

**ANA LETICIA SCARMUCIN DOERZBACHER**

**UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NO PROCESSO FERMENTATIVO E VALOR  
NUTRICIONAL DE SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.**

**Cuiabá-MT**

**2018**

**ANA LETICIA SCARMUCIN DOERZBACHER**

**UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NO PROCESSO FERMENTATIVO E VALOR  
NUTRICIONAL DE SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.  
Área de concentração: Forragicultura e Pastagem

Orientador: Prof. Dr. JOADIL GONÇALVES DE ABREU

**Cuiabá-MT**

**2018**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

S286u Scarmucin Doerzbacher, Ana Leticia.  
utilização de aditivos no processo fermentativo e valor  
nutricional de silagens de cana-de-açúcar em diferentes estádios de  
maturação. / Ana Leticia Scarmucin Doerzbacher. -- 2018  
43 f. ; 30 cm.

Orientador: Joadil Gonçalves de Abreu.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Animal, Cuiabá, 2018.

Inclui bibliografia.

1. digestibilidade. 2. Saccharum spp.. 3. Silagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

# FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna: Ana Leticia Scarmucin Doerzbacher

Título: Utilização de aditivos no processo fermentativo e valor nutricional de silagens de cana-de-açúcar em diferentes estádios de maturação.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em: 13 de setembro de 2018

## BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu (Presidente da Banca /Orientador)

Instituição: UFMT

Assinatura: Joadil G. de Abreu:

Prof. Dr. . Luciano da Silva Cabral (Examinador Interno)

Instituição: UFMT

Assinatura: Luciano da Silva Cabral

Prof. Dr. Luis Miguel Mendes Ferreira (Examinador Externo)

Instituição: UTAD

Assinatura: Luis Miguel Mendes Ferreira

Cuiabá – MT

2018

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu pai **Anisio Doerzbacher** e minha mãe **Leiri Antonia Doerzbacher** pelo apoio e amor incondicional.

Dedico ao meu irmão **Rafael Ary Doerzbacher** pela incentivação e companheirismo sempre.

Dedico à minha avó **Albina Prestes Scarmucin** e minhas tias **Marici Scarmucin** e **Maria Lires Scarmucin** por sempre estarem do meu lado quando mais precisei.

Dedico também ao meu orientador **Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu**, pela confiança, paciência, incentivo, amizade e excelente orientação.

**Amo muito vocês...**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, sem ele nada disso seria possível, me deu forças quando não achei que teria.

Aos meus pais, **Anisio** e **Leiri**, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional e exemplo de honestidade e força.

Ao meu irmão **Rafael**, pelo companheirismo e amizade, mesmo naquelas brigas de irmão nunca tive dúvidas do amor que sentes por mim.

A minha avó **Albina**, meu sincero agradecimento, pelo carinho, amor, atenção e por todas as vezes que dobrou o joelho para pedir a Deus que me protegesse.

As minhas tias **Maria Lires** e **Marici**, que vibraram comigo, desde a aprovação na prova, e sempre fizeram “propaganda” positiva a meu respeito. Obrigada pela força!

Ao meu orientador **Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu**, por acreditar em meu potencial. Sempre disponível e disposto a ajudar, me fez enxergar que existe mais que pesquisadores e resultados por trás de uma dissertação, mas vidas humanas... Além de orientador, foi uma pessoa que me espelhei não só como profissional, mas como ser humano, pela bondade incomparável e pelo respeito que tens ao próximo. Obrigada pela total confiança!

Ao membro da banca e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, **Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral**, pela dedicação que sempre teve em buscar melhorias para todos os discentes do programa e por toda ajuda que tive quando precisei, certamente é um exemplo de profissional e ser humano na minha vida. Muito obrigada!

Ao membro da banca **Prof. Dr. Luis Miguel Mendes Ferreira**, que veio da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD/Portugal) para participar de minha defesa de Mestrado, pelas valiosas correções e sugestões apresentadas. Muito obrigada!

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, especialmente á **Suellem, Wellyton, Janderson, Emanuelle, Adrielle** e **Caio**, que se tornaram verdadeiros amigos e tornaram mais leve o meu trabalho. Obrigada por dividirem comigo as angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens. Foi bom poder contar com vocês!

Aos alunos, **Juliam Kelly, Larissa, Allan, João, Vinicius, Matheus, Camila, Rogério, Adriana, João Paulo e Luiz** por toda ajuda na condução deste trabalho e pela amizade que tive o prazer de construir com vocês. Obrigada!

Ao grupo “coifas” – **Cláudia, Thiago, Dayenne, Roberlan, Alex e Georgio**, meus amigos do IFRO. Obrigada por entrarem na minha vida e por terem permanecido nela, por chorar minhas tristezas e se alegrar com minhas alegrias, pelas brincadeiras que sempre me fizeram sorrir e por sempre desejarem o meu bem, obrigada por todos os conselhos e demonstrações de carinho, mesmo longe sempre estiveram presentes.

A todos os **professores do PPGCA**, pela contribuição no meu crescimento profissional.

Em especial, ao professor **Dr. Nelcino Francisco de Paula**, pela humildade e paciência na transmissão dos conhecimentos.

Ao **Laboratório de Nutrição Animal**, Coordenado pelo **Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral** e **Dr. Cláudio Luiz Barbosa Toledo**, pela oportunidade em realizar as atividades laboratoriais.

Aos professores e eternos orientadores da graduação **Dr. Fabiano Gama de Sousa, Dr. Ernando Balbinot** e **Dr. Rafael Henrique Pereira dos Reis**, pela oportunidade de participar dos grupos de pesquisa INTEGRA e GEFOS do IFRO, foram vocês que me ascenderam à vontade de pesquisar, e me fizeram gostar imensamente disso tudo, meu muito obrigado e eterna gratidão.

A **todos os integrantes** do grupo INTEGRA e GEFOS que ajudaram na realização desta pesquisa. Obrigada pela total dedicação e esforço, sem a ajuda de vocês nada disso seria possível.

A **Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT**, que me viabilizou o curso de Mestrado em Ciência Animal.

Ao **Instituto Federal de Rondônia – IFRO, campus Colorado do Oeste**, que deu suporte e concedeu a área e local para realização desta pesquisa.

A todas as outras pessoas, não menos importantes, que não mencionei, mas que estavam sempre presentes. Sinto-me feliz por ter conhecido cada um de vocês.

**A todos, minha eterna GRATIDÃO.**

“O Senhor é o meu pastor. Nada me falta.  
Em verdes pastagens me faz repousar;  
Para fontes tranquilas me conduz, e restaura minhas forças.  
Ele me guia por bons caminhos, por causa do seu nome.  
Embora eu caminhe por um vale tenebroso, nenhum mal temerei,  
pois junto a mim estás; teu bastão e teu cajado me deixam tranqüilo” (SALMO 23: 1-4)

## RESUMO

DOERZBACHER, A. L. S. **Utilização de aditivos no processo fermentativo e valor nutricional de silagens de cana-de-açúcar em diferentes estádios de maturação**. 2018, 43f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT, 2018.

O uso da cana-de-açúcar é tradicional entre pecuaristas de pequena e média propriedade. A ensilagem de cana-de-açúcar proporciona mais adaptabilidade de uso deste volumoso na alimentação animal, visto que existe a necessidade de cortes diários para o fornecimento de forragem verde picada. Entretanto, a ensilagem de cana-de-açúcar é problemática, principalmente pela fermentação alcoólica que eleva as perdas de matéria seca pelo inadequado padrão de fermentação. Desse modo, objetivou-se avaliar as perdas, padrão fermentativo e valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar com aplicação de aditivos em diferentes épocas de maturação. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3x5, sendo: três épocas de colheita (março, maio, julho); cinco aditivos (10% de fubá de milho; 10% de milho desintegrado com palha e sabugo - MDPS; 15% de farelo de arroz; 1% de ureia; tratamento controle sem aditivo). O padrão fermentativo manteve adequado para as silagens de cana-de-açúcar em todas as épocas de colheita, com e sem o uso de aditivos. O uso dos aditivos sequestrantes de umidade reduz as perdas e melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. O avanço na época de colheita reduz o teor da fibra e aumenta os teores de NDT e digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar. O uso de farelo de arroz melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, reduzindo o teor de fibra e aumentando os teores de PB, NDT, DIVMS e recuperação de matéria seca da silagem.

**Palavras-chave:** digestibilidade; *Saccharum spp.*; silagem

## ABSTRACT

DOERZBACHER, A. L. S. **Use of additives in the fermentation process and nutritional value of sugarcane silages at different maturation stages.** 2018, 43f. Dissertation (Master in Animal Science), Faculty of Agronomy and Animal Science, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá - MT, 2018.

The use of sugarcane is traditional among small and medium sized cattle ranchers. Sugarcane silage provides more adaptability of use of this food in animal feed, since there is a need for daily cuts for the supply of chopped green fodder. However, sugarcane silage is problematic, mainly due to the alcoholic fermentation that raises the losses of dry matter due to the inadequate fermentation pattern. In this way, the objective was to evaluate the losses, fermentative standard and nutritive value of sugarcane silage with the application of additives in different maturation periods. The experimental design was completely randomized with 4 replicates. The treatments were arranged in a factorial scheme 3x5, being: three harvest times (March, May, July); five additives (10% cornmeal; 10% of corn disintegrated with straw and cob (MDPS); 15% rice bran; 1% urea; the control treatment without additive). The fermentation pattern maintained adequate for sugarcane silages at all harvest times, with and without the use of additives. The use of moisture-sequestering additives reduces losses and improves the nutritive value of sugarcane silage. The advance in the harvesting season reduces the fiber content and increases the TDN and digestibility levels of sugarcane silage. The use of rice bran improves the nutritive value of sugarcane silage, reducing the fiber content and increasing the levels of CP, TDN, IVDMD and dry matter recovery of the silage.

**Keywords:** digestibility; *Saccharum* spp.; silage

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	11
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1 Cana-de-açúcar <i>in natura</i> .....	12
2.2 Aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar .....	13
2.3 Silagem de cana-de-açúcar .....	15
2.4 Microflora epífita e qualidade de silagens .....	15
CAPÍTULO 2 .....	22
Valor nutritivo e parâmetros fermentativos na ensilagem de cana-de-açúcar em diferentes épocas de maturação com aditivos .....	22
Resumo: .....	22
Abstract: .....	22
Introdução .....	23
Material e Métodos .....	25
Resultados e Discussão .....	29
Conclusões .....	39

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A sazonalidade na produção forrageira, aliada à degradação das pastagens e manejo inadequado do pastejo, são os fatores de maior contribuição para os baixos índices zootécnicos verificados nos sistemas de produção em pasto.

O pasto apresenta de 70 a 90% do seu potencial anual de produção no período de águas. Desta forma, o rebanho bovino é prejudicado no período seco do ano tanto pela escassez como pela queda na qualidade das forragens (FERNANDES et al., 2003).

A cana-de-açúcar é uma alternativa nestes períodos, por se tratar de uma cultura com alto potencial para uso na alimentação de ruminantes, possui alto valor energético e sua maturação coincide com a época de escassez de forragem.

O uso da cana-de-açúcar de forma *in natura* exige elevada mão-de-obra para os pecuaristas, devido o corte diário para fornecimento, tornando-se problemática em situações onde se deseja utilizar a cana como forragem verde picada durante o ano todo, em função da dificuldade de colheita em dias de chuva. Canaviais que foram submetidos à queima, ou sofrido fortes geadas também precisam ser utilizados rapidamente para não serem perdidos. Desta forma, a ensilagem da cana-de-açúcar mostra-se como uma alternativa, permitindo a colheita total da área, melhorando a uniformidade dos canaviais e podendo utilizá-la na época em que apresenta seu alto valor nutritivo (período seco), onde se torna propício a entrada de maquinários na área.

O principal problema relacionado à ensilagem da cana-de-açúcar está na ação das leveduras, levando a fermentação alcoólica e conseqüentemente limitando o seu consumo (NUSSIO et al., 2003). Neste sentido, os aditivos são testados a fim de melhorar o processo fermentativo e assim reduzir os problemas na sua composição final. Forragens tratadas com uréia 0,5% a 1,5% apresentaram bons resultados quando ao padrão fermentativo e composição bromatológica, indicando pequenas perdas durante o processo de ensilagem (LIMA et al., 2002; MOLINA et al., 2002).

A utilização de aditivos fornecedores de carboidratos solúveis de outra natureza, o amido, pode garantir um processo fermentativo satisfatório, impedindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e tornando a silagem um alimento de valor nutricional adequado e de baixo custo de produção (BALSALOBRE et al., 2001).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as perdas, padrão fermentativo e valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar com aplicação de aditivos em diferentes épocas de maturação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Cana-de-açúcar *in natura***

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), a partir da década de 70 com o programa Proálcool, tem se tornado importante cultura no setor agropecuário o que tem viabilizado sua produção como fonte de alimento para bovinos no período seco do ano. Entre as diversas vantagens da utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes, destacam-se: alta produtividade de massa verde (80 a 120 t/ha), baixo custo de produção e a colheita que coincide com o período de escassez de forragem (SILVA, 1993).

No entanto, a cana-de-açúcar apresenta baixos teores de proteína bruta (PB) que variam de 1,91 a 3,81% (BONOMO et al., 2009) e minerais, sendo sua fibra considerada de baixíssima qualidade. Porém, o desempenho dos animais pode ser satisfatório quando a cana-de-açúcar é corrigida, quanto aos teores de proteína bruta e mineral (PEDROSO, 2003). Para corrigir essas deficiências, recomenda-se adicionar a cana picada a mistura de uréia com sulfato de amônio (9:1) ou o uso de concentrados. Rodrigues et al. (2001) obtiveram ganho de peso entre 0,89 e 0,65 kg/dia para novilhas da raça Canchim alimentadas com cana-de-açúcar suplementada com 1,3 kg/cabeça/dia de concentrado.

Com relação à fração fibra, ressalta-se que apesar de possuir baixo teor, a digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) é a metade do que ocorre em outras gramíneas, sendo 20% para cana e 40% para o milho (CARVALHO, 2010)

A cana-de-açúcar tem capacidade em manter seu valor nutritivo durante um longo período de tempo, sendo que este período coincide com a época de baixa disponibilidade de forragem (seca). Porém a sua utilização na alimentação animal, fora do período da safra, pode sofrer restrições, porque a forragem apresenta menor valor nutritivo devido ao baixo teor de sacarose (MATSUOKA e HOFFMANN, 1993).

Tradicionalmente, a cana-de-açúcar é utilizada *in natura* na alimentação de rebanhos através do corte e fornecimento diário devido à capacidade de manter seu valor nutritivo durante um longo período de tempo. Entretanto, esta prática exige diariamente mão-de-obra para as atividades de corte, despalha, picagem e transporte, estabelecendo limitações

logísticas e operacionais na suplementação de grandes rebanhos além de problemas relacionados à colheita em dias chuvosos (MENDES, 2006).

Outro problema relacionado à utilização de cana-de-açúcar na forma de capineira é o risco de fogo acidental. A cana-de-açúcar, após a queima, não pode ser mantida no campo, pois sofrerá deterioração e pode se tornar imprópria para a alimentação animal. Bernardes et al. (2007), avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar crua e queimada, observaram elevação no teor de etanol e na população de leveduras nas silagens que passaram pelo processo de queima. Pode-se atribuir isto a possível recontaminação por leveduras decorrentes da exsudação do colmo após o processo de queima (SIQUEIRA et al., 2010).

Quando é realizada a ensilagem da cana, concentra-se a mão-de-obra em apenas um período. Ademais, outras vantagens são: liberação da área antes do início das chuvas; crescimento mais uniforme da planta; aproveitamento da cana no estágio de melhor valor nutritivo; eliminação das sobras de cana que ficariam no campo pela falta de corte (LOPES e EVANGELISTA, 2010).

Portanto, o processo de ensilagem coloca-se como uma alternativa para os pecuaristas que buscam uma forma mais prática de manejo da forragem em suas propriedades e para àqueles que procuram viabilizar o aproveitamento da cana-de-açúcar como volumoso para grandes confinamentos. Entretanto, segundo Pedroso et al. (2005), a maior limitação apresentada por esta técnica consiste na elevada produção de etanol, ao qual resulta em silagens de baixa qualidade devido à elevada perda de matéria seca. Este problema pode causar rejeição ou redução no consumo voluntário pelos animais e desempenho insatisfatório destes (NUSSIO et al., 2003).

## **2.2. Aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar apresenta 23% de açúcares solúveis (PEDROSO et al., 2005), baixa capacidade tampão com 7 e.mg de HCl/100 g de MS (SIQUEIRA et al., 2007), adequado teor de matéria seca (MS) com de 25 a 35% (BERNARDES et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007), sendo considerada como uma boa planta forrageira para o processo de ensilagem.

Porém, possui uma microflora epífita rica em leveduras que pode chegar  $1 \times 10^6$  UFC/g de forragem (SIQUEIRA, 2009). Algumas espécies de leveduras podem se desenvolver em ambientes anaeróbicos, podendo manter altas populações que utilizam como substrato as hexoses resultantes da hidrólise enzimática da sacarose, obtendo como produto final o etanol.

Desta maneira, a cana-de-açúcar ensilada sem aditivos pode apresentar fermentação alcoólica, resultando em perdas excessivas de matéria seca (MS) e de valor nutritivo durante a conservação (SCHMIDT, 2006). Essa conversão resulta em elevadas perdas no processo de conservação devido aos baixos teores de ácidos lático e acético (ALLI et al., 1983). Segundo Nussio et al. (2003), o etanol produzido resulta em grande perda energética da silagem, provocando rejeição de consumo pelo animal logo após a retirada do silo.

Avaliando as perdas de MS e valor nutritivo na ensilagem da cana-de-açúcar sem aditivos, Pedroso (2003) observou que aos 45 dias após a ensilagem, a cana-de-açúcar atingiu a maior perda de MS, passando de 35% MS na forragem para 26% MS na silagem, acompanhada de redução na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 65 para 47%.

Aditivos químicos e sequestrantes de umidade têm sido utilizados com o intuito de melhorar o padrão de fermentação e a qualidade da silagem, através do desenvolvimento de microrganismos benéficos, como bactérias produtoras de ácido lático, e a inibição dos indesejáveis, como as leveduras e bactérias do gênero *Clostridium*. Além de aumentarem o teor de MS da forragem, os aditivos sequestrantes de umidade tem o intuito de fornecer carboidratos solúveis de outra natureza, como o amido, que induz ao processo de fermentação láctica, impedindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e tornando a silagem de gramíneas tropicais um alimento de valor nutricional adequado e de baixo custo de produção (BALSALOBRE et al., 2001).

Os aditivos químicos preservadores são substâncias que possuem a função de controlar reações químicas e biológicas durante o processo de produção de ensilagem (NEUMAN et al., 2010). Sendo assim, o uso de ureia na ensilagem da cana-de-açúcar, que apresenta baixo teor de proteína bruta (PB) (EVANGELISTA e LIMA., 1999), tem o objetivo de incrementar o valor nutritivo da forragem ensilada. Lopes et al. (2010), aplicando ureia (45% de N) e amireia (64% de ureia) na ensilagem de cana-de-açúcar, observaram aumento no teor de PB da silagem (12,33%), quando utilizou 1,5% de uréia e 1,5% amireia.

Itavo et al. (2010) observaram aumento no teor de matéria seca da forragem de 26,18% (cana *in natura*) para 30% (cana aditivada), quando foram adicionados os aditivos químicos ou sequestrantes de umidade.

### 2.3 Silagem de cana-de-açúcar

Os primeiros relatos da produção de silagem de cana-de-açúcar para alimentação de bovinos são da década de 30, nos Estados Unidos, como volumoso para alimentar o rebanho bovino durante o inverno na região da Flórida. O uso da cana-de-açúcar como recurso forrageiro sempre foi limitado, por ser considerado um alimento de baixo valor nutritivo. No entanto, com os avanços nas pesquisas em nutrição animal, passou a entender que este volumoso é fonte de energia, ao invés de ser alimento com baixo teor de PB (SIQUEIRA et al., 2007).

Corrêa et al. (2003) concluíram que a cana-de-açúcar foi uma opção para alimentar vacas Holandesas durante a lactação, nas fases em que a demanda nutricional não é máxima. Os mesmos autores ressaltaram que, em dietas para vacas em lactação, a cana-de-açúcar deprimiu o consumo de MS e a produção de leite quando comparada com a forragem de milho.

Por outro lado, em trabalho conduzido com ovinos, Mendes et al. (2008) verificaram diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) da silagem de cana (61,2%) em comparação com a cana *in natura* (49,8%). Os autores ainda observaram melhorias na digestibilidade dos compostos fibrosos da silagem de cana com valores de 23; 31 e 67% para FDN, fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose, respectivamente.

Pedroso et al. (2011), trabalhando com tourinhos Canchim, notaram que na silagem tratada com ureia + benzoato apresentou teores mais elevados de PB e de nutrientes digestíveis totais (NDT) quando comparados com a silagem sem aditivo. Ademais, Andrade et al. (2001) verificaram que a adição de níveis crescentes de rolão-de-milho na ensilagem de cana-de-açúcar melhorou o padrão de fermentação, consumo de MS e FDN, coeficientes de digestibilidade da MS e FDN, bem como a ingestão de NDT.

### 2.4 Microflora epífita e qualidade de silagens

Os microrganismos naturalmente presentes nas plantas forrageiras, chamados de microflora epífita, são responsáveis pela fermentação das silagens, afetando também a sua estabilidade aeróbica e a eficiência dos inoculantes microbianos. O número de microrganismos epifíticos é variável, sendo afetado pelo tipo de forragem, estágio de maturidade das plantas, clima, corte e condicionamento das forrageiras (LIN et al., 1992).

A microflora pode ser dividida em dois grupos principais: os microrganismos benéficos ou desejáveis, os quais são representados pelas bactérias ácido lácticas, e os microrganismos indesejáveis, responsáveis por causar deterioração aeróbica e anaeróbica na massa ensilada, os quais são as bactérias dos gêneros *Clostridium*, *Listeria* e *Bacillus*, as enterobactérias, os mofos (fungos filamentosos) e as leveduras (BRAVO MARTINS, 2004).

Geralmente, os microrganismos existentes em maior número nas plantas forrageiras são as enterobactérias, as leveduras e os fungos, que competem com *Lactobacillus* pelos açúcares durante a ensilagem, sendo considerados indesejáveis (BOLSEN et al., 1992). Além disso, a presença de leveduras é considerada prejudicial ao processo de ensilagem, porque estes microrganismos não contribuem para a acidificação, e estão associados com a deterioração aeróbica das silagens (DRIEHUIS et al., 1999).

Na ensilagem da cana-de-açúcar ocorre extensa atividade de leveduras, podendo estar presentes na ordem de  $10^6$  UFC/g de forragem, que convertem os carboidratos solúveis em etanol,  $\text{CO}_2$  e água, levando a perdas excessivas de MS, a baixos teores de ácidos láctico e acético e aumento no teor de FDA das silagens (ALLI et al., 1983). Apesar de potencialmente aproveitável como substrato energético para os bovinos, através da conversão a acetato no rúmen (CHALUPA et al., 1964), grande parte do etanol produzido nas silagens é perdido durante a estocagem nos silos (ALLI et al., 1982).

O desenvolvimento das leveduras pode ser prolongado, e seu controle é dificultado, por não serem inibidas pelo pH normalmente encontrado nas silagens. As leveduras também são capazes de fermentar hexoses, álcoois, ácidos orgânicos e proteínas, além de poderem utilizar amônia como fonte de nitrogênio e não são inibidas pelo baixo pH encontrado nas silagens, sobrevivendo sob limites de pH variando entre 3,5 e 6,5. Algumas espécies são capazes de sobreviver, inclusive, em pH inferior a 2 (McDONALD et al., 1991).

Os principais produtos da fermentação das leveduras são o etanol e o  $\text{CO}_2$ , mas pequenas quantidades de outros álcoois (propanol, 2-butanediol, 2-methylpropanol, pentanol, 2-methylbutanol) e ácidos orgânicos (acetato, propionato e butirato) e lactato podem ser formados anaerobicamente pelas leveduras (McDONALD et al., 1991). O etanol, que é o principal produto da fermentação dos açúcares pelas leveduras, não tem poder preservativo para a silagem (ARCURI et al., 2003).

Woolford (1990) reportou que as leveduras capazes de fermentar açúcares além de glicose (*Saccharomyces*) parecem tolerar efeitos adversos do baixo pH e anaerobiose, melhor do que aquelas capazes de fermentar somente a glicose, pois têm fonte extra de energia.

A maioria das leveduras cresce em temperaturas entre zero e 37°C, mas, podem crescer acima de 45°C (McDONALD et al., 1991). Ao ser atingida a condição de anaerobiose dentro do silo, as leveduras alteraram o seu processo de obtenção de energia de respiração para fermentação, principalmente, pelas espécies dos gêneros *Candida*, *Picia*, *Saccharomyces* e *Torulopsis* (BERNARDES, 2003).

O nível de anaerobiose alcançado vai determinar quais espécies deverão se estabelecer durante a ensilagem (JONSSON & PAHLOW 1984). Se ocorrer penetração de ar durante a fermentação, as leveduras fermentadoras de lactato dos gêneros *Candida* e *Picia* serão dominantes. Se condições de anaerobiose são alcançadas e mantidas, essas são reduzidas para 15% do total e o restante composto, principalmente, por *Saccharomyces sp*, que também é fermentativa, mas não é capaz de fermentar lactato.

## REFERÊNCIAS

- ALLI, I.; BAKER, B. E.; GARCIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 7, p.411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 9, p. 291-299, 1983.
- ANDRADE, J.B.; FERRARI JUNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p. 1169-1174, 2001.
- ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C.; LOPES, F. C. F. Microrganismos indesejáveis em forragens conservadas: efeito sobre o metabolismo de ruminantes. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 51-70.
- BRAVO MARTINS, C.E.C. **Identificação de leveduras envolvidas no processo de ensilagem de cana-de-açúcar e utilização de extratos vegetais como seus inibidores**. 2004. 148 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- BERNARDES, T. F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hoschst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BERNARDES, T.F.; R.A. REIS; G.R. SIQUEIRA.; BERCHIELLI, T.T.; COAN, R.M. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.269-275, 2007.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JR., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: **MATTOS, W.R.S. (Ed.) A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.890-911, 2001.
- BONOMO, P.; CARDOSO, C.M.M.; PEDREIRA, M.S.; SANTOS, C.C.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. Potencial forrageiro de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.1, p. 53-59, 2009.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R.; URBAN, J.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p.3066-3083, 1992.
- CARVALHO, B. F. **Características de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal, propionato e *Lactobacillus buchneri***. 2010. 71 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 23, p. 802807, 1964.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v.60, p.221-229, 2003.

DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S.J.W.H.O.; SPOELSTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, v. 87, p. 583-594, 1999.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. **Aditivos para silagem**. Lavras: Editora UFLA, 1999. 17p. (UFLA. Boletim de extensão, 88).

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediária) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 4, p. 977-985, 2003.

JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterization of yeast growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* culture. **Animal Research and Development**, v. 20, n. 1, p. 7-22, 1984.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G. et al. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com ureia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

LIN, C.; BOLSEN, K.K.; HART, R.A.; DICKERSON, J.T.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R. Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 2484-2493, 1992.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.984-991, 2010.

MATSUOKA, S.; HOFFMAN, H. P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.

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

MENDES, C. Q. **Silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos e caprinos: valor nutritivo, desempenho e comportamento ingestivo**. 2006, 104 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; PIRES, A.V.; RODRIGUES, G.H.; URANO, F.S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2191-2198, 2008.

MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C. et al. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.2, p. 187-195, 2010.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A. F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM : PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS. 20., 2003, Piracicaba, **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 187-205.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)**. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORRI, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**. v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A.F.; RODRIGUES, A.A.; BARIONI JÚNIOR, W.; BARBOSA, P.F.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos químicos e inoculante bacteriano na ensilagem de cana-de-açúcar: efeitos sobre a fermentação das silagens e o desempenho de garrotes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1181-1187, 2011.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, G.C. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. p.828-868

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, GERALDEO M.C.; BATISTA, L.A.R.; LANDELL, M.G.A.; Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1111-1112.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G; PEDROSO, A.F.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; ROTH, M.T.P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SIQUEIRA, G.R. **Aditivos na silagem de cana-de-açúcar “in natura” ou queimada**. 107 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

SILVA, S.C. A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds). **Volumosos para bovinos**. FEALQ, 1993. p. 59-74.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2000-2009, 2007.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage – a review. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101-116, Feb. 1990.

## CAPÍTULO 2

### Valor nutritivo e parâmetros fermentativos na ensilagem de cana-de-açúcar em diferentes épocas de maturação com aditivos

#### Nutritive value and fermentative parameters in sugarcane silage at different maturation periods with additives

**Resumo:** Objetivou-se avaliar as perdas, padrão fermentativo e o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar colhida em diferentes épocas utilizando aditivos fornecedores de carboidratos solúveis, sequestrantes de umidade e químico. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (3 x 5) sendo: três épocas de colheita de cana-de-açúcar (março, maio, julho); cinco aditivos (10% de fubá de milho; 10% de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS); 15% de farelo de arroz; 1% de ureia; tratamento controle cana *in natura* sem aditivo). Foram avaliados os teores de matéria seca (MS), perdas por efluentes e gases, pH, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), recuperação da matéria seca (RMS), fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA), FDN indigestível (FDNi), cinzas (CIN), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). O padrão fermentativo manteve adequado para as silagens de cana-de-açúcar em todas as épocas de colheita, com e sem o uso de aditivos. O uso dos aditivos sequestrantes de umidade reduz as perdas e melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. O avanço na época de colheita reduz o teor da fibra e aumenta os teores de NDT e digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar. O uso de farelo de arroz melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, reduzindo o teor de fibra e aumentando os teores de PB, NDT, DIVMS e recuperação de matéria seca da silagem.

**Palavra chave:** época de colheita, perdas, *Saccharum* spp., silagem

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the losses, fermentation standard and nutritive value of sugarcane silage harvested at different times using additives of soluble carbohydrates, moisture and chemical sequestrants. The design was completely randomized with 4 replicates. The treatments were arranged in a factorial scheme (3 x 5): three sugarcane harvesting seasons (March, May, July); five additives (10% of maize corn, 10% of maize disintegrated with straw and corn, 15% of rice bran, 1% of urea, control treatment *in natura* without additive). The contents of dry matter (DM), effluent and gas losses, pH, ammoniacal nitrogen (AN), dry matter recovery (RMS), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent (ADF), indigestible NDF (iNDF), ash (AS), crude protein (CP), neutral detergent insoluble protein (ADNP), acid detergent insoluble protein (ADFP), total digestible nutrients (TDN), and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were evaluated. The fermentation pattern maintained adequate for sugarcane silages at all harvest times, with and without the use of additives. The use of moisture-sequestering additives reduces losses and improves the nutritive value of sugarcane silage. The advance in the harvesting season reduces the fiber content and increases the TDN and digestibility levels of sugarcane silage. The use of rice bran improves the nutritive value of sugarcane silage, reducing the fiber content and increasing the levels of CP, TDN, IVDMD and dry matter recovery of the silage.

**Keywords:** harvest season, fermentative losses, *Saccharum* spp., silage.

## Introdução

Dentre as diversas opções para a alimentação de ruminantes, o pasto apresenta a maneira mais prática e econômica. Porém, a sazonalidade da produção de forragem, aliada à degradação das pastagens e manejo inadequado do pastejo, são fatores que vem contribuindo para baixos índices zootécnicos encontrados nos sistemas de produção em pasto, fato que prejudica a atividade pecuária em todo o Brasil (IBGE, 2010).

A ensilagem, que consiste na conservação de forragem em meio anaeróbico por meio da fermentação láctica, é uma alternativa para contornar o problema de escassez de forragem no período seco do ano. O milho é a cultura tradicionalmente utilizada nessa técnica de conservação, no entanto, torna o processo oneroso, principalmente por ser uma cultura exigente em fertilidade de solo, além de exigir domínio em seu cultivo e compra de sementes de elevado valor agregado de acordo com o nível tecnológico empregado.

A cana-de-açúcar é uma cultura alternativa ao milho para ensilagem, pelo seu elevado potencial produtivo; fácil e tradicional cultivo, até mesmo por pecuaristas; baixo custo de produção por unidade de massa produzida; além de ser uma cultura perene (COAN et al., 2005).

Tradicionalmente, a cana-de-açúcar é utilizada na forma *in natura* com corte e fornecimento diário, o que demanda elevada mão-de-obra no corte, picagem e transporte, além de ocasionar desuniformidade no manejo dos canaviais (NUSSIO e SCHMIDT, 2004). A necessidade de maior eficiência no manejo da alimentação dos animais e nos tratamentos culturais dos canaviais tem levado os pecuaristas a optar pelo uso da cana-de-açúcar na forma de silagem. Este processo torna possível a utilização fora do seu período de safra, com colheita única, permitindo a uniformidade do canavial e facilitando o manejo do fornecimento.

A cana-de-açúcar apresenta todos os requisitos desejáveis de uma planta a ser ensilada, como alto teor de carboidratos solúveis (CS) (maior que 20% na matéria natural), baixa capacidade tamponante (permite rapidamente a redução do pH para valores abaixo de 4,2), mas, os teores de matéria seca estão abaixo dos valores adequados (30 a 35%) e também variam de acordo com as épocas de corte.

Os principais problemas na ensilagem da cana-de-açúcar consistem na colheita de material com elevada umidade e a natureza química dos carboidratos solúveis presentes nesta planta, em sua maioria a sacarose. A umidade em excesso contribui para ambiente favorável à atividade de microrganismos do gênero *Clostridium*, que acentua as fermentações

indesejáveis incrementando as perdas de matéria seca, que normalmente já tenderiam a ser elevadas em função da fermentação alcoólica. Este é o principal problema no processo de ensilagem, pois a elevada quantidade de sacarose contribui para microrganismos do gênero *Saccharomyces* intensificarem a fermentação alcoólica. Nesta via fermentativa, a produção de etanol vem acompanhada com a liberação de CO<sub>2</sub> e água, levando a perdas excessivas de matéria seca e queda no valor nutritivo das silagens (SILVA et al., 2008), acarretando aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN indigestível e redução na digestibilidade (PEDROSO et al., 2007).

O controle do excesso de umidade vem sendo estudado por meio do uso de aditivos sequestrantes de umidade que elevam o teor de matéria seca da forragem a níveis adequados. Entretanto, a concentração de sacarose, intrínseca à planta, pode ser objeto de estudo a fim de adequar o padrão fermentativo na ensilagem. O estudo de diferentes épocas de colheita para a cana-de-açúcar pode indicar o melhor momento para se realizar a ensilagem, levando em conta o corte fora do seu ponto máximo de maturação, onde não apresentaria elevada concentração de sacarose. Para isto, a cana-de-açúcar deveria ser colhida antes da sua maturação, o que acarretaria em material ainda em desenvolvimento vegetativo, com elevada umidade, necessitando de aditivos absorventes de umidade e fornecedores de carboidratos fermentescíveis para elevar a produção de ácido lático e promover adequado padrão de fermentação na ensilagem.

O uso de aditivos isoladamente ao estudo com diferentes épocas de colheita indicam que o fubá de milho e milho desintegrado palha e sabugo (MDPS), atuam elevando o teor de matéria seca e fornecendo amido à massa de forragem (BERNARDES et al., 2007a; EVANGELISTA et al., 2009; LOPES e EVANGELISTA, 2010), mas para colheita no seu ponto de maturação. O farelo de arroz também atua como aditivo fornecedor de amido e absorvente de umidade, sendo muito utilizado na ensilagem de capim-elefante (MONTEIRO et al., 2011).

A adição de carboidratos de natureza química distinta à sacarose não deverá limitar o desenvolvimento de leveduras, no entanto, podem contribuir para, além do controle do excesso de umidade, favorecer o desenvolvimento de populações de microrganismos que promovam a fermentação láctica, contribuindo para um bom padrão fermentativo e na estabilidade do pH a níveis adequados.

No sentido de controlar a atividade de leveduras, a ureia como aditivo é apontada como deletéria sobre esses microrganismos, o que pode promover redução fermentação alcoólicas na ensilagem de cana-de-açúcar, além de fornecer nitrogênio e elevar o teor de

proteína bruta da silagem (FERREIRA et al., 2007; LOPES et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007).

Diante disto, objetivou-se avaliar as perdas, padrão fermentativo e o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar colhida em diferentes épocas de maturação, com uso de aditivos químicos, sequestrantes de umidade e fornecedores de carboidratos solúveis.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia *Campus* de Colorado do Oeste no Setor de Produção Vegetal e no Laboratório de Nutrição Animal. O canavial utilizado foi implantado em solo classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico com topografia plano-ondulada (EMBRAPA, 2013). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, tropical quente e úmido, temperatura média de 24°C, e precipitação de 2200 mm anuais (ALVAREZ et al., 2013).

Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar de ciclo médio-tardia RB928064 (cana-soca). No campo, a parcela foi composta de dez linhas de plantio espaçadas em 1,3 m com 4,0 m de comprimento (46,8 m<sup>2</sup>), sendo a área útil as seis fileiras centrais de plantas desconsiderando-se 1,0 m em cada extremidade.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (3x5), sendo: três épocas de colheita de cana-de-açúcar (março, maio e julho); cinco aditivos (10% de fubá de milho; 10% de MDPS; 15% de farelo de arroz; 1% de ureia; cana *in natura* sem aditivo).

A unidade experimental foi constituída de silos experimentais de potes de vidro dotados de tampas com válvula tipo "sifão" para permitir a saída, mas impedir a entrada de gases no interior do silo. Foram realizados dois experimentos, o primeiro para estudo do padrão fermentativo na ensilagem (pH e teor de nitrogênio amoniacal) e valor nutritivo das silagens, utilizando silos com capacidade de 1,3 L. A composição dos aditivos e forragens de cana-de-açúcar encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Para avaliar as perdas por gases, efluentes e recuperação de matéria seca, utilizaram-se silos com capacidade de 2,5 L, com uso de areia seca a 105°C no fundo do pote de vidro para recolhimento do efluente produzido na ensilagem.

Tabela 1 – Composição bromatológica dos aditivos utilizados na ensilagem da cana-de-açúcar.

Aditivo	Época	Composição (%)			
		MS	PB	FDN	FDA
Fubá de Milho	Março	83,27	7,49	32,59	2,41
	Maio/Julho <sup>1</sup>	83,18	9,02	39,01	4,71
MDPS	Março	70,14	8,40	39,49	9,56
	Maio/Julho	80,35	8,24	46,30	8,97
Farelo de Arroz	Março	83,93	16,70	28,62	4,48
	Maio/Julho	85,06	17,73	25,05	2,26
Ureia	Março	96,47	281,25*	-	-
	Maio/Julho	97,59	281,25*	-	-

<sup>1</sup>Os mesmos aditivos foram utilizados nas épocas de colheita referentes aos meses de maio e Julho. \*Equivalente protéico

Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (CIN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido isenta de cinzas e proteínas (FDAcp), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da forragem de cana-de-açúcar.

Teores	Épocas		
	Março	Maio	Julho
MS (%)	24,61	22,15	30,92
PB (%)	3,07	3,43	2,02
CIN (%)	4,99	6,23	3,12
FDNcp (%)	53,88	56,06	42,77
FDAcp (%)	32,30	30,03	22,85
FDNi (%)	39,00	38,83	35,63
PIDN (%)	0,95	1,27	0,67
PIDA (%)	0,46	1,52	0,79
NDT (%)	60,61	59,08	65,28
DIVMS(%)	64,02	62,23	69,52

Os cortes foram realizados nos dias 28 de março, 30 de maio e 31 de julho, coletando-se as plantas dentro da área útil da parcela, sendo posteriormente trituradas em picador estacionário em partículas de 2,0 cm. Após a picagem, foram misturados os aditivos conforme os tratamentos preconizados, tendo o cuidado para que ocorresse uma adequada homogeneização do material. A compactação foi realizada manualmente até atingir densidade de  $700 \text{ kg m}^{-3}$  de massa verde nos potes de 2,5 L e densidade de  $600 \text{ kg m}^{-3}$  nos potes de 1,3 L.

Para avaliação das perdas, os silos foram pesados vazios, somando o peso da areia e pesados após o preenchimento da forragem. Após o enchimento, os silos foram fechados e vedados com silicone nas bordas da tampa para completa vedação e posteriormente foi acrescido água nas válvulas "sifão" para impedir a entrada de gases e facilitar a saída de gases da fermentação. Os silos permaneceram fechados por 35 dias em local arejado e ao abrigo da luz direta. Na abertura dos silos, a coleta de amostras foi realizada no centro geométrico do silo experimental, desprezando-se a porção superior e inferior.

Para medição de pH e determinação do teor de nitrogênio amoniacal, procedeu-se a obtenção do extrato aquoso da silagem, por meio de liquidificação por um minuto de 50 g de silagem e 100 mL de água destilada, conforme metodologia adaptada de Kung Júnior (1996). Posteriormente, o material foi filtrado em papel-filtro e parte deste foi utilizado para aferição do pH com potenciômetro digital. A outra parte do filtrado foi submetido à destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho do tipo micro-kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,02 N, conforme Bolsen et al. (1992) para estimativa do teor de N-NH<sub>3</sub> (MIZUBUTI et al., 2009).

No momento da ensilagem e na abertura dos silos, amostras da forragem *in natura* e das silagens produzidas foram coletadas, sendo acondicionada em sacos de papel e levadas a estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas e, posteriormente, a 105°C por 24h, para determinação do teor de matéria (MS) da forragem e da silagem seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Posteriormente, foram processadas em moinho tipo "Willey" com peneira de malha de 1 mm e armazenadas em potes plásticos com tampa.

Foram analisados os teores de matéria seca (MS), cinzas (CIN) conforme descrita em Silva e Queiroz (2002); proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldhal (AOAC, 1990); proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) de acordo com Licitra et al. (1996); fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), conforme Cochran et al. (1986); fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas (FDNcp) e ácido (FDAcp), segundo Sniffen et al. (1992). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e a digestibilidade *in vitro* da

MS (DIVMS) da silagem e da forragem foram estimados de acordo Capelle et al. (2001) usando as seguintes equações:

- para forragem:  $NDT = 83,79 - (FDN \times 0,4171)$  ( $R^2 = 0,82$ ,  $P < 0,01$ );

$$DIVMS = ((NDT - 6,12) / 0,851) \quad (R^2 = 0,72, P < 0,01).$$

- para silagem:  $NDT = 74,49 - (FDA \times 0,5635)$  ( $R^2 = 0,84$ ,  $P < 0,01$ );

$$DIVMS = ((NDT + 8,0412) / 1,1725) \quad (R^2 = 0,96, P < 0,01).$$

As perdas por gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso antes e após o processo de ensilagem. Nos silos experimentais destinados à avaliação das perdas na ensilagem, foi colocada ao fundo uma camada de areia fina seca em estufa e separada da forragem por uma tela de malha 2,0 mm, tendo a função de abrigar o excesso de água da forragem para determinação das perdas por efluente durante o processo de fermentação. Antes da ensilagem, todos os componentes dos silos foram pesados: tampa rosqueável, tela plástica, areia e pote de vidro. Após serem preenchidos com a forragem, os silos foram novamente pesados.

No momento da abertura, os silos foram pesados cheios, para a determinação da perda por gases. Então foi retirada toda a silagem presente e em seguida o conjunto areia úmida, pote de vidro e tela plástica foram pesados para a determinação das perdas por efluentes. Para determinação destas perdas e da recuperação de matéria seca foram utilizadas equações adaptadas a partir de Jobim et al. (2007). As perdas por gases (% da MS) foram estimadas conforme equação:

$$PGas \text{ (\% MS)} = [(PSci - PScf) / (MVfi \times MSfi)] \times 1000$$

onde: PGas é a perda por gases (% MS); PSci é o peso do silo cheio de forragem no fechamento (kg); PScf o peso do silo cheio de silagem na abertura (kg); MVfi a massa verde de forragem ensilada (kg); e MSfi o teor de matéria seca da forragem ensilada.

As perdas por efluente ( $kg \ t^{-1}$  de matéria verde) foram quantificadas pela equação abaixo, baseada na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem no fechamento do silo:

$$PEflu \text{ (kg } t^{-1} \text{ MV)} = [(PSvf - PS) - (PSvi - PS) / MVfi] \times 100$$

onde: PEflu é a produção de efluentes ( $\text{kg t}^{-1} \text{MV}$ ); PSvf é o peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg); PSvi o peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg); PS o peso do silo; MVfi a massa de forragem no fechamento (kg).

A equação utilizada para estimar a recuperação de matéria seca foi a seguinte:

$$\text{RMS (\%)} = [(\text{MFf} \times \text{MSf}) / (\text{MFi} \times \text{MSi})] \times 100$$

onde: RMS é a taxa de recuperação de matéria seca (%); MFf massa de silagem na abertura (kg); MSf o teor de matéria seca da silagem na abertura (%); MFi massa de forragem no fechamento (kg); e MSi o teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## Resultados e Discussão

Houve interação entre aditivo x épocas ( $P < 0,05$ ) para teor de matéria seca da silagem – MSS (Tabela 3). Os maiores teores de MSS foram observados pelo uso de farelo de arroz nas épocas de março, maio e julho; e de fubá de milho em maio. Deste modo, pode-se deduzir que estes aditivos melhoraram as condições de fermentação devido à redução da umidade da forragem, uma vez que o alto teor de umidade pode promover a proliferação de microrganismos indesejáveis como os do gênero *Clostridium*, responsáveis pela fermentação butírica.

O aditivo farelo de arroz e fubá de milho forneceram MS e carboidratos solúveis, além de servirem como absorventes de umidade, o qual proporcionou condições ideais para fermentação e, conseqüentemente, obtenção de uma boa silagem, principalmente pela redução das perdas de MS.

Nas silagens, o teor de MS indica se houveram perdas fermentativas acentuadas, principalmente por gases e efluentes. O efeito positivo de aditivos sequestrantes de umidade, como farelos, foi também relatado por Zanine et al. (2006), em que o uso de farelo de trigo (15 e 30% com base na matéria natural) na ensilagem do capim-elefante incrementou a matéria seca da forragem e contribuiu para melhorias no padrão fermentativo.

A cana-de-açúcar ensilada em julho apresentou maiores teores de MSS, com média de 27,34%, independente de aditivos utilizados. Esse teor elevado em julho está diretamente

associado à idade da cana, em que o avanço na idade tem relação positiva com o acúmulo de conteúdo celular e carboidratos solúveis, como a sacarose, e com o teor de matéria seca (BOIN et al., 1987).

Tabela 3. Teores de matéria seca da silagem (MSS) na ensilagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos e épocas de colheita.

Aditivos	Épocas de colheita			CV <sup>1</sup> (%)
	Março	Maio	Julho	
	MSS (%)			
Fubá de milho (10%)	24,71 <sup>cC</sup>	28,81 <sup>aB</sup>	29,74 <sup>bA</sup>	2,11
MDPS (10%)	25,71 <sup>bB</sup>	25,63 <sup>bB</sup>	28,69 <sup>cA</sup>	
Farelo de arroz (15%)	27,00 <sup>aC</sup>	29,52 <sup>aB</sup>	32,04 <sup>aA</sup>	
Uréia (1%)	21,13 <sup>dC</sup>	22,35 <sup>cB</sup>	23,89 <sup>dA</sup>	
Sem aditivo	20,45 <sup>dB</sup>	20,56 <sup>dB</sup>	22,36 <sup>eA</sup>	

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúscula na linha e diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

A variedade RB928064 utilizada neste trabalho é de ciclo médio-tardio, com acúmulo de sacarose superior a outras variedades no meio de safra que corresponde ao mês de julho e tal fato explica o maior teor de MS nesta época.

Os menores teores de MSS foram encontrados quando aplicado a ureia. Embora o objetivo da ureia seja a redução de problemas referentes ao processo fermentativo realizado por leveduras, diminuindo as perdas de MS, tal fato não foi visualizado. O teor final de MSS observado para os demais aditivos foi superior a ureia, uma vez que esta não contribuiu para o aumento da MS.

Verificou-se redução nos teores MSS (Tabela 3) em comparação com o teor de MS da forragem (Tabela 2) para todos os aditivos avaliados, o que pode estar relacionado com a diminuição de conteúdo celular, principalmente de carboidratos solúveis, durante o processo fermentativo (WOOLFORD, 1984).

Houve interação entre aditivo x época (P<0,05) para o valor de pH e teor de N-amoniaco das silagens (Tabela 4). Para todas as épocas e uso de qualquer aditivo, os valores de pH e teores de N-amoniaco estão adequados, indicando uma boa qualidade no padrão fermentativo das silagens.

Tabela 4 - pH e teor de nitrogênio amoniacal (N-amoniacal) da silagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos e épocas de colheita.

Aditivos	Épocas de colheita			CV <sup>1</sup> (%)
	Março	Maió	Julho	
<b>pH</b>				
Fubá de milho (10%)	3,83 <sup>bA</sup>	3,76 <sup>bB</sup>	3,86 <sup>cA</sup>	1,11
MDPS (10%)	3,85 <sup>bA</sup>	3,73 <sup>bB</sup>	3,86 <sup>cA</sup>	
Farelo de arroz (15%)	4,01 <sup>aA</sup>	3,84 <sup>aC</sup>	4,05 <sup>bA</sup>	
Ureia (1%)	3,89 <sup>bB</sup>	3,80 <sup>aC</sup>	4,15 <sup>aA</sup>	
Sem aditivo	3,86 <sup>bA</sup>	3,68 <sup>cB</sup>	3,71 <sup>dB</sup>	
<b>N-amoniacal (% do N-total)</b>				
Fubá de milho (10%)	2,19 <sup>cB</sup>	3,26 <sup>cA</sup>	3,28 <sup>cA</sup>	9,11
MDPS (10%)	2,09 <sup>cB</sup>	4,24 <sup>bA</sup>	2,26 <sup>dB</sup>	
Farelo de arroz (15%)	2,74 <sup>bB</sup>	3,03 <sup>cB</sup>	4,33 <sup>bA</sup>	
Ureia (1%)	3,96 <sup>aC</sup>	5,58 <sup>aB</sup>	7,95 <sup>aA</sup>	
Sem aditivo	1,70 <sup>cC</sup>	3,08 <sup>cB</sup>	3,90 <sup>bA</sup>	

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

O uso dos aditivos que fornecem carboidratos fermentescíveis contribui para fermentação láctica e queda do pH (LAVEZZO, 1993). Conforme Santos et al. (2006), Bernardes et al. (2007a) e Evangelista et al. (2009), o teor elevado de amido nos aditivos sempre contribuíram para rápida e intensa produção de ácidos orgânicos, reduzindo o valor do pH.

Entretanto, os valores de pH dos diferentes aditivos foram superiores ao da silagem sem aditivo nos meses de maio e julho. No entanto, os valores estão na faixa ideal preconizada para um bom padrão fermentativo (3,8 a 4,2) (SILVEIRA, 1975; McDONALD et al., 1991). Esta resposta indica que a queda do pH para valores adequados à conservação da forragem não é um problema na ensilagem de cana-de-açúcar, mesmo sem uso de aditivo. Em março, todos os aditivos tiveram um comportamento semelhante ao tratamento testemunha (sem aditivo), com exceção do uso de farelo de arroz que apresentou o maior valor de pH (4,01), mas ainda dentro da faixa preconizada como ideal para um bom padrão fermentativo.

A adição da ureia, que pode ser associada à lenta queda do pH (LOPES et al. 2010), proporcionou maiores valores de pH nas época de julho e maio. O desencadeamento da hidrólise deste composto, com liberação de amônia, elevou o valor do pH (McDONALD, 1981). Kung Júnior et al. (2003), em revisão sobre uso de aditivos para ensilagem, concluíram que forragens tratadas com ureia e com eficiente transformação em amônia resultam em silagens com pH superior ao das forragens não tratadas.

O teor de N-amoniacoal, juntamente com o pH da silagem, são os principais indicativos de qualidade do processo fermentativo. De acordo com Benacchio (1965), uma silagem é considerada de boa qualidade quando possui teor de N-amoniacoal menor que 10% do N-total. Teor elevado de N-amoniacoal, acima deste valor, indica que houve excesso de fermentações indesejáveis, principalmente por *Clostridium*, que promovem a fermentação butírica, ocorrendo quando a forragem é ensilada com umidade elevada (MS abaixo de 30%) ou quando o pH permanece acima de 5,0.

Para todos os aditivos nas três épocas (março, maio e julho), os teores de nitrogênio amoniacoal estão abaixo de 10% do N-total, indicando que não houve fermentações indesejáveis. O pH também se manteve baixo para todos os tratamentos, minimizando a atividade dos microrganismos. Baixos teores de N-amoniacoal são normalmente encontrados para silagens de cana-de-açúcar, em função do reduzido teor de PB (2 a 4%), semelhante ao observado por Schmidt et al. (2007), com teores de N-amoniacoal de 1,91% de N-total.

O uso da uréia, nas três épocas elevou o teor de N-amoniacoal, fato decorrente da conversão imediata da ureia a amônia, resultado que corrobora com o observado por Itavo et al. (2010), que também observaram incremento no N-amoniacoal com uso de ureia na ensilagem de cana-de-açúcar.

Os maiores teores de N-amoniacoal foram obtidos na ensilagem no mês de julho, exceto para o aditivo MDPS (2,26% do N-total), provavelmente em função do maior teor de sacarose da cana ter incrementado as fermentações no interior do silo. O aumento do teor de N-amoniacoal pode ter ocorrido em virtude do consumo de ácido láctico por leveduras, pois, segundo Walker (1998), várias espécies de leveduras tem capacidade de fermentar o ácido láctico a etanol. Este fato pode ter possibilitado a microrganismos oportunistas consumirem compostos proteicos e elevarem o teor de nitrogênio amoniacoal.

McDonald et al. (1991) relatam que outras vias comuns de perdas de matéria seca são a produção de efluentes e a perda por água resultante de reações metabólicas. Houve interação entre aditivo x época ( $P < 0,05$ ) para perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) (Tabela 5).

A colheita no mês de março, para todos os aditivos, ocasionou maiores valores de PG e PE, evidenciando que neste mês havia elevada umidade da forragem e menor presença de carboidratos solúveis. Nesse período, a cana se encontra em desenvolvimento vegetativo, com elevada umidade, favorecendo o desenvolvimento de *Clostridium* que promovem a fermentação butírica, liberando  $\text{CO}_2$ . Além disso, devido à elevada população de leveduras naturalmente encontradas na forragem, as perdas de matéria seca provocadas pelo

metabolismo desses microrganismos podem tornar-se bastante significativas (LOPES et al. 2010). Os resultados encontrados corroboram com Sollenberger et al. (2004), que reportaram que a principal limitação de se conservar gramíneas tropicais é decorrente dos baixos teores de carboidratos solúveis e elevada umidade as quais poderiam limitar a ação de bactérias produtoras de ácido lático.

Tabela 5 - Perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) em silagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos e épocas de colheita.

Aditivos	Épocas de colheita			CV <sup>1</sup> (%)
	Março	Maió	Julho	
<b>PG (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	12,09 <sup>cA</sup>	8,88 <sup>cB</sup>	8,53 <sup>eB</sup>	5,08
MDPS (10%)	13,05 <sup>bA</sup>	7,88 <sup>dB</sup>	13,56 <sup>bA</sup>	
Farelo de arroz (15%)	13,56 <sup>bA</sup>	11,63 <sup>aB</sup>	10,08 <sup>dC</sup>	
Ureia (1%)	12,80 <sup>bA</sup>	10,43 <sup>bB</sup>	12,38 <sup>cA</sup>	
Sem aditivo	14,70 <sup>aA</sup>	5,16 <sup>eB</sup>	14,53 <sup>aA</sup>	
<b>PE (kg t<sup>-1</sup> MV)</b>				
Fubá de milho (10%)	94,17 <sup>dA</sup>	46,57 <sup>cB</sup>	22,86 <sup>eC</sup>	5,78
MDPS (10%)	104,96 <sup>cA</sup>	49,60 <sup>cB</sup>	33,16 <sup>dC</sup>	
Farelo de arroz (15%)	86,05 <sup>eA</sup>	35,62 <sup>cB</sup>	89,42 <sup>bA</sup>	
Ureia (1%)	126,44 <sup>aA</sup>	89,74 <sup>bB</sup>	52,18 <sup>cC</sup>	
Sem aditivo	117,50 <sup>Bc</sup>	129,50 <sup>aB</sup>	139,33 <sup>aA</sup>	
<b>RMS(%)</b>				
Fubá de milho (10%)	71,26 <sup>cC</sup>	86,51 <sup>aA</sup>	77,72 <sup>aB</sup>	3,02
MDPS (10%)	75,96 <sup>bB</sup>	81,87 <sup>bA</sup>	76,78 <sup>aB</sup>	
Farelo de arroz (15%)	82,96 <sup>aA</sup>	85,29 <sup>aA</sup>	77,73 <sup>aB</sup>	
Ureia (1%)	74,28 <sup>bB</sup>	80,02 <sup>bA</sup>	68,48 <sup>bC</sup>	
Sem aditivo	71,37 <sup>cB</sup>	79,88 <sup>bA</sup>	59,88 <sup>cC</sup>	

<sup>1</sup>Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Nos meses de março e julho, os maiores valores de PG foram encontrados quando não fez uso de aditivo. Altos teores sacarose em julho tendem a promover incremento na fermentação alcoólica. Segundo Kung Junior et al. (2003), o gás carbônico é perdido para o ambiente carreando carbono da MS. Desta forma, na última época de colheita, os aditivos foram menos eficientes em controlar as fermentações indesejáveis.

Para perdas por efluentes (PE), os maiores valores foram obtidos quando foram adicionados ureia no mês de março (126,44 kg t<sup>-1</sup> de MV), pois é um aditivo que não sequestra umidade. Por outro lado, os aditivos sequestrantes de umidade foram eficientes em

reduzir a PE, o que pode estar relacionado à alta capacidade de absorção de água, de modo a se caracterizar como absorventes para produção de silagens de cana-de-açúcar.

Os aditivos que mais reduziram a PE foram o fubá de milho na colheita em março, maio e julho; MDPS nas colheitas de maio e julho; farelo de arroz nas colheitas de março e maio. Este fato também foi observado por Itavo et al. (2010), que utilizando o aditivo fubá de milho, observaram redução nas perdas de matéria seca associadas a adequados valores de pH e teores de N-amoniaco.

Na ensilagem de cana-de-açúcar, avaliar as perdas têm muita importância por estarem relacionadas aos aumentos do teor de etanol e recuperação de matéria seca, que reflete o quanto de silagem será obtida em relação a forragem que foi introduzida no silo. Houve interação entre os aditivo x época para recuperação de matéria seca (Tabela 6).

O uso de farelo de arroz promoveu o maior valor de recuperação de matéria seca (RMS) nas colheitas em março e de maio, juntamente com o fubá de milho. Possivelmente, as menores perdas e as maiores RMS encontradas neste estudo estejam relacionadas à diminuição das altas concentrações de açúcares solúveis da cana (SANTOS et al., 2008) em função da diluição promovida por esses aditivos, assim como da menor presença de microrganismos indesejáveis no momento da ensilagem.

No presente estudo, mesmo havendo efeito positivo do aditivo fubá de milho, o uso de farelo de arroz foi mais eficiente em recuperar maior quantidade de matéria seca tanto na época de março quanto na época de maio, sem haver perdas elevadas por efluentes nas mesmas épocas, indicando que o efluente que seria perdido, carreando nutrientes, foi preservado na massa ensilada.

Houve interação entre aditivo x época ( $P < 0,05$ ) para os teores de proteína bruta (PB); cinzas (CIN); fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas (FDNcp) e ácido isenta de cinzas e proteínas (FDAcp); proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN); proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA); nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem (Tabela 6).

Para teor de PB (Tabela 6), observou-se que os maiores valores com o uso da ureia em todas as épocas. Este incremento deve-se ao maior teor de nitrogênio não-protéico neste aditivo, já que a ureia é rica em nitrogênio (45%) (LOPES & EVANGELISTA, 2010). A aplicação de 1% de ureia na cana-de-açúcar no momento da ensilagem proporcionou teor de PB de 17,54%, valor muito superior aos obtidos por Lopes e Evangelista (2010), utilizando 1,5% de ureia (12%).

Tabela 6 - Teores de proteína bruta (PB), cinzas (CIN), fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido isenta de cinzas e proteínas (FDAcP), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da silagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos e épocas de colheita.

Aditivos	Épocas de colheita			CV <sup>1</sup> (%)
	Março	Maio	Julho	
<b>PB (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	5,07 <sup>cA</sup>	5,32 <sup>cA</sup>	5,14 <sup>cA</sup>	3,68
MDPS (10%)	4,35 <sup>dB</sup>	5,09 <sup>cA</sup>	4,92 <sup>cA</sup>	
Farelo de arroz (15%)	10,09 <sup>bA</sup>	9,33 <sup>bB</sup>	9,05 <sup>bB</sup>	
Ureia (1%)	17,54 <sup>aA</sup>	16,21 <sup>aB</sup>	16,32 <sup>aB</sup>	
Sem aditivo	3,62 <sup>eA</sup>	3,56 <sup>dA</sup>	3,56 <sup>dA</sup>	
<b>CIN (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	4,59 <sup>dA</sup>	4,84 <sup>cA</sup>	4,13 <sup>cB</sup>	3,50
MDPS (10%)	5,34 <sup>cA</sup>	4,84 <sup>cB</sup>	3,87 <sup>cC</sup>	
Farelo de arroz (15%)	5,65 <sup>bB</sup>	6,21 <sup>bA</sup>	5,18 <sup>aC</sup>	
Ureia (1%)	6,62 <sup>aA</sup>	6,24 <sup>bB</sup>	4,85 <sup>bC</sup>	
Sem aditivo	6,41 <sup>aA</sup>	6,57 <sup>aA</sup>	5,41 <sup>aB</sup>	
<b>FDNcp (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	52,00 <sup>dA</sup>	51,24 <sup>dA</sup>	52,12 <sup>cA</sup>	2,01
MDPS (10%)	59,17 <sup>cA</sup>	53,82 <sup>cC</sup>	56,40 <sup>bB</sup>	
Farelo de arroz (15%)	47,78 <sup>eB</sup>	49,72 <sup>dA</sup>	44,35 <sup>dC</sup>	
Ureia (1%)	63,45 <sup>bA</sup>	63,35 <sup>bA</sup>	57,41 <sup>bC</sup>	
Sem aditivo	68,00 <sup>aA</sup>	66,58 <sup>aA</sup>	67,63 <sup>Aa</sup>	
<b>FDAcP (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	27,15 <sup>dA</sup>	27,14 <sup>dA</sup>	26,86 <sup>dA</sup>	2,43
MDPS (10%)	33,00 <sup>cA</sup>	29,68 <sup>cB</sup>	28,53 <sup>cC</sup>	
Farelo de arroz (15%)	25,79 <sup>eB</sup>	28,00 <sup>dA</sup>	24,22 <sup>eC</sup>	
Ureia (1%)	36,22 <sup>bB</sup>	38,00 <sup>bA</sup>	34,11 <sup>bC</sup>	
Sem aditivo	38,20 <sup>aB</sup>	39,45 <sup>aA</sup>	40,24 <sup>aA</sup>	
<b>FDNi (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	27,87 <sup>cB</sup>	33,27 <sup>bA</sup>	26,38 <sup>bB</sup>	6,03
MDPS (10%)	30,97 <sup>cA</sup>	31,35 <sup>bA</sup>	28,59 <sup>bB</sup>	
Farelo de arroz (15%)	28,44 <sup>cB</sup>	32,23 <sup>bA</sup>	28,63 <sup>bB</sup>	
Ureia (1%)	34,99 <sup>bA</sup>	36,98 <sup>aA</sup>	36,05 <sup>Aa</sup>	
Sem aditivo	38,53 <sup>aA</sup>	38,45 <sup>aA</sup>	37,68 <sup>Aa</sup>	
<b>PIDN (% MS)</b>				
Fubá de milho (10%)	1,07 <sup>bA</sup>	0,86 <sup>bB</sup>	0,94 <sup>cB</sup>	6,57
MDPS (10%)	0,93 <sup>cA</sup>	0,94 <sup>bA</sup>	0,84 <sup>cA</sup>	
Farelo de arroz (15%)	1,32 <sup>aA</sup>	1,21 <sup>aB</sup>	1,41 <sup>aA</sup>	
Ureia (1%)	1,37 <sup>aA</sup>	1,21 <sup>aB</sup>	1,05 <sup>bC</sup>	
Sem aditivo	0,97 <sup>cA</sup>	0,86 <sup>bA</sup>	0,90 <sup>cA</sup>	

NDT (% MS)			
Fubá de milho (10%)	58,64 <sup>bA</sup>	58,15 <sup>aA</sup>	58,74 <sup>bA</sup>
MDPS (10%)	55,25 <sup>cC</sup>	56,91 <sup>bB</sup>	57,76 <sup>cA</sup>
Farelo de arroz (15%)	59,27 <sup>aB</sup>	57,81 <sup>aC</sup>	60,12 <sup>aA</sup>
Ureia (1%)	53,00 <sup>dB</sup>	52,13 <sup>cC</sup>	54,42 <sup>dA</sup>
Sem aditivo	51,95 <sup>eA</sup>	51,26 <sup>dB</sup>	51,00 <sup>eB</sup>
			0,73
DIVMSS (% MS)			
Fubá de milho (10%)	56,86 <sup>bA</sup>	56,45 <sup>aA</sup>	56,96 <sup>bA</sup>
MDPS (10%)	53,98 <sup>cC</sup>	55,40 <sup>bB</sup>	56,12 <sup>cA</sup>
Farelo de arroz (15%)	57,41 <sup>aB</sup>	56,16 <sup>aC</sup>	58,14 <sup>aA</sup>
Ureia (1%)	52,01 <sup>dB</sup>	51,32 <sup>cC</sup>	53,27 <sup>dA</sup>
Sem aditivo	51,17 <sup>eA</sup>	50,58 <sup>dB</sup>	50,29 <sup>eB</sup>
			0,64

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

O farelo de arroz elevou os teores de PB da silagem por possuir 17,21% de PB, contribuindo com o aumento de PB na silagem com teores acima do preconizado (7%) para que ocorra adequada fermentação ruminal (VAN SOEST, 1994). O teor de PB da silagem foi maior na época de março (10,09%) em comparação com os meses de maio e julho, em função da maior porcentagem de folhas na cana-de-açúcar, uma vez que a PB se encontra principalmente nesta fração.

Observaram-se teores elevados de CIN na silagem de cana-de-açúcar sem o uso de aditivo em todas as épocas, com exceção do uso da uréia no mês de março (Tabela 6). O teor de CIN observado na silagem de cana *in natura* apresentou valor superior ao encontrado por Amaral et al. (2009), que em estudo com silagem de cana-de-açúcar com e sem aditivo químico, encontram teores de 5,2% para o tratamento controle; 9,8% e 6,3%, utilizando cal virgem e calcário, respectivamente.

A silagem de cana *in natura* apresentou maiores teores de FDNcp em todas as épocas (Tabela 6). Segundo Lopes & Evangelista (2010), silagem de cana-de-açúcar sem aditivo apresenta elevados teores de fibra devido à ausência de inibição de leveduras, que são os maiores responsáveis pela redução do conteúdo celular nessa silagem. Conforme McDonald et al. (1991), a elevação no teor de FDNcp ocorre devido à perda de conteúdo celular no período de fermentação.

O aditivo ureia proporcionou maiores teores de FDNcp em todas as épocas de avaliação, com destaque também para o MDPS (milho desintegrado com palha e sabugo). Tais valores são devidos ao não controle eficiente da ação das leveduras, seja pelo baixo aporte de carboidratos pelo MDPS ou pelo baixo percentual do uso de ureia, que pode não ter

sido suficiente para o controle da fermentação por leveduras, reduzindo o conteúdo celular e aumentando a FDNcp.

O uso de farelo de arroz e fubá de milho influenciaram no processo fermentativo proporcionando menores teores de FDNcp em todas as épocas (março, maio e julho). Essa observação se deve a maior participação destes aditivos na massa ensilada, o que leva a redução dos teores de FDNcp da silagem de cana-de-açúcar, visto que o farelo de arroz e o fubá de milho apresentam baixos teores de FDN com 26,8 e 35,8%, respectivamente.

Na época de março, observou-se maior incremento de FDNcp. Com o avanço da maturidade da planta, as frações fibrosas decrescem, em função da diluição dos componentes da parede celular, pelo aumento do teor de sacarose promovido pela maturação da planta (MURARO et al., 2009).

Observando os teores de FDAcp da silagem de cana-de-açúcar (Tabela 6), verificou-se um incremento nos teores quando comparado com FDAcp da forragem (Tabela 2). De acordo com Alli et al. (1983), na ensilagem da cana-de-açúcar ocorre extensa atividade de leveduras, que podem estar presentes em concentração acima de  $10^6$  UFC/g de forragem, convertendo os carboidratos solúveis da forragem em etanol,  $CO_2$  e água, resultando em perdas excessivas de MS, baixos teores de ácidos lático e acético e aumento no teor de FDAcp das silagens.

Os menores teores de FDAcp na silagem foram observados com o aditivo farelo de arroz em março e julho; e com fubá de milho e farelo de arroz em maio o que é muito interessante, pois menores teores de FDAcp caracterizam silagens de melhor qualidade, pois esta fração é inversamente correlacionado com a digestibilidade da matéria seca (MERTENS, 1982).

Os maiores teores de FDAcp foram observados quando não faz uso de aditivo sequestrante de umidade, devido ao não controle de fermentação indesejável no interior do silo. A adição de 1% de ureia não foi eficiente no controle da atividade de leveduras, sendo menos eficiente que os aditivos sequestrantes de umidade no controle dos teores de FDAcp na silagem de cana.

O mês de maio apresentou os maiores teores de FDNi (Tabela 6). Por se tratar de uma variedade de ciclo médio tardio, seu acúmulo de carboidratos fibrosos ocorre no final do estágio vegetativo, período correspondente à segunda época de ensilagem.

A silagem *in natura* e aditivada com 1% de ureia em maio e julho apresentaram os maiores teores de FDNi (Tabela 6). Possivelmente a ureia não foi suficiente no controle de leveduras para que inibisse a fermentação alcoólica e reduzisse perdas que ocorrem durante o

processo, fato que ocorre quando não se utiliza aditivo na cana-de-açúcar para ensilagem. Isso demonstra uma maior eficiência dos aditivos sequestrantes de umidade em controlar perdas e reduzir a participação da fibra, uma vez que a cana-de-açúcar *in natura* é conhecida por apresentar elevado teor de FDNi (SALOMÃO et al., 2015).

O teor de PIDN está relacionado com a quantidade de proteína do alimento na qual compõe a fração parcialmente indisponível, sendo degradada mais lentamente que a proteína solúvel. Desta forma, quanto maior for este teor, mais lenta será a degradação da proteína (CORREA et al., 2016).

Sendo assim, os menores teores de PIDN foram encontrados quando se utilizaram fubá de milho e MDPS em maio e julho; e MDPS em março (Tabela 6). Por outro lado, o farelo de arroz em todas as épocas e a ureia em março e maio aumentaram os teores de PIDN, promovendo uma lenta degradação da proteína.

Os maiores teores de PIDN foram encontrados no mês de março. Segundo Kung Jr & Stanley (1982), ao estudarem o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar utilizada como silagem, efetuando os cortes aos 6; 9; 12; 15 e 24 meses após o plantio, observaram redução nos teores de PB. Tal fato pode explicar os menores teores de PIDN com o avanço da maturidade, devido a menor presença de PB na silagem e, conseqüentemente, a uma redução da parte insolúvel da proteína no material.

A silagem com o aditivo farelo de arroz apresentou, em todas as épocas, maiores teores de NDT e DIVMS quando comparados à silagem de cana *in natura* (Tabela 6). O farelo de arroz reduziu os teores de FDNcp e FDAcp na silagem, assim, todas as épocas que receberam este tratamento obtiveram silagens com boa digestibilidade.

Pode-se inferir que os maiores teores de DIVMS e NDT no farelo de arroz ocorreram pela menor perda de CHOS e, conseqüentemente, houve menor concentração dos componentes da parede celular, além da maior disponibilidade de nitrogênio, decorrente do maior teor de PB nas silagens com inclusão deste aditivo (17,21%), favorecendo o crescimento microbiano, promovendo maior digestibilidade do alimento (FREITAS et al., 2006).

A época de julho foi a que proporcionou um maior incremento da DIVMS e NDTS quando comparado com a silagem *in natura*, dado em função do menor teor de FDAcp, uma vez que a lignina se concentra nesta fração (MERTENS, 1987).

A fração PIDA representa a proteína que é associada à lignina, tanino e compostos que sofreram a reação Maillard, no qual são extremamente resistentes à degradação ruminal, se tornando indisponível, tanto no rúmen como no intestino (CORRÊA et al., 2016).

As silagens de cana aditivadas com fubá de milho e o MDPS apresentaram os menores teores de PIDA independente das épocas avaliadas. As épocas de março e maio também obtiveram os menores teores de PIDA independente do uso de aditivos (Tabela 7).

Tabela 7 - Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA, em % MS) da silagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos e épocas de colheita.

Aditivos	Épocas de colheita			Médias	CV <sup>1</sup> (%)
	Março	Maio	Julho		
Fubá de milho (10%)	0,40	0,46	0,58	0,48 b	
MDPS (10%)	0,46	0,52	0,57	0,52 b	
Farelo de arroz (15%)	0,47	0,61	0,66	0,58 a	11,63
Ureia (1%)	0,55	0,60	0,75	0,63 a	
Sem aditivo	0,54	0,54	0,67	0,58 a	
<b>Médias</b>	<b>0,49 B</b>	<b>0,55 B</b>	<b>0,65 A</b>		

<sup>1</sup>Coefficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de ScottKnott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

O menor teor de PIDA nas silagens de cana aditivadas com fubá de milho e MDPS pode ter ocorrido em função dos baixos teores destas frações presente nos aditivos (10%).

As duas primeiras épocas de ensilagem (março e maio) correspondem ao início do crescimento vegetativo e ao início de maturação, devido a cultivar ser de ciclo médio-tardio. Nessas épocas a planta apresenta baixo teor de fibra e alto teor de sacarose, em função do avanço na maturidade fisiológica (MERTENS, 1982). Infere-se que na época de menor teor de fibra, na qual a PIDA está associada, pode ter contribuído para os menores teores de PIDA encontrado neste trabalho.

Teor elevado de PIDA pode comprometer a produção de proteína microbiana e interferir no aporte de aminoácidos no intestino delgado dos ruminantes, resultando em balanço negativo, mesmo com teores de PB adequados nas dietas. Dessa maneira o teor de PIDA não pode ultrapassar a 100 g kg<sup>-1</sup> (EUCLIDES & MEDEIROS, 2003).

Quanto maior o teor de PIDAS, mais lento será o aproveitamento da proteína, por estar complexada à fibra. Observou-se que o PIDA da silagem aumentou com o avanço na idade da cana-de-açúcar. O mesmo foi observado por Martins-Costa et al. (2008), trabalhando com gramíneas tropicais, onde os teores de PIDA aumentaram de 7,33 para 12,35%, respectivamente, dos 30 aos 105 dias.

## Conclusões

O padrão fermentativo manteve adequado para as silagens de cana-de-açúcar em todas as épocas de colheita, com e sem o uso de aditivos.

O uso dos aditivos sequestrantes de umidade reduz as perdas e melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar.

O avanço na época de colheita reduz o teor da fibra e aumenta os teores de NDT e digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar.

O uso de farelo de arroz melhora o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, reduzindo o teor de fibra e aumentando os teores de PB, NDT, DIVMS e recuperação de matéria seca da silagem.

## Referências

- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B. E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 9, p. 291-299, 1983.
- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013
- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JUNIOR, A.L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15<sup>a</sup> ed. Arlington: 1990. 1117p.
- BERNARDES, T.F.et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.754-762, 2007.
- BENACHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, v.14, p.291-297, 1965.
- BOIN, C.; MATTOS, W.R.S.; D'ARCE, R.D. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.805-856.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1837-1856, 2001.
- CORRÊA, A. A.; BACKES, A.A; FAGUNDES, J.L.; BARBOSA, L.T.; SOUSA, B.M.L.; OLIVEIRA, V.S.; MOREIRA, A.L. Caracterização da silagem da rama da batata doce emurcheda e adicionada de fubá de milho como aditivo. **Boletim de Indústria Animal**, v.73, n. 4, p. 272-280, 2016.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. Predicting digestibility of different diets with internal markers. **Journal Animal Science**, v.63, n.5, p.1476-1483, 1986.

COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N.; REIS, R.A.; MALHEIROS, E.B.; PEREIRA, M.S. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.416-424, 2005.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. p. 43, 2003. (Documentos, EMBRAPA-CNPGC, 139).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Brasília, 2013. 353p.

EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J.A.; LOPES, J.; REZENDE, A.V. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar com e sem inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.20-26, 2009.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediária) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária municipal 2010**. Rio de Janeiro, v. 38, p.1-65, 2010.

ITAVO, L. C.V.; ITAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M.G.; DIAS, A. M.; COELHO, E. M.; JELLER, H.; SOUZA, A. D.V. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p.606-617, 2010.

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, (supl.), p.101-119, 2007.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R. W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v. 54, p. 689-696, 1982.

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

KUNG JUNIOR, L. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses**. Standard operating procedure – 001 2.03.96. ed. Delaware: University of Delaware, 1996. 32p.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz, 1993. p.169.

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

- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36 (supl.), p. 1155-1161, 2007.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de uréia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.984-991, 2010.
- MARTINS-COSTA, R.H.A.; CABRAL, L.S.; BHERING, M.; ABREU, J.G.; ZERVOUDAKIS, J.T.; RODRIGUES, R.C.; OLIVEIRA, I.S. Valor nutritivo do capim-elefante obtido em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.397-406, 2008.
- MERTENS, D. R. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations. In: CONFERENCE FOR FEED INDUSTRY, 1982, Georgia. **Proceedings...** Georgia: University of Georgia, 1982. p. 116-126.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; RAMOS, B.M.O.; PEREIRA, E.S. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Londrina: EDUEL, 2009. 228p.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, n.4, p.347-352, 2011.
- MURARO, G. B., P.; ROSSI JUNIOR, V. C.; OLIVEIRA, P. M. C.; GRANZOTTO, A. L. B. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38 (supl.), p.1525-1531, 2009.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2<sup>a</sup> ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons Ltda, 1981. 207p.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia e produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S.F.; IGARASI, M.S.; COELHO, R. M.; HORII, J.; RODRIGUES, A.A. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.
- SALOMÃO, B.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VILLELA, S.D.J.; SANTOS, S.A.; COSTA E SILVA, L.F.; ROTTA, P.P. Desempenho produtivo de bovinos alimentados com cana-de-açúcar com diferentes níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.4, p.1077-1086, 2015.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P. MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

- SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; COUTO FILHO, C.C.C.; SOUZA, R.M. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1184-1189, 2006.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ 1975, p.156-180.
- SILVA, E.J.A.; BORGATTI, L.M.O; MEYER, P.M.; MARINO, C.T. ;RODRIGUES, P.H.M. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1375-1382, 2008.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.
- SOLLENBERGER, L.E.; REIS, R.A.; NUSSIO, L.G. Conserved forage. In: **Warm season grasses**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2004. p.355-387.
- SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.F.; PAZIANI, S.F.; WECHSLER, F.S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Constock Publishing Associates. 1994. 476 p.
- WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.
- WALKER, G.M. **Yeast physiology and biotechnology**. London: Wiley Editorial Offices, 1998. 350p.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; OLIVEIRA, J. S.; ALMEIDA, J. C. C.; PEREIRA, O. G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 209, p. 75-84, 2006.