

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
TROPICAL**

**Características fermentativas e nutricionais da silagem de sorgo
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com diferentes níveis de feno de
leucena (*Leucaena leucocephala*)**

Bruna Gomes Pereira

**ARAGUAÍNA – TO
2017**

BRUNA GOMES PEREIRA

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DA SILAGEM DE SORGO
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO DE LEUCENA
(*Leucaena leucocephala*)

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre, junto ao Programa
de Pós Graduação em Ciência Animal
Tropical da Universidade Federal do
Tocantins.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia de Araújo

ARAGUAÍNA – TO

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

P436c Pereira, Bruna Gomes.

Características fermentativas e nutricionais da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com diferentes níveis de feno de leucena (*Leucaena leucocephala*). / Bruna Gomes Pereira. – Araguaína, TO, 2017.

67 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós- Graduação (Mestrado) em Ciência Animal Tropical, 2017.

Orientador: Vera Lúcia de Araújo

1. Conservação de Forragem. 2. Composição Bromatológica. 3. Valor Nutricional . 4. Léguminosa. I. Título

CDD 636.089

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E NUTRICIONAIS DA SILAGEM DE
SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO
DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala*)

Por

BRUNA GOMES PEREIRA

Dissertação aprovada em 21/02/2017 como requisito
para obtenção do título de Mestre, tendo sido julgada
pela banca examinadora formada por:



Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia de Araújo, UFT
(Orientadora)



Prof^a. Dr^a Deborah Alves Ferreira, UFT
(Membro)



Prof^a. Dr^a Ana Cristina Holanda Ferreira, UFT
(Membro)

ARAGUAÍNA – TO

2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Francisco Cândido Pereira e Francisca Gomes Pereira e ao meu irmão Leandro Gomes Pereira por todo amor, confiança e esforço em me ajudar a realizar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo discernimento, coragem, fé e saúde para que eu pudesse me manter firme até o fim nas minhas decisões.

À Universidade Federal do Tocantins – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical – PGcat pelo apoio para a realização deste projeto e pelo aprendizado durante a graduação e a pós-graduação.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudos.

Aos meus familiares e amigos que mesmo com a distância, sempre me apoiaram e torceram por mim.

Ao meu namorado Ithálo Barros, que foi de extrema importância para a realização desse trabalho, obrigada por todo amor, apoio e principalmente o respeito e a compreensão com meus atos e decisões. Você amor, tem parte extremamente significativa nessa conquista, ela é um pouco sua também.

À professora Vera Lúcia de Araújo, pela orientação e todo o apoio durante o mestrado.

À Angélica Pedrico por toda a ajuda, a presença constante e as sempre valiosas sugestões para melhoria do trabalho.

À Jacqueline dos Santos e Máximo da Costa, duas pessoas importantes para a execução do trabalho. Espero contar com a amizade de você para sempre. MUITO OBRIGADA por tudo.

Ao professor Luciano Fernandes pela ajuda com a estatística e com a realização das avaliações *in vitro*.

Ao professor Clementino Santos por todos os ensinamentos e ajuda para a realização do experimento.

A Daynara, Darley, Thamara, Maria Eugenia e Júnior Carvalho pela ajuda sempre que puderam no desenvolver do experimento.

Aos amigos Giulliane, Ingrid, Kaio, Priscylla, Wanderson, Thiago, Raquel, Rhaiza e todos os colegas pelos momentos de estudo e convivência ao longo do mestrado.

Aos técnicos do laboratório de nutrição animal, Adriano e Josimar meus mais sinceros agradecimentos por toda ajuda durante as análises.

À todos os integrantes do grupo de estudos em Produção de Ruminantes coordenado pelo professor José Neuman Miranda Neiva, pelo aprendizado não só nesses dois anos de mestrado, mas pela contribuição em toda a minha formação.

Por fim, à todos que de alguma forma contribuíram para a realização do trabalho e não foram citados, MUITO OBRIGADA.

*“Das batalhas vencidas sem saber, que ainda tinha uma
guerra pra lutar...”
(Amigo Velho – Falamansa)*

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA	16
1.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SORGO	16
1.2 - LEUCENA E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	17
1.3 - A SILAGEM E SEUS PROCESSOS FERMENTATIVOS	19
1.4 - UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NUTRIENTES NA SILAGEM	21
1.5 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FERMENTATIVA E NUTRICIONAL DA SILAGEM..	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPITULO II - COMPOSIÇÃO QUÍMICO - BROMATOLÓGICA E ASPECTOS FERMENTATIVOS DA SILAGEM DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO DE LEUCENA (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
CAPITULO III – DEGRADABILIDADE RUMINAL <i>IN VITRO</i> E PRODUÇÃO DE GASES DA SILAGEM DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO DE LEUCENA (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	54
RESUMO.....	54
ABSTRACT	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS.....	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de feno de leucena na silagem de sorgo. Foram testados quatro níveis de inclusão do feno 0%, 15%, 30% e 45% e as silagens produzidas foram avaliadas quanto a sua composição bromatológica, qualidade fermentativa e valor nutricional. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento, os dados foram submetidos a análise de variância e regressão. A inclusão do feno de leucena influenciou as características fermentativas e bromatológicas da silagem. As silagens apresentaram pH variando de 3,32 para silagens sem inclusão de feno a 3,88 para silagens com 45% de inclusão de feno. O teor de MS foi elevado em 197,84% com a inclusão e 45% de feno apresentando valores de 29,28% para silagens com 0% e 57,93% para a silagem com 45%. O N-NH₃/NT apresentou acréscimo linear com aumento de 4,73% no teor de N-NH₃/NT para cada 1% de inclusão do feno. A DIVMS não sofreu alteração com a inclusão do feno de leucena, apresentando média de 55,01%. Para as variáveis MM, PB e LIG foi observado comportamento linear crescente ($P < 0,05$) com a inclusão do feno. Já o teor de MO, FDN, CHOT e CNF sofreram decréscimo linear e as variáveis EE, FDA, HEM e CEL apresentaram comportamento quadrático. Na avaliação da degradabilidade e da cinética de fermentação ruminal pela técnica *in vitro* de produção de gases, os potenciais máximos de produção de gases variaram de 311,69 mL . g⁻¹ de MS para silagem de sorgo puro a 209,16 mL . g⁻¹ de MS para a silagem com 45% de inclusão do feno. As taxas de produção de gases variaram entre 0,024 e 0,027 mL . g⁻¹ de MS . h⁻¹ para as silagens com 0% e 45% de inclusão do feno respectivamente. Os tempos de colonização foram maiores para a silagem sem inclusão do feno 1h46min. A silagem sem inclusão de leucena foi a que apresentou maior produção de gás seguida da silagem com 15%, as silagens com 30% e 45% de inclusão do feno apresentaram menores produções de gases.

Palavras chave: conservação de forragem, composição bromatológica, valor nutricional.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of increasing levels of leucine hay on sorghum silage. Four inclusion levels of 0%, 15%, 30% and 45% hay were tested and the silages produced were evaluated for their bromatological composition, fermentative quality and nutritional value. The experimental design was a randomized block with four replicates per treatment, the data were submitted to analysis of variance and regression. The inclusion of leucine hay influenced the fermentative and bromatological characteristics of the silage. The silages presented pH ranging from 3.32 for silages without inclusion of hay to 3.88 for silages with 45% of hay inclusion. The DM content was elevated by 197.84% with inclusion and 45% hay presenting values of 29.28% for silages with 0% and 57.93% for silage with 45%. N-NH₃ / NT presented linear increase with increase of 4.73% in N-NH₃ / NT content for each 1% of hay inclusion. The IVDMD did not change with the addition of leucene hay, presenting an average of 55.01%. For the variables MM, PB and LIG, linear behavior was observed increasing ($P < 0.05$) with the inclusion of hay. On the other hand, the OM, NDF, CHOT and CNF contents decreased linearly and the EE, FDA, HEM and CEL variables presented a quadratic behavior. In the evaluation of the degradability and kinetics of ruminal fermentation by the in vitro technique of gas production, the maximum potentials of gas production varied from 311.69 mL. G⁻¹ from MS for pure sorghum silage at 209.16 mL. G⁻¹ of MS for silage with 45% hay inclusion. The rates of gas production ranged from 0.024 to 0.027 mL. G⁻¹ from MS. H⁻¹ for silages with 0% and 45% hay inclusion respectively. The colonization times were higher for the silage without hay inclusion 1h46min. The silage without leucine inclusion showed the highest gas production followed by silage with 15%, silages with 30% and 45% of hay inclusion presented lower gas production.

Key words: forage conservation, bromatological composition, fermentation quality

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Somas semanais de precipitação (mm) e médias semanais de temperatura máxima e mínima durante o período experimental no ano de 2016, em Araguaína - TO.	36
Tabela 2.2 - Composição químico-bromatológica do capim-elefante e feno de leucena antes da ensilagem.	37
Tabela 2.3 - Teor de matéria seca (MS), potencial hidrogênico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena	40
Tabela 2.4 - Composição bromatológica da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena.....	43
Tabela 3.1 - Composição químico-bromatológica da silagem de sorgo com níveis de inclusão de feno de leucena.....	57
Tabela 3.2 - Parâmetros da cinética de fermentação ruminal <i>in vitro</i> das silagens de seis híbridos de sorgo, utilizando o modelo de France, degradabilidade efetiva e degradabilidade da matéria seca (DEMS).....	60
Tabela 3.3 - Equações da produção acumulativa de gases (PCG), em mL.g ⁻¹ de MS de silagem de híbrido de sorgo com inclusão de feno de leucena	63

INTRODUÇÃO

A demanda da população mundial por alimento pode aumentar aproximadamente 70% até 2050. Tornando necessário aumento na produção de alimentos (FAO, 2009). A intensificação de produção de carne e de leite das mais variadas espécies, principalmente bovinos, ovinos e caprinos. É uma das opções viáveis para que a demanda por alimento não seja maior que a oferta.

O Brasil possui um grande potencial para a produção de ruminantes a pasto, devido as suas áreas extensas e condições climáticas favoráveis. No entanto, as características edáfo-climáticas controlam a dinâmica de crescimento vegetal, determinando períodos de elevada produção e períodos de baixa ou nenhuma produção da biomassa vegetal. Dessa forma durante as águas há alta produção vegetal e no período seco há escassez (SILVA et al. 2010)

Para que o sistema de produção animal seja eficiente devem-se buscar tecnologias que permitam o fornecimento ininterrupto de alimento durante todo o ano. A conservação de forragens por meio de ensilagem tornou-se uma boa opção de armazenamento do volumoso excedente produzido no período das águas, evitando assim perdas na produtividade tanto vegetal quanto animal (ANDRADE et al. 2010).

A silagem consiste no resultado de uma série de processos bioquímicos realizados por microrganismos que ocorre em meio anaeróbico através da fermentação de açúcares em ácidos orgânicos, com o objetivo de preservar a forrageira com características bromatológicas mais próximas do material original (McDONALD et al., 1991; PEREIRA et al., 2005).

Por ser um produto originado de diversos processos fermentativos a qualidade da silagem depende do material ensilado e das condições fermentativas dentro do silo (CARVALHO et al., 2008).

Devido à alta quantidade de carboidratos solúveis que favorecem a fermentação láctica, o milho (*Zea mays*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*) são duas das principais culturas utilizadas para confecção da silagem (SOUZA, 2008).

O sorgo possui maior resistência e adaptabilidade a regiões com menores índices pluviométricos e déficit hídrico, e por esses motivos constitui uma excelente opção de substituição ao milho (MORAES et al. 2013).

No entanto, em diversas vezes as silagens de gramíneas tropicais possuem baixo teor de proteína, o que é considerado uma limitação para o uso exclusivo da silagem na alimentação de animais com elevadas exigências nutricionais (MORAES et al. 2013; MAGALHÃES et al., 2003)

De acordo com Monteiro et al. (2011), uma opção para melhorar o valor nutritivo da silagem é acrescentar durante a ensilagem produtos com elevado teor de proteína para que o produto final apresente boas características nutricionais, assim evita-se o uso excessivo e indiscriminado de concentrados na alimentação animal.

Neste sentido, a inclusão de leguminosas à ensilagem pode ser uma alternativa para acrescentar o conteúdo de proteína da massa ensilada.

Assim, a leucena (*Leucaena leucocephala*) uma leguminosa perene, com alta produção de matéria seca, boa rebrota, alta aceitabilidade pelos animais e elevado teor de proteína (MANELLA et al., 2002), constitui-se uma boa opção de aditivo para enriquecimento proteico da silagem.

No entanto, estudos indicam que a adição de forragem verde de leguminosa nos diversos tipos de silagens causa decréscimo no teor de matéria seca (EVANGELISTA et al., 2005; EVANGELISTA, 1986; EICHELBERGER et al., 1997), algo indesejável já que silagens produzidas a partir de forragens com baixo teor de matéria seca favorecem perdas de nutrientes e fermentações indesejadas (TOSI et al., 1999).

Nesse sentido a secagem da leucena pode ser uma opção para evitar que haja redução no teor de matéria seca da silagem e perda no valor nutritivo da forragem.

Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de feno de leucena sobre a composição bromatológica e aspectos fermentativos e nutricionais da silagem de sorgo.

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1.1 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) teve sua origem na África e Ásia, é uma gramínea tropical de ciclo anual e possui utilidade tanto para a alimentação humana quanto para alimentação animal. Atualmente as principais utilizações atribuídas a esta gramínea são na alimentação animal com a produção de grãos e de volumoso (RIBAS, 2007).

É uma cultura que se destaca por ser resistente ao estresse hídrico, altas temperaturas e apresentar grande flexibilidade de cultivo em diferentes áreas, além de permitir o aproveitamento da rebrota (MAY et al., 2011).

O sorgo é capaz de se recuperar melhor e, conseqüentemente produzir mais que o milho após sofrer estresse hídrico. Nas condições de falta de água, o milho tem sua produtividade altamente afetada, pois a planta encurta o seu ciclo produtivo. Já o sorgo devido a sua raiz conseguir explorar melhor o solo, paralisa seu crescimento até que as condições hídricas sejam favoráveis novamente (WAQUIL; VIANA, 2004).

De acordo com Magalhães et al. (2010) o sorgo é capaz de produzir 1 kg de matéria seca com aproximadamente 330 litros (L) de água, enquanto que culturas como milho e trigo precisam de 370 L e 500 L de água para produzirem 1 kg de MS respectivamente.

Dentre os cereais mais produzidos no mundo o sorgo ocupa a quinta posição, ficando atrás apenas do milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e cevada (*Secale cereale* L.) (IBGE, 2016).

De acordo com levantamento realizado pelo IBGE em 2016, a produção de sorgo no Brasil é realizada, principalmente, na época da segunda safra, tendo o milho como principal concorrente e determinante da quantidade produzida de sorgo anualmente, devido a sua influência nos preços.

Em 2016 a produção de grãos sorgo no Brasil alcançou mais de dois milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 700 mil hectares (ha^{-1}), sendo responsável por 1,2% da participação de produção total de grãos em 2015 (IBGE, 2016).

Os principais híbridos de sorgo produzidos pela agricultura brasileira são todos da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench e possuem diferentes aptidões como granífero, silageiro, duplo propósito e sacarino. São classificados agronomicamente em dois grupos, os forrageiros que possuem alta produção de matéria seca e são comumente destinados à produção de silagem ou pastejo, e os graníferos destinados à produção de grãos para a alimentação de diversas espécies de animais, que chegam a produzir aproximadamente 8 toneladas de grãos por hectare e são caracterizados por apresentar plantas de altura inferior a 160 cm (MAY et al., 2011)

Devido a sua facilidade de cultivo, altos rendimentos por hectare e por produzirem silagens de alta qualidade sem a necessidade de aditivos para estimular a fermentação, o milho e o sorgo constituem as duas espécies de gramíneas mais utilizadas para a produção de silagem (MAY et al., 2011).

As silagens de sorgo são caracterizadas pela boa fermentação proporcionada pela alta quantidade de carboidratos solúveis disponíveis que asseguram a preservação do valor nutricional do material (SILVA et al., 2012).

Estas forrageiras resultam em silagens ricas em energia e pobres em proteína, cálcio e fósforo (RODRIGUES et al., 2012). O valor nutricional da silagem de sorgo depende das características do híbrido utilizado como altura, porcentagem de panículas, colmo e folha, e o estágio de maturação na colheita (CÂNDIDO et al., 2002).

Por possuir baixo teor de proteína, a silagem de sorgo apresenta problemas quanto ao atendimento das exigências proteicas de animais alimentados exclusivamente com ela (SOUZA et al, 2003).

Como a silagem é produzida para suprir a escassez na qualidade e quantidade de forragem causada pelo período seco, a deficiência de proteína da silagem acaba tendo que ser suprida pelo fornecimento de concentrados proteicos, que geram maior custo ao produtor. Uma alternativa para melhorar o valor nutritivo do material ensilado é a inclusão de produtos que possam contribuir para elevar os proteicos sem prejudicar as características fermentativas da silagem (PEREIRA et al., 2004).

1.2 - LEUCENA E SUAS CARACTERÍSTICAS

A leucena é uma leguminosa pertencente à família leguminosae do gênero *Leucaena*, teve origem na América Central e é caracterizada por possuir ciclo de vida longo, ou seja, é uma espécie perene, com característica arbórea, folhas alternadas e bipenadas de 15 a 25 centímetros de comprimento e distribuição terrestre, é resistente a seca com alta adaptabilidade mesmo em solos com baixa fertilidade, e possui elevado teor de proteína bruta e pode regenerar-se rapidamente depois de queimadas ou cortadas. (MELO-SILVA et al., 2014; COSTA et al., 2011).

Possui uma vasta gama de utilidades, principalmente quando se trata da utilização da mesma na alimentação animal. Podendo ser utilizada em pastejo consorciado, banco de proteína, suplemento proteico, feno, silagem e enriquecimento proteico de silagens (LAZZARINI, 2012; SHELTON; BREWBAKER 1998;).

É uma espécie com boa adaptabilidade ao clima e ao solo das regiões tropicais, mantém-se verde na estação seca, perdendo somente os folíolos em secas muito prolongadas ou com geadas fortes, tem seu desenvolvimento ótimo com precipitações variando de 600 a 3000 mm anuais (VEIGA; SIMÃO NETO, 1992),

Estima-se que a leucena produza em média de 4 a 8t/MS por hectare com alto valor nutritivo e boa aceitabilidade pelos animais (BARCELLOS et al., 2008).

No entanto, a produção exclusiva de silagem a partir da leucena não é tão recomendada devido a baixa produtividade, o alto poder tampão, baixo teor de carboidratos solúveis em água e o baixo teor de matéria seca que em conjunto favorecem a fermentação realizada por bactérias do gênero *Clostridium*, produzindo uma silagem com altos teores de ácido butírico e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (WEISS; CHAMBERLAIN; HUNT, 2003; ALBRECHT; BEAUCHEMIN, 2003)

Durante o processo de conservação e armazenamento, algumas características químicas das forragens podem ser alteradas com a utilização de aditivo ou técnicas (BERGAMASCHINE et al., 2006). Sabe-se que a adição de forragem de leucena em silagens, proporciona elevação nos teores de proteína bruta e acrescenta-lhes maiores teores de cálcio e fósforo (PEREIRA et al., 2004).

No entanto, alguns autores citam quem a inclusão da forragem verde de leguminosa causa decréscimo no teor de matéria seca do material, prejudicando assim a fermentação da silagem (EVANGELISTA et al., 2005; EVANGELISTA, 1986; EICHELBERGER et al. 1997).

Nesse sentido a pré-secagem ou fenação da leucena pode tornar seu uso viável como aditivo na silagem de sorgo, incrementando o teor de proteína e minerais e não permitindo que o teor de matéria seca caia e prejudique a fermentação (PACHECO et al, 2014; SANTOS; ZANINE, 2006).

1.3 - A SILAGEM E SEUS PROCESSOS FERMENTATIVOS

Silagem é o material produzido por fermentação controlada de uma forragem com alto teor de umidade ou parcialmente seca. O objetivo da ensilagem é preservar a forrageira através do armazenamento em ambiente anaeróbico, restringindo a respiração celular e fornecendo condições adequadas para o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico, capazes de tornar o meio ácido mantendo a qualidade e as características da silagem o mais próximo do material original (McDONALD et al., 1991; PEREIRA et al., 2005).

Para ser ensilada, uma forragem deve conter um nível adequado de substratos fermentáveis sob forma de carboidratos solúveis em água, baixo poder tampão, teor de matéria seca acima de 20% e deve também possuir uma estrutura física que permita boa compactação no silo (PAZIANI et al., 2009).

O processo de ensilagem segue alguns passos importantes que interferem diretamente na qualidade final da silagem. Eles vão desde o plantio da forragem à vedação do material, e é importante que esses processos sejam realizados de forma eficaz e rápida (SANTOS et al., 2010).

O plantio da forrageira deve ser realizado no período ideal a fim de evitar que a cultura sofra com veranicos e deve-se tomar cuidado com fatores como área, adubação, tratos culturais e competição com plantas invasoras, com esses cuidados iniciais a produtividade final da cultura não será prejudicada. (VON PINHO et al., 2007)

Para a colheita da cultura com o objetivo de produzir silagem o cuidado deve ser tomado quanto ao teor de matéria seca, segundo McDonald et al. (1991) a planta deve ser colhida com teor de matéria seca entre 30 e 35%, por que forragens com alto teor de umidade interferem de forma negativa no processo fermentativo, pois promovem a diluição dos açúcares e não permite que o pH caia abaixo do valor que inibe bactérias indesejáveis, como as que fazem fermentação butírica.

Depois de colhida a forragem deve passar pelo processo de picagem, este processo promove a redução do tamanho das partículas, proporcionando eficiência na compactação, permitindo que os carboidratos solúveis sejam expostos com maior facilidade para a ação das bactérias lácticas que promovem a rápida queda do pH através da produção de ácido láctico e conservação do material ensilado (NOVAES et al., 2004).

Depois da redução do material colhido através da picagem, a compactação do material é realizada e esta deve ser feita com eficiência, já que a condição de anaerobiose é fundamental no interior do silo, para garantir a correta fermentação. A facilidade de compactação do material é dependente do teor de matéria seca da forragem, bem como do tamanho da partícula, no momento da ensilagem (NEUMANN et al., 2005).

Por fim, a vedação do silo deve ser cuidadosa, já que a presença de frestas ou buracos permite a entrada do oxigênio (O_2), causando deterioração do material e elevando as perdas fermentativas (GUIM et al., 2002).

1.3.1 - TRANSFORMAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA SILAGEM

A fermentação que acontece no silo é basicamente a conversão de carboidratos solúveis em ácidos orgânicos (lático, acético e butírico) pela ação de microrganismos principalmente bactérias produtoras de ácido láctico que promovem a rápida queda do pH e inibem a atividade de microrganismos indesejáveis.

Esse processo é dividido em 4 fases descritas por Weinberg e Muck (1996):

A fase I, considerada a fase aeróbica compreende o tempo entre o enchimento do silo e algumas horas após a vedação. Nessa fase ainda há a presença de microrganismos aeróbicos devido à alta concentração de oxigênio.

Com a atividade desses microrganismos e o processo de respiração da planta, o O_2 é consumido e acontece o aquecimento da massa, que promove a liberação de proteases presentes nas plantas que são responsáveis por degradar as proteínas a aminoácidos.

A fase fermentativa (Fase II), acontece após todo o consumo de O_2 pelos microrganismos, o pH que ainda é alto começa a cair para valores abaixo de 5 devido a

atividade de enterobacérias e bacterias heterofermentativas que utilizam os carboidratos solúveis da forrageira como substrato para a formação de ácidos acéticos e ácido lático promovendo a conservação da forragem pela inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis como e a atividade de enzimas catabólicas endógenas da planta.

A fase III, chamada de fase estável acontece quando o pH atinge valores abaixo de 4,0 reduzindo a quase zero a atividade biológica, e apenas alguns microrganismos tolerantes a valores baixos de pH continuam ativos. Essa fase dura até que o silo seja aberto e o material exposto ao oxigênio novamente.

O processo de produção da silagem chega ao fim na fase IV, chamada de fase de descarga ou fase de fornecimento. Começa quando o silo é aberto novamente e o material é exposto ao O₂, e com isso há o retorno à aerobiose (estabilidade aeróbica), promovendo o crescimento das bactérias e fungos, na qual degradam o material ensilado (BOLSEN et al., 1996).

Durante o processo de ensilagem algumas características químicas inerentes à forragem podem ser manipuladas com o uso de técnicas como a utilização de aditivos, a fim de promover melhores características para o produto final, a silagem.

1.4 – UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NUTRIENTES NA SILAGEM

Aditivos nutrientes são aquelas substâncias que quando adicionadas aos materiais ensilados contribuem para aumentar valor nutricional e suprir as necessidades dos animais que irão consumir a silagem. Muitos dos aditivos descritos como estimulantes da fermentação, como o melão, polpa cítrica, cereais também são considerados como aditivos nutrientes (McDONALD et al. 1991).

Aumentar o teor de proteína das silagens com a inclusão de leguminosas é uma técnica normalmente usada. As leguminosas geralmente apresentam características como baixas concentrações de carboidratos solúveis e elevado poder tampão que são indesejáveis para a conservação dessa forrageira na forma de silagem (PAULINO et al., 2009).

No entanto, a utilização da leguminosa na silagem de gramíneas vem sendo utilizada e mostram resultados favoráveis, por proporcionarem aumento do teor de

proteína da silagem, sem prejudicar a fermentação. A adição de leguminosas é uma opção para aumentar o teor de proteína bruta (PB) da silagem, além de supri-la com maior quantidade de minerais (PEREIRA et al., 1999).

Evangelista et al. (2005), avaliando os efeitos da inclusão de níveis crescentes de forragem de leucena na composição bromatológica da silagem de sorgo observaram efeito linear positivo sobre os valores de PB, com o aumento da porcentagem de leucena na silagem apresentando valores médios de 4,5% para silagem exclusiva de sorgo, e 10,3% para a silagem com 40% de inclusão de leucena.

Stella et al. (2016), avaliando composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão da planta inteira de soja observaram aumento linear no teor de PB da dieta, tendo a silagem com 100% de milho apresentado apenas 7,31% de PB enquanto a silagem com 75% de planta de soja apresentou 16,48% de PB. Quanto a silagem de sorgo a inclusão de 75% da planta de soja aumentou 183% o teor de proteína bruta da silagem com valores variando 7,30% (100% sorgo) para 16,41% (25% de sorgo).

Pereira et al. (2004) também observaram incremento no teor de proteína das silagens de milho após a inclusão de 0, 10, 20, 30 e 40% de forragem verde de leucena na silagem, apresentando valores de 7,85% para a silagem de milho exclusivo a 13,90% para a silagem com 40% de leucena, representando aumento de 77,07% no teor de proteína.

Ao avaliar a composição química da silagem de capim elefante com diferentes níveis de inclusão de forragem verde de leucena, Pereira et al. (1999) observaram aumento no teor de proteína e atribuíram esse comportamento a substituição do capim elefante com 3,90% de proteína pela leucena com 18,96%.

No entanto um comportamento em comum observado por Eichelberger et al., (1997), Evangelista et al., (2005), Pereira et al., (1999) e Evangelista (1986), ao avaliarem a inclusão de leguminosa fresca na silagem de diferentes gramíneas, foi a redução do teor de matéria seca das silagens.

Levando em consideração que o teor de MS é um dos principais fatores que influenciam a fermentação durante o processo de ensilagem e, conseqüentemente, a qualidade da silagem produzida, medidas que não permitam esse comportamento com

a inclusão de leguminosa na silagem devem ser adotadas para que a inclusão do leguminosa não represente queda na qualidade da silagem (PACHECO et al., 2013).

A secagem da leguminosa pode ser uma medida adotada para que o teor de matéria seca do material que ela for adicionada não seja reduzido (PACHECO et al, 2014).

1.5 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FERMENTATIVA E NUTRICIONAL DA SILAGEM

Qualidade da silagem é designada pela série de processos fermentativos que ocorrem até que o material seja conservado (JOBIM et al., 2007). A extensão que ocorre esse processo determinará a qualidade da silagem. Segundo Cândido et al. (2002), dentre as características de interesse para caracterizar a fermentação da massa ensilada, citam-se o teor de matéria seca, teor de ácidos orgânicos produzidos, pH e teor de nitrogênio amoniacal, como porcentagem do nitrogênio total ($N-NH_3/NT$).

1.5.1 TEOR DE MATÉRIA SECA (MS)

O teor de matéria seca da planta na ensilagem é determinante para que a fermentação resulte em uma silagem de qualidade. Para garantir uma silagem de boa qualidade, os valores de matéria seca devem estar entre 30 e 35% (RIBEIRO et al., 2007).

Plantas com baixo teor de MS favorecem silagens com elevados teores de ácido butírico, que caracteriza silagem de baixa qualidade, com alta degradação da fração proteica e conseqüente baixa do valor nutritivo do material (FERRARI JÚNIOR; LAVEZZO, 2001).

Já no caso de plantas com elevados teores de MS (>45%) a compactação do material dentro do silo é prejudicada e como não há a correta expulsão do ar, o período de respiração aeróbica é maior, aumentando as perdas de carboidratos solúveis e atrasando o processo fermentativo e criando condições favoráveis para a geração de calor, desenvolvimento de mofo e reações de Maillard que promovem perdas de energia e conseqüentemente de substratos para a fermentação láctica (MUCK, 1988; VAN SOEST, 1994; MACHADO, 2009).

1.5.2 – pH

Os valores de pH representam quão ácido está o material após a fermentação. Quando há a presença de substratos para o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico, há o declínio nos valores de pH pelo fato do ácido láctico ser mais forte que os outros ácidos produzidos pela fermentação. Essa queda no pH determina a qualidade da conservação do material (McDONALD et al., 1991).

Silagens consideradas bem preservadas apresentam valores de pH variando de 3,8 a 4,2 (TOMICH et al., 2003). Já silagens com pH mais elevados são caracterizadas pela ineficiência no processo de conservação do material, geralmente, apresentam pH variando de 5,0 a 7,0 e predominância de elevados teores de ácidos acético e butírico.

Nesse sentido, o valor de pH durante a fermentação, deve ser reduzido o mais rápido possível, para que o desenvolvimento das bactérias do gênero *Clostridium* seja inibido, já que esse tipo de microrganismo é responsável pela fermentação butírica e degradação dos aminoácidos a amônia (PEREIRA; REIS., 2001).

1.5.3 - NITROGÊNIO AMONIACAL EM RELAÇÃO AO NITROGÊNIO TOTAL (N-NH₃/NT)

As enzimas proteolíticas ou bactérias do gênero *Clostridium* pertencentes à forragem são responsáveis por degradar a proteína e produzir o nitrogênio amoniacal, a quantidade de N-NH₃ mostra a proporção de N ou de proteína que foi quebrado durante a ensilagem e é considerado uma dos melhores indicadores da qualidade da fermentação ocorrida no silo (AMARAL et al., 2007).

A relação de N-NH₃/NT, juntamente com o valor de pH, são indicativos do processo fermentativo. Os valores de nitrogênio amoniacal não devem ser superiores a 10,0% do nitrogênio total sob condições normais, pois este valor indicaria alguma atividade de bactérias do gênero *clostridium*, que produz altos níveis de ácido butírico, eleva o pH e resulta em silagens de baixa qualidade. Níveis elevados de ácido butírico indicam deterioração da silagem com a presença de produtos nitrogenados desagradáveis que levam a uma redução na ingestão de MS e energia da forragem na

massa ensilada, resultando em degradação excessiva da proteína em amônia (AFRC, 1987). Valores acima de 15% indicam quebra de proteína considerável. Segundo Muck (1988) a principal consequência de a silagem apresentar alta concentração de nitrogênio amoniacal seria a redução da ingestão da mesma pelos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients Report Number 2, characterization of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstracts and Reviews** (series B), v. 57, n. 12, p. 713 – 736, 1987.

ALBRECHT, K. A.; BEAUCHEMIN, K. A. Alfalfa and Other Perennial Legume Silage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds). **Silage Science and Technology**. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, p. 469–504. 2003.

AMARAL, R. C.; BERNADES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-Marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.36, n.3, p.532-539, 2007.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M. BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capimelefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, suplemento especial p.51-67, 2008.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A.; Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchedida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BOLSEN, K. K.; ASHBELL, G. WEINBERG, Z. G. Silage fermentation and silage additives: Review - **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** ,9, p.483-493, 1996.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; CARVALHO, B.M.A. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchedido ou com adição de farelo de cacau. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.1, p.234-242, 2008.

COSTA, K. C. G.; MANESCHY, R. Q.; CASTRO, A. A. C.; GUIMARÃES, T. P.; OLIVEIRA, I. K. S.; Avaliação da qualidade nutricional da leucena em banco forrageiro de corte no sudeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, V. 3, N. 1, P. 7-12, 2011

CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. CECON, P. R. QUEIROZ, A. C. PAULINO, M. F. GONTIJO NETO, M. M. Valor Nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.20-29, 2002.

EICHELBERGER, L.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Efeitos da inclusão de níveis crescentes de forragem de soja e uso de inoculante na qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 867-874, 1997.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C. ; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L.Q.; composição bromatológica de silagens de sorgo (*sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*leucaena leucocephala* (lam.) dewit). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

EVANGELISTA, A. R. Silagem de milho ou sorgo com soja. Lavras: ESAL, 1986. 19 p. (ESAL. Boletim Técnico, 8).

FERRARI JR., E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

FAO; "How to feed the world in 2050". **High level expert forum**. Roma, 12 e 13 de outubro, 2009. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf última consulta 26/02/2017.

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

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- INDICADORES – **Estatística da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE: janeiro de 2016.

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

LAZZARINI, L. E. S; **Avaliação de dois genótipos de leucena cultivadas em consórcio com o capim massai no bioma cerrado. 2012. 51f.** Dissertação (zootecnia). Universidade Federal de Minas gerais. Belo Horizonte. 2012.

MAY, A.; FILHO, M. R. A.; RODRIGUES, J. A. S.; LANDAU, E. C.; PARRELA, R. A. C.; MASSAFERA, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012**. Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 28p. 2011.

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

MACHADO, F. S. **Avaliação agronômica e nutricional de três híbridos de sorgo [*sorghum bicolor* (L.) moench] e de suas silagens em três estádios de maturação**. Dissertação (Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG. 2009.

MANELLA, M. Q; LOURENÇO, A. J; LEME, P. R; Recria de bovinos nelore em pastos de *brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena Leucocephala*. desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2274-2282, 2002.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62 n.3, 2010.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; RODRIGUES, B. H. N. Efeito da adição da leucena sobre os teores de proteína bruta e minerais na silagem de capim-elefante. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA- ZOOTEC, 13., 2003, p. 382-386. Uberaba. p. 382-386. Uberaba: FAZU, 2003.

MELO-SILVA, C.; PERES, M. P.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A B.; Reproductive biology of *I. leucocephala* (lam.) r. de wit (fabaceae: mimosoideae): success of an invasive species. **Neotropical Biology and Conservation**. V 9, N 2, P.91-97, 2014.

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**. Maringá, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011.

MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.14, p.624- 634, 2013.

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

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NORBERG, J.L.; MELLO, R.O.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 224-242, 2005.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C; **Silagens: oportunidades e pontos críticos**. (Comunicado Técnico). Nº 43. Juiz de Fora – MG – ISSN. 1678-3123. 2004.

PACHECO, F. W.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B.R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum) com feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*(Jacq.) Walp).**Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 8, n. 2, p. 240 - 246, 2013.

PACHECO, F. W.; CARNEIRO, M. S. S.; PINTO, A. P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B.R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*pennisetum purpureum* schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.155-162, 2014.

PAULINO, V. T.; FERRARI JÚNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LUCENAS, T. L. Silagem de Amendoim forrageiro (*Arachispintoicv. Belmonte*) com diferentes aditivos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. Nova Odessa, v.66, n.1, p.33-43, 2009.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B. BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.3, p.411-417, 2009

PEREIRA, R. C.; EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; SALVADOR, F. M.; MACIEL, G. A.; Efeitos da inclusão de forragem de leucena (*leucaena leucocephala* (lam.) dewit) na qualidade da silagem de milho (*zea mays* l.). **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 4, p. 924-930, 2004.

PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R.; BORGES, I.; RODRIGUES, N.M. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, p.690-696, 2005

PEREIRA, J. A.; AZEVEDO, A. R.; SALES, R. O.; PIMENTEL, J. C. M.; AZEVEDO, A.; Composição química da silagem de capim elefante cv. napier (*pennisetum purpureum*, schum) com diferentes níveis de leucena cv. cunningham (*leucaena leucocephala* (lam) de wit). **Revista Científica de Produção Animal**, v.1, n.2, p. 191-204, 1999.

PEREIRA, J.R.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. P. 64 – 86. Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas (2001 – Maringá) **Anais...** – Maringá : UEM/CCA/DZO, 319P. 2001.

PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A. Processos de ensilagem e plantas a ensilar. 13 p. – (**Documentos / Embrapa Rondonia**, ISSN 0103-9865; 124). 2008.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: RODRIGUES, J. S. A. (Ed.) **Cultivo do sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2). 2007 Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/importancia.htm Acesso em: 08 dezembro 2016.

RIBEIRO, C. G. M., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S., RODRIGUEZ, N. M., BORGES, I., BORGES, A. L. C. C., SALIBA, E.O.S.; CASTRO, G.H.F. RIBEIRO JUNIOR, G. O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 6, p. 1531-1537, 2007.

RODRIGUES, J. A. S., DE ASSIS PIRES, D. A., GONÇALVES, L. C., PEREIRA, L. G. R. Melhoramento de sorgo forrageiro e produção de silagem de alta qualidade. P. 66 - 75 In: XV Simposio Latinoamericano de Productividad en Ganado de Corte. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia. **Anais...** Santa Cruz: ASOCEBU, 2012.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVEDO, A. G.; MORAES, S. A.; COSTA, C. T. F. Características agrônomicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. de M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n.1, p. 32-45, 2006.

SHELTON, H. M.; BREWBAKER, J. L.; *Leucaena leucocephala*–the most widely used forage tree legume. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. St Lucia Queensland: **Tropical Grassland Society of Australia**. 1998. Disponível em < <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/gutt-shel/x5556e06>> Acessado em: 03 de Dez 2016

SILVA, T. C.; SANTOS, E. M.; MACEDO, C. H. O.; LIMA, M. A.; BEZERRA, H. F. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; RODRIGUES, J. A. S.; OLIVEIRA, J. S. Divergence of the fermentative and bromatological characteristics of 25 sorghum hybrid silages. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa , v. 41, n. 5, p. 1127-1133, 2012.

SILVA, M. S. J. **Avaliação agronômica, ambiental e zootécnica da associação de sorgo-leguminosa para alimentação de vacas leiteiras.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá – PR. 2015.

SILVA, J.J; CARVALHO, D. M. G; GOMES, R. A. B; RODRIGUES, A. B. C. Produção de leite de animais criados em pastos no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, n.1, p.26-36, 2010.

SOUZA, W.F. **Silagem de soja associada a diferentes níveis de silagem de milho em dietas para bovinos de corte.** 2008. 40p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SOUZA, V. G. D., PEREIRA, O. G., MORAES, S. A. D., GARCIA, R., VALADARES FILHO, S. D. C., ZAGO, C. P., & FREITAS, E. V. V. Nutritive value of sorghum silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(3), 753-759. 2003

STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J. O. J. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria Animal.** Nova Odessa,v.73, n.1, p.73-79, 2016.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P. BORGES, I. Características Químicas para Avaliação do Processo Fermentativo de Silagens: uma Proposta para Qualificação da Fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 20p. **Documentos** / Embrapa Pantanal. ISSN 1517-1973. 2003.

TOSI, P.; MATTOS, W.R.S.; TOSI, H.; JOBIM, C. C.; LAVEZZO, W. Avaliação do capim elefante (*Pennisetum purpurem* Schum.) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.947-954, 1999.

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

VEIGA, J. B.; SIMÃO NETO, M.; **Leucena na alimentação animal. Recomendações básicas.** EMBRAPA-CPATU. V.19, ISSN 0103 - 0590. 1992.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. D.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. D. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. **Ocorrência e controle de pragas na cultura do sorgo nas regiões Alta Mogiana de São Paulo e Triângulo Mineiro**. Sete Lagoas: MG: EMBRAPA/MILHO E SORGO, 14p. (Circular Técnica, 49). ISSN 0100-9915. 2004.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**. 19, 53-68.1996.

WEISS, W. P., CHAMBERLAIN, D. G.; HUNT, C. W. Feeding silages. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds). **Silage Science and Technology**. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, p. 469–504. 2003.

CAPITULO II - COMPOSIÇÃO QUIMICO - BROMATOLÓGICA E ASPECTOS FERMENTATIVOS DA SILAGEM DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala*)

RESUMO

Foram avaliados os efeitos da inclusão de níveis crescentes de feno de leucena sobre a composição bromatológica e aspectos fermentativos da silagem de sorgo. Foram utilizados mini-silos de P.V.C em delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos 0%,15%, 30% e 45% de inclusão de feno de leucena na MN. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão a 5% de significância. Os teores de MS, MM, PB e LIG aumentaram linearmente ($p < 0,05$) com a inclusão do feno de leucena. Já o teor de MO, FDN, CHOT e CNF apresentaram decréscimo linear e as variáveis EE, FDA, HEM e CEL apresentaram comportamento quadrático. Quanto aos aspectos fermentativos houve aumento linear no pH e no teor de N-NH₃/NT. O pH, mesmo com o aumento, se manteve dentro dos valores considerados adequados para obtenção de uma silagem de qualidade, já o N-NH₃/NT apresentou excessiva % no tratamento com 45% de inclusão, indicando alta proteólise do material ensilado.

Palavras Chave: volumoso, conservação, leguminosa.

CHAPTER II - CHEMICAL AND BROMATOLOGICAL COMPOSITION AND FERMENTAL ASPECTS OF SORGHUM HYBRID SILAGE (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) WITH DIFFERENT LEVEL OF LEUCENA HAY (*Leucaena leucocephala*)

ABSTRACT

Were evaluated the effects of the inclusion of increasing levels of leucene hay on the bromatological composition and fermentative aspects of sorghum silage. Mini-silos of P.V.C were used in a randomized block design with four 0%, 15%, 30% and 45% inclusion treatments of leucene hay in MN. Data were submitted to analysis of variance and regression at 5% of significance. The contents of MS, MM, PB and LIG increased linearly ($p < 0.05$) with the addition of leucene hay. On the other hand, the OM, NDF, CHOT and CNF presented a linear decrease and the EE, FDA, HEM and CEL variables presented a quadratic behavior. Regarding the fermentative aspects, there was a linear increase in pH and N-NH₃ / NT content. The pH, even with the increase, remained within the values considered adequate to obtain a quality silage, whereas the N-NH₃ / NT presented excessive% in the treatment with 45% of inclusion, indicating high proteolysis of the ensiled material.

Key words: roughage, conservation, leguminous

INTRODUÇÃO

A silagem constitui a principal fonte de volumoso suplementar para o rebanho bovino brasileiro, principalmente durante o período seco. Sabe-se que durante o período seco há uma queda acentuada na produção e na qualidade da forragem a qual os animais estão submetidos. A queda no teor de proteína das pastagens durante período seco é considerado um dos principais fatores limitantes para a produção animal a pasto (PAULINO et al., 2002).

Como o custo com a alimentação constitui uma das maiores frações no sistema de criação, meios de diminuir esse custo são necessários para obtenção de maior lucro e eficiência no sistema.

O fornecimento de silagens com maior teor de proteína contribui para a redução dos custos com a alimentação dos animais. Já que permite a redução da quantidade de suplementos concentrados proteicos fornecidos aos animais (SILVA, 2012).

Nesse contexto, a leucena, uma leguminosa caracterizada por possuir elevado teor proteico, pode ser utilizada na ensilagem a fim de aumentar o teor de proteína do material (BARCELLOS et al., 2008). O sorgo, que apesar de apresentarem boa característica para a produção de silagem de qualidade, como elevado teor de carboidratos solúveis, apresenta baixo teor de proteína, e poderia ter o seu valor nutricional aumentado pelo uso da leucena.

Como em diversos casos foram observados decréscimo e perdas fermentativas no teor de MS de silagens com inclusão de leguminosa verde, há a necessidade de evitar que a inclusão da leguminosa cause queda no teor de MS e possa favorecer fermentações indesejáveis. Portanto, a inclusão de feno da leguminosa que é uma técnica pouco explorada, pode além de promover aumento no teor de proteína, contribuir para melhorar as características fermentativas da silagem (EVANGELISTA et al., 2005; EICHELBERGER et al., 1997).

Objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de feno de leucena sobre a composição bromatológica e aspectos fermentativos da silagem de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, *Campus* de Araguaína, cidade localizada na Região Norte do Estado do Tocantins, nas coordenadas 6°34'52" de latitude sul, e 48°38'40" de longitude oeste e 152,0 m de altitude, na Amazônia Oriental Brasileira.

O clima da região é classificado como Aw – tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno (KÖPPEN, 1948). A precipitação média anual é de 1.500 mm e temperatura de 40°C a 18°C máxima e mínima, respectivamente

As médias semanais de precipitação e das temperaturas máximas e mínimas durante o período de produção da forragem encontram-se na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Somas semanais de precipitação (mm) e médias semanais de temperatura máxima e mínima durante o período de produção da forragem no ano de 2016, em Araguaína - TO

Data	Precipitação (mm)	Temperatura °C	
		Máxima	Mínima
20/01 a 28/01	99,6	28,8	23,4
29/01 a 11/02	32,1	32,4	22,2
12/02 a 18/02	1,6	35,2	21,7
19/02 a 25/02	42,9	33,6	23,1
26/02 a 03/03	0,8	35	22,2
04/03 a 10/03	76,1	32	23,3
11/03 a 17/03	100,3	31,4	23,4
18/03 a 24/03	36,6	31,6	23,7
25/03 a 31/03	40,5	33,3	23,3
01/04 a 07/04	31,6	32,1	22,8
08/04 a 16/04	45,8	32,1	22,9

Precipitação semanal mensurada durante o período experimental de Janeiro a abril de 2016, na estação agro-meteorológica "82659", correspondente à cidade de Araguaína-TO. Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (EMBRAPA, 2013). Foi preparado 30 dias antes da semeadura mediante gradagem seguida por uma calagem com aplicação de 2,0 t. ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 98%) que foi incorporado manualmente.

O plantio do sorgo foi realizado dia 20 de janeiro de 2016, em canteiros identificados com dimensões de 3 x 5 metros. A distribuição das sementes foi manual, seguindo recomendação de aproximadamente 12 sementes por metro linear, divididas em 5 fileiras e foram plantadas na profundidade de quatro centímetros e espaçamento de 70 cm entre as fileiras.

A adubação foi realizada na proporção de 120 kg . ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (apenas no plantio) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O no total, as adubações foram divididas em três aplicações, a de implantação e adubações de cobertura aos 21 e 45 dias após a emergência das plantas.

A leucena pré-estabelecida no campo agrostológico da Universidade Federal do Tocantins, após 60 dias de rebrota, teve suas folhas e talos finos cortados e o material exposto ao sol e revolvido a cada duas horas, para que houvesse maior uniformização e aceleração do processo de desidratação, até que atingisse o ponto de feno (matéria seca entre 80 e 90%), fato este que ocorreu cerca de 18 horas após a exposição da planta ao sol. Em seguida o material foi armazenado em sacos de fibra, até o dia de ser ensilada junto ao sorgo.

O sorgo foi colhido manualmente no dia 15 de abril de 2016, quando atingiu estado leitoso/ pastoso, após 86 dias de crescimento. Depois de colhido, o sorgo foi picado em picadeira estacionaria para fornecer partículas de aproximadamente 2 cm. Em seguida foi realizada a mistura do material com inclusão de 0%, 15%, 30% e 45% do feno de leucena, com base da matéria verde.

As amostras do material original da leucena e do sorgo foram coletadas e armazenadas para determinação da composição químico-bromatológica (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Composição químico-bromatológica do capim-elefante e feno de leucena antes da ensilagem.

Forrageiras	Composição											
	MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	CHOT	CNF
SORGO	29,32	95,57	4,49	6,22	1,70	70,08	35,65	34,43	33,39	2,26	87,59	17,51
LEUCENA	83,59	90,46	9,54	20,44	3,33	59,09	25,2	33,89	19,77	5,43	66,69	7,60

MS = matéria seca; MM = Matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = Lignina EE = extrato etéreo; MM= matéria mineral e CHOT = carboidratos totais CNF = Carboidratos não fibrosos.

O material foi ensilado com auxílio de soquetes de madeira com densidade de compactação de 500kg m³, em mini-silos de PVC com 10 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento. Na extremidade superior do silo havia a válvula de Bunsen, responsável por promover escape dos gases produzidos pelo processo de fermentação do material ensilado.

Os silos foram abertos 118 dias após o processo de ensilagem. Durante a abertura foram realizadas avaliações visuais quanto à presença de mofo. Após essa avaliação foram separadas duas amostras de aproximadamente 500g cada, uma foi congelada e a outra foi levada a estufa de ventilação forçada onde foi pré-seca a 55°C por 72 horas. Em seguida as amostras pré-secas foram moídas em moinho tipo willey para fornecer partículas de um milímetro. Depois de moídas as amostras foram armazenadas em recipientes de plástico com tampa hermética e seguiu para determinação dos teores de matéria seca a 105°C, cinzas, proteína bruta (AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) segundo metodologia de Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando Ankon 220 - Fiber Analyser e tecido não tecido – TNT.

Os carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados segundo Sniffen et al. (1992) $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$, $CNF = 100 - (PB + EE + MM + FDN)$.

Para avaliação do potencial hidrogeniônico (pH) foram amostradas 9g da silagem fresca que foram imersas em 60 ml de água destilada, acondicionadas em um béquer e colocadas em repouso por duas horas. Passadas às duas horas de repouso do material, foram realizadas três leituras seguidas de agitação com o auxílio de potenciômetro digital (SILVA e QUEIROZ, 2002).

O teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) foi obtido conforme metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), onde coletou-se 25 gramas das silagens frescas que foram armazenadas em bequers de 250ml, e adicionado 200ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,2N. Em seguida o bequer foi vedado com papel filme e armazenado em geladeira por 48 horas para a solubilização do

nitrogênio amoniacal. Após esse período, o material foi filtrado em papel filtro e submetido à destilação em aparelho Micro-Kjeldahl com hidróxido de potássio (KOH) 2 N e titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1N.

Para o ensaio de digestibilidade *in vitro* foi utilizada metodologia descrita por Tilley & Terry (1963) modificada por Goering & Van Soest (1970) na qual foram pesadas 0,2 gramas das silagens em sacos filtrantes “F57 Ankon®”, os quais foram acondicionados em seringas de vidro de 100 mL com 20 mL de um meio contendo minerais e tamponantes preparados na noite anterior e 10 mL de líquido ruminal coletado de um bovino macho da raça holandesa fistulado no rúmen, recebendo forragem e ração comercial para atender as exigências de manutenção.

As amostras foram incubadas por 48 horas à 39°C, com temperatura automaticamente controlada. Após as 48 horas de incubação, os sacos filtrantes foram lavados em solução de detergente neutro e secos em estufa 105°C até peso constante e pesados para a obtenção da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS, %).

O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada canteiro correspondia a uma repetição, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão a 5% de probabilidade pelo programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de MS aumentou linearmente ($P < 0,05$) em função da inclusão de feno na silagem (Tabela 2.3), representando aumento de 0,64% no teor de MS da silagem para cada 1% de inclusão do feno, apresentando valores médios de 29,28%, 38,69%, 48,61% e 57,93% para as silagens com 0%, 15%, 30% e 45% de feno de leucena, respectivamente. Esse aumento linear no conteúdo de MS ocorreu em função da inclusão do feno de leucena (83,59% de MS) (Tabela 2.2). O aumento no conteúdo de MS representou 97,84% quando se compara o tratamento sem inclusão do feno com o tratamento com 45% de inclusão de feno de leucena.

Tabela 2.3 - Teor de matéria seca (MS), potencial hidrogênico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena

Variável	Nível de inclusão				CV (%)	Probabilidade		R ²
	0	15	30	45		Linear	Quadrática	
MS ¹	29,28	38,69	48,61	57,93	0,67	<0,0001	0,7917	99,99
pH ²	3,32	3,59	3,65	3,88	1,68	0,0031	0,1513	93,95
N-NH ₃ /NT ³	1,82	6,02	10,85	15,98	6,56	0,0008	0,1368	99,99
DIVMS	58,47	58,17	60,51	57,03	4,88	0,3516	0,2931	43,35

¹ $\hat{Y} = 29,25275 + 0,6391x$, $R^2 = 99,99$; ² $\hat{Y} = 3,128750 + 0,189000x$, $R^2 = 93,95$; ³ $\hat{Y} = - 3,1600 + 4,7330x$, $R^2 = 99,99$;

Segundo Tomich et al. (2003), silagens que são classificadas como de boa qualidade devem ter de 25% a 35% de MS. No presente estudo apenas o tratamento sem inclusão de feno 0% obteve valores dentro dessa classificação, no entanto o teor de MS isolado não é determinante para a avaliação exata da qualidade fermentativa da silagem, é importante associa-lo aos níveis de pH.

Evangelista et al. (2005), avaliando a composição bromatológica de silagens de sorgo aditivadas com forragem verde de leucena obtiveram resposta linear negativa na porcentagem de matéria seca, sendo o maior valor de inclusão de leucena (40%) responsável pela queda de aproximadamente 2% no teor de MS da silagem em comparação com a silagem com 0% de inclusão. Este mesmo comportamento foi observado por Eichelberger et al., (1997) avaliando os efeitos da inclusão de forragem

de soja na ensilagem de milho na qual observaram queda linear de 0,05% no conteúdo de matéria seca, para cada 1% de inclusão de soja.

O comportamento observado no presente trabalho corrobora com o encontrado por Pacheco et al. (2014), no qual avaliaram os efeitos da inclusão de feno de gliricídia na ensilagem de capim-elefante e observaram efeito linear crescente. Para cada 1% de adição de feno houve aumento de 0,72% no teor de MS da silagem.

Portanto, no presente trabalho os tratamentos que receberam 30 e 45% de inclusão do feno resultaram em silagens com elevados teores de MS, em comparação com a silagem somente de sorgo, comportamento esse atribuído ao alto teor de MS do feno (83,59%), que dificultou a compactação e armazenamento do material no silo.

Sabe-se que o teor de MS de uma forragem a ser ensilada é de extrema importância para a obtenção de uma silagem de qualidade (McDONALD, 1982). Elevados teores de matéria seca (>45%) como os observados nos tratamentos com 30% e 45% de inclusão de feno na silagem de sorgo, prejudicam o processo de compactação do material dentro do silo, causando a ineficiência da expulsão do ar. Como o ambiente dentro do silo deve ser de anaerobiose, a não expulsão completa do oxigênio, permite maior período de oxidação da glicose, atividade essa que provoca perdas de matéria seca, através do prolongado consumo dos carboidratos rapidamente fermentáveis, além de criar condições favoráveis para a geração de calor, desenvolvimento de mofo e reações de Maillard que promovem perdas de energia e consequentemente de substratos para a fermentação láctica (MUCK, 1988; VAN SOEST, 1994; MACHADO, 2009).

Os valores de pH (Tabela 2.3) sofreram influência da inclusão de feno de leucena ($P < 0,05$), essa variável apresentou comportamento linear crescente com valores variando de 3,32 para o tratamento somente com sorgo e 3,88 para o tratamento com 45% de inclusão do feno de leucena. Segundo a equação de regressão, para cada 1% de inclusão do feno da leguminosa, o pH aumentou 0,18%. Essa variação no pH pode ter acontecido devido ao alto poder tampão das leguminosas por conter aminoácidos residuais e cátions como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que são responsáveis pela neutralização dos ácidos orgânicos causando lenta diminuição do pH (WHITTENBURY; McDONALD; JONES et al., 1967)

Eichelberger et al. (1997) observaram o mesmo comportamento da variável pH para a adição de forragem de soja à silagem de milho, apresentando valores variando de 3,64 a 3,72.

Evangelista et al. (2005) não observaram efeito significativo ($P>0,05$) da inclusão de forragem de leucena na silagem sorgo, mas todos os valores obtidos foram considerados satisfatórios variando de 3,46 a 3,59.

Segundo McDonald et al. (1991) existe uma faixa ótima de conservação da silagem com base nos valores de pH, essa faixa é de 3,7 a 4,2, mostrando que apesar do aumento proporcionado pela inclusão da leguminosa todas as silagens obtidas no presente trabalho apresentaram ótimos valores de pH.

Mesmo apresentando elevada MS nos tratamentos com 15%, 30 e 40% de inclusão de feno de leucena, o pH final foi abaixo do limite superior preconizado de 4,2, o que indicou produção suficiente de ácido láctico, e conseqüentemente, inibição da atividade das bactérias responsáveis pela degradação do material ensilado.

A análise dos dados (Tabela 2.3) referentes à concentração de N-NH₃/NT revelou haver diferenças significativas ($P<0,05$) com inclusão do feno da leguminosa no presente estudo. Os valores aumentaram linearmente com a inclusão do feno de leucena com acréscimo de 4,73% no teor de N-NH₃/NT para cada 1% de inclusão do feno.

Stella et al., (2016) obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo ao avaliarem a inclusão da planta da soja nas proporções de 0, 25, 50, e 75% na silagem e milho e de sorgo, observaram que níveis mais altos de inclusão da soja promoveram aumento significativo ($P<0,05$) no teor de N-NH₃/NT tanto para a silagem de sorgo (12,68%, 15,25%, 20,04% e 33,03%) quanto para a silagem de milho (8,88%, 14,45%, 21,81%, 31,62%).

Carvalho et al. (2016) avaliando silagens de milho e sorgo com inclusão de 30% de feijão guandu observaram valores de N-NH₃/NT de 4,61% e 4,49% para as silagens de milho e sorgo com inclusão do feijão, respectivamente. Indicando adequada fermentação e baixa degradação da proteína.

O tempo de ensilagem, presença de O₂, pH e conteúdo de MS constituem os principais fatores que influenciam a proteólise e conseqüentemente os teores de nitrogênio amoniacal na silagem (MCKERSIE, 1985; FIJAŁKOWSKA et al., 2015).

Silagens com teor de nitrogênio amoniacal igual ou menor que 10% do nitrogênio total são consideradas silagens de boa qualidade, de 10 a 15% é considerável aceitável, mas acima desse valor a silagem é considerada de qualidade ruim, indicando considerável quebra de proteína do material, além de tudo teores altos de nitrogênio amoniacal, determinam limitações a aceitabilidade do alimento por animais, acarretando baixo consumo e prejuízo ao desempenho (AFRC, 1987; McDONALD et al., 1991; TOMICH et al. 2003)

No presente trabalho apenas a silagem com 45% de inclusão do feno de leucena apresentou valor de N-NH₃/NT (15,98%) acima dos níveis considerados aceitáveis, resultando em um material de baixa qualidade. Isso possivelmente ocorreu devido ao maior teor de MS da silagem, que dificultou a compactação do material e pode ter criado bolsões de oxigênio, aumentando o período de respiração celular, assim, o tempo de ação das enzimas proteolíticas também foi maior. Apesar de ter apresentado valor de pH baixo, que indica inibição da atividade das enzimas proteolíticas, apenas a avaliação do perfil fermentativo seria capaz de esclarecer a velocidade que o pH caiu, justificando os valores de N-NH₃/NT.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não foi afetada ($P>0,05$) pela inclusão do feno de leucena apresentando valor médio de 58,54%.

O mesmo comportamento foi observado por Tayarol et al., (1983) avaliando a DIVMS de silagens de milho com mistura de 0%, 35%, 40% e 50% na MN da planta de soja, no qual observaram média de 59,5% de DIVMS.

A Tabela 2.4 apresenta os valores médios para a composição químico-bromatológica da silagem de híbrido de sorgo com níveis crescentes de inclusão de feno de leucena. Todas as variáveis foram afetadas significativamente ($P<0,05$) com a inclusão do feno de leucena.

Tabela 2.4 Composição bromatológica da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena

VARIÁVEL	Nível de inclusão				CV (%)	Probabilidade		R ²
	0	15	30	45		Linear	Quadrática	
MO ¹	95,52	94,34	93,58	92,8	0,34	<0,0001	0,2550	98,82
MM ²	4,48	5,66	6,42	7,20	5,40	<0,0001	0,2550	98,82
PB ³	6,23	10,44	14,03	17,61	5,0	<0,0001	0,2594	99,78
EE ⁴	1,64	2,26	2,84	2,56	11,82	<0,0001	0,0095	95,85
FDN ⁵	68,19	63,22	62,89	61,65	1,35	<0,0001	0,0020	79,86
FDA ⁶	29,05	32,84	32,83	28,61	5,28	0,7210	0,001	99,94
HEM ⁷	39,12	30,38	30,06	33,07	5,28	0,001	<0,0001	97,56
CEL ⁸	27,05	29,32	28,22	24,48	6,19	0,044	0,006	99,81
LIG ⁹	2,01	3,51	4,10	4,13	12,17	0,002	0,0720	81,40
CHOT ¹⁰	87,74	81,63	76,7	72,62	0,96	<0,0001	0,0270	99,20
CNF ¹¹	19,74	18,41	13,81	10,96	6,84	<0,0001	0,1929	96,29

¹ $\hat{Y} = 95,4030 - 0,0594x$, $R^2 = 98,82$; ² $\hat{Y} = 4,5970 + 0,0594x$, $R^2 = 98,82$; ³ $\hat{Y} = 6,3517 + 0,2535x$, $R^2 = 99,78$; ⁴ $\hat{Y} = 1,6017 + 0,0676x - 0,001x$, $R^2 = 95,85$; ⁵ $\hat{Y} = 68,9775 - 1,9945x$, $R^2 = 79,86$; ⁶ $\hat{Y} = 29,0360 + 0,3908x - 0,008x$, $R^2 = 99,94$; ⁷ $\hat{Y} = 52,466250 - 16,5387x + 2,9387x$, $R^2 = 97,56$; ⁸ $\hat{Y} = 21,9681 + 6,6266x - 1,5018x$, $R^2 = 99,81$; ⁹ $\hat{Y} = 2,39 + 0,0465x$, $R^2 = 81,40$; ¹⁰ $\hat{Y} = 68,8205 - 0,1854x$, $R^2 = 99,20$; ¹¹ $\hat{Y} = 23,4662 - 3,0930x$, $R^2 = 96,29$.

O teor de matéria orgânica (MO) das silagens reduziu linearmente ($P < 0,01$) conforme houve aumento na inclusão de feno de leucena, apresentando valores de 95,52%, 94,34%, 93,58%, 92,8% para as silagens com 0%, 15%, 30% e 45% de inclusão de feno de leucena, respectivamente. Esse comportamento pode ser explicado pelo elevado teor de minerais existente na leucena (BARRETO et al., 2010). O que também explica o comportamento linear crescente no conteúdo de material mineral (MM) das silagens que variou de 4,48% para a silagem somente de sorgo e 7,20% para silagem com 40% de inclusão de feno de leucena. De acordo com a equação de regressão, o aumento de 1% de inclusão de feno na silagem, representou acréscimo de 0,05% de matéria mineral.

O teor de PB da silagem (Tabela 2.4) apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,05$), aumentando de 6,23% para 17,61% com a inclusão da maior quantidade de feno de leucena, e representando aumento linear de 0,25% de PB, para cada 1% de inclusão de feno. Essa elevação se explica pelo teor de PB mais elevado da leucena em relação ao sorgo (Tabela 2.2).

Segundo Barcellos et al. (2008) uma das características que se busca com a utilização de leguminosa em conjunto com outras forragens é o aumento no conteúdo de proteína do volumoso, objetivando maior valor proteico sem prejudicar o processo fermentativo do produto final, que será fornecido para os animais.

Diversos trabalhos testando o efeito da inclusão de leguminosas na ensilagem de forrageiras também observaram o incremento nos teores de PB das silagens.

Pacheco et al. (2013) avaliando os efeitos da inclusão de feno de gliricídia na ensilagem de capim-elefante observou aumento linear no teor de PB da silagem após a inclusão do feno da leguminosa, mostrando que a fenação quando realizada da maneira correta não prejudica a características originais da leguminosa, permitindo aumentos expressivos no teor de proteína das silagens das mais diversas forragens.

Stella et al., (2016) avaliando a inclusão de 75%, 50% e 25% da planta de soja na silagem de milho e sorgo obtiveram resposta linear positiva para a variável PB das silagens, representando aumento de 183% o teor de proteína bruta da silagem de sorgo.

Pereira et al. (2004) observaram aumento de 77% no teor de PB das silagem de milho com inclusão de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% forragem de leucena, com valores variando de 7,85% para a silagem somente de milho a 13,90% para a silagem com 40% de leucena.

O teor de extrato etéreo apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) com aumento da inclusão de feno de leucena na silagem, com valor máximo de 2,74% para 33,8% de inclusão de feno.

Pacheco et al. (2013) obtiveram resposta linear crescente ao adicionar feno de gliricídia na silagem de capim-elefante com valores variando de 3% para silagem somente de capim e 8,26% para silagem com 40% de feno.

Foi observado efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens (Tabela 2.4), houve redução de 9,6% no teor de FDN da silagem somente de sorgo (68,19%) em comparação com a silagem com 45% de inclusão (61,65%) de feno de leucena. De acordo com Cruz et al. (2001), o teor de FDN das leguminosas é mais baixo do que das gramíneas. Assim, a redução nos teores de FDN da silagem foi devido ao menor conteúdo desse componente no feno de leucena (59,09%) em relação ao sorgo (70,08%) no momento da ensilagem.

Evangelista et al., (2005) observaram o mesmo comportamento ao adicionarem forragem verde de leucena na silagem de sorgo, os valores de FDN variaram de 56,4% para silagens exclusivas de sorgo e 46,5% para silagem com 40% de inclusão de leucena.

Pereira et al., (2004) também observaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) no teor de FDN da silagem de milho com inclusão de 0, 10, 20, 30 e 40% de forragem de leucena. A inclusão de 40% de leucena promoveu diminuição de 11,78% no teor de FDN da silagem em comparação com a silagem exclusiva de milho, com valores de 41,20% e 46,7% respectivamente.

O consumo de matéria seca pelos ruminantes é negativamente correlacionado com o teor de FDN da forragem (VAN SOEST, 1994). Sendo assim, segundo Borges et al. (1999) silagens com concentrações menores de FDN podem apresentar maiores taxas de consumo, desde que outros fatores não estejam atuando nesse processo.

Observou-se comportamento quadrático ($P < 0,05$) para o teor de fibra em detergente ácido (FDA) da silagem (Tabela 2.3), apresentando valor máximo de 33,8% com inclusão de até 24,42% de feno. As silagens confeccionadas com inclusão de 30% e 45% de feno apresentaram diminuição no teor de FDA da silagem, isso se deve ao fato de que conforme houve aumento da participação do feno, que possui menor teor de FDA que o sorgo (Tabela 2.2), este promoveu diminuição na porcentagem de FDA nos tratamentos com maiores inclusões.

Pacheco et al., (2013) observaram o mesmo comportamento quadrático para o teor de FDA da silagem de capim-elefante com níveis de feno de glicírdia apresentando valor mínimo de 27,77% para a inclusão de 16,25% de feno.

Stella et al. (2016) observaram queda no valor de FDA de 35,23% para 30,44% das silagens com sorgo puro e com 75% de inclusão de soja, respectivamente.

Por ser composto basicamente de lignina e celulose, compostos de difícil digestão para os ruminantes, o teor de FDA está intimamente relacionado com a digestibilidade do alimento (VAN SOEST, 1994). Portanto a inclusão de produtos que promovam a diminuição no teor de FDA é desejável na melhoria das características nutricionais do alimento. Os valores de FDA podem restringir a qualidade da fração fibrosa das silagens, podendo limitar sua utilização para categorias de animais mais exigentes (TOMICH et al., 2003).

Os teores de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) (Tabela 2.4) seguiram o comportamento quadrático ($P < 0,05$) da variável FDA, apresentando valor mínimo para HEM de 29,19% alcançado com inclusão de 24,30% de feno e valor máximo de CEL 29,27% com 2,20% de inclusão.

De acordo com McDonald (1982), alguns carboidratos fermentáveis podem ser disponibilizados aos microrganismos a partir da hidrólise da hemicelulose, como a xilose e arabinose. Este tipo de atividade costuma acontecer quando a quantidade de ácido produzido é maior que a quantidade de carboidratos solúveis, fato que pode ter ocorrido devido ao baixo teor de carboidratos solúveis característicos das leguminosas. Diante disso, substâncias como proteínas, aminoácidos, ácidos orgânicos e principalmente carboidratos estruturais, podem ser utilizados pelos microrganismos como substrato para a produção de ácidos.

Muck (1988); McDonald et al. (1991) citam que a hemicelulose pode servir de substrato adicional para fermentação no interior do silo, sua hidrólise realizada pelas enzimas hemicelulasas bacterianas pode ocorrer consumindo até 40% do seu conteúdo no silo.

Pacheco et al. (2013) observaram o mesmo comportamento com valor mínimo de 14,36% de HEM com inclusão de 26,26% de feno de leucena na silagem de capim-elefante.

Segundo Van Soest (1994), dentre os carboidratos existentes no silo, a celulose é a que sofre menor variação, se tornando o composto mais estável.

O teor de CEL no presente estudo sofreu decréscimo linear ($P < 0,05$) devido ao menor teor de CEL no feno de leucena.

O teor de carboidratos totais CHOT diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do feno de leucena (tabela 2.4). A porcentagem variou de 87,74% para a silagem somente de sorgo e 72,62% para a silagem com 45% de inclusão do feno.

Por ser calculado com base no teor de PB, MM e EE, o teor de CHOT foi diretamente influenciado pelo aumento significativo do teor desses nutrientes na silagem, já que a leucena apresentou maiores teores de PB, MM e EE em relação ao sorgo (Tabela 2.2).

Pacheco et al. (2013) observou comportamento quadrático para os teores de CHOT das silagens de capim-elefante após a inclusão de feno de gliricídia com valor mínimo de 41,5%.

O teor de CNF (Tabela 2.4) sofreu decréscimo linear ($P < 0,05$) devido ao aumento nos teores de lignina e proteína bruta da silagem após a inclusão do feno de leucena.

Os CNF, representados pelos açúcares solúveis em água (mono e dissacarídeos), amido e pectina, são rápida e completamente digeríveis no TGI (MERTENS, 1987).

Segundo Van Soest (1994), os CNF servem de substratos para as bactérias do gênero *Lactobacillus* melhorando a qualidade da silagem, além de aumentar seu valor nutritivo. Eles contribuem ainda para elevar o valor energético da silagem e são considerados carboidratos de elevada digestibilidade.

CONCLUSÃO

A inclusão de até 15% de feno de leucena não prejudica as características fermentativas das silagens, que indicam boa qualidade da silagem, não prejudica a DIVMS, além de reduzir o conteúdo de FDN e elevar o conteúdo de PB da massa ensilada, que é o nutriente mais oneroso na nutrição de ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients Report Number 2, characterization of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstracts and Reviews** (series B), v. 57, n. 12, p. 713 – 736, 1987
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.
- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, suplemento especial p.51-67, 2008.
- BARRETO, M. L. J.; LIMA JUNIOR, D.M.; OLIVEIRA, J. P.F.; RANGEL, A. H. N.; AGUIAR, E. M. Utilização da leucena (*Leucaena leucocephala*) na alimentação ruminantes. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.1, p. 07-16. 2010.
- BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E. 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.
- BORGES, A.L.C.C., GONÇALVES, L.C., NOGUEIRA, F.S., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, I. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. II - Alterações nos carboidratos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.51, n. 5, 1999.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 544p. 2001.
- EICHELBERGER, L.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Efeitos da inclusão de níveis crescentes de forragem de soja e uso de inoculante na qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 867-874, 1997.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C. ; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L.Q.; composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena

(*Leucaena leucocephala* (lam.) dewit). **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FERREIRA, DF. Sisvar versão 5.3 (Biud 75). 2010. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos.** Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras

FIJAŁKOWSKA M., PYSERA B., LIPÍŃSKI K., STRUSIŃSKA D. Changes of nitrogen compounds during ensiling of high protein herbages – A review. **Annals of Animal Science.**, Vol. 15, No. 2 - 289–305 2015.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Washington: USA Department of Agriculture, 1970. 20p. (**Agriculture Handbook**, No. 379)

KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia: conunestudio de los climas de latierra.* Fundo de Cultura Econômica. México. 479p.

MACHADO, F. S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e de suas silagens em três estádios de maturação.** 2009. 107p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

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

McDONALD, Peter. Silage fermentation. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 7, n. 5, p. 164-166, 1982.

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal.**, v.77, p.81-86, 1985.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

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

PACHECO, F. W.; CARNEIRO, M. S. S.; PINTO, A. P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B.R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.155-162, 2014.

PACHECO, F. W.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P. C. L.; CARMO, A. B.R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum) com feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*(Jacq.) Walp). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 8, n. 2, p. 240 - 246, 2013.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R.P. Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, Supl., p.484-491, dez. 2002.

PEREIRA, R. C.; EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; SALVADOR, F. M.; MACIEL, G. A.; Efeitos da inclusão de forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (lam.) dewit) na qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras, v. 28, n. 4, p. 924-930, 2004.

SILVA, L. F. **Substituição do concentrado por níveis crescentes de silagem de gliricídia na alimentação de cordeiros**.2012. 46p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, 2012.

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

SNIFFEN, C.J. CONNOR J.D.O.; VAN SOEST P.J. FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, E. R.; BARCELLOS, J. O. J. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria Animal**.Nova Odessa,v.73, n.1, p.73-79, 2016.

TAYAROL, M. L. C.; GARCIA, R.; SILVA, J. F. C. Efeito da associação milho-soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 562-575, 1983.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for *in vitro* digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P. BORGES, I. **Características Químicas para Avaliação do Processo Fermentativo de Silagens: uma Proposta para Qualificação da Fermentação**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 20p. Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973.2003.

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

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WHITTENBURY,R.;McDONALD, P.; JONES D. G. B. A short review of some biochemical and microbiological aspects of ensilage. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 18, 441–44. 1967.

CAPITULO III – DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN VITRO* E PRODUÇÃO DE GASES DA SILAGEM DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COM DIFERENTES NÍVEIS DE FENO DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala*)

RESUMO

Objetivou-se com o experimento avaliar a cinética de fermentação e degradabilidade ruminal efetiva *in vitro* da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena na MN, por meio da técnica “*Hohenheim Gas Test*”, da silagem de sorgo com diferentes níveis de inclusão de feno de leucena. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, no qual os canteiros correspondiam aos blocos, o nível de inclusão do feno as parcelas e as subparcelas foram compostas pelo tempo de incubação. Os tempos de mensuração dos gases produzidos foram 3; 6; 9; 12; 24; 48; 72 e 96 horas, os dados obtidos foram ajustados pelo modelo de France et al. (1993). Os potenciais máximos de produção de gases variaram de 311,69 mL . g⁻¹ de MS para silagem de sorgo puro a 209,16 mL . g⁻¹ de MS para a silagem com 45% de inclusão do feno. As taxas de produção de gases variaram entre 0,024 e 0,027 mL . g⁻¹ de MS . h⁻¹ para as silagens com 0% e 45% de inclusão do feno respectivamente. Os tempos de colonização foram maiores para a silagem sem inclusão do feno (1h46min). A silagem sem inclusão de leucena foi a que apresentou maior produção de gases seguida da silagem com 15%, as silagens com 30% e 45% de inclusão do feno apresentaram menores produções de gases em comparação as outras.

Palavras-chave: fermentação ruminal, tempo de colonização, leguminosa

CHAPTER III - RUMINAL IN VITRO DEGRADABILITY AND GAS PRODUCTION OF SORGHUM SILAGE (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) WITH DIFFERENT LEUCINE HAY LEVELS (*Leucaena leucocephala*)

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the in vitro fermentation kinetics and in vitro rumen degradability of sorghum silage with different inclusion levels of leucine hay in MN, using the Hohenheim Gas Test technique of sorghum silage with different levels of inclusion of leucine hay. A randomized block design with subdivided plots was used, in which the beds corresponded to the blocks, the inclusion level of the hay plots and the subplots were composed by the incubation time. The measurement times of the gases produced were 3; 6; 9; 12; 24; 48; 72 and 96 hours, the data obtained were adjusted by the model of France et al. (1993). The maximum potential for gas production varied from 311.69 mL. G⁻¹ from MS for pure sorghum silage at 209.16 mL. G⁻¹ of MS for silage with 45% hay inclusion. The rates of gas production ranged from 0.024 to 0.027 mL. G⁻¹ from MS. H⁻¹ for silages with 0% and 45% hay inclusion respectively. Colonization times were higher for silage without hay inclusion (1h46min). Silage without leucine inclusion was the one with the highest gas production followed by silage with 15%, silages with 30% and 45% of hay inclusion presented lower gas production compared to the others.

Key words: rumen fermentation, lag time, leguminous

INTRODUÇÃO

O volumoso constitui um dos principais componentes dietéticos fornecidos aos ruminantes. Como sua produção é diretamente influenciada pelas características edáfo-climáticas a necessidade de produção de volumoso suplementar na forma de forragens conservadas é alta (DANIEL et al., 2011).

Nesse cenário a silagem é uma das alternativas de conservação de volumosos para fornecimento ao animal no período seco mais utilizada no Brasil. O valor nutritivo da silagem produzida depende de vários fatores, entre eles a sua composição química e quanto desses nutrientes contidos nela é aproveitado pelos animais (MIZUBUTI et al., 2014).

A busca por misturas que proporcionem aumento no valor nutritivo de silagens vem aumentando, mesmo para silagens consideradas padrão como no caso de milho e sorgo. Estas, mesmo resultando silagens com boas características fermentativas, apresentam baixos teores de proteína, que pode ser um limitante para a simbiose entre os microrganismos ruminais e o animal. Além de aumentar o custo com aquisição de suplementos proteicos (PEREIRA et al. 2004).

Assim a adição de feno de leucena pode aumentar o teor de proteína e o valor nutritivo da silagem, no entanto, informações sobre a cinética de fermentação ruminal a respeito dessa mistura são escassos, evidenciando assim a importância dessa ferramenta na determinação do valor nutricional do alimento.

Objetivou-se com este experimento determinar o valor nutricional das silagens do sorgo com níveis crescentes de inclusão de feno de leucena, por meio da avaliação da produção de gases e da degradabilidade da matéria seca, utilizando-se a técnica *in vitro* de produção de gases.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Ensaio de Produção de Gases do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins.

Foram utilizadas silagens de híbrido de sorgo com inclusão de feno de leucena na proporção de 0%, 15%, 30% e 45% base na matéria natural, as amostras das silagens foram pré-secas a 55°C por 72 horas. Em seguida, foram moídas em moinho tipo willey para fornecer partículas de um milímetro, para determinação dos teores de MS a 105°C, cinzas, proteína bruta (AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) segundo metodologia de Van Soest, Robertson e Lewis (1991), carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram segundo Sniffen et al. (1992) $CHOT = 100 - (PB + EE + MM)$, $CNF = 100 - (PB + EE + MM + FDN)$ (Tabela 3.1)

Tabela 3.1 - Composição químico-bromatológica da silagem de sorgo com níveis de inclusão de feno de leucena

VARIÁVEL	Nível de inclusão			
	0	15	30	45
MS	29,28	38,69	48,61	57,93
MO	95,52	94,34	93,58	92,8
MM	4,48	5,66	6,42	7,20
PB	6,23	10,44	14,03	17,61
EE	1,64	2,26	2,84	2,56
FDN	68,19	63,22	62,89	61,65
FDA	29,05	32,84	32,83	28,61
HEM	39,12	30,38	30,06	33,07
CEL	27,05	29,32	28,22	24,48
LIG	2,01	3,51	4,10	4,13
CHOT	87,74	81,63	76,7	72,62
CNF	19,74	18,41	13,81	10,96

MS = matéria seca; MM = Matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = lignina EE = extrato etéreo; MM= matéria mineral e CHOT = carboidratos totais CNF = Carboidratos não fibrosos.

As silagens foram submetidas a um ensaio de produção de gases e degradabilidade por meio de uma adaptação da técnica “Hohenheim Gas Test”

desenvolvida por Menke et al. (1979), utilizando seringas de vidro de 100 ml graduadas para mensuração da produção de gases.

Foram pesadas 0,2 gramas das silagens em sacos filtrantes “F57 Ankon®” os quais foram acondicionados em seringas de vidro de 100 mL com 20 mL de um meio de cultura (minerais e tamponantes) e 10 mL de líquido ruminal coletado de um bovino macho da raça holandesa fistulado no rúmen, recebendo forragem e ração comercial para atender as exigências de manutenção.

As leituras do volume de gases produzidos foram realizadas às 3; 6; 9; 12; 24; 48; 72 e 96 horas após inoculação. Os dados obtidos foram corrigidos utilizando-se brancos (seringas sem amostra) e os valores ajustados para produção por grama de MS.

O delineamento utilizado foi o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, no qual os canteiros correspondiam aos blocos, o nível de inclusão do feno as parcelas e as subparcelas foram compostas pelo tempo de incubação.

Os dados obtidos foram ajustados pelo modelo de France et al. (1993) através da equação 1

$$(1) \quad Y = A \cdot \{1 - \exp[-b \cdot (t - T) - c \cdot (\sqrt{t} - \sqrt{T})]\}$$

Em que:

Y = Produção de gases acumulada “Y” em mL,

t = Tempo de incubação “t” em horas,

A = Total de gases “A” em mL,

T = Tempo de colonização “T” em horas

A taxa de degradação fracional “ μ ” em h^{-1} foi calculada conforme equação (2)

$$(2) \quad \mu = b + c/\sqrt{t}$$

onde:

μ = taxa de produção de gases (h^{-1});

b e c = Taxas constantes (definidos anteriormente).

t= tempo de incubação, no qual ocorre metade da velocidade máxima de fermentação

As equações geradas foram comparadas por meio de teste de paralelismo e identidade de curvas de acordo com Regazzi e Silva (2004) ($p < 0,05$), ao nível de 5% probabilidade de erro.

Foram estimadas também as degradabilidades efetivas, como expresso abaixo:

$$(3) \quad DE = S_0 \cdot \exp -kt \cdot (1 - kl) / (S_0 + U_0)$$

Em que:

DE = degradabilidade efetiva,

k = taxa de passagem; sendo calculado para k = 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05

S₀ e U₀ = frações inicialmente fermentáveis frações não fermentáveis, respectivamente, sendo:

$$(4) \quad I = \exp [- b \cdot (t - T) + c \cdot (\%t - \%T)] dt$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de potencial máximo de produção de gases (A), tempo de colonização (TC), taxa de produção de gases (μ) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) da silagem de sorgo com inclusão de níveis de feno de leucena são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Parâmetros da cinética de fermentação ruminal *in vitro* das silagens de seis híbridos de sorgo, utilizando o modelo de France, degradabilidade efetiva e degradabilidade da matéria seca (DEMS)

Parâmetros	Nível de inclusão de feno de leucena na silagem de sorgo			
	0	15	30	45
A	311,69	250,15	218,91	209,16
TC (h:min)	1:46	1:01	1:02	1:12
μ	0,024	0,025	0,028	0,027
DEMS (2%)	60,12	53,43	50,91	49,16
DEMS (3%)	58,65	52,36	50,40	48,14
DEMS (4%)	57,22	51,32	49,88	47,12
DEMS (5%)	55,82	50,29	49,37	46,13

A – Potencial de produção de gases (mL . g⁻¹ de MS), TC - Tempo de colonização (horas) e μ - Taxa de degradação fracional h⁻¹ (mL . g⁻¹ de MS . h⁻¹). *Parâmetros estimados pelo modelo de France et al. (1993). ** Degradabilidade efetiva da matéria seca. **

O tratamento com 0% de inclusão do feno foi o que apresentou maior potencial de produção de gases (A), que é quando a produção atinge o seu platô, alcançando o valor de 311,69 mL . g⁻¹ de MS. A medida que houve a inclusão do feno, houve redução da produção máxima de gases, observada no tratamento com 15% de inclusão do feno que apresentou valor de 250,15 mL . g⁻¹ de MS e nos tratamentos com 30% e 45% de inclusão que apresentaram produção máxima de 218,91 mL . g⁻¹ de MS e 209,16 mL . g⁻¹ de MS, respectivamente.

Apesar de ter apresentado maior teor de FDN em comparação aos tratamentos com inclusão do feno, o tratamento com 0% apresentou maior produção de gases, devido ao seu menor teor de lignina, composto indigestível para os microrganismos

ruminais, e maior teor de carboidrato não fibroso (CNF) (Tabela 3.1), que por ser composto basicamente por carboidratos de rápida fermentação, os CNF apresentam maior taxa de fermentação no rúmen e contribuem significativamente, para o aumento na produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e conseqüentemente, produção acumulativa de gases.

Segundo Nogueira et al. (2006), devido ao alto potencial de fermentação ruminal alimentos com alta proporção de carboidratos solúveis possuem a característica de produzir maior proporção de gases em relação à alimentos ricos em carboidratos estruturais.

A produção cumulativa de gases para os tratamentos com inclusão de leucena apresentaram queda devido ao aumento no teor de proteína que além de ter causado redução no teor de CNF, a sua fermentação resulta em substratos como o bicarbonato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, que utilizam CO_2 e amônia para a sua formação e assim a proporção de gases é reduzida devido à baixa contribuição de CO_2 para esse quantitativo (KHAZAAL et al. 1995).

O tempo de colonização (TC) consiste no tempo entre a incubação da amostra e o início da ação dos microrganismos. A presença de substratos prontamente fermentáveis e características inerentes à parede celular das amostras determinam o aumento ou a redução no TC (PIRES, 2007).

A silagem com 0% de inclusão de sorgo apresentou maior TC (1,46) isso possivelmente deu-se devido ao fato dessa silagem apresentar maior teor de FDN (Tabela 3.1). A inclusão do feno diminuiu o tempo de colonização para 1,01, 1,02 e 1,12 nos tratamentos com 15%, 30%, e 45% de inclusão, respectivamente, essa diminuição está diretamente relacionada com a redução do teor de FDN, promovida pela inclusão do feno. Segundo Velásquez et al. (2009) forragens com maiores valores de FDN apresentam maiores TC.

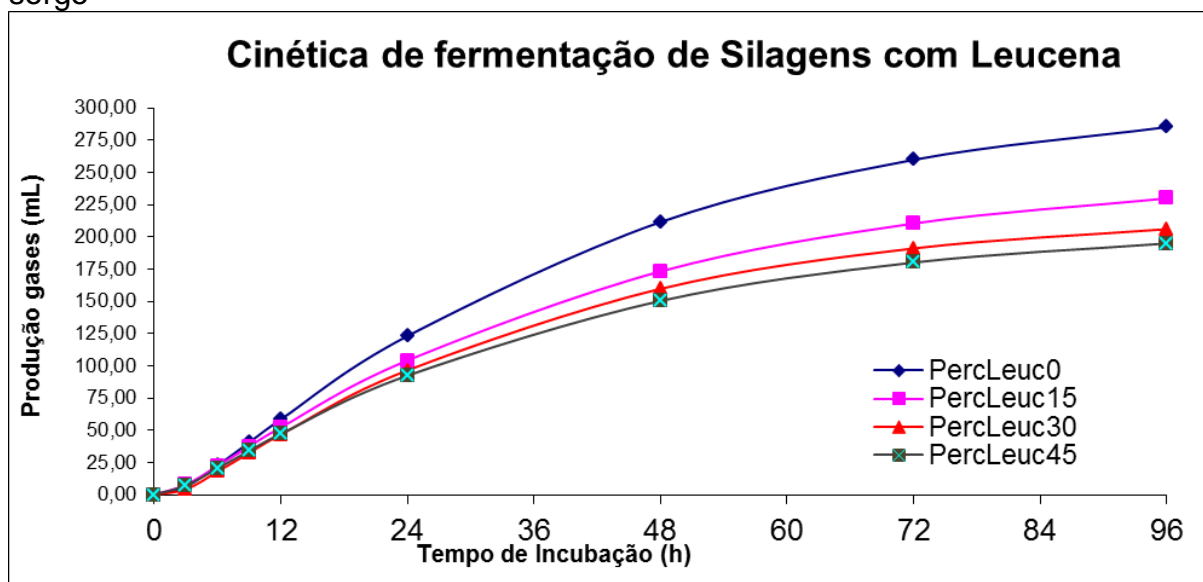
A taxa de produção de gases não sofreu grande variação com a inclusão de feno de leucena na ensilagem, apresentando valores semelhantes entre os tratamentos com 0,024mL/g de MS/h, 0,025mL/g de MS/h, 0,028mL/g de MS/h, 0,027mL/g de MS/h para as silagens com 0%, 15%, 30%, e 45% de inclusão do feno, respectivamente.

A DEMS seguiu o comportamento do potencial máximo de produção de gás (Tabela 3.2), onde a silagem com 0% de inclusão de leucena apresentou os maiores valores em comparação com as silagens contendo feno de leucena.

Os valores decrescentes observados para as silagens com 15%, 30% e 45% de inclusão do feno podem ser atribuídos ao aumento da fração indigestível da fibra com aumento nos teores lignina, que por ser indigestível influenciou na degradabilidade da MS causando conseqüente redução na produção de gases.

Na Figura 1 e Tabela 3.3 estão apresentados as curvas de produção cumulativa de gases de produção de gases e os modelos gerados pela análise de regressão de France et al. (1993) respectivamente.

Figura 1. Produções cumulativas de gases da MS das silagens de sorgo com inclusão de níveis crescentes de feno de leucena



***PercLeuc:** Percentual de inclusão da leucena nas silagens (0%, 15%, 30% e 45%)

Tabela 3.3 Equações da produção acumulativa de gases, em mL.g-1 de MS de silagem de sorgo com inclusão de feno de leucena

Silagens*	Equações (Modelo de France)		R ²
0	$Y = 311,69 \times (1 - \exp^{[-(0,0307) \times (t - 1,4669) - (-0,0516) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,4669})]})$	a A	97,80
15	$Y = 250,15 \times (1 - \exp^{[-(0,0300) \times (t - 1,0138) - (-0,0390) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,0138})]})$	b B	98,40
30	$Y = 218,92 \times (1 - \exp^{[-(0,0348) \times (t - 1,0238) - (-0,0535) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,0238})]})$	c C	99,70
45	$Y = 209,16 \times (1 - \exp^{[-(0,0318) \times (t - 1,1201) - (-0,0376) \times (\sqrt{t} - \sqrt{1,1201})]})$	c C	98,90

Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais nas colunas, são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas, iguais nas linhas, são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% (REGAZZI e SILVA, 2004); *Níveis de inclusão de feno de leucena na silagem de sorgo (%)

As curvas de produção cumulativa de gases (Figura 1) mostram que a silagem com 0% de inclusão de feno de leucena alcançou maior produção de gases, seguida do tratamento com 15% e menores produções para os tratamentos com 30% e 45% de inclusão do feno.

O teste de paralelismo e identidade de curvas indicou que as silagens apresentaram diferenças na cinética de degradação. Sendo verificado que a inclusão do feno de leucena resultou na redução da produção de gases.

Segundo Sá et al. (2011) a degradação da fração de rápida degradação de um alimento associa-se com maiores níveis de produção de gás. Portanto, o aumento nos teores de lignina associada à FDN, pode ter sido um dos fatores que contribuíram para a redução na fermentação das silagens com inclusão de feno de leucena.

O aumento no teor de proteína da silagem (Tabela 3.1) também pode ter contribuído para a redução na produção de gás, de acordo com Sá et al. (2011), dietas e/ou alimentos com maiores teores de proteína resultam em menor produção de gás.

Incubação de substratos ricos em proteína resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de CO₂ e amônia, reduzindo, assim, a contribuição de CO₂ para a produção total de gases.

Santos et al. (2003) trabalhando com subprodutos proteicos concluíram que o caroço de algodão foi o alimento concentrado que apresentou menor produção de

gases em todas as espécies estudadas, seguido dos farelos de algodão e soja, o que pode ser explicado pelo alto conteúdo de proteína desses alimentos.

CONCLUSÃO

Todos os tratamentos apresentaram elevada produção de gás, no entanto a silagem com 0% de inclusão de feno de leucena foi a que apresentou melhores resultados para os parâmetros analisados.

Apesar dos tratamentos com maiores inclusões do feno de leucena apresentarem silagens com menor teor de FDN elas apresentaram maiores teores proteína bruta, que por ser um composto caracterizado por produzir menos gases que os carboidratos durante a fermentação, resultou em menores produções de gases que a silagem exclusiva de sorgo, mas não significou que resultaram em silagens de baixa qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p.

DANIEL, J.L.P.; ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L.G. A escolha do volumoso suplementar na dieta de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.261-269, 2011

FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K.; LISTER, S.J.; DAVIES, D.R. ISAC, D.A. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p.99-111, 1993.

KHAZAAL, K.; DENTINHO, M. T.; RIBEIRO, J. M. et al. Prediction of apparent digestibility and voluntary intake of hays fed to sheep: comparison between using fiber components, *in vitro* digestibility or characteristics of gas production or nylon bag degradation. **Animal Science**, Edinburgh, v. 61, n. 3, p. 527-538, Dec. 1995.

MIZUBUTI I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S.; PEIXOTO, E.L.T.; MOURA, E.S.; PRADO, O.P.P.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; SILVA, L.D.F.; CRUZ, J.M.C.; Ruminal degradation kinetics of protein foods by *in vitro* gas production technique. **Semina: Ciências Agrárias**. 2014.

MENKE, K. H., RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H.; FRITZ D.; SCHNEIDER W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **The Journal of Agricultural Science**, 93, pp 217-222. 1979.

NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semiautomática de produção e gases. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.633-641,2006.

PIRES, D. A. **Avaliação de quatro genótipos de sorgo (*sorghum bicolor*) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagens. Tese (doutorado)** – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. UFMG. Belo Horizonte. 2007.

PEREIRA, R. C.; EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; SALVADOR, F. M.; MACIEL, G. A.; Efeitos da inclusão de forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (lam.) dewit) na qualidade da silagem de milho (*zea mays* l.). **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 4, p. 924-930, 2004.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 22, n. 2, p. 33-45, 2004.

SANTOS, R.A.; TEIXEIRA, J.C.; PEREZ, J.R.O.; PAIVA, P.C.; MUNIZ, J.A.; ARCURI, P.B. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.3, p.689-695, 2003.

SÁ, J. F. D., PEDREIRA, M. D. S., SILVA, F. F. D., FIGUEIREDO, M. P. D., REBOUÇAS, G. M. N.; SOUZA, D. R. D. In vitro ruminal fermentation kinetics of Marandu grass at different harvest ages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 225-231, 2011.

SNIFFEN, C.J. CONNOR J.D.O.; VAN SOEST P.J. FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

VELASQUÉZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M. TEIXEIRA, I. A. M. A. Cinética da fermentação e taxas de degradação de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte estimadas pela técnica de produção de gases *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1695-1705, 2009

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.