

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**SILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL ADITIVADA COM  
FARELO DE ALGAROBA**

**Diego Novais Pinheiro**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2019**

# **SILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL ADITIVADA COM FARELO DE ALGAROBA**

**Diego Novais Pinheiro**

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal (Nutrição e Alimentação de Ruminantes)

**Orientador:** Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro

**Coorientador (a):** Prof(a). Dr(a). Soraya Maria Palma Luz Jaeger

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

P654s	<p>Pinheiro, Diego Novais Silagem de mucilagem de sisal aditivada com farelo de Algaroba / Diego Novais Pinheiro._ Cruz das Almas, BA, 2019. 46.; il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro Co-Orientador: Profª. Drª. Soraya Maria Palma Luz Jaeger</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciência Animal.</p> <p>1. Plantas Forrageiras 2. Silagem 3. Sisal. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.59</p>
-------	---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**SILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL ADITIVADA COM FARELO  
DE ALGAROBA**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Diego Novais Pinheiro

Aprovada em: 21 de fevereiro de 2019

Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Orientador

Prof (a). Dr. (a). Daniele Rebouças Santana Loures  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinadora Interna

Prof. Dr. Fleming Sena Campos  
Universidade Federal de Pernambuco  
Examinador Externo

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me dado saúde, força e fé para superar todas as dificuldades. Pela proteção, direcionamento, e por me proporcionar mais essa realização.

A UFRB e o CCAAB, seu corpo docente e técnico, a direção e administração, que oportunizaram mais esse horizonte.

Aos meus pais Ana Novais e Francisco Pinheiro, pelo amor, confiança, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu Amor Renata Fróes, por toda ajuda, incentivo e cumplicidade, juntos somos imbatíveis.

Ao meu orientador Professor Dr. Ossival Lolato Ribeiro, pela verdadeira orientação, pela disposição a ajuda, confiança, parceria e principalmente pela amizade.

A todos os Professores do programa, especialmente a Bráulio Rocha e Daniele Loures, por toda contribuição para o desenvolvimento dessa dissertação.

Agradeço à Química Silvane, “Barril Dobrado”, técnica do Laboratório de Análises de Alimentos pela ajuda, alegria, profissionalismo e disposição.

Ao grupo GEF (Grupo de Estudos em Forragicultura) e seus integrantes, que “botaram a mão na massa” para que essa pesquisa fosse realizada.

A minha turma do mestrado em ciência animal, e aos amigos “forragirachulas” Tarcísio, Henrique e Danilo, pelo companheirismo e alegria nessa trajetória.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB, e à CAPES pela oportunidade de estudo e bolsa.

Agradecer é admitir que em algum momento precisou-se de alguém, é reconhecer que o homem jamais poderá lograr para si o dom de ser autossuficiente. A todos que me ajudaram o meu sincero, “muito obrigado! ”.

## EPÍGRAFE

*Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês', diz o Senhor, 'planos de fazê-los prosperar e não de causar dano, planos de dar a vocês esperança e um futuro. (Jeremias 29:11)*

## SILAGEM DE MUCILAGEM DE SISAL ADITIVADA COM FARELO DE ALGAROBA

**RESUMO:** Objetivou-se com esse estudo avaliar a silagem de mucilagem de sisal (*Agave sisalana*) aditivada com farelo de algaroba (*Prosopis juliflora*). O experimento foi realizado no setor de Forragicultura da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. As silagens foram feitas em mini silos experimentais confeccionados em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, 50 cm de comprimento, vedados com tampa adaptada com válvula tipo *Bulsen*. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0%; 10%; 20% e 30% de adição de farelo de algaroba) e cinco repetições. Posteriormente as análises foram executadas, dentre elas, da composição químico-bromatológica; digestibilidade *in situ*; determinação das perdas; processo fermentativo e estabilidade aeróbia. Como resultado o farelo de algaroba aumentou os teores de matéria seca das silagens ( $P < 0,0001$ ), de proteína bruta, carboidratos solúveis e digestibilidade da matéria orgânica, além disso reduziu os teores de cinzas, fibra em detergente neutro e lignina. Com relação as perdas do processo fermentativo, à medida que se adicionou o farelo, houve redução nos teores de perdas de matéria seca, perdas por gases e perdas por efluentes. Para perfil fermentativo, o aditivo reduziu o pH, a capacidade tampão e o nitrogênio amoniacal das silagens. Na estabilidade aeróbia, a inclusão do aditivo não melhorou a estabilidade das silagens. De acordo com os resultados obtidos o farelo de algaroba se mostrou um bom aditivo pois melhora a qualidade da silagem de mucilagem de sisal e do processo de ensilagem em diferentes aspectos, no presente estudo o nível de inclusão que obteve os melhores resultados foi de 30% de inclusão do farelo de algaroba.

**Palavras chave:** *Agave sisalana*; aditivo; ensilagem; semiárido

## SILAGE OF SISAL MIXING ADDITIVATED WITH ALGAROBA MEAL

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the sisal (*Agave sisalana*) mucilage silage supplemented with algaroba meal (*Prosopis juliflora*).

The experiment was carried out in the forage sector of the Federal University of Recôncavo da Bahia. The silages were made in miniature experimental silos made from PVC tubes of 10 cm in diameter, 50 cm in length, sealed with a cap fitted with Bulsen type valve. A completely randomized design was used, with four treatments (0%, 10%, 20% and 30% addition of algaroba meal) and five replications. Subsequently the analyzes were carried out, among them, the chemical-bromatological composition; digestibility in situ; determination of losses; fermentative process and aerobic stability. As a result, the algaroba meal increased the dry matter contents of the silages ( $p < 0.0001$ ), crude protein, soluble carbohydrates and digestibility, and reduced ash, neutral detergent fiber and lignin contents. Regarding the losses of the fermentation process, as the bran was added, there was a reduction in the contents of dry matter losses, gas losses and effluent losses. For the fermentation profile, the additive reduced the pH, the buffer capacity and the ammoniacal nitrogen of the silages. For aerobic stability, inclusion of the algaroba meal did not improve the stability of the silages. According to the results obtained, the algaroba meal proved to be a good additive because it improves the quality of the sisal mucilage silage and the ensiling process in different aspects. In the present study, the inclusion level that obtained the best results was 30% of algaroba meal inclusion.

**Keywords:** *Agave sisalana*; additive; silage; semiarid

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Processo de fermentação.....	3
2.2	Qualidade da silagem.....	5
2.3	Sisal ( <i>Agave sisalana</i> , Perrine).....	7
2.4	Aditivos em silagem.....	9
2.5	Farelo de algaroba como aditivo em silagens.....	10
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1	Procedimentos gerais.....	12
3.2	Silos experimentais.....	12
3.3	Abertura dos silos experimentais e quantificação das perdas.....	13
3.4	Análise da composição químico-bromatológica.....	15
3.5	Digestibilidade <i>in situ</i> da matéria seca.....	17
3.6	Parâmetros fermentativos da silagem.....	17
3.7	Análise da estabilidade aeróbia.....	19
3.8	Análise estatística.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

## 1 INTRODUÇÃO

A fibra do sisal é uma das mais importantes fibras do mundo, por ser biodegradável, resistente e atóxica (MARTIN *et al.*, 2009). No entanto, a agroindústria do sisal produz 325.000 t/ano de resíduo, segundo Ribeiro *et al.* (2015). Dentre os resíduos produzidos, tem-se a mucilagem de sisal, que é a polpa que envolve a fibra na folha.

Pesquisas apontam o uso da mucilagem de sisal como fonte de alimento volumoso para ruminantes (BRANDÃO *et al.*, 2013). Entretanto, o uso da mucilagem na forma “*in natura*” na alimentação animal, embora seja uma prática comum entre os pecuaristas da região sisaleira, implica em um baixo aproveitamento desse resíduo. Isso pode ocorrer em razão dos elevados teores de umidade característico da mucilagem que pode favorecer a rápida deterioração do alimento e reduzir o valor nutritivo (GEBREMARIAM e MACHIN, 2008).

Uma forma de otimizar o uso desse alimento volumoso na região semiárida brasileira é através da conservação da mucilagem de sisal na forma de silagem. Entretanto, devido ao fato da mucilagem de sisal apresentar baixos teores de matéria seca (5 a 10%), o uso de um aditivo absorvente de umidade pode elevar as chances de obter silagem com melhor qualidade (SILVA *et al.*, 2014).

Na mesma região do país, a produção média de vagens de algaroba pode chegar até 8 t/ha/ano (RIBASKI *et al.*, 2009). O farelo de vagem de algaroba é um alimento energético que possui em média 52% de carboidratos solúveis, além disso apresenta 14,1% de proteína bruta e tem boa aceitabilidade pelos ruminantes (VALADARES FILHO *et al.*, 2015).

Considerando a disponibilidade da mucilagem de sisal e vagem de algaroba na Região Nordeste, onde ambas podem ser produzidas na mesma propriedade. Além da necessidade de destinação do resíduo de maneira eficiente, a produção de silagem de mucilagem de sisal aditivada com farelo da vagem de algaroba poderá diminuir os riscos de fermentação indesejada na

silagem, pelo aumento de matéria seca proveniente do aditivo, melhorar o valor nutritivo da silagem.

O objetivo dessa pesquisa é determinar o melhor nível de inclusão do farelo de algaroba na silagem de mucilagem de sisal e seus efeitos sobre o processo fermentativo e a qualidade da silagem.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Processo de fermentação

Silagem é o produto oriundo do processo de conservação da forragem por meio da fermentação anaeróbia, já a ensilagem é o processo para obtenção da silagem e corresponde ao corte da forragem, compactação no silo, vedação e abertura. O principal objetivo do processo de ensilagem é conservar grande parte do valor nutritivo da forrageira utilizada (McDONALD *et al.*, 1981).

O princípio básico para conservação da forragem por meio da ensilagem é o controle das atividades dos microrganismos presentes no meio. Isso ocorre através da acidificação do substrato pela fermentação provocada por bactérias anaeróbias. Com isso, o pH do meio diminui e essa acidificação inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (McDONALD *et al.*, 1991).

A fermentação dentro do silo pode ser dividida em seis fases (WEINBERG e MUCK, 1996). A fase inicial é aeróbia, caracteriza-se pela produção de CO<sub>2</sub>, água e calor, provenientes da respiração da planta. A temperatura dentro do silo aumenta e ocorre perda de carboidrato solúvel. Tem o seu início durante o enchimento do silo e se prolonga até o consumo total do oxigênio, nessa fase o pH fica em torno de 6,0 e 6,5, (SANTOS e ZANINE, 2006). Muck (1988) afirma que esta fase deve ser mais curta possível e não se prolongar por mais de 24 horas, quanto mais tempo durar a presença de O<sub>2</sub> no silo, mais perdas serão provocadas. Para minimizar as perdas, o ideal é a compactação correta e total vedação do silo no menor tempo possível.

Após todo consumo do O<sub>2</sub> se inicia a fase dois. Ocorre a proliferação de enterobactérias e bactérias heterofermentativas que produzem principalmente ácido acético e reduz o pH. Esse ambiente ácido além de reduzir o número de microrganismos indesejáveis, inibe a atividade das enzimas responsáveis pela proteólise da forragem ensilada e ainda favorece o crescimento das bactérias ácido lácticas, se prolonga por 24 horas, até início da terceira fase (PENN STATE, 2004).

A fase três é a fase de fermentação láctica provenientes de bactérias homofermentativas, que utilizam as hexoses disponíveis no meio para produzir ácido láctico. Com o desenvolvimento dessas bactérias ocorre a redução do pH para valores entre 3,8 e 5,0 (PAHLOW *et al.*, 2003).

Na fase quatro há produção intensa de ácido láctico e a temperatura dentro do silo se estabiliza. Esta fase tem duração de 10 a 14 dias, o teor de carboidratos solúveis juntamente com a atividade das bactérias homoláticas determinam a redução do pH, o que é importante para a produção de uma silagem estável (PAHLOW *et al.*, 2003). Essa variação de acidez depende do teor de umidade da cultura, capacidade tampão e quantidade de carboidratos solúveis disponíveis (REIS *et al.*, 2011).

A fase cinco é caracterizada pela estabilização das atividades microbiológicas e bioquímicas no silo, após a estabilização ocorre ação reduzida de bactérias ácido-láticas, outros microrganismos sobrevivem nesse período, porém em estado inativo (McDONALD *et al.*, 1991).

A fase seis é a fase de abertura do silo e há exposição da silagem ao oxigênio. A aerobiose favorece o crescimento de fungos e leveduras que permaneceram esporulados na massa ensilada, o tempo de ação desses microrganismos até a degradação da silagem e conseqüente o aumento da temperatura da massa ensilada é o que determina a estabilidade aeróbia, que é importante para manter a qualidade nutricional do material a ser fornecido aos animais (SANTOS e ZANINE, 2006).

Embora seja um método eficaz de conservação de forragens, a ensilagem é um processo que apresenta riscos, devido as possíveis fermentações indesejadas que, resultarão em perdas de nutrientes do alimento (NEUMANN *et al.*, 2007). Essas perdas inevitáveis, são advindas da produção de efluentes, gás e calor durante a fase fermentativa (FERNANDES *et al.*, 2009).

Contudo, caso a fermentação tenha sido adequada, as perdas totais são minimizadas. As perdas inevitáveis originadas pela pré-secagem, pela respiração celular e pela fermentação indesejável podem atingir até 15% (McDONALD *et al.*, 1981).

## 2.2 Qualidade da silagem

A determinação da qualidade da silagem depende de seus valores de ácidos, umidade, pH e nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT). Vários fatores influenciam o processo fermentativo e a obtenção de silagem com alta qualidade. Conforme descrito por Neumann *et al.* (2007), os processos que ocorrem no interior do silo são ocasionados por características da forragem utilizada, como microbiota epífita, teor de matéria seca, teor de carboidratos solúveis e poder tampão da planta.

Além disso, o ambiente deve oferecer condições para o desenvolvimento de bactérias ácidos lácticas desejáveis. Elas são divididas em três categorias: bactérias homofermentativas, heterofermentativas facultativas e as heterofermentativas obrigatórias segundo Pahlow *et al.* (2003). Para produção de ácidos orgânicos, Kung *et al.* (1984), consideram satisfatórios níveis de ácido láctico entre 5,3 e 8,2% e McDonald *et al.*, 1981) considera necessária uma concentração superior a 3% de ácido láctico na matéria seca para que haja uma melhor conservação do valor nutritivo da massa ensilada.

Já o ácido acético, oriundo da ação prolongada de enterobactérias e bactérias heterofermentativas, e em menor proporção os clostrídios, é menos eficiente em reduzir o pH da silagem, mas contribui para aumentar a conservação da silagem no momento de abertura do silo e no fornecimento aos animais, no entanto, deve estar em menor concentração que o ácido láctico (TOMICH *et al.*, 2003).

O ácido butírico, produto procedente da fermentação das bactérias do gênero *Clostridium*, indica que houve fermentação indesejável e degradação de proteínas. Segundo McDonald *et al.* (1991) sua concentração deve ser no máximo 0,2% na matéria seca (MS). A fermentação butírica pode ocasionar além de perda de matéria seca, redução da aceitabilidade das silagens pelos animais, e reduzir a disponibilidade dos nutrientes através da proteólise (REIS *et al.*, 2011).

A proteólise, que é a degradação de compostos proteicos em amônia, pode ser quantificada através da avaliação da quantidade de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/NT) presente na silagem. O valor considerado tolerável por

Henderson (1993), é entre 8 a 11% no nitrogênio total, acima de 20%, pode indicar que houve excesso de perda de proteína (OSHIMA e McDONALD, 1978). Contudo, dentro dos valores toleráveis, significa que fermentação foi eficiente em inibir os microrganismos causadores da degradação de compostos proteicos em amônia, a qual é volatilizada no momento de abertura do silo (CÂNDIDO *et al.*, 2007).

O teor de MS do material a ser ensilado, também é um fator relacionado a qualidade da silagem, pois o baixo teor de matéria seca pode favorecer condições para obtenção de silagens com excesso de ácido butírico, o que a caracteriza como de baixa qualidade, devido alta atividade proteolítica, com evidente queda no valor nutritivo do material ensilado (FERRARI JÚNIOR e LAVEZZO, 2001).

Segundo Muck (1990), isso ocorre devido ao teor de umidade está relacionado com a proteólise na silagem, ou seja, quanto menor o conteúdo de MS no material ensilado maior a propensão de degradação de proteínas. Além disso, o baixo teor de MS aumenta a produção de efluentes que também ocasiona perdas das substâncias nutritivas. O teor de MS deve situar-se em torno de 30% (McDONALD *et al.*, 1991).

Para teores de pH, os valores considerados adequados em silagens é entre 3,8 e 4,2 (McDONALD *et al.*, 1991). Com esses teores, a acidez inibe a ação de enterobactérias, clostrídios e de enzimas proteolíticas da forragem ensilada (TOMICH *et al.*, 2003). O pH ideal para ação das proteases da planta é em torno de 5,0 a 6,0. Dessa forma, é importante que ocorra uma rápida queda do pH para o valor de 4,0, no intuito de prevenir a quebra da proteína por ação das enzimas proteolíticas (MUCK, 1988).

O conteúdo de carboidratos solúveis, por sua vez, deve estar acima de 8% na MS, e o baixo poder tampão, não deve oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 e 4,0 (FERRARI JÚNIOR e LAVEZZO, 2001).

O conhecimento das características da forrageira utilizada, bem como suas limitações para o processo de ensilagem e os fatores que influenciam esse processo, são importantes para obtenção de êxito no uso da forrageira conservada na forma de silagem além de determinar a necessidade da utilização de aditivos, com objetivo de reduzir os riscos e viabilizar sua utilização na alimentação animal.

### 2.3 Sisal (*Agave sisalana*, Perrine)

O sisal é uma planta originária da península de Yucatã, no México, pertence à classe das monocotiledôneas, da família *Agavaceae*, e do gênero *Agave* (DIAS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2008). No Brasil, as primeiras mudas de *Agave sisalana* Perrine foram introduzidas na Bahia em 1903 (MARTIN *et al.*, 2009). Atualmente o Brasil é o maior produtor de sisal do mundo, a Bahia é responsável por mais de 80% da produção nacional, seguido pela Paraíba e Rio Grande do Norte (CONAB, 2015).

O principal produto da exploração do sisal é a fibra natural, que tem aplicação em diferentes setores da economia, entre elas, construção civil, indústria automobilística e outras (SUINAGA *et al.*, 2007). Segundo Martin *et al.* (2009), a fibra do sisal é considerada uma das mais resistentes do mundo e a sua utilização em substituição a fibras sintéticas é recomendada por ela ser oriunda de fonte renovável, além de ser biodegradável e atóxica.

Para a utilização comercial das fibras do sisal, as folhas, passam por um processo de desfibramento (ALVES e SANTIAGO, 2006). Nesse procedimento ocorre a retirada da mucilagem, conteúdo que envolve a fibra da folha. Este método é realizado por uma máquina desfibradora acionada por um motor que desintegra a folha, exceto a parte fibrosa central (FARIA *et al.*, 2008).

O sisal possui folhas de 8 a 10 cm de largura e de 150 a 200 cm de comprimento. No beneficiamento dessas se obtém de 3 a 5% em fibra, os 95 a 97% restantes constituem os resíduos (MARTIN *et al.*, 2009). Segundo Alves e Santiago (2006), após a retirada da fibra, os resíduos podem ter inúmeras utilizações, entre elas, o uso da mucilagem como complemento alimentar para rebanhos ruminantes.

Para obtenção da mucilagem destinada a alimentação animal, deve-se retirar a fibra residual. Para isso, o resíduo produzido é processado em uma peneira rotativa, desenvolvida pela Embrapa Algodão (SILVA *et al.*, 2008). Neste processo, a fibra residual fica retida na peneira e a mucilagem, com tamanho de partícula de 0,5 a 1,0 cm, atravessa a malha (ALVES e SANTIAGO, 2006).

Alguns produtores utilizam a mucilagem como alimento volumoso para os animais. No entanto, mesmo a mucilagem sendo considerada um alimento em potencial no semiárido brasileiro, a sua utilização para o rebanho na forma “*in natura*” pode ocasionar baixo desempenho produtivo dos animais devido aos elevados teores de umidade presentes neste resíduo, que ocasionam a rápida deterioração do material, redução na aceitabilidade e no seu valor nutritivo (GEBREMARIAM e MACHIN, 2008).

Uma das alternativas para otimizar a utilização deste resíduo é a sua conservação, que pode ser feita na forma de feno ou de silagem. Entretanto, um fator limitante para sua utilização na forma de silagem, é seu baixo teor de matéria seca. Segundo Silva *et al.* (2014) os teores de umidade situam-se entre 90 a 95% logo após desfibramento. Outros autores que analisaram a mucilagem após um período de emurchecimento, relataram valores de 17,6% MS (BORGES *et al.*, 2013) e de 11,4% MS (BRANDÃO *et al.*, 2013), valores considerados baixos para obtenção de silagem de qualidade.

Sabe-se que no momento da ensilagem o teor de MS deve situar-se em torno de 30% (McDONALD *et al.*, 1991). Segundo Van Soest (1994), a silagem com elevado teor de umidade, é predisposta a apresentar teores de N-NH<sub>3</sub> elevados, além de produção de ácido butírico. Portanto, para ser ensilada adequadamente, esta umidade deve ser reduzida, através da exposição ao sol, o que pode ser um processo demorado e ocasionar perdas de nutrientes.

Outra estratégia é a utilização de aditivos, que apresente elevado teor de matéria seca, capacidade de absorver água e incremente o valor nutritivo, principalmente com relação a proteína, visto que a mucilagem apresenta baixo teor de proteína (4,06%), segundo Silva *et al.* (2014).

Se respeitado os limites adequados de matéria seca e utilizar os métodos corretos do processo de ensilagem, a mucilagem pode ser uma boa forrageira para ser ensilada. Sua utilização pode ser estratégica, pois transforma um resíduo que atualmente é descartado em alimento com bom potencial nutritivo, que pode ser fornecido ao rebanho nos períodos de escassez de forragem como uma fonte alternativa de volumoso na região produtora.

## 2.4 Aditivos em silagem

Aditivos são substâncias que quando adicionados a forrageira no momento da ensilagem, podem contribuir em reduzir as perdas de nutrientes, estimular ou inibir fermentações, incrementar o valor nutritivo da forrageira ensilada e melhorar a estabilidade aeróbia (HENDERSON, 1993).

Na classificação de McDonald *et al.* (1991) os aditivos podem ser estimulantes ou inibidores de fermentação; podem ter ação de inibir a deterioração aeróbia; incrementar nutrientes e ter ação absorvente. Nessa divisão, alguns aditivos podem se enquadrar em mais de uma categoria, ou apresentar ações contrárias em diferentes etapas do processo (SCHMIDT *et al.*, 2014).

Nussio e Schmidt (2004) sugeriram uma classificação para os aditivos utilizados no Brasil, dividiram apenas em aditivos químicos, microbianos e sequestrantes de umidade. A decisão pela adoção desses, deverá considerar a viabilidade econômica e perdas que ocorrem desde a colheita das plantas até o desempenho final dos animais.

Os aditivos sequestrantes de umidade visam elevar o teor de matéria seca das silagens, aumentar a concentração dos carboidratos solúveis e conseqüente proporcionar mais substratos para bactérias ácido lácticas. Podem ainda reduzir a ocorrência de fermentações clostrídicas, favorecer a redução do pH, reduzir a quebra de proteína em amônia e diminuir a produção de gases e efluentes (McDONALD *et al.*, 1991).

Alguns exemplos desses aditivos podem ser: polpa cítrica; subprodutos da agroindústria; do biodiesel; resíduos de colheita de soja e algodão; tortas e farelos. Um aditivo sequestrante de umidade com potencial de utilização na região semiárida do Nordeste brasileiro é o farelo de algaroba.

## 2.5 Farelo de algaroba como aditivo em silagens

A Algaroba (*Prosopis juliflora*) é uma leguminosa arbórea, da subfamília *Mimosaceae*, do gênero *Prosopis*. É originária da América do Sul, América Central e Caribe e foi introduzida no Brasil, sobretudo no Nordeste em 1942 (RIBASKI *et al.*, 2009). Constitui-se como uma das espécies adaptadas à seca e a solos de baixa fertilidade, apresenta taxa de crescimento rápida, alta aceitação como forragem pelos animais, boa produtividade, além de capacidade de rebrotar e resistir a podas, ao pastejo, a pragas e doenças (SILVA *et al.*, 2002).

No Nordeste do país, a produção média de vagens de algaroba, segundo Ribaski *et al.* (2009), é de até 8 t/ha/ano com média de 400 kg por árvore plantada. A vagem de algaroba é constituída de 58% de pericarpo; 23% de casca de semente e 13,9% de sementes (RÊGO *et al.*, 2011).

Pode ser utilizada na alimentação animal na forma *in natura*, quando suas vagens ficam disponíveis aos animais a campo (SAWAL *et al.*, 2004). Também pode ser fornecida na forma triturada, prática que facilita a mistura com outros ingredientes. Outra forma é o farelo, obtido através da desidratação das vagens e posterior moagem, mais recomendado pelo fato de incorporar todos os componentes da vagem e proporcionar aos microrganismos ruminais maior superfície de contato e conseqüentemente maior aproveitamento dos constituintes (SILVA *et al.*, 2002).

Além disso, favorece o controle de possíveis fatores antinutricionais da planta como mimosina e taninos, também reduz a incidência de insetos no armazenamento (SILVA *et al.*, 2002). De acordo com Alves *et al.* (2010), Valadares Filho *et al.* (2015) o farelo da vagem de algaroba é um alimento energético, possui 52% de carboidratos solúveis, apresenta 14,1% de proteína bruta, matéria seca superior a 90% e tem excelente aceitabilidade pelos animais.

Já as folhas da algaroba, embora disponham de maior teor de proteína (18 – 22% PB) em comparação a vagem, não são bem aceitas pelos animais. Esse fato pode ser atribuído as suas folhas conterem compostos químicos de defesa da planta, como taninos e alcaloides (RÊGO *et al.*, 2011).

O farelo de algaroba também pode ser adicionado a forragem, durante a ensilagem com o objetivo de reduzir os riscos do processo. Almeida (2014) analisou farelo de algaroba nas silagens de gramíneas tropicais (capim tanzânia e capim elefante) e concluiu que o farelo contribuiu para aumento da matéria seca, matéria orgânica, proteína, carboidratos não fibrosos e carboidratos totais, além de ter melhorado o processo fermentativo nas silagens das duas gramíneas avaliadas.

Rêgo (2008) analisou farelo de algaroba na silagem de capim elefante e constatou que a inclusão do farelo antes da ensilagem melhorou a composição química e a degradabilidade da silagem.

No caso da silagem de mucilagem de sisal, a utilização do farelo de algaroba como aditivo sequestrante de umidade pode ser favorável ao processo de fermentação, visto que a mucilagem apresenta riscos de fermentações indesejadas e perdas durante a ensilagem devido ao seu teor elevado de umidade.

Brandão *et al.* (2013) analisaram diferentes aditivos (farelo de soja, farelo de trigo, torta de dendê, pó da bateadeira, torta de licuri e torta de algodão) na silagem de mucilagem de sisal, concluíram que interferiram negativamente na qualidade das silagens os que apresentavam baixos teores de MS, e observaram ainda que o elevado teor de umidade interferiu diretamente nos teores de pH, nitrogênio amoniacal e ácido acético.

Pedreira (2011) analisou silagem de mucilagem de sisal aditivada com fubá de milho e níveis crescentes de ureia e constatou que a ureia incrementou o teor de PB e o uso do fubá diminuiu as perdas de matéria seca, perdas gasosas e produção de efluentes, além de ter evitado queda na qualidade fermentativa da silagem de mucilagem de sisal.

Diante da necessidade de utilização de aditivo sequestrante de umidade na silagem de mucilagem de sisal, e como alternativa para minimizar as limitações nutricionais apresentadas, a inclusão do farelo de algaroba na ensilagem, pode constituir uma alternativa viável, com resultados satisfatórios para este fim, além disso é tão adaptado quanto o sisal a região semiárida nordestina.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Procedimentos gerais**

O estudo foi realizado de acordo com o comitê institucional de uso animal (número 3 de protocolo 23007.0088278/2016-36) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

A ensilagem foi realizada no setor de Forragicultura do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da UFRB, campus Cruz das Almas e as análises foram realizadas no Laboratório de Análises Bromatológicas do CCAAB.

A mucilagem de sisal utilizada no experimento foi coletada no município de Valente-BA, junto a produtores associados a APAEB (Associação de Desenvolvimento Sustentável e Solidário da Região Sisaleira). O material foi coletado no campo um dia após a realização do desfibramento do sisal. Já o farelo de algaroba foi adquirido através da Empresa Riocon (Fazendas Reunidas Rio de Contas LTDA).

A proporção de farelo de algaroba utilizada no presente experimento foi de 0%, 10%, 20%, 30% de farelo com base na matéria natural ensilada. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições.

#### **3.2 Silos experimentais**

As silagens foram realizadas em mini silos experimentais, confeccionados com tubos de PVC de 10 cm de diâmetro, com 50 cm de comprimento. Em cada tampa foi feito um pequeno orifício para adaptar uma mangueira de borracha com um corte longitudinal o que resultou na adaptação

da válvula tipo *Bulsen*, para eliminação dos gases produzidos durante a estocagem da silagem.

No fundo de cada tubo foram colocados 2 kg de areia, separados da forragem por uma tela de polietileno, de maneira que tornasse possível quantificar o efluente retido. Foi mensurado a tara (cano + tampa + areia seca + tela de polietileno) antes da ensilagem, e o peso dos mini silos cheios e tampados, para a determinação quantitativa das perdas por gases, perda total de MS e perdas por efluentes, com base nas diferenças gravimétricas.

Após a adição das diferentes concentrações do farelo de algaroba, foram coletados aproximadamente 300 g do material de cada tratamento a ser ensilado para análise da composição bromatológica. Essas amostras foram colocadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 55°C. Uma segunda amostra de aproximadamente 100g foi armazenada em saco plástico e congelada imediatamente.

O material a ser ensilado foi colocado em camadas dentro dos mini silos e compactado, com o objetivo de atingir densidade próxima a 650 kg/m<sup>3</sup>, de acordo com o volume dos silos. Após enchimento dos silos, os mesmos tiveram suas tampas vedadas com fita adesiva e mantidos em ambiente coberto até a abertura, aos 35 dias de armazenamento.

### **3.3 Abertura dos silos experimentais e quantificação das perdas**

Decorrido o tempo de estocagem, 35 dias, procedeu-se a abertura dos silos e quantificação das perdas de MS, efluente e gases.

A determinação da perda total de MS foi calculada pela diferença entre o peso de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de matéria seca ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca na ensilagem, e do conjunto silo e areia úmida da abertura, conforme a equação descrita por Jobim *et al.* (2007):

$$\text{PMS} = \frac{[(\text{MSi} - \text{MSf})]}{\text{MSi}} \times 100$$

Onde:

PMS = perda total de MS%

MSi = quantidade de MS inicial, calculada pelo peso do silo após enchimento menos o peso do conjunto vazio, sem a forragem, antes do enchimento (tara seca) multiplicado pelo teor de MS da forragem na ensilagem (kg).

MSf = quantidade de MS final, calculada pelo peso do silo cheio antes da abertura menos o peso do conjunto vazio, sem a forragem, após a abertura dos silos (tara úmida) multiplicado pelo teor de MS da forragem na abertura (kg).

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca, conforme a equação descrita por Jobim *et al.* (2007):

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

Onde:

G = Perdas por gases em % da MS;

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

Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia +tela) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

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

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

A determinação da produção de efluente foi realizada mediante a diferença de pesagens do conjunto silo e areia, depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de matéria natural ensilada. Após ser retirada toda a forragem do silo experimental, foi pesado o conjunto (silo + tampa + areia úmida + tela) e, subtraindo-se deste o peso do mesmo conjunto antes da ensilagem, onde efetuou-se a estimativa da produção de efluente drenado para o fundo do balde, conforme a equação descrita por Jobim *et al.* (2007):

$$PE = Pef \times 1000 / MVi$$

Onde:

PE = produção de efluente (kg/t de massa verde);

Pef = peso de efluente (Peso do conjunto vazio após a abertura – peso do conjunto vazio antes do enchimento em kg);

MVi = quantidade de massa verde de forragem ensilada (kg).

Após a quantificação das perdas, foram retiradas as amostras de silagem para proceder as análises. A camada inicial da silagem, de aproximadamente 5 cm foi desprezada, pois essa porção inicial da silagem é passível de sofrer deterioração provenientes da respiração aeróbia. Em seguida, foram retiradas as silagens.

A silagem retirada foi homogeneizada em baldes plásticos. Após a homogeneização, três amostras de forragem foram retiradas de cada silo. Uma de aproximadamente 200 g foi adicionada em saco de papel para secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 55°C. Uma segunda amostra de aproximadamente 100 g foi armazenada em saco plástico e congelada imediatamente para análise de ácidos orgânicos e capacidade tampão. E a terceira de aproximadamente 1000 g foi retirada para análise da estabilidade aeróbia.

As análises foram conduzidas no Laboratório de análises Bromatológicas do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da UFRB, entre elas, análise da composição químico-bromatológica, avaliações do pH, de nitrogênio amoniacal, de capacidade tampão, de carboidratos solúveis e estabilidade aeróbia.

### **3.4 Análise da composição químico-bromatológica**

Antes dos procedimentos de ensilagem foram feitas análises da composição química-bromatológica da mucilagem de sisal e do farelo de algaroba utilizados no experimento, bem como da mucilagem de sisal aditivada com os diferentes níveis de farelo de algaroba (Tabela 1).

Tabela 1 Composição química-bromatológica da mucilagem de sisal aditivada com diferentes níveis de farelo de algaroba.

Itens	Farelo de Algaroba	Mucilagem de sisal com 0% de Algaroba	Mucilagem de sisal com 10% de Algaroba	Mucilagem de sisal com 20% de Algaroba	Mucilagem de sisal com 30% de Algaroba
Matéria seca (%MN)	93,3	15,54	23,86	32,13	39,29
Cinzas (%MS)	3,86	16,97	11,97	10,4	8,59
Proteína Bruta (%MS)	11,84	9,05	10,36	10,81	11,49
Carboidratos Solúveis (%MS)	23,29	3,49	5,51	10,79	14,8
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	27,68	34,17	32,60	31,43	30,52
Fibra em Detergente Acido (%MS)	15,24	24,39	22,78	21,34	19,4
Hemicelulose (%MS)	12,44	9,75	9,82	10,09	11,12
Celulose (%MS)	11,98	14,05	13,13	12,51	12,31
Lignina (%MS)	3,26	10,34	9,65	8,83	7,09

Amostras (em triplicata) dos materiais experimentais antes e após o procedimento de ensilagem foram pré-dessecadas em estufa a 55°C por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm, para determinação da MS (método 967.03), cinzas (método 942,05) e proteína bruta (PB, método 981.10) conforme métodos da AOAC (1990).

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose, foi utilizado a metodologia de Van Soest *et al.* (1991). A lignina com detergente ácido (LDA) foi determinada de acordo com a AOAC, em que o resíduo de FDA foi tratado com ácido sulfúrico a 72% para determinação de LDA de acordo com o método 973.18 (AOAC, 2002).

Para a análise dos carboidratos solúveis (CHOS) foi empregado o método do ácido sulfúrico concentrado, descrito em Dubois *et al.* (1956). Para a extração dos carboidratos solúveis, 100 mg da amostra seca e moída foi acrescida de 100 mL de solução de etanol (80%) e colocada em banho-maria a 80 °C, por 30 minutos.

Posteriormente, procedeu-se a filtragem do material, e o resíduo sólido foi descartado, completando-se o volume para 500 mL com água destilada. Em seguida, foram retiradas alíquotas de 2 mL do extrato etanólico, adicionando-se 1 mL de solução de fenol 5% e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Foi construída uma curva-padrão com concentrações crescentes de solução de

glicose a 0,01%, conduzindo-se as leituras das amostras em espectrofotômetro a 510 nm de absorvância.

### 3.5 Digestibilidade *in situ* da matéria seca

Para determinar a digestibilidade da MS foi utilizada a técnica *in situ* proposta por Huhtanen *et al.* (1994). Amostras de aproximadamente 2,0 g foram colocadas em sacos de TNT (polipropileno) medindo 5x5 cm com porosidade de 50 µm. Cada saco e amostra foram secos em estufa a 55°C por 72 horas e pesados para determinar a tara e o teor de MS da amostra.

Após a pesagem, os sacos de TNT foram colocados em sacos de náilon (15 cm x 30 cm) juntamente com um pequeno peso inicial de 100 g, amarrados com fio de náilon à cânula ruminal e inseridos na massa ventral do rúmen por um período de 288 horas.

Após o período, foi feita a retirada dos sacos incubados no rúmen, onde foram lavados com água corrente até total clareamento e submetidos para análise de FDN conforme a metodologia de Van Soest *et al.* (1991). Posteriormente foram transferidos para estufa de ventilação forçada (55°C), onde foram mantidos por 72 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa não-ventilada (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (20 sacos/dessecador) e pesados para obtenção da FDNi. A digestibilidade da MO a partir das incubações *in situ* foi calculada de acordo com a equação publicada por Huhtanen *et al.* (2006):

$$\text{DMSFDNi} = 0,839 - 0,00132 \times \text{FDNi} \text{ (gkg/MS)}.$$

### 3.6 Parâmetros fermentativos da silagem

A análise do pH das silagens foi realizada após a abertura dos silos seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Em um recipiente

foi diluído nove gramas de silagem fresca em 60 mL de água destilada e após 30 minutos de repouso, utilizando um pHmetro, procedeu-se a leitura do pH em triplicatas.

Já a análise de nitrogênio amoniacal foi feita segundo a metodologia de Bolsen (1992). Foram adicionadas 25 g de silagem fresca em 200 mL de solução de  $H_2SO_4$  a 0,2N, que permaneceu em repouso na geladeira por 48 h. Após esse período, realizou-se a filtragem do material em papel filtro.

Logo após este procedimento foi retirado 1,5 mL do filtrado e submetido a centrifugação a 13.000 rpm por 10 minutos. Posteriormente o sobrenadante foi transferido para *ependorfs*. Desse material foi pipetado 10  $\mu$ L em um tubo de ensaio, em seguida, adicionado 1,5 mL de solução de fenol. Essa mistura foi agitada com auxílio do vórtex.

Posteriormente, nessa mistura foi adicionado 1,5 mL de solução de hipoclorito de sódio e 1,5 mL hidróxido de sódio e novamente foi agitada com o auxílio do vórtex.

Após esse procedimento, os tubos foram levados para o banho-maria, permanecendo por 15 minutos a 39°C. Posteriormente foram realizadas as leituras em espectrofotômetro. Para leitura das amostras, determinou-se a curva de leitura com doses de 0; 5; 10; 15; 20; 25 e 30  $\mu$ L de cloreto de amônio. Os cálculos para obtenção do nitrogênio amoniacal no nitrogênio total foram feitos com base nos dados de proteína bruta das amostras.

Para análise da capacidade tampão, a metodologia empregada foi a descrita por Playne e McDonald (1966). Procedeu-se a maceração de aproximadamente 15g de silagem com sua diluição em 250 mL de água destilada. Posteriormente foi realizada a titulação para pH 3,0 com HCl (0,1 N) para liberar carbonatos como dióxido de carbono. Em seguida, foi titulado com NaOH (0,1 N) até pH 6,0 e registrado o volume gasto de NaOH para mudar de pH 4,0 até 6,0.

A capacidade tampão foi expressa como equivalente miligrama (e.mg) de álcali requerido para mudar o pH de 4,0 até 6,0 por 100g de matéria seca, após correção para valor da titulação de 250 mL de água destilada.

### 3.7 Análise da estabilidade aeróbia

A análise da estabilidade aeróbia foi realizada seguindo a metodologia de O'Kiely *et al.* (2001), as amostras foram mantidas em ambiente arejado, cercado com tela para evitar a entrada de insetos, e possível contaminação.

Foram monitoradas as temperaturas de cada amostra quatro vezes ao dia, durante 10 dias, com aferição da umidade relativa do ar e temperatura ambiente.

Para aferição da temperatura da silagem, foram inseridos termômetros digitais na massa ensilada, em profundidade de 10 cm, para tomada de temperatura quatro vezes ao dia (às 05, 11, 17 e 23 h) afim de obter as temperaturas da silagem nas diferentes temperaturas ao longo do dia.

A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo, em horas, para que as silagens, após a abertura do silo, apresentassem temperatura 2°C mais elevada que a temperatura ambiente (KUNG Jr. *et al.*, 2003).

Os valores observados foram:

- a) Tempo para que a temperatura da silagem apresente 2°C acima da temperatura ambiente;
- b) Temperatura máxima registrada após a abertura dos silos;
- c) Análise de pH no momento da quebra da estabilidade aeróbia;
- d) Análise de MS no momento da quebra da estabilidade aeróbia;

### 3.8 Análise estatística

Os resultados obtidos no experimento foram analisados e interpretados estatisticamente por análise de variância e regressão, utilizando o programa SAS®, comando PROC REG, significância  $P < 0,05$ . Versão 6.12 para Windows®.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de MS da mucilagem de sisal logo após o desfibramento é próximo de 5% (SILVA *et al.*, 2014). No presente estudo a mucilagem foi colhida no campo após um dia do desfibramento e apresentou teor de MS de 15,54% (Tabela 1), valor considerado baixo para proceder a ensilagem, visto que para resultar em silagem de boa qualidade são necessários entre 20% e 35% de MS, segundo McDonald *et al.* (1991).

Segundo Borreani *et al.* (2018) todas as forrageiras para serem conservadas por meio da ensilagem precisam que a concentração de umidade seja reduzida para melhorar suas características fermentativas e evitar perdas por efluente.

Tabela 2 Teores médios de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), carboidratos solúveis (CHOS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL) e digestibilidade da matéria orgânica das silagens de mucilagem de sisal com diferentes níveis de inclusão de farelo de algaroba.

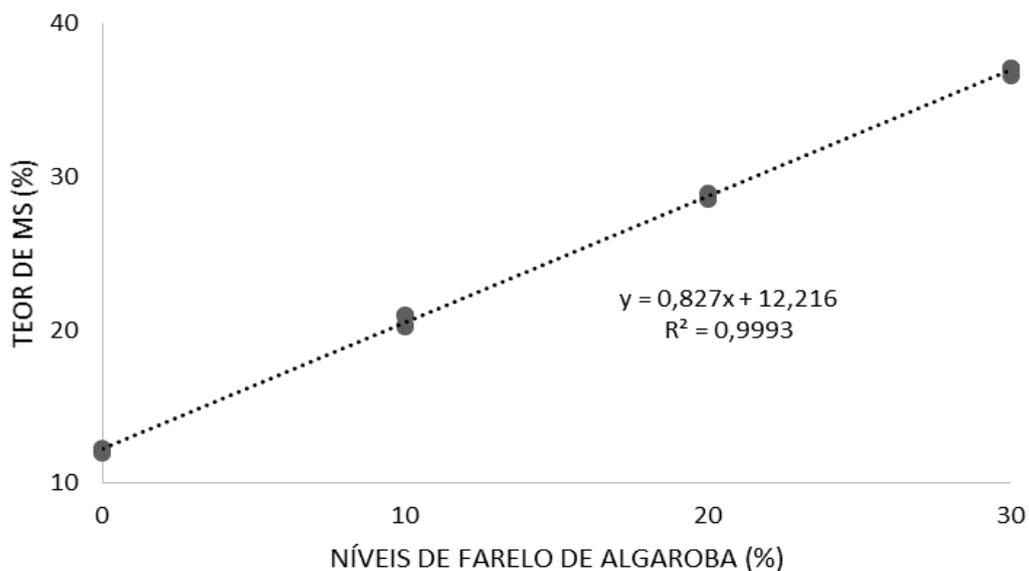
Itens	Inclusão de Farelo de Algaroba				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	CV (%)
	0 %	10%	20%	30%			
MS <sup>1</sup>	12,10	20,67	28,73	36,99	1	0,9993	1,0595
Cinzas <sup>2</sup>	16,37	12,68	10,4	8,59	2	0,9734	1,7380
PB <sup>2</sup>	8,10	9,61	10,17	11,15	3	0,9790	2,3673
CHOS <sup>2</sup>	1,84	2,35	5,34	5,80	4	0,9433	21,3290
FDN <sup>2</sup>	34,16	30,25	29,65	29,28	5	0,7773	2,2044
FDA <sup>2</sup>	26,10	20,86	19,33	18,71	6	0,8717	4,6401
LIG <sup>2</sup>	13,31	8,96	7,51	7,00	7	0,8506	8,8262
HEM <sup>2</sup>	8,06	9,39	10,32	10,57	8	0,8913	4,4606
CEL <sup>2</sup>	12,78	11,90	11,82	11,71	(ns)	0,2553	1,2730
DMO <sup>2</sup>	65,14	71,44	73,57	74,31	9	0,8556	1,8215

<sup>1</sup> % na matéria natural; <sup>2</sup> % na matéria seca; ns = não significativo; 1 -  $\hat{Y} = 0,827x + 12,216$ ; 2 -  $\hat{Y} = -0,2687x + 12,216$ ; 3 -  $\hat{Y} = 0,1009x + 8,2301$ ; 4 -  $\hat{Y} = 0,1804x + 1,1656$ ; 5 -  $\hat{Y} = -0,1338x + 32,732$ ; 6 -  $\hat{Y} = -0,5311x + 24,627$ ; 7 -  $\hat{Y} = -0,1338x + 32,732$ ; 8 -  $\hat{Y} = 0,0933x + 8,0684$ ; 9 -  $\hat{Y} = 0,3015x + 66,627$ ,

A inclusão do farelo de algaroba (FA) proporcionou aumento linear crescente ( $P < 0,0001$ ) nos teores de MS das silagens para 20,67%, 28,73%, 36,99%, com 10%, 20% e 30% de inclusão do FA, respectivamente (Tabela 2), como pode-se observar na Figura 1. Esse aumento era esperado visto que o aditivo utilizado possui 93,30% de MS, tornando-se um aditivo absorvente de umidade.

Com a adição de 10% e 20% do FA, as silagens já apresentavam valores de MS ideais considerados por McDonald *et al.* (1991). Segundo esses autores, o teor de MS do material a ser ensilado deve ser próximo a 30% para que haja a fermentação adequada caso não existam limitações de carboidratos solúveis, 20% de MS já são suficientes para produzir silagem de boa qualidade.

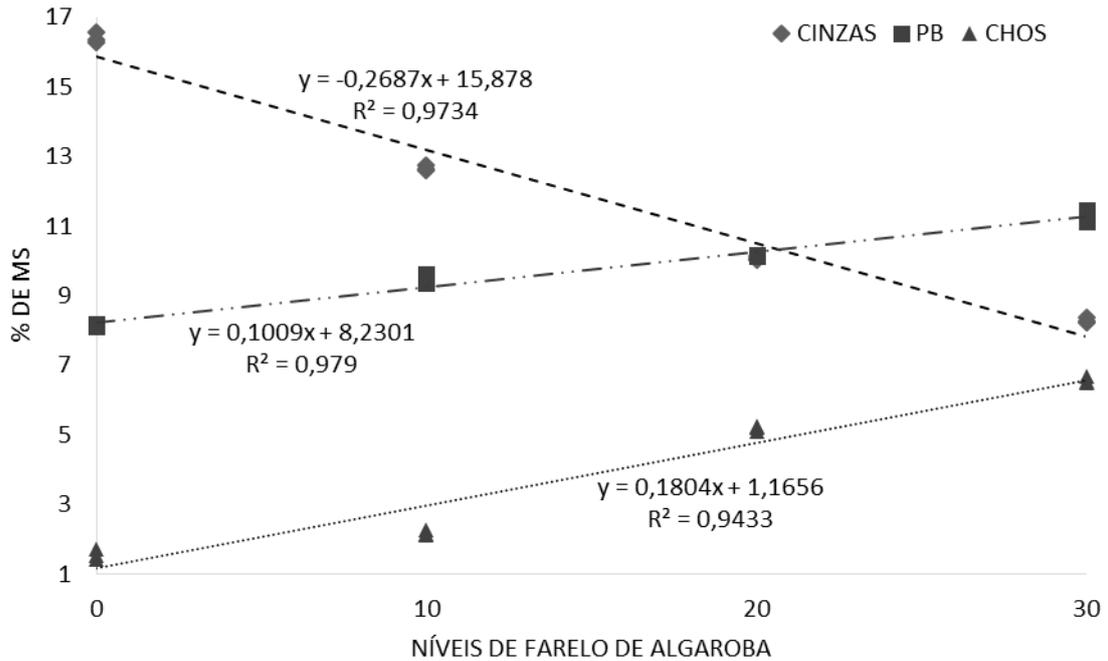
Figura 1 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba no teor de MS das silagens de mucilagem de sisal.



Na adição de 30% de FA, o teor de MS ficou acima do recomendado pela literatura. Batista *et al.* (2006) ao utilizarem vagem de algaroba na silagem de capim-elefante relataram que o excesso de MS do farelo pode dificultar a compactação, causar menor expulsão do ar do interior dos silos e favorecer a multiplicação de microrganismos aeróbios. Porém no presente estudo esse maior teor de MS não prejudicou a compactação uma vez que a mucilagem apresenta tamanho médio de partícula menor que de outras forrageiras, além de

baixo teor de FDN, comparado com gramíneas tropicais, ao exemplo do capim-elfante que apresentou 78,71% de FDN.

Figura 2 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba no teor de cinzas, proteína bruta e carboidratos solúveis das silagens de mucilagem de sisal.



Para os dados de cinzas, pela análise de regressão, observou-se efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ) da adição de FA no presente estudo. Segundo a equação o menor valor cinzas é de 7,82% na adição de 30% de FA, o maior valor observado foi de 15,88 para 0% de adição de FA.

Esse comportamento já era esperado, pois segundo Harrison, (1984) a mucilagem de sisal apresenta maiores teores de cinzas em comparação a outras forrageiras, devido a maior quantidade de cálcio, magnésio e sílica. Já o FA apresentou 3,8% de cinzas (Tabela 1). Dessa forma, a adição do FA proporcionou redução dos teores desta variável, à medida que aumentou a inclusão.

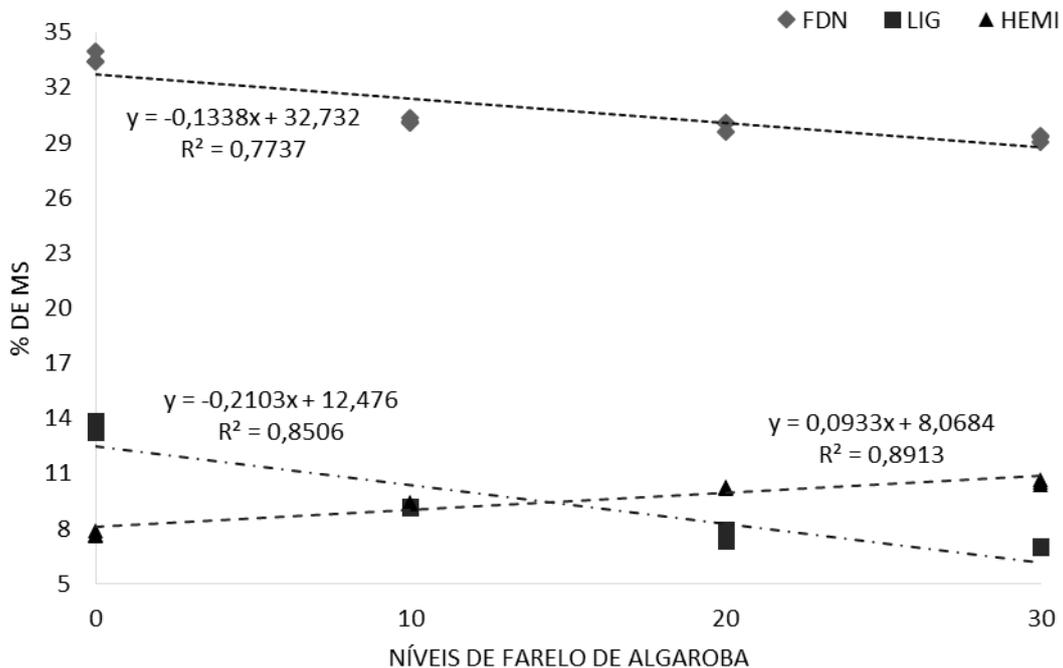
Com relação aos níveis de PB houve efeito linear crescente ( $P < 0,0001$ ) segundo a equação (Figura 2) o maior teor de PB foi 11,26% com 30% de inclusão de FA e o menor valor foi de 8,23% com 0% de inclusão de FA.

Por apresentar maior teor de PB em relação a mucilagem de sisal, a inclusão de FA resultou em aumento de 3 pontos percentuais de PB entre a silagem que recebeu o maior nível de FA e a que não recebeu o aditivo (Tabela 2). Rêgo *et al.* (2013) também observaram um aumento ( $P < 0,001$ ) nos teores de PB ao incluir farelo da vagem de algaroba na ensilagem de capim-elefante.

Ao analisar os dados de CHOS também houve efeito linear positivo ( $P < 0,0001$ ) da inclusão de FA, com ponto máximo de 6,58% de CHOS na inclusão de 30% de FA e mínimo de 1,17% com 0% de inclusão.

Pode-se observar que a algaroba apresenta 23,29% de CHOS (tabela 1), o que contribuiu para aumentar significativamente os teores dessa variável nas silagens a medida que foi incluído o FA.

Figura 3 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba nos teores de fibra em detergente neutro, lignina e hemicelulose das silagens de mucilagem de sisal.



Para os dados de FDN, houve efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ), segundo a equação a silagem com 0% de inclusão de FA apresentou ponto máximo, correspondendo a 32,73% de FDN, já como ponto mínimo foi 28,72% de FDN na inclusão de 30% de FA. Essa redução nos teores médios de FDN a medida que foi adicionado o FA pode ser explicado devido as diferenças de teores desta

variável entre a algaroba e a mucilagem de sisal utilizadas no presente estudo. A algaroba apresentou teor de 27,68% de FDN já a mucilagem apresentou 34,17% de FDN (Tabela 1).

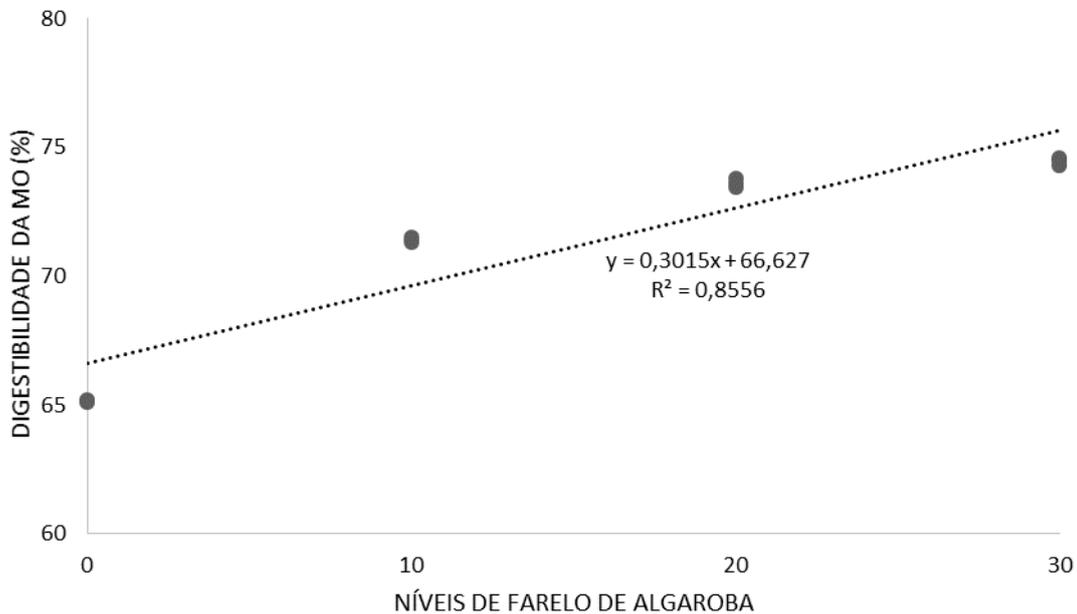
Os teores de lignina apresentaram efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ), a silagem com 0% de FA apresentou teor de lignina máximo de 12,48%, e mínimo para 6,17% na inclusão de 30% de FA.

Esses maiores teores de lignina e FDN observados na silagem que continham apenas a mucilagem de sisal podem ser explicados devido ao teor de fibra residual altamente lignificada (bucha) que a mucilagem apresenta após o desfibramento e processamento na peneira rotativa (SILVA *et al.*, 2008).

Com relação aos dados de hemicelulose, houve efeito linear positivo ( $P < 0,0001$ ). As silagens que continham maior adição do farelo de algaroba apresentaram maiores teores de hemicelulose, como valor máximo observado de 10,87% na adição de 30% de FA e valor mínimo de 8,07% com 0% de adição de FA. O farelo de algaroba do presente estudo apresentou 12,44% de hemicelulose, já a mucilagem de sisal 9,78%, antes da ensilagem (Tabela 1).

Para os dados de celulose, pela análise de regressão, não houve efeito da adição do FA ( $\hat{Y} = 12,17$ ).

Figura 4 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba na digestibilidade *in situ* da matéria orgânica das silagens de mucilagem de sisal.



Para os dados de DMO, pode-se observar que houve efeito linear positivo ( $P < 0,0001$ ) (Figura 4). O valor mínimo observado da DMO foi 66,62% para as silagens que não receberam adição do FA e à medida que houve aumento da adição do farelo, houve aumento da DMO como valor máximo de 75,67% na inclusão de 30% de FA.

Esse aumento da DMO nas silagens pode ser explicado pela maior digestibilidade do FA em comparação a mucilagem de sisal. Esta diferença pode ser explicada pela composição bromatológica dos alimentos estudados (tabela 2), o FA apresentou maiores teores de PB, FDN, CHOS e HEMI quando comparado com a mucilagem de sisal, frações melhor digestíveis do alimento (WEISS *et al.*, 1992).

Os dados obtidos foram semelhantes aos de Gebremariam e Machin (2008) que encontrou digestibilidade de 68,5% para mucilagem de sisal *in natura*. E Brandão *et al.* (2011) que relataram valores de 70%. Já para digestibilidade do farelo de algaroba foi de 75,8%, segundo Braga *et al.* (2009).

A inclusão do FA na silagem de mucilagem de sisal melhorou a composição bromatológica das silagens, aumentando o teor de MS, PB, CHOS,

HEMI e DMO, além disso diminuiu os teores de FDN, FDA, LIG e cinzas, obtendo os melhores valores na inclusão de 30% FA.

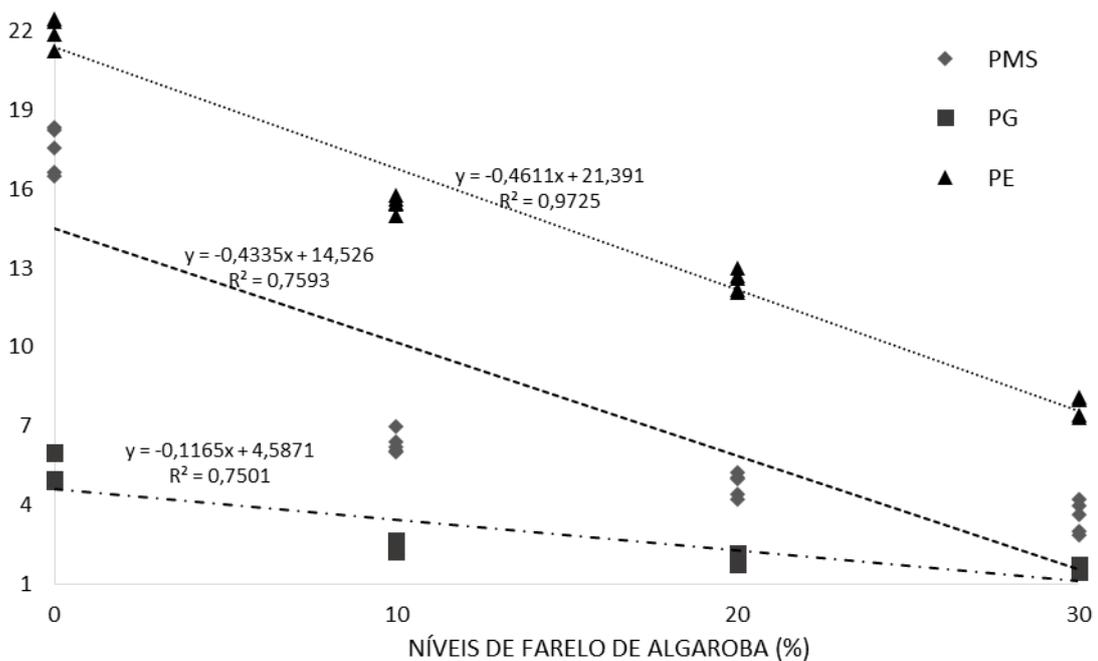
Tabela 3 Teores médios de perdas de matéria seca (PMS), perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) das silagens de mucilagem de sisal com diferentes níveis de inclusão de farelo de algaroba.

Itens	Inclusão de Farelo de Algaroba				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	CV (%)
	0%	10%	20%	30%			
PMS <sup>2</sup>	17,46	7,53	4,94	3,52	10	0,9810	15,8442
PG <sup>2</sup>	5,35	2,41	2,01	1,59	11	0,9251	19,1680
PE <sup>3</sup>	22,15	15,83	12,61	8,22	12	0,9558	5,6841

<sup>2</sup> % na matéria seca; <sup>3</sup> kg/t de matéria verde; 10 –  $\hat{Y} = -0,4335x + 14,526$ ; 11 –  $\hat{Y} = -0,1165x + 4,5871$ ; 12 –  $\hat{Y} = -0,4611x + 21,391$ .

Como resultado sobre as perdas no período fermentativo das silagens do presente estudo, pode-se observar que de forma geral houve redução nas médias para os dados de perdas (Tabela 3), na medida que houve inclusão do FA nas silagens.

Figura 5 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba nas perdas de matéria seca (%MS), perda por gases (%MS) e perdas por efluentes (Kg/t de matéria verde) das silagens de mucilagem de sisal.



Para PMS houve efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ) da inclusão do farelo de algaroba, com valor máximo de 14,53% na MS com 0% de FA e valor mínimo de 2,39% na MS com 30% de inclusão de FA, (Segundo McDonald *et al.* (1991) os teores de PMS toleráveis em uma silagem de boa qualidade são entre 2% e 5%, no presente estudo as silagens que receberam a partir de 20,% de FA apresentaram teores de PMS dentro dessa faixa. Já a silagem que não recebeu a adição do FA apresentou média acima dos valores recomendados.

De forma semelhante, as perdas por gases apresentaram efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ), com valor máximo de 4,59% na MS nas silagens com 0% de inclusão de FA e valor mínimo de 1,09% na MS nas silagens com 30% de inclusão de FA. Com redução média de 3,5 pontos percentuais de PG entre a silagem sem adição do FA e a que recebeu 30% do aditivo.

Segundo Santos e Zanine (2006), a formação de gases é causada principalmente pelo excesso de umidade do material ensilado e implica no desenvolvimento de clostrídios, bactérias produtoras de  $CO_2$ .

Para os dados de PE, também houve um efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ) com valor máximo de 21,39 kg/t de matéria verde de PE na silagem com 0% de adição de FA e valor mínimo de 7,56 kg/t de matéria verde de PE com 30% de adição de FA. O limite tolerável sugerido por McDonald *et al.* (1991) para dados de PE em uma silagem é de até 20 Kg/tonelada de massa verde.

A redução das perdas nas silagens com adição do FA indica ação favorável deste em reduzir as perdas totais da silagem de mucilagem de sisal. Essa redução pode ser explicada pelo aumento do teor de MS do material ensilado, o que proporciona melhor fermentação, menor atividade de água e conseqüentemente menor ação de microrganismos deletérios.

Brandão *et al.* (2013) analisaram diferentes aditivos (farelo de soja, farelo de trigo, torta de dendê, pó da bateadeira, torta de licuri e torta de algodão) na silagem de mucilagem de sisal e concluíram que os aditivos que contribuíram para elevar o teor de MS da silagem foram os que proporcionaram menores teores de perdas na fermentação da silagem.

A utilização do FA na silagem de mucilagem de sisal diminuiu as perdas do processo fermentativo, reduzindo as PMS, PG e PE das silagens, tendo menores valores de perdas com 30% de inclusão de FA.

Tabela 4 Teores médios de pH, capacidade tampão (CT) e nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>) das silagens de mucilagem de sisal com níveis de farelo de algaroba.

Itens	Inclusão de Farelo de Algaroba				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	CV (%)
	0 %	10%	20%	30%			
pH	5,57	4,10	3,84	3,88	13	0,6979	2,6162
CT <sup>4</sup>	27,83	14,29	9,31	6,72	14	0,8813	6,3703
N-NH <sub>3</sub> <sup>5</sup>	18,75	3,07	2,96	2,44	15	0,7295	38,4913

<sup>2</sup> % na matéria seca; <sup>4</sup> meq de NaOH requerido para elevar o pH de 100 g de matéria seca de 4,0 para 6,0; <sup>5</sup> % nitrogênio amoniacal no nitrogênio total; ns = não significativo; 13 -  $\hat{Y} = -0,0535x + 5,1499$ ; 14 -  $\hat{Y} = -0,6734x + 24,559$ ; 15 -  $\hat{Y} = -0,5044x + 15,536$ .

Segundo McDonald *et al.* (1991) o pH das silagens é resultante da produção de ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, através das bactérias ácido-láticas, a partir da fermentação de açúcares solúveis, e a faixa de pH considerada ideal em uma silagem é entre 3,8 e 4,2. De acordo com a Tabela 4, todas as silagens que receberam a adição do FA apresentaram pH dentro dessa faixa.

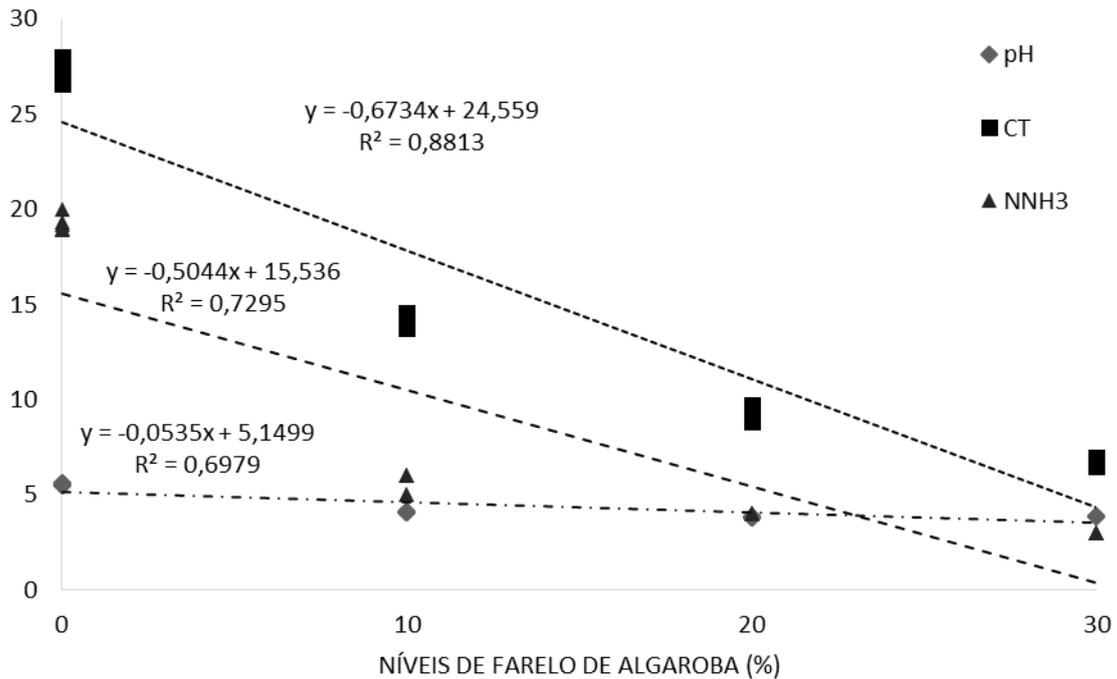
Com relação ao pH das silagens do estudo, a silagem que não recebeu a adição do FA obteve pH de 5,57, valor superior ao recomendado por McDonald *et al.* (1991) para os demais tratamentos os valores ficaram na faixa adequada (Tabela 4).

Na análise de regressão os valores de pH apresentaram efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ) (Figura 6) com valor máximo de pH de 5,15 para 0% de inclusão do farelo de algaroba e mínimo de 3,54 para 30% de inclusão de FA.

Segundo Reis *et al.* (2011) a variação de acidez da silagem na fase de fermentação depende do teor de umidade da cultura, capacidade tampão e quantidade de carboidratos solúveis disponíveis. E como já relatado, o FA contribuiu com a redução de MS, o que pode ter proporcionado maior ação das bactérias ácido lácticas.

Já o pH mais elevado da silagem com 0% de inclusão de FA, pode ser explicado pois segundo Harrison (1984), a mucilagem apresenta alto teor de cálcio e magnésio, que pode agir como tamponantes no processo fermentativo.

Figura 6 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba nos valores de pH, capacidade tampão (CT) e nitrogênio amoniacal (NNH<sub>3</sub>) das silagens de mucilagem de sisal.



Para os dados de capacidade tampão (CT) que, segundo Woolford, (1984) representa a habilidade da massa ensilada de resistir às variações de pH, os dados também apresentaram um efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ).

Segundo McDonald *et al.* (1991), os valores considerados toleráveis para que haja uma fermentação adequada é de até 20 emg de HCl/100 g de MS. Dentre os resultados do presente estudo, as silagens com 0% de adição de FA foram as únicas que obtiveram dados maiores que o recomendado, apresentando o ponto máximo da equação com 27,56 emg de HCl/100 g de MS, para o valor mínimo de 4,36 emg de HCl/100 g de MS, a inclusão de FA foi 30%.

Como já mencionado, a mucilagem de sisal apresenta minerais como cálcio e magnésio que são cátions, que agem no meio como substâncias tamponantes. Com o acréscimo do FA, além de ocorrer a redução dessas substâncias, ocorreu também a disponibilidade de CHOS. Essa disponibilidade de CHOS na massa ensilada, proveniente do FA contribuiu para que as silagens apresentassem pH e CT dentro dos limites considerados adequados na literatura.

Para os dados de N-NH<sub>3</sub> da silagem também houve um efeito linear negativo ( $P < 0,0001$ ). Este dado corresponde a proteólise que ocorreu durante o processo de ensilagem, possui valor tolerável entre 8 a 11% no nitrogênio total (HENDERSON, 1993). Dentro dessa variação, significa que houve fermentação adequada para a conservação do material dentro do silo, e que não ocorreu a quebra excessiva da proteína em amônia (OHSIMA e McDONALD, 1978).

O excesso de NH<sub>3</sub>/NT é um indicativo da presença de clostrídios, uma vez que esses microrganismos são os principais produtores desse composto (McDONALD *et al.*, 1991). Esse fator resulta em baixa qualidade da silagem, por causa da degradação de compostos proteicos em amônia, à qual é volatilizada no momento de abertura do silo (CÂNDIDO *et al.*, 2007).

Pode-se observar (Tabela 4) que houve uma diferença de 16,31 pontos percentuais entre a silagem com 0% e com 30% de adição de FA, com médias de 18,75% e 2,44%, respectivamente. Segundo a equação de regressão o valor mínimo observado é 0,40% N-NH<sub>3</sub> para uma adição de 30% de FA.

Essa diferença pode ser explicada segundo Muck (1990), devido ao teor de umidade está relacionado com a proteólise na silagem, ou seja, quanto menor o conteúdo de MS no material ensilado maior a propensão de degradação de proteínas.

O uso do farelo de algaroba na silagem de mucilagem de sisal melhorou as características fermentativas, reduzindo o pH, a capacidade tampão e o nitrogênio amoniacal no nitrogênio total das silagens, tendo melhores valores com 30% de inclusão de FA.

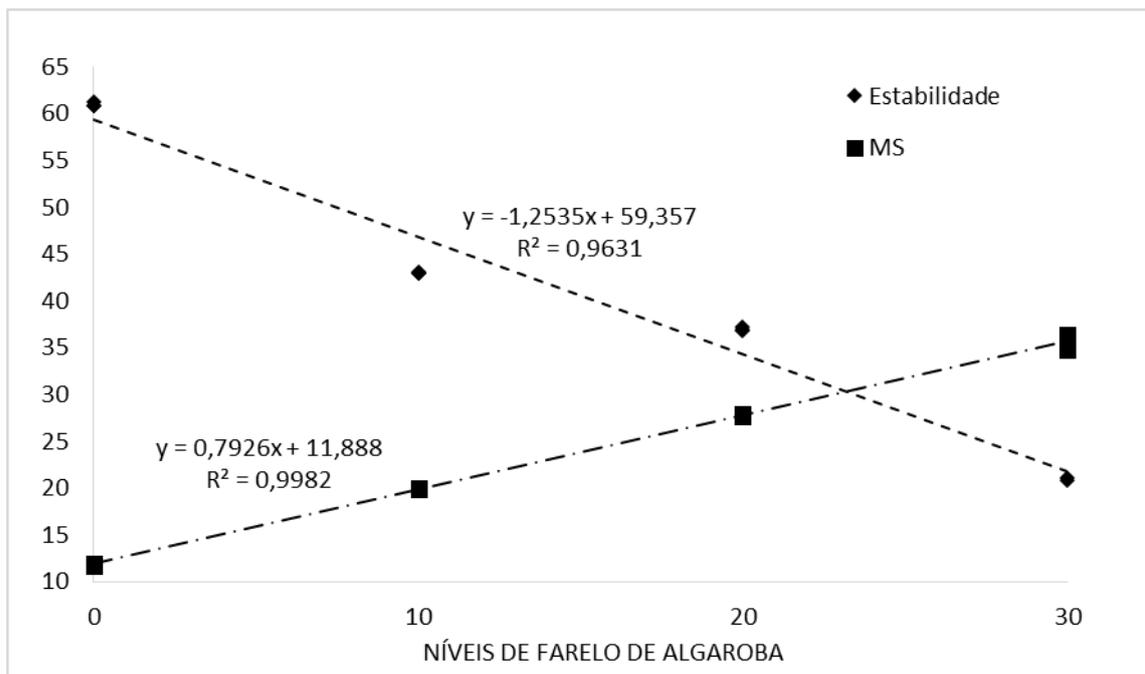
Tabela 5 Valores médios de estabilidade aeróbia, temperatura máxima, pH e matéria seca das silagens de mucilagem de sisal com níveis de farelo de algaroba.

Itens	Inclusão de Farelo de Algaroba				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	CV (%)
	0 %	10%	20%	30%			
Estabilidade (h)	61	43	37	21	16	0,9631	18,825
Tmax (°C)	35,7	37,3	38,7	40,3	17	0,9281	2,0131
pH	5,92	5,57	5,74	5,82	(ns)	0,4103	1,1915
MS (%)	11,81	19,92	27,76	35,68	18	0,9982	13,438

16 -  $\hat{Y} = -1,2535x + 59,357$ ; 17 -  $\hat{Y} = 0,1533x + 35,7$ ; 18 -  $\hat{Y} = 5,76$ ; 20 -  $\hat{Y} = 0,7926x + 11,888$ ; ns = não significativo; Estabilidade (h)= Hora em que a temperatura da silagem aumentou 2 °C acima da temperatura ambiente; Tmax=Temperatura máxima em °C atingida pela silagem em aerobiose; pH= pH da silagem no momento da quebra da estabilidade; MS(%)=matéria seca da silagem no momento da quebra da estabilidade.

Para os dados de estabilidade aeróbia, pode-se observar (Tabela 5) que as silagens sem a adição do farelo de algaroba permaneceram mais tempo para que a massa da silagem aumentasse 2 °C acima da temperatura ambiente (28 °C). Este fato indica que as massas ensiladas com o farelo de algaroba apresentaram uma maior velocidade de deterioração após exposição ao ar.

Figura 7 Efeito dos níveis de inclusão do farelo de algaroba nos valores de estabilidade aeróbia (horas) e matéria seca (%) das silagens de mucilagem de sisal.



Para estabilidade a regressão apontou efeito linear decrescente ( $P < 0,0001$ ) com ponto máximo de 59,36 horas nas silagens com 0% de adição do FA e mínimo de 21,75 horas com 30% de inclusão de FA.

As silagens com 0% de adição do farelo atingiram temperatura máxima de 35,7 °C, à medida que houve a adição do farelo a temperatura aumentou, com valor máximo de 40,3 °C para 30% de adição do FA.

O menor tempo de estabilidade e o aumento da temperatura proporcionalmente a inclusão do FA pode ser explicada porque, a atividade de microrganismos decompositores da silagem é mais intensa nas silagens de melhor qualidade, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácido láctico residuais.

Para MS no momento da quebra da estabilidade aeróbia das silagens, pode-se observar que houve redução das médias ao comparar com os valores de MS logo após a abertura (Tabela 2). Isso ocorreu devido aos microrganismos deletérios degradarem os substratos presentes na massa ensilada e produzem dióxido de carbono, água e calor, o que conseqüentemente reduz a MS (SANTOS e ZANINE, 2006).

Com relação ao pH das silagens, dentre as que receberam o FA, pode-se observar que ocorreram aumento dos valores ao comparar o momento da abertura dos silos (Tabela 4) e o momento da quebra da estabilidade (Tabela 5). No momento que foi detectado a perda da estabilidade aeróbia, a silagem aditivada com 30% de farelo atingiu pH de 5,84. O que resulta em 1,94 pontos percentuais a mais que no momento da abertura.

Esse resultado indica que houve deterioração dos ácidos produzidos durante a silagem pelos microrganismos aeróbios, o que resulta no aumento do pH e no conteúdo de energia.

A inclusão do FA não implicou em melhora da vida útil da silagem, constatado pela redução da estabilidade aeróbia, à medida que aumentou a adição. Nem sempre um aditivo será capaz de atuar sobre a composição bromatológica, processo fermentativo e estabilidade aeróbia. Todavia, resultados benéficos em uma fase, não podem ser desprezados em detrimento da não obtenção de efeito em outras fases.

## 5 CONCLUSÃO

O teor de MS da mucilagem de sisal é baixo para a sua conservação na forma de silagem. Isto pode acarretar em perdas no valor nutricional e processos fermentativos indesejados, inviabilizando seu uso na nutrição de ruminantes.

De acordo com os resultados obtidos, a inclusão do farelo de algaroba como aditivo na silagem de mucilagem de sisal é uma boa alternativa. Pois aumenta o teor de matéria seca do alimento, melhora a qualidade da silagem e seu perfil fermentativo, porém não melhora a estabilidade aeróbia das silagens.

No presente estudo o nível de inclusão que obteve os melhores resultados para as variáveis analisadas foi de 30% de inclusão de farelo de algaroba.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.T.S. 2014. Farelo de algaroba como aditivo em silagens de gramíneas tropicais. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia.
- ALVES E.M.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, C.A.S.; AGUIAR, L.V.; PEREIRA, M.L.A.; ALMEIDA, P.J.P. 2010. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia. **Acta Science Animal** 32: 439-445.
- ALVES, M.O.; SANTIAGO, E.G. 2006. Tecnologias e relações sociais de produção no setor sisaleiro nordestino. **Revista Econômica do Nordeste** 37: 368-381.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. **Official methods of analysis** 15. ed. Arlington: AOAC International, 1117p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 2002. **Official methods of analysis** 17. ed. Association of Official Analytical Chemists., Washington, DC, USA
- BATISTA, A.M.V.; GUIM, A.; SOUZA, I.S.; LIRA, K.G.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. 2006. Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35: 1-6.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silage. **Journal of Dairy Science** 75: 3066-3083.
- BORGES, G.N.; FIGUEROA, J.; PETIT, P.; BLANCO, R.S. 2013. Preliminary evaluation of sisal (*Agave sisalana*) silage on total confinement lamb feeding. **Asian Journal of Animal Research** 1: 42-44.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of dairy Science** 101: 3952-3979.
- 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. 2013. Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Revista Ciências Agrárias** 34: 2991-3000.
- CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, A.C.H. 2007. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36: 1489-1494.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2015. Sisal conjuntura especial, Retrospectiva 2015.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.D.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.D.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; AZEVEDO, J.A.G. 2012. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, Suprema.
- DIAS, A.B.; CUNHA, A.L.; SILVA, A.O.; OLIVEIRA, I.F. 2015. Potencial de indicação geográfica do sisal na Bahia. **Revista Cadernos de Prospecção** 8: 174-181.
- DUBOIS, M.; GILES, K.A.; HAMILTON, J.K. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry** 28: 350-356.
- FARIA, M.M.S.; JAEGER, S.M.P.L.; OLIVEIRA, G.J.C.; OLIVEIRA, R.L.; LEDO, C.A.S.; SANTANA, F.S. 2008. Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal submetido à auto fermentação. **Magistra** 20: 30-35.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. 2009. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 2111-2115.

FERRARI JR., E.; LAVEZZO, W. 2001 Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia** 30: 1424-1431.

GEBREMARIAM, D.Y.; MACHIN, D.H. 2008. Evaluation of sun dried sisal pulp (*Agave sisalana* Perrine) as feed for sheep in Eritrea. **Livestock Research for Rural Development** 20: 183

HARRISSON, D.G.; 1984. The use of sisal by products as feed for ruminants. *Word animal review*. 6-375.

HENDERSON, N. 1993. Silage Additives Animal. **Feed Science and Technologies** 45: 35-56.

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

KUNG JR., L., GRIEVE, D.B., THOMAS, J.W. 1984. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **J. Dairy Science** 67: 299-306.

KUNG JR., L.; RANJIT, N.K. 2001. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science** 84: 1149-1155.

KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. 2003. **Silage additives**. P. 251-304 In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.

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

MARTIN, A.R.; MARTINS, M.A.; MATTOSO, L.H.C.; SILVA, O.R.R.F. 2009. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Ciência e Tecnologia** 19: 40-46.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. 1991. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcomb Publications, Bath, England.

McDONALD, P.; WILEY, J.; SONS .1981 **The biochemistry of silage**. British library Chalcomb Publications, Bath, England.

MUCK, R.E. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science** 71: 2992-3002.

MUCK, R.E. 1990. **Dry matter level effects on alfalfa silage quality. II. Fermentation products and starch hydrolysis**. Transactions of the ASAE, 373-81.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; OST, P.R.; RESTLE, J.; SANDINI, I.E.; ROMANO, M.A. 2007. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partículas e da altura da colheita das plantas de milho. **Ciência Rural** 33: 847-854.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. 2004. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas. **Anais Maringá: UEM**, 1-33.

O'KIELY, P. O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. 2001. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: **international grassland congress** 19.

OSHIMA, M.; McDONALD, P. 1978. A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 29: 497-505.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. 2003. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology** 1: 31-94.

PEDREIRA, E.M. 2011. Avaliação de silagens de mucilagem de sisal aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de uréia. Dissertação apresentada ao colegiado de Pós Graduação em Ciência animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY - PENN STATE. 2004. **Understanding silage management**. State College: Pennsylvania State University 1-40.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal Science Food and Agriculture** 17: 264-268.

RÊGO, A.C. 2008. Avaliação de silagem de capim-elefante (*penissetum purpureum*, shum) com inclusão do farelo da vagem de algaroba (*prosopis juliflora*). Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

RÊGO, A.C.; PAIVA, P.C.A.; MUNIZ, J.A.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; MACHADO NETO, O.R. 2011. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante com adição de vagem de algaroba triturada. **Revista Ciência Agronômica** 42: 199-207.

RÊGO, A. C. D.; PAIVA, P. C. D. A.; MUNIZ, J. A.; VAN CLEEF, E. H. C. B.; MACHADO NETO, O. R.; MATA JUNIOR, J. I. D. 2013. Mesquite pod meal in elephant grass silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 35: 251-258.

REIS, R.A.; BASSO, F.C.; ROTH, A.P. de T.P.; BERNARDES, T.F. 2011. Avanços recentes na ensilagem de milho e gramíneas tropicais. In: III Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes.

RIBASKI, J.; DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, V.R.; NASCIMENTO, C.E.S. 2009 Algaroba (*Prosopis juliflora*): árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira. Comunicado Técnico 240 – EMBRAPA/MAPA. Colombo-PR.

RIBEIRO, B.D.; BARRETO, D.W.; COELHO, M.A.Z. 2015. Use of micellar extraction and cloud point preconcentration for valorization of saponins from sisal (*Agave sisalana*). **Food and Bioproducts Processing** 94: 601-609.

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. 2006. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae** 2: 32-45;

SAWAL, R.K.; RATAN, R.; YADAV, S.B.S. 2004. Mesquite (*Prosopis juliflora*) pods as a feed resource livestock a review. **Journal Animal Science** 17: 719-725.

SCHMIDT, P; NUSSIO, L.G; QUEIROZ, O.C.M. 2014. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia** 43: 8-13.

SILVA, A.M; OLIVEIRA, R. L, RIBEIRO. O.L; BAGALDO, A.R; BEZERRA, L.R; TEIXEIRA CARVALHO, S.T; ABREU, C.L; LEÃO, A.G. 2014. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae** 5: 370-379.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002 **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Imprensa Universitária, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L.; JORDÃO FILHO, J. 2002. Valores energéticos e efeitos da inclusão do farelo de vagem de algarobeira (*P. juliflora* (Sw.) D.C.) em substituição ao milho em rações de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31: 2255-2264.

SILVA, O.R.R.F.; COUTINHO, W.M.; CARTAXO, W.V.; SOFIATTI, V.; SILVA FILHO, J.L.; CARVALHO, O.S. 2008. Cultivo do sisal no Nordeste, Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 24p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 123).

SUINAGA, F.A.; SILVA, O.R.R.F.; COUTINHO, W.M.; 2007. Avaliação agrônômica de oito genótipos de Sisal (*Agave ssp.*). Campina Grande: Embrapa Algodão. (Comunicado Técnico, 340).

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. 2003. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal 20p.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. 2015. Tabelas brasileiras de composição de alimentos. Disponível em < <http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>> Acesso em maio de 2017.

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

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **Microbiology Reviews** 19: 53-68

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; St. PIERRE, N.R. 1992. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology** 39: 95-110

WOOLFORD, M.K. 1984. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker. 350p.