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 2003. p. 305-360.

KUNG, J.R; RANJIT, N. K. The Effect of Lactobacillus buchneri and Other Additives on the Fermentation and Aerobic Stability of Barley Silage. **Journal of Dairy Science**.v.84, n.5, p.1149-1155, 2001.

KUNG JUNIOR, L. The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silage. In: DANIEL, J. L. P.; SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G. (Ed). **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION**, 3, July 22-23, 2013. Campinas. Proceedings...Campinas, 2013. p. 7-19.

LANES, E. C. M.; OLIVEIRA, J. S.; LOPES, F. C. F. AND VILLANI, E. M. A. 2006. Silagem de milho como alimento para o período da estiagem: como produzir e garantir qualidade. **Revista CES**. v. 20 p. 97-111.

MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A. M. V.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, E. J. .O.; ZUMBA, E. R. F. Estabilidade aeróbica e degradabilidade da silagem de maniçoba

(Manihot sp.) emurchecida. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, núm. 1, 2006, pp. 109-114.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons. 1981.226p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JÚNIOR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MOHAMMED, R.; STEVENSON, D.M.; BEAUCHEMIN, K.A. et al. Changes in ruminal bacterial community composition following feeding of alfalfa ensiled with a lactic acid bacterial inoculant. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.328-399, 2012.

MONTEIRO, I. J. G.; 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, n. 4, p. 347-352, 2011.

MOURA, M. S. C., CARVALHO, F. F. R., GUIM, A., MARQUES, D. H. M., FERREIRA, R. C. Efeito de aditivos sobre a velocidade de deterioração de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 38, Piracicaba, SP, 2001. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. CD Rom.

MULLIGAN, F.J. QUIRKE, J.; RATH, M. F.P O'MARA. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. **Livestock Production Science**, v.74, p.113-124, 2002.

NETO, G. B.; JÚNIO, E.F.; NOGUEIRA, J.S.; POSSENT, R.; PAULINO, V. T.; BUENO, M. S. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 621-630, 2009.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. D. **Nutrição de Ruminantes**. 2ª. ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2011. cap.18, p. 193-238.

OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A. G.; L.L. ABREU, L.L.; TEIXEIRA, S.; SILVA, T.M. ALIMENTOS alternativos na dieta de ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**. v. 15, n. 2, p. 141-160, 2014.

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, 1986. p.27. (EPABA. Boletim de Pesquisa, 5).

PEDREIRA, E.M. Avaliação de silagens de mucilagem de sisal, aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de ureia. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 55p. 2011.

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, n. 3, p. 422-427, 2009.

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.

PRADO, I. N., LALLO, F. H., ZEOULA, L. M., CALDAS NETO, S. F., NASCIMENTO, W. G., MARQUES, J. A. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 32, n. 3, p. 737-744, 2003.

QIU, X.; EASTRIGDE, L.; WANG, Z. Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.11, p.3667-3674, 2003.

QUEIROZ, S. R. DE 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 Botânica Brasílica**. P. 842-848, 2012.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; RABELO, F. H. S.; SENEDESE, S. S.; VIEIRA, P. F.; BARBOSA, L. Á.; CARVALHO, A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 656-668, 2012.

RAMALHO, R. P.; FERREIRA, . 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, n. 3, p. 1221-1227, 2006.

RESENDE, F. D.; QUEIROZ, A. C.; FONTES, C. A. A.; PEREIRA, J. C.; RODRIGUEZ, L. R. R.; JORGE, A. M.; BARROS, J. M. S. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.

RODRIGUES, P. H. M.; BORGATTI, L. M. O.; GOMES, R. W.; PASSINI, R.; MEYER, P. M. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A.G. G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDEZ, P. M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**. v.59, p.25-43, 2010.

SANTOS, R. D.; NEVES, A. L.; PEREIRA, L. G.; ARAÚJO, G. G.; VOLTOLINI, T. V.; COSTA, C. T.; OLIVEIRA, G. F.. **Coprodutos do Desfibramento do Sisal como alternativa na alimentação de ruminantes**. *Circular Técnica*. Fonte: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/960408/1/CTE102.pdf>>, 2013. Acesso em: 17 jul. 2018.

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.; Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**. v.63, n.6, p.1502-1510, 2011.

SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANE, S. F.; WECHSLE, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.

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 para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n 4, p. 370-379, 2014a

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV. 235P, 2002.

SILVA, J. K.; OLIVEIRA, J. S.; MEDEIROS, A. N.; SANTOS. E. M.; MAGALHÃES, T. S.; RAMOS, A. O.; BEZERRA, H. F. C. Elephant grass ensiled with wheat bran compared with corn silage in diets for lactating goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 11, p. 618-626, 2014.

SILVA, O.R.; COUTINHO, W.M.; CARTAXO, W.V.; SOFIATTI, V.; FILHO, J.L.; CARVALHO, O.S.; COSTA, L.B. **Cultivo do Sisal no Nordeste brasileiro**. Circular técnica. Fonte:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009/09/22318/1/CIRTEC123.pdf>. 2008. Acesso: em 17 de jul. 2018.

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 CNPA**, 1998.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J.; Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

SOUSA, M. F. MUCILAGEM DE SISAL ENSILADA EM DIETAS DE CORDEIROS SOINGA. Universidade Federal Rural De Pernambuco, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 118 p. **Tese (Doutorado)**. Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – PDIZ – UFRPE, 2019.

SOUSA, M.B. COPRODUTOS DO DESFIBRAMENTO DO SISAL NA PRODUÇÃO DE SILAGEM. (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS. 44p, 2016.

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.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 525p.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.85, p.1793-1800, 2002.

TRES, T. T.; JOBIM, C. P.; ROSSI, R. M.; SILVA, M. S.; POPPI, E. C. Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.

VAN SOEST, P. J. symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, n.3, p.834-843, 1965.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.

Van Soest, P.J. (Ed). **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

VELÁSQUEZ, P. A. TORO .; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I, A. M. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1206-1213, 2010.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH. F. P. R.; GENRO, T. C. M.; SANCHEZ, L. M. B.; NÖRNBERG, J. L.; ORQIS, M. G.; FALKENBERG, J. R. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após a "desensilagem". **Ciência rural, Santa Maria**. Vol. 36, n. 3 (maio./jun. 2006), p. 916-923, 2006.

VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. 98 P. Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa, 1980.

Weissbach, F.; Honig, H. 1996. About the prediction and control of course of fermentation in the ensilage of green fodder from extensive cultivation. *Landbauforschung Volkenrode* 1: 10–17 (in **German, with abstract in English**).

WILKINSON, J.M., DAVIES, D.R., 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass Forage Science**. 68, 1–19.

WOOLFORD, M.K. 1984. **The silage fermentation**. Marcel Dekker. New York. 322 p.
WOOLFORD, M.K. A review: The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Bacteriology**, v.68, p.101-116, 1990.

YEMM, E. W., & WILLIS, A. J. (1954). **The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone**. *The Biochemical journal*, 57(3), 508-514.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. D.; FERREIRA, D. J.; PEREIRA, O. G.; CARVALHO, J. C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica da silagem de capim Mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.53, n.6, 2006. **DOI:**