

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**USO DE INOCULANTE MICROBIANO E FARELO DE ARROZ NA
ENSILAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA**

ANA PAULA DA SILVA CARVALHO

Cuiabá – MT

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical

USO DE INOCULANTE MICROBIANO E FARELO DE ARROZ NA
ENSILAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA

ANA PAULA DA SILVA CARVALHO

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral

Dissertação apresentada à Faculdade de
Agronomia e Zootecnia da Universidade
Federal de Mato Grosso para a obtenção
do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Cuiabá – MT

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586u Silva Carvalho, Ana Paula da.
USO DE INOCULANTE MICROBIANO E FARELO DE ARROZ
NA ENSILAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA / Ana Paula da Silva
Carvalho. -- 2017
37 f. ; 30 cm.

Orientadora: Luciano da Silva Cabral.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-
Graduação em Agricultura Tropical, Cuiabá, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Digestibilidade. 2. Ensilagem. 3. Inoculante. 4. Panicum
máximum. 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.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL
Av. Fernando C. da Costa, nº 2367 – Cidade Universitária- 78060-900 – Cuiabá – MT. Telefone/Fax
(65) 3615.8618. E-mail: agritrop@ufmt.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título “USO DE INOCULANTE MICROBIANO E FARELO DE ARROZ NA ENSILAGEM DE
CAPIM-MOMBAÇA”

Autora: ANA PAULA DA SILVA CARVALHO

Orientador: DR. LUCIANO DA SILVA CABRAL

Aprovada em 20 de fevereiro de 2017.

Comissão Examinadora:

Dr. Luciano da Silva Cabral – UFMT
Orientador

Dr. Arthur Behling Neto – UFMT
Examinador Interno

Dr. Joadil Gonçalves de Abreu – UFMT
Examinador Interno

Dr. Bruno Carneiro e Pedreira – EMBRAPA/UFMT
Examinador Interno

Dr. Rodrigo Dias Lauritano Pacheco – EMPAER
Examinador Externo

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus pelo dom da vida, saúde e coragem para realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer também a minha mãe Carmem e meu pai Edivaldo, pois não mediram esforços para a continuação de meus sonhos e estudos.

Agradeço também a minha irmã Maria Odília pelo convívio e companheirismo. À madrinha Bia e a minha vó Odília pelo apoio que sempre me deram.

Ao meu orientador Luciano da Silva Cabral, por ter acreditado em mim e pelos conhecimentos e crescimento profissional e pessoal adquiridos durante essa etapa, meu muito obrigada!

Aos meus amigos e irmãos de orientação Leni, Joelson, Perivaldo, por todo companheirismo, ajuda e auxílio tanto em momentos de descontração quanto em períodos experimentais.

Ao Arthur, por toda ajuda desde o delineamento do experimento até a execução, estando sempre presente compartilhando todo seu conhecimento sobre silagem, e colaboração na escrita e afins.

Aos membros da banca prof. Joadil, prof. Bruno Pedreira e Rodrigo Pacheco, por toda contribuição para melhoria do trabalho.

Às estagiárias Juliam e Karine (Chefes), que me ajudaram muuuuuuito em todo experimento e a Bruna Gomes pelo auxílio na tabulação dos dados e análises, obrigada!

Aos técnicos de laboratório Cláudio e Paulo, por toda ajuda e amizade.

Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e a Universidade Federal de Mato Grosso e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por possibilitar a realização deste trabalho.

Aos secretários Paulo e Huan, que estiveram sempre dispostos a ajudar.

À Estância Bahia e a Fazenda Ellus, pelo suporte dado para realização do experimento.

Aos meus GRANDES AMIGOS que sempre estiveram comigo durante toda essa trajetória, me incentivando, me alegrando e me apoiando, o meu muito obrigada.

Enfim, à todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão do meu trabalho o meu muito Obrigada! Todo meu sucesso é de vocês!

USO DE INOCULANTE MICROBIANO E FARELO DE ARROZ NA ENSILAGEM DE CAPIM-MOMBAÇA

RESUMO - A escassez de forragem na época seca do ano compromete a alimentação dos ruminantes, o que exige alternativas de produção e armazenamento de forragem, como a técnica de ensilagem, que permite fornecer alimento nessa época do ano. Esta técnica consiste na preservação da forragem, em ambiente anaeróbico, através da fermentação de açúcares solúveis, pelos microrganismos epifíticos anaeróbicos da planta, em ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, o que reduz os valores de pH do meio. No entanto, as gramíneas tropicais não apresentam adequados teores de matéria seca e carboidratos solúveis para o eficiente processo de fermentação, tornando necessário o uso de aditivos para que ocorra fermentação desejável. Objetivou-se avaliar a influência do farelo de arroz e de aditivo microbiano (bactérias homoláticas) sobre as características fermentativas, valor nutritivo e os parâmetros cinéticos na ensilagem de capim-mombaça. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos corresponderam a um fatorial 4 x 5, sendo quatro situações de uso de aditivo (controle; com aditivo microbiano; com farelo de arroz, com aditivo microbiano e farelo de arroz) e cinco tempos de abertura dos silos (0; 3; 7; 14 e 21 dias após fechamento). Com as amostras coletadas, foram realizadas análises bromatológicas, de pH e dos parâmetros cinéticos da silagem. Em ambas as fazendas o teor de fibra diminuiu, enquanto os teores de proteína bruta aumentaram com o uso de farelo de arroz com ou sem o aditivo microbiano na ensilagem de capim-mombaça. Com relação aos parâmetros cinéticos as silagens com farelo de arroz apresentaram menos taxa de digestão e latência, nas duas fazendas. Na fazenda 1 o uso dos aditivos, tanto isolados como em conjunto, promoveu a queda do pH em comparação ao capim-mombaça *in natura*, e para o N-amoniaco em nenhum tratamento foi observado teores acima do limite máximo de 12%. O farelo de arroz melhorou as características fermentativas e bromatológicas da silagem produzida, enquanto o uso de aditivo microbiano auxiliou na fermentação durante a ensilagem de capim-mombaça.

Palavras-chave: digestibilidade, ensilagem, inoculante, *Panicum maximum*.

USE OF BACTERIAL INOCULANT AND RICE BRAN IN THE ENSILING OF MOMBAÇA GUINEAGRASS

ABSTRACT - The forage shortage during the dry season compromises the feeding of ruminants, which requires forage production and storage alternatives, such as the silage technique, that allows animal feeding at this time of year. This technique consists in the preservation of forage in anaerobic environment, through the fermentation of soluble sugars, by the anaerobic epiphytic microorganisms of the plant, in organic acids, mainly lactic acid, which reduces the pH values. However, tropical grasses do not present adequate contents of dry matter and soluble carbohydrates for the efficient fermentation process, making necessary the use of additives for desirable fermentation. The goal was to evaluate the influence of rice bran and bacterial additive (homolactic bacteria) on fermentative characteristics, nutritive value and kinetic parameters in Mombaça guineagrass silages. The experimental design was completely randomized, with three replications. The treatments corresponded to a 4 x 5 factorial, with four additive (control, bacterial additive, rice bran, bacterial additive and rice bran) and five silos opening times (0, 3, 7, 14 and 21 days after closure). With the collected samples, analyzes of chemical characteristics, pH and kinetic parameters of the silage were carried out. At both farms, the fiber content decreased, while the crude protein contents increased with the use of rice bran with or without the bacterial additive in Mombaça guineagrass silage. Regarding the kinetic parameters, the silages with rice bran showed less digestion rate and lag time in the two farms. At one farm, the use of the additives, both alone and in combination, promoted the decrease of pH in comparison to the in-natura Mombaça guineagrass, and for N-ammoniacal, no treatment was presented levels above the maximum limit of 12%. The rice bran improved the fermentative and chemical characteristics of the produced silages, while the use of bacterial additive assisted in the fermentation during the ensiling of Mombasa guineagrass.

Key words: digestibility, ensiling, inoculant, *Panicum maximum*.

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO.....	7
2) REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1) Ensilagem de capins tropicais.....	9
2.2) Etapas da ensilagem.....	10
2.3) Valor nutritivo e qualidade de silagens.....	12
2.4) Capim-mombaça.....	13
2.5) Microrganismos na ensilagem.....	13
2.6) Aditivos.....	15
3) MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5) CONCLUSÃO.....	30
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

INTRODUÇÃO

A ensilagem é uma técnica de conservação que consiste na preservação da forragem úmida em ambiente anaeróbico, que permite fornecer alimento para os ruminantes na época seca do ano.

Neste processo, a fermentação dos açúcares solúveis pelos microrganismos epifíticos anaeróbicos da planta resulta na produção de ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, o que reduz os valores de pH no meio, condição essa fundamental para conservação da massa ensilada.

Durante a fermentação dos açúcares da planta, ocorre a proliferação de bactérias ácido lácticas, bem como do gênero *Clostridium*, além de leveduras e fungos. Estes três últimos grupos de microrganismos são considerados indesejáveis para a produção de silagem de boa qualidade.

Na região Centro-Oeste há muitos confinamentos que utilizam silagem de capim-mombaça como volumoso, devido a sua maior produtividade e menor custo em relação à silagem de milho, nas dietas de alto concentrado. Assim, o estudo da ensilagem deste capim se faz fundamental, a fim de atender a necessidade de informação aos produtores da região.

Os capins de clima tropical, de modo geral, não apresentam teores de matéria-seca e carboidratos solúveis que proporcionem eficiente processo fermentativo. Dessa forma, aditivos estimulantes da fermentação têm sido usados na produção de silagem a fim de contribuir para melhoria do processo fermentativo e, conseqüentemente, conservar a forragem com mínimas perdas durante a ensilagem.

O uso de aditivos em silagens tem como objetivo inibir o crescimento de microrganismos anaeróbios indesejáveis como enterobactérias e *clostridium*, impedir a atividade de proteases e deaminases, e adicionar microrganismos favoráveis para dominar a fermentação, o que resultaria em produtos benéficos para estimular o consumo e a produção animal (KUNG JÚNIOR et al., 2003).

Para promover adequada fermentação, há no mercado aditivos microbianos com bactérias desejáveis. Porém, no caso de gramíneas tropicais, talvez a elevada umidade e reduzido teor de carboidratos solúveis limitem a ação de tais bactérias. Assim, além de aditivos microbianos, é interessante a adição de um aditivo que contribua para reduzir a umidade e aumentar o teor de carboidratos solúveis, como o farelo de arroz.

Há necessidade de entender os eventos que acontecem no processo de fermentação da forragem ao longo do tempo pelo uso de aditivos. Portanto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a influência do farelo de arroz e de aditivo microbiano (composto com bactérias homoláticas) na fermentação durante a ensilagem de capim-mombaça e, conseqüentemente, no valor nutritivo e nos parâmetros cinéticos da silagem produzida.

REVISÃO DE LITERATURA

Ensilagem de capins tropicais

As gramíneas de clima tropical, devido ao seu metabolismo C₄, apresentam elevada produção de matéria seca, o que geralmente gera excedente de forragem na época das águas, que pode ser aproveitado na forma de silagem para ser utilizada na época seca do ano, período em que há escassez de alimento e baixa capacidade de suporte das pastagens (IGARASI, 2002). As gramíneas mais utilizadas para a produção de silagem são aquelas dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, devido a marcante sazonalidade de produção, em que cerca de 75 % da produção anual de MS ocorrendo no período chuvoso (MACEDO, 2004).

Quando ensiladas em estágio de desenvolvimento precoce, as gramíneas forrageiras apresentam valor nutritivo elevado, mas com baixo teor de matéria seca (MS), elevada capacidade tampão (CT) e baixos teores de carboidratos solúveis (CHOs). Vasconcelos et al. (2009), analisando valor nutritivo de silagem de capim-mombaça em função da idade de rebrotação, encontrou aos 35 dias, teores de 19,75 e 3,75% de MS e CHOs, respectivamente. Entretanto, há a possibilidade de ensilar a forragem quando a planta está em estádios mais avançados de maturidade, porém com decréscimo acentuado no valor nutritivo, caracterizado pelo decréscimo nos níveis de proteína bruta (PB) e na digestibilidade (PAZIANI, 2004; COAN et al., 2007), causados pela redução da proporção de folha e aumento na proporção de colmos.

Variações na idade de corte dos capins de clima tropical afetam o teor de fibra, alterando o consumo e a digestão pelos animais. A fibra constitui a fração que apresenta lenta e incompleta digestão, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos ruminantes (MERTENS, 1994). Desta forma, em dietas baseadas em forragem, o incremento na proporção de fibra em detergente neutro (FDN) na forragem causa redução do consumo.

A PB também pode ser influenciada pela idade de corte, assim como a digestibilidade e o consumo de matéria seca. Teores de PB entre 7 e 8 %, com base na MS, são necessários para o adequado fornecimento de compostos nitrogenados requeridos pela microbiota ruminal, e níveis inferiores podem comprometer a digestibilidade da dieta (VAN SOEST, 1994).

De modo geral, para a produção de silagens de boa qualidade, são preconizados teores de MS na forragem a ser ensilada entre 35 e 45 % (PEREIRA E

REIS, 2001), com 25 % de valor mínimo sugerido, no sentido de reduzir as perdas relacionadas às fermentações secundárias e conservação segura do material ensilado (COAN et al., 2007). De acordo com Paiva (1976), forragens com 30 a 35 % de MS são consideradas excelentes para ensilagem. McDonald et al. (1991), preconiza valores maiores de 25% de MS para silagens de boa qualidade.

A excessiva umidade das forrageiras, caracterizada por teores de MS inferiores a 20 % no momento da ensilagem, reduz os efeitos preservativos das fermentações ácidas primárias e não restringe o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* (LAVEZZO, 1993).

A CT é a capacidade ou habilidade do material em resistir à variação do pH (MCDONALD, 1981). Os teores de MS e a CT determinam o padrão de fermentação durante a ensilagem, (WILKINSON et al., 1982), além do teor de CHOs recomendados de 15 % na MS (KEARNEY & KENNEDY, 1962).

A presença de bactérias epífitas na forragem, as quais são influenciadas pela concentração de O₂ no momento da ensilagem, são necessárias para a produção da silagem. A ação dos diferentes grupos microbianos classificados quanto a capacidade de desenvolvimento na presença de O₂ (aeróbicos, anaeróbicos ou facultativo), mesmo que temporariamente, leva a formação de produtos de maior ou menor importância para a conservação e qualidade da silagem (JOBIM et al., 2001). Há a necessidade de adequado tamanho de partícula da forragem, eficiente compactação e rápido enchimento do silo para possibilitar a remoção do oxigênio, já que as bactérias desejáveis são anaeróbias.

Etapas da ensilagem

A forragem fresca compactada e isenta de oxigênio começa a ser fermentada pelas bactérias ácido-láticas. Tais bactérias fermentam os carboidratos solúveis disponível na forragem e produzem ácido, principalmente o ácido lático. Com a produção desses ácidos ocorre a queda do pH da massa ensilada, inibindo microrganismos indesejáveis na produção de silagem. Portanto, durante a ensilagem, quatro etapas são observadas (WEINBERG E MUCK 1996):

- Fase 1 (aeróbia): dura poucas horas após o fechamento do silo, onde o oxigênio presente entre as partículas da planta é consumido, devido à respiração da planta e de microrganismos aeróbios e aeróbios facultativos, como leveduras e enterobactérias. Além disso, as enzimas proteases e as carboidrases são ativas

durante esta fase. O pH se mantém dentro do intervalo normal, para o extrato aquoso fresco (pH 6,5-6,0).

- Fase 2 (fermentação): inicia-se quando não há mais oxigênio no meio, e continua durante vários dias, dependendo das condições de colheita, propriedades da forragem ensilada e condições de ensilagem. A fermentação das bactérias lácticas desenvolve-se com êxito e tornam-se predominante durante esta fase. Devido à produção de ácido láctico e outros ácidos, o pH diminui para cerca de 3,8.

- Fase 3 (estável): ocorre relativamente pouca, ou nenhuma entrada de ar no silo. A maioria dos microrganismos da fase 2 diminui lentamente em números. Alguns microrganismos tolerantes ao ácido sobrevivem a este período em um estado quase inativo, outros como clostrídios e bacilos sobrevivem como esporos.

- Fase 4 (deterioração aeróbia): esta fase começa assim que a silagem fica exposta ao ar. Durante a deterioração isto é inevitável, mas já pode começar mais cedo devido a danos da lona que envolve a silagem (por exemplo, por roedores ou aves). O processo de deterioração pode ser dividido em duas fases, a degradação dos ácidos orgânicos, o que ocasiona o aumento do pH, que permite a atuação de fungos e enterobactérias que ocasionam aumento da temperatura e deterioração do alimento. A deterioração aeróbia ocorre em silagens que são abertas e expostas ao ar. Contudo, a taxa de deterioração é altamente dependente do número e da atividade de organismos de decomposição na silagem.

Para promover fermentações adequadas, é importante controlar e otimizar cada fase do processo de ensilagem. Na fase 1, técnicas de bom enchimento do silo ajudarão a minimizar a quantidade de oxigênio presente entre as partículas da planta no silo. Boas técnicas de colheita combinadas com boas técnicas de enchimento de silos minimizarão perdas através da respiração aeróbia no campo e no silo, e por sua vez deixará mais carboidratos disponível para fermentação dos ácidos na fase 2. Para otimizar as fases 2 e 3, aditivos podem ser utilizados no momento da ensilagem. A fase 4 começará assim que o oxigênio estiver disponível, ou seja, se houver abertura e, conseqüentemente, contato com O₂. Portanto para minimizar perdas, os danos à cobertura do silo devem ser reparados o mais rapidamente possível (STEFANIE et al. 2000).

Valor nutritivo e qualidade de silagens

A qualidade da silagem refere-se às características fermentativas, tais como pH, nitrogênio amoniacal (NH_3) e ácidos presentes; aspectos de odor, cor da silagem e a presença ou ausência de fungos. O valor nutritivo é determinado pela composição químico-bromatológica e aproveitamento dos nutrientes (digestibilidade), principalmente pelos teores de PB e fibra em detergente ácido (FDA), responsáveis pela digestibilidade da MS (EUCLIDES et al., 1995).

Qualidade e valor nutritivo do cultivar utilizado, estágio de maturação no momento do corte e natureza do processo fermentativo são fatores que influenciam na composição bromatológica das silagens, a qual reflete no desempenho animal (DIAS et al., 2001).

Os carboidratos podem ser classificados em fibrosos (CF), representados pela celulose e hemicelulose, com digestão lenta e incompleta no trato gastrintestinal; e carboidratos não-fibrosos (CNF), representados pelos açúcares solúveis, amido e pectina, que são de rápida e completa digestão (MERTENS, 1997). Para Van Soest (1994), o alimento pode ser dividido em fração solúvel, a qual é rápida e completamente digerível, e a fração FDN, que é de lenta e incompleta digestão e que é constituída basicamente, por celulose, hemicelulose, lignina, cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN).

O teor de PB do alimento fornecido aos ruminantes é fator importante. Níveis muito reduzidos na dieta podem limitar o crescimento microbiano ruminal, o que resultaria na diminuição da digestão e ingestão da dieta, com conseqüente queda no desempenho dos animais (DETMANN et al., 2014).

Outra variável fundamental na avaliação no valor nutritivo da forragem é a sua digestibilidade. No entanto, determinar a digestibilidade pelo procedimento *in vivo* é caro, demorado, e requer grande quantidade de alimento, tornando-se inviável em grande escala (GETACHEW et al., 1998). O método biológico de simulação do processo de digestão com o uso de microrganismos do rúmen, como demonstrado por Tilley e Terry (1963), ou com a produção de gás, como demonstrado por Menke et al. (1979), são alternativas para tal avaliação.

Para avaliar a digestão *in vitro* de forragens, a técnica de produção de gás tem como base a manutenção de ambiente anaeróbico e com pH controlado, no qual a microbiota do rúmen presente no inóculo digere os polímeros e fermenta os monômeros a ácidos graxos voláteis e gases, sendo estes últimos usados para

estimar os parâmetros cinéticos da digestão dos alimentos avaliados (PELL E SCHOFIELD, 1993). A técnica é vantajosa pois apresenta baixo custo, rapidez e uniformidade físico-química do local de fermentação (GETACHEW et al., 1998). O sistema permite estimar a digestibilidade da MS e matéria orgânica (MO), indicando os produtos produzidos pela fermentação, como o gás carbônico e o metano (BUENO et al., 2005). O método para avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal consiste em verificar o desaparecimento da massa de amostra incubada, durante o período de incubação com microrganismos ruminais, podendo ser feita por meio da mensuração periódica do gás produzido (MALAFAIA et al., 1998).

Capim-mombaça

As gramíneas do gênero *Panicum* apresentam um dos maiores potenciais produtores de massa seca em ambientes tropicais (JANK, 1994).

O capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) é nativo da África, coletada pelo Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (Orstom) e lançado no Brasil em 1993, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (JANK, 1994). Trata-se de uma planta ereta e cespitosa com altura média de 1,65 m. As folhas são quebradiças e sem cerosidade e as lâminas apresentam poucos pelos. Apresenta alta produtividade de forragem (165,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa verde e 32,9 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa foliar seca), elevada porcentagem de folhas (aproximadamente 80%), chegando a atingir 87% de folhas no inverno. Os teores de PB nas folhas e colmos giram em torno de 13 e 10%, respectivamente (SAVIDAN, 1990).

Embora o uso do capim-mombaça em pastejo, especialmente em sistemas de lotação rotativo em estratégias de manejo intensivo, tem aumentado nos últimos cinco anos, assim como o uso do referido capim para a produção de silagem nos confinamentos, principalmente devido a sua produtividade de MS.

Entretanto, quando a forragem apresenta elevado valor nutritivo para a ensilagem, os teores de MS e CHOs não são ideais para uma adequada fermentação do material ensilado e produção de silagem de boa qualidade.

Microrganismos na ensilagem

Os microrganismos presentes na forragem desempenham papel fundamental no resultado do processo de conservação, podendo ser desejáveis ou indesejáveis

para a fermentação. Os microrganismos desejáveis são as bactérias produtoras de ácido láctico e os indesejáveis são os organismos que podem causar destruição anaeróbia, por exemplo, clostrídios e enterobactérias, ou deterioração aeróbica, leveduras, bacilos e listeria.

Bactérias ácido-láticas

As bactérias ácido-láticas pertencem à microflora epifítica da planta. Muitas vezes a população dessas bactérias aumenta entre a colheita e a ensilagem. Teor de açúcar, teor de matéria seca e composição de açúcar, combinada com ácido láctico, propriedades bacterianas tais como ácido, osmotolerância e substrato, tem influência decisiva sobre a competitividade da flora bacteriana láctica durante a fermentação na ensilagem (MCDONALD et al. 1991).

Algumas bactérias que são encontradas regularmente em silagens são as dos gêneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* e *Streptococcus*. A maioria das bactérias lácticas de silagem são mesofílicas, isto é, podem crescer a temperaturas entre 5 e 50 °C, e são capazes de diminuir o pH da silagem, dependendo da espécie e do tipo de cultura forrageira. Todas as bactérias lácticas são aeróbias facultativas, mas algumas têm preferência por condições anaeróbias (STEFANIE et al., 2000).

Baseando-se no metabolismo do açúcar, as bactérias podem ser classificadas de três tipos, homofermentativas obrigatórias, heterofermentativas ou heterofermentativas obrigatórias. As homofermentativas obrigatórias produzem mais de 85% de ácido láctico a partir de hexoses tais como glicose, mas não podem degradar pentoses, como xilose. As heterofermentativas facultativas também produzem ácido láctico a partir de hexoses, mas além disso degrada algumas pentoses para ácido acético e etanol. As heterofermentativas obrigatórias degradam as hexoses e pentoses, mas, ao contrário das homofermentativas, degradam as hexoses para ácido láctico, CO₂, ácido acético e etanol (HAMMES et al., 1992).

A fermentação realizada pelas bactérias ácido-láticas homofermentativas caracteriza-se por taxa mais rápida de fermentação dos CHOs, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e MS, em relação às bactérias heterofermentativas. Devido a maior quantidade de ácido láctico produzido, o gasto com energia para a produção de calor é menor, assim como as perdas por

descarboxilação, reduzindo formação de gases, tornando a silagem de melhor qualidade (ANDRADE E MELOTTI, 2003; ZOPOLLATTO et al., 2009).

As bactérias homofermentativas são as espécies de *Pediococcus damnosus* e *Lactobacillus ruminis*. As heterofermentativas facultativas são, por exemplo, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* e *Enterococcus faecium*. As heterofermentativas obrigatórias são as do gênero *Leuconostoc*, e alguns *Lactobacillus* sp., tais como *Lactobacillus brevis* e *Lactobacillus buchneri* (DEVRIESE et al. 1992; WEISS 1992; HOLZAPFEL E SCHILLINGER 1992; HAMMES et al. 1992).

Clostridium

Devido a contaminação com solo na forragem, altas taxas de temperatura na estocagem (maior que 30°C), baixos teores de MS (menor que 30%), baixos teores de CHOs e alta capacidade tampão, pode ocorrer a presença de bactérias do gênero *Clostridium* em silagem, já que o número desses microrganismos nas forragens é geralmente baixo (MCDONALD et al., 1991).

A fermentação dos carboidratos pelos Clostrídios é indesejável por várias razões. A primeira delas é a redução da ingestão do alimento pelo gado, devido ao ácido butírico e aminas biogênicas, que diminui o consumo voluntário dos ruminantes. Outro fator são que as vacas leiteiras, particularmente aquelas em transição, podem ser mais suscetíveis a cetose do ácido butírico adicional por consumirem silagem clostridiana; e a fermentação do ácido láctico para ácido butírico, consome dois moles de ácido láctico e produz um mol de butirato, sendo esse um ácido fraco, conseqüentemente o pH aumenta, favorecendo o crescimento de clostrídeos proteolíticos, que podem degradar seletivamente muitos aminoácidos e é uma das fermentações anaeróbias que gera mais desperdício na silagem, causando perda de 51% de matéria seca e 18% de energia bruta (MCDONALD et al., 1991; MUCK, 2010).

Aditivos

Para melhorar a ensilagem, torna-se cada vez mais comum o uso de aditivos no processo. Existem inúmeros tipos de aditivos químicos e biológicos disponibilizados no mercado.

Existem diferenças entre as propriedades dos produtos de uma categoria, tais

como eficácia geral, tipo de cultura, facilidade de manuseio e aplicação. Estes fatores, juntamente com o preço e a disponibilidade, determinarão qual produto será o mais adequado para uma silagem específica. Alguns aditivos químicos podem ser corrosivos para o equipamento utilizado, exigindo cautela no uso. Os aditivos biológicos não são corrosivos e são seguros, porém podem ser caros. Além disso, podem ser menos eficazes, uma vez que se baseia na atividade dos organismos vivos (STEFANIE et al., 2000).

Mesmo com boas técnicas de colheita e ensilagem, a fermentação da silagem ainda pode não ter máxima eficiência. Isso pode ser devido à falta de um número suficiente de bactérias ácido-láticas ou uma falta de quantidades suficientes de carboidratos solúveis, ou ambos. A quantidade de carboidratos solúveis para obter uma fermentação adequada, depende do teor de matéria seca e a capacidade tampão da cultura (WEISSBACH E HONIG, 1996). Neste sentido, aditivos que melhoram a fermentação da silagem podem ser utilizados.

Os aditivos inibidores de fermentação poderiam, em teoria, ser utilizados para todos os tipos de forragens, contudo na prática, são geralmente utilizados apenas para situações com um baixo teor de carboidratos solúveis ou alta capacidade tampão (MCDONALD et al., 1991).

Para inibir a deterioração aeróbia, deve-se inibir a presença de organismos de deterioração, em particular as leveduras e bactérias ácido-acéticas. Os aditivos que inibem a deterioração aeróbia são mais eficazes são os químicos baseados em ácidos graxos voláteis, como ácido propiônico e ácido acético, e aditivos biológicos baseados em microrganismos produtores de bacteriocinas, como lactobacilos e bacilos (MCDONALD et al, 1991; WEINBERG E MUCK, 1996).

Determinadas culturas são deficientes em componentes dietéticos essenciais para ruminantes. A qualidade nutricional dessas culturas pode ser suplementada com aditivos nutrientes específicos no momento da ensilagem como a amônia e ureia para aumentar o conteúdo de proteína bruta e verdadeira da silagem, e calcário para aumentar o teor de cálcio e magnésio. Os aditivos acima mencionados geralmente não têm efeito benéfico na fermentação da silagem, mas a ureia e amônia pode melhorar a estabilidade aeróbica da silagem (GLEWEN E YOUNG 1982; MCDONALD et al. 1991).

Os aditivos absorventes são utilizados em culturas com baixo teor de matéria seca para evitar perdas excessivas de efluentes (MCDONALD et al., 1991). Bernardes

et al. (2005) trabalhando com silagem de capim marandu com alto teor de umidade, observaram que quando a umidade da massa ensilada era alta, as bactérias ácido-láticas não agregavam na qualidade da silagem. Portanto o uso de aditivos que são capazes de absorver umidade são fundamentais para o bom perfil fermentativo das silagens.

A maioria dos aditivos comerciais contém mais de um ingrediente, de modo a ter uma elevada eficácia e uma vasta gama de aplicabilidade. As combinações de inoculantes que estimulam a fermentação homofermentativa do ácido láctico juntamente com enzimas que degradam açúcar, ou produtos químicos inibidores da deterioração aeróbia, são as mais utilizadas (RIDER, 1997).

Aditivo absorvente de umidade - Farelo de Arroz

O farelo de arroz provém do beneficiamento do arroz, sendo constituído pelos tegumentos que envolvem o grão, que são removidos no processo de beneficiamento do cereal para a alimentação humana, resultando em um alimento rico em amido. A composição do farelo de arroz encontrado no comércio é muito variável, porque muitas vezes são adicionadas quantidades variáveis de casca, o que influencia negativamente na sua qualidade (ANDRIGUETTO, 2002). Os farelos que apresentam 8% de fibra contém pouca ou nenhuma casca, enquanto farelos com 15% de fibra contém acima de 20% de casca.

O baixo teor de carboidratos solúveis e o alto teor de umidade presente nas gramíneas, limitam um adequado processo fermentativo da silagem, dificultando rápida queda de pH, podendo ocorrer fermentações por bactérias indesejáveis (*Clostridium*), resultando em silagens de baixa qualidade, com perdas de nutrientes através da lixiviação pelos efluentes produzidos e perdas por gases (FERREIRA et al., 2013).

A utilização dos aditivos absorventes de umidade, visam aumentar o teor de MS das silagens, diminuir a produção de efluentes e elevar o valor nutritivos das silagens. Geralmente eles são de fontes de carboidratos, cereais, farelos, dentre outros (MCDONALD et al., 1991).

Monteiro et al. (2016) utilizando farelo de arroz como aditivo em silagem de capim-elefante, encontrou valores de 91,14% de MS; 9,05 % de PB; 51,26 % de FDN, para o farelo de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios de Nutrição Animal, Forragicultura e Microbiologia da UFMT, no *campus* de Cuiabá. A forragem foi proveniente de duas áreas: propriedade Estância Bahia localizada no município de Cuiabá – MT e na Fazenda Ellus, localizada no município de Jangada – MT.

A forrageira utilizada no experimento foi o capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça), provenientes de áreas destinadas a produção de silagem para confinamento de ambas fazendas supracitadas.

O capim-mombaça coletado na Estância Bahia foi proveniente de um piquete de 23 ha, onde o plantio da forragem foi feito em 2011. No momento da implantação, foi realizada calagem e adubação de formação, sem a realização de adubações de manutenção. O piquete era utilizado para sistema rotativo. Após a saída dos animais do piquete selecionado para o experimento, deu-se um intervalo até o capim atingir altura de 90 cm, para então realizar a colheita. Os animais foram retirados quando o capim apresentava 40 cm de altura de resíduo pós pastejo.

Já a Fazenda Ellus tinha uma área total de 180 ha de capim-mombaça, onde todo o capim é utilizado para produção de silagem. Foi reservada uma área experimental de 20 x 50 m. Nessa área foi feito corte de uniformização, respeitando a altura de resíduo de 40 cm do solo. Posteriormente, foi realizada adubação na área com 100 kg de N/ha.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro tipos de aditivos (sem aditivo; com aditivo microbiano; com aditivo farelo de arroz; com os aditivos microbiano e farelo de arroz) e cinco tempos de abertura dos silos (0, 3, 7, 14 e 21 dias após fechamento), totalizando 60 parcelas experimentais, em cada área. Cada parcela foi constituída de um silo experimental (potes de vidro) com volume aproximado de 1 L.

Em ambas as fazendas, a colheita da forragem foi realizada quando o capim atingiu 90 cm de altura, com altura de corte de 40 cm acima do nível do solo. Posteriormente, a forragem colhida foi picada em triturador estacionário, com tamanho de partícula entre 2 e 3 cm. Após picagem, nos tratamentos com aditivo, a forragem foi acondicionada em sacolas de plástico de 30 litros. O aditivo microbiano foi aplicado com o uso de spray, enquanto o farelo de arroz, com o uso de sacolas plásticas de 1

L. Após aplicação dos aditivos, o material foi homogeneizado por meio de agitação manual, com o uso de luva para evitar contaminação cruzada.

Para caracterização da forragem, em três pontos aleatórios, foi feito o corte do capim a 40 cm do nível do solo. Com o material cortado, foi realizado a separação dos componentes: lâmina foliar, colmo com bainha e material senescente, com posterior secagem em estufa de ventilação forçada, com temperatura mantida a 55°C, por 72 horas. Após picagem da forragem para ensilagem, foi feita a coleta de uma amostra para análises química-bromatológica e características fermentativas (Tabela 1).

O aditivo microbiano utilizado foi o SiloMax Centurium® (Lallemand, Brasil Ltda) uma associação de bactérias homofermentativas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici*), com níveis mínimos de garantia do produto de $5,0 \times 10^{10}$ UFC/g e $1,5 \times 10^{10}$ UFC/g, respectivamente. Seguiu-se a recomendação do fabricante quanto a dose e diluição do produto, de 2 mL de solução preparada para cada 1 kg de forragem verde, para contagem final bacteriana de 10^6 UFC/g de matéria natural. O aditivo absorvente utilizado foi o farelo de arroz, ao nível de 10% em relação ao material a ser ensilado, conforme Monteiro et al. (2016).

Após a confecção dos tratamentos, os silos foram preenchidos e compactados manualmente para a obtenção de densidade aproximada de 500 Kg de matéria natural/m³. Para uma adequada vedação dos silos, mantendo-se o material a ser fermentado em anaerobiose, foi adicionado uma camada de silicone nas tampas, sendo estas equipadas com válvula tipo “sifão”, para permitir a saída de gases e evitar a entrada de oxigênio para o interior do silo. Os silos permaneceram fechados conforme os tempos pré-estabelecidos para os tratamentos, em local arejado e ao abrigo da luz solar.

. Após a abertura dos silos, foi retirada duas amostras das silagens, uma para obtenção de extrato aquoso, enquanto outra para análises química-bromatológica.

A obtenção do extrato aquoso foi feita por meio do processamento de 50 g de silagem em liquidificador por um minuto, com a adição de 200 mL de água destilada, conforme metodologia descrita por Kung Junior (1996). Posteriormente, esse extrato foi filtrado em papel filtro e o pH de cada amostra foi medido com potenciômetro digital.

Amostras da forragem e das silagens para análises química-bromatológica (aproximadamente 250 g) foram submetidas a pré-secagem em estufa a 55 °C e, em seguida, moídas em moinho estacionário tipo Willey dotadas de peneira com crivo de 1 mm, e guardadas em recipientes de polietileno devidamente identificados. Foram

realizadas análises laboratoriais para a determinação dos teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (VAN SOEST et al., 1991), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), FDN corrigida para seu conteúdo em cinzas e proteína (FDNcp), conforme metodologia de Detmann et al. (2012).

As análises de carboidratos solúveis (CHOs) foram realizadas segundo Silva e Queiroz, (2002), de capacidade tampão (CT), conforme Weissbach et al. (1974), enquanto o coeficiente de fermentação foi determinado por meio da equação: $\%MS+8x(\%CHOs/CT)$, (WEISSBACH, 1996). A determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi feita com o extrato aquoso da silagem seguindo a metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica da forragem utilizada e farelo de arroz nos tratamentos experimentais

Variáveis	Farelo de arroz	Fazenda 1	Fazenda 2
MS (%)	90,46	30,40	17,42
¹ MM (%)	6,29	8,51	9,32
¹ MO (%)	93,71	91,49	90,67
¹ PB (%)	20,00	5,54	16,08
¹ FDN (%)	22,14	68,92	63,49
¹ CHOs (%)	15,18	1,65	2,12
CT (g ác. láctico 100g MS ⁻¹)	5,42	6,22	8,57
CF (%)	-	32,53	19,47

¹Porcentagem na matéria seca; MS: Matéria seca; MM: Matéria mineral; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; CHOs: Carboidratos solúveis; CT: Capacidade tampão; CF: Coeficiente de fermentação.

Amostras de silagem provenientes da abertura com 21 dias foram incubadas *in vitro*, considerando que os demais tempos de abertura ainda não caracterizam alimento o volumoso “silagem”, ou seja, após a estabilização do processo fermentativo.

Para a produção de gás *in vitro* foi realizada coleta do líquido ruminal de dois ovinos fistulado no rúmen, mantidos em sistema de confinamento recebendo dieta a base de feno de capim tifton 85 e concentrado, na proporção de 80:20. Para a coleta, utilizou-se uma garrafa térmica de 1500 mL, pré-aquecida com água a 39°C, sendo esvaziada somente no momento da coleta. O líquido ruminal coletado foi filtrado em camada quadrupla de gaze, acondicionado na garrafa térmica e imediatamente

transportado à sala de incubação.

Para a incubação foi utilizada solução tampão de McDougall (MCDUGALL, 1949), mantida em banho-maria a 39°C, na qual foi infundido CO₂ isento de oxigênio, até que o pH do tampão atingisse valores próximos a 6,8 a 6,9, e o indicador rezasurina se tornasse incolor. Após isto, no sentido de garantir a anaerobiose, foi adicionada solução redutora contendo HCl-cisteína preparada poucos instantes antes.

O preparo das amostras para as incubações *in vitro* foi realizado tomando-se aproximadamente 1,0 g de amostra do material que foram acondicionadas em frascos de 310 mL da Ankom, em duplicata. Posteriormente foram adicionados 20 mL de líquido ruminal e 80 mL da solução tampão em cada frasco, os quais foram imediatamente vedados e saturados com CO₂. Os frascos e seus respectivos módulos de digestão Ankom RF Gas Production System (Ankom Technology, Macedon - NY, USA) foram mantidos em estufa, com temperatura mantida a 39 ± 1°C, durante 72 horas, acoplados a um computador equipado com aplicativo Gas Pressure Monitor (Ankom Technology, Macedon - NY, USA). As leituras da produção de gás foram realizadas com intervalos de 10 minutos através desse sistema automatizado. Posteriormente, as leituras de pressão (psi) dos gases produzidos foram convertidas para mL. Cada incubação contendo todos os tratamentos foi repetida por duas vezes em momentos distintos.

Para determinação da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), o resíduo da incubação foi filtrado em cadinho de porosidade 2 (40 a 100 µm), previamente pesado, com água destilada quente, até a limpeza do filtrado. Os cadinhos foram acondicionados em estufa (105°C) para secagem, e por diferença de peso determinou-se a MS residual. Esse resíduo de MS foi utilizado para as determinações de FDN residual, que foram realizadas com o uso de autoclave. Nos frascos âmbar e da Ankom foram adicionados 50 e 100 ml da solução de detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991). Os recipientes foram vedados e autoclavados (105°C/1 hora), de forma a extraírem-se todos os componentes solúveis em detergente neutro (PELL E SCHOFIELD, 1993), sendo o conteúdo filtrado sob vácuo em cadinhos filtrantes (porosidade 2) e lavados com água quente e acetona pura. A FDN residual foi obtida após secagem do material em estufa não ventilada (105°C/16 horas).

A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo logístico unicompartmental de Schofield et al. (1994), pelo modelo:

$$V_t = V_f / (1 + \exp(2 - 4 * C * (T - \text{Lag}))),$$

Onde: V_t : volume acumulado no tempo t (mL); V_f : volume final de gás (mL); C : a taxa da de degradação (h^{-1}); Lag : latência (h); T : tempo (h).

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tipos de aditivos comparadas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) e os tempos de abertura submetidos à análise de regressão polinomial, utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de MS da forragem na fazenda 1 está dentro dos valores ideais (30 - 35%). Já os da forragem na fazenda 2 encontram-se abaixo dos valores recomendados. Para as duas fazendas, os teores de CHOs encontram-se baixos, o que interfere na qualidade do processo fermentativo (Tabela1). Baixos teores de CHOs contribuem para baixa atividade fermentativa e menores teores de ácido láctico, o que dificulta a redução do pH e a conservação da massa ensilada (LAVEZZO, 1993).

Os valores do coeficiente de fermentação também estão abaixo do ideal. Por este coeficiente pode-se determinar se uma forragem possui substrato suficiente para a fermentação láctica, considerando que para silagens com boa fermentação, valores de CF acima de 45 são recomendados.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) dos aditivos na composição química da silagem de capim-mombaça obtida da fazenda 1 (Tabela 2). O aditivo microbiano associado com o farelo de arroz aumentou o teor de MS na silagem de capim-mombaça. O farelo de arroz como aditivo fermentativo na ensilagem, aumenta o teor de matéria seca da massa ensilada e fornece carboidratos solúveis para adequada fermentação, propiciando melhor valor nutritivo da silagem Lavezzo (1993). Monteiro et al. (2016), avaliando silagem de capim-elefante picado com farelo de arroz, observaram aumento de 0,56% no teor de MS a cada 1% de farelo de arroz adicionado na massa.

Para a silagem proveniente da fazenda 2, para variável MS observou-se efeito de interação tempo de abertura x aditivo ($P < 0,05$), onde verificou-se, para todos os tratamentos, efeito quadrático (Tabela 3). O tratamento com farelo de arroz resultou em maior teor de MS na silagem, sendo esse resultado relacionado ao elevado teor de MS deste aditivo (90,4 %).

O teor de MS é um dos fatores que afetam o tipo de fermentação e a conservação da massa ensilada, cujos valores ideais devem se situar entre 26% e 38% (MCDONALD et al., 1991). O alto teor de umidade, o baixo teor de CHOS e a

elevada CT no momento do corte das gramíneas, são fatores que inibem adequado processo fermentativo, dificultando a confecção de silagens de boa qualidade (LAVEZZO, 1985). Além da fermentação indesejada, a ensilagem de forragens com alto teor de umidade resulta na produção de elevadas quantidades de efluentes, o qual transporta, para fora do silo nutrientes altamente digestíveis (MCDONALD et al., 1981).

Com relação a MM na fazenda 1, observa-se os maiores valores para o tratamento sem adição de aditivo (*in natura*), enquanto que nos tratamentos com a associação de farelo de arroz e aditivo microbiano foram observados menores valores para essa variável. Da Costa Junior (2014) avaliando silagem de capim-tanzânia com aditivo microbiano, também observou redução dos teores de MM. De acordo com McDonald et al. (1991) este aumento em silagens provavelmente está relacionado à perda de matéria orgânica, decorrentes do processo de fermentação indesejável e oxidação.

Para a fazenda 2, houve efeito de interação tempo de abertura x aditivo ($P < 0,05$). Para os tratamentos sem adição de aditivo e com aditivo microbiano, foi observado efeito quadrático e para os tratamentos com farelo de arroz e associação de farelo de arroz com aditivo microbiano, efeito linear positivo (Tabela 3). Este aumento no teor de MM pode ser devido as perdas por gás. Também foi observado menor teor de MM nos tratamentos com farelo de arroz, possivelmente devido ao teor de MM neste aditivo (6,29%).

Tabela 2. Médias de quadrados mínimos para a composição (%) da silagem de capim-mombaça em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz e tempo de abertura na Fazenda 1.

Item	Aditivos				Tempo de abertura do silo (dias)					ER	Efeito (P)		
	IN	MI	FA	MI+FA	0	3	7	14	21		Aditivo	Tempo	Aditivo+ tempo
MS	30,34 ^d	32,61 ^c	35,96 ^b	37,54 ^a	34,05	34,26	34,07	34,15	34,03		<0,01	0,55	0,20
¹ MM	8,53 ^a	8,36 ^b	8,45 ^{ab}	7,99 ^c	8,24	8,46	8,34	8,33	8,29	1	<0,01	<0,01	0,13
¹ PB	5,50 ^b	6,47 ^{ab}	7,71 ^a	7,02 ^a	6,27	6,16	6,33	7,51	7,10		<0,01	0,11	0,51
¹ FDN	71,02 ^a	70,27 ^a	63,95 ^b	62,20 ^b	65,76	65,24	67,70	67,96	67,64	2	<0,01	0,04	0,92
¹ CNF + EE	15,83 ^c	15,73 ^c	20,64 ^b	23,36 ^a	20,43	20,77	18,37	17,09	17,81	3	<0,01	<0,01	0,87

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ER: Equação de regressão. IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz; ¹Porcentagem na matéria seca; MS = matéria seca; MM: Matéria mineral; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra insolúvel em detergente neutro; CNF+EE = carboidrato não fibroso + extrato etéreo; ER = equação de regressão. Média seguidas pala mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). 1 = $8,3124 + 0,0149x - 0,000783x^2$, $R^2 = 0,23$; 2 = $65,8469 + 0,1131x$, $R^2 = 0,58$; 3 = $20,3258 - 0,1587x$, $R^2 = 0,68$

Tabela 3. Médias de quadrados mínimos para a composição (%) da silagem de capim-mombaça em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz e tempo de abertura na Fazenda 2.

TEMPO	0	3	7	14	21	ER
TRAT	Matéria Seca					
IN	17,42 ^c	18,01 ^b	18,11 ^b	18,26 ^b	17,86 ^b	1
MI	18,21 ^b	17,75 ^b	17,68 ^b	18,39 ^b	17,86 ^b	2
FA	23,63 ^a	24,52 ^a	24,39 ^a	25,22 ^a	23,99 ^a	3
MI+FA	23,58 ^a	24,20 ^a	24,18 ^a	24,76 ^a	23,85 ^a	4
	¹ Matéria Mineral					
IN	9,32 ^a	10,49 ^a	10,04 ^a	10,61 ^a	10,79 ^a	5
MI	9,35 ^a	10,70 ^a	10,23 ^a	10,58 ^a	10,70 ^a	6
FA	9,14 ^a	9,52 ^b	9,32 ^b	9,48 ^b	9,54 ^b	7
MI+ FA	9,08 ^a	9,59 ^b	9,37 ^b	9,67 ^b	9,68 ^b	8
	¹ Proteína Bruta					
IN	16,08 ^b	16,79 ^{ab}	15,82 ^{bc}	15,15 ^b	15,72 ^b	9
MI	16,98 ^a	15,94 ^b	15,50 ^c	15,22 ^b	15,09 ^b	10
FA	16,95 ^{ab}	17,58 ^a	16,89 ^a	16,38 ^a	17,34 ^a	11
MI+FA	16,94 ^{ab}	16,75 ^{ab}	16,63 ^{ab}	16,60 ^a	17,16 ^a	12
TRAT	¹ Fibra em Detergente Neutro					
IN	63,49 ^a	59,10 ^a	57,51 ^b	58,73 ^a	59,07 ^a	13
MI	60,35 ^b	61,41 ^a	60,65 ^a	61,06 ^a	59,12 ^a	14
FA	51,80 ^d	50,79 ^b	50,46 ^c	47,95 ^b	49,77 ^b	15
MI+FA	55,55 ^c	48,74 ^b	49,45 ^c	49,14 ^b	49,36 ^b	16
	¹ Carboidratos Não-Fibrosos + Extrato Etéreo					
IN	11,80 ^c	14,35 ^b	17,85 ^b	15,93 ^b	14,98 ^b	17
MI	14,01 ^c	12,60 ^b	14,13 ^c	13,62 ^b	15,49 ^b	18
FA	22,77 ^a	22,75 ^a	23,76 ^a	26,58 ^a	23,78 ^a	19
MI+FA	19,23 ^b	25,55 ^a	24,95 ^a	24,97 ^a	24,66 ^a	20

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ER: Equação de regressão. IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz e FA; CNF+EE = carboidrato não fibroso + extrato etéreo. ¹Porcentagem na matéria seca; 1 = $23,6658 + 0,2348x - 0,0102x^2$, $R^2 = 0,77$; 2 = $18,227179 - 0,267935x + 0,035913x^2 - 0,001142x^3$, $R^2 = 0,99$; 3 = $23,590545 + 0,178173x - 0,007753x^2$, $R^2 = 0,82$; 4 = $17,511230 + 0,134315x - 0,005619x^2$, $R^2 = 0,91$; 5 = $9,285944 + 0,013196x$, $R^2 = 0,45$; 6 = $9,717969 + 0,131776x - 0,004214x^2$, $R^2 = 0,53$; 7 = $9,281609 + 0,022391x$, $R^2 = 0,55$; 8 = $9,615574 + 0,117375x - 0,003014x^2$, $R^2 = 0,67$; 9 = $17,338828 - 0,110193x + 0,004930x^2$, $R^2 = 0,28$; 10 = $16,796808 - 0,224876x + 0,007028x^2$, $R^2 = 0,93$; 11 = $16,959934 - 0,084047x + 0,004437x^2$, $R^2 = 0,97$; 12 = $16,313663 - 0,043803x$, $R^2 = 0,39$. 13 = $51,238080 - 0,120273x$, $R^2 = 0,51$; 14 = $60,5642292 + 0,106569x - 0,011299x^2 - 0,000332x^3$, $R^2 = 0,80$; 15 = $53,816916 - 0,893623R^2 + 0,033656x^2$, $R^2 = 0,62$; 16 = $62,454509 - 0,825849x + 0,032839x^2$, $R^2 = 0,74$; 17 = $22,005695 + 0,511461x - 0,019361x^2$, $R^2 = 0,67$; 18 = $13,700769 - 0,078218x + 0,004246x^2 + 0,000164x^3$, $R^2 = 0,67$; 19 = $20,863747 + 0,828943x - 0,032001x^2$, $R^2 = 0,61$; 20 = $12 = 194415 + 0,861157x - 0,035679x^2$, $R^2 = 0,79$.

Na fazenda 1, a adição de 10% de farelo de arroz na massa diminuiu os teores de FDN. Estes decréscimos podem ser explicados pelo menor teor de FDN no farelo de arroz (22,89%) em relação ao do capim-mombaça (68,92%), o que inevitavelmente reduz a quantidade de FDN na silagem produzida. A FDN representa a fração dos alimentos com lenta e incompleta digestão e que ocupa espaço no trato gastrointestinal dos animais, logo, menores teores de FDN implicam maior valor nutritivo na forragem. Ribeiro et al. (2008) utilizando farelo de trigo em silagem de capim-tanzânia, também observaram redução nos teores de FDN. Teores menores de FDN em dietas contendo alta proporção de volumosos podem contribuir para aumentar o consumo de MS e, ao mesmo tempo, aumentar a densidade energética na ração de ruminantes (JUNG E ALLEN, 1995).

Para a fazenda 2, houve efeito de interação do tempo de abertura x aditivo ($P < 0,05$) nos teores de FDN. Na forragem *in natura* e com a adição de farelo de arroz foram observados efeito linear, enquanto no tratamento com adição de ambos aditivos foi observado efeito quadrático (Tabela 3).

Houve efeito de interação tempo de abertura x tratamento ($p < 0,05$) para o teor de PB (Tabela 3). As silagens com farelo de arroz apresentaram maior teor de PB em comparação ao tratamento *in natura*, fato que pode ser explicado pelo maior teor de PB no farelo de arroz (20,0%). Trabalhos de Zanine et al. (2006) com silagem de capim-mombaça com farelo de trigo, mostraram elevações nos teores de PB. Adequados níveis de proteína bruta na dieta auxiliam no crescimento microbiano, sendo que quantidades baixas podem resultar na diminuição da ingestão de alimento e queda no desempenho animal (DETMANN et al., 2014). O valor de 7% tem sido proposto como sendo o mínimo de PB na dieta de ruminantes, para que estes atendam pelo menos sua exigência de manutenção.

Os teores de CNF+EE na silagem da fazenda 1 não apresentaram efeito de tratamento (Tabela 3). Para a fazenda 2, houve efeito de interação tempo de abertura x tratamento, onde os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com farelo de arroz em função do tempo. Altos teores de CNF nos alimentos são considerados boas fontes de energia para o desenvolvimento de microrganismos no rúmen (CARVALHO et al., 2007). Trabalho de Melo et al., (2016) com silagem de capim-tanzânia com aditivos, encontrou aumento no teor de CNF nas silagens com fubá de milho, elevando o valor energético da silagem.

Não houve efeito de aditivo, tempo, nem interação para os valores de nitrogênio amoniacal (NH₃) para as silagens da fazenda 1 (Tabela 4). Todos os valores são inferiores a 12% do N total, o que indica que ocorreu boa fermentação dentro do silo (MCDONALD et al., 1991). Melo et al. (2016), encontrou médias abaixo de 10% de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, o que proporciona adequado perfil fermentativo, com pouca proteólise da proteína.

Houve interação entre aditivo e tempo de abertura para os valores de pH na fazenda 1 e 2 (Tabelas 4 e 5). A diminuição do valor de pH está relacionada com a produção de ácido láctico, que é o ácido orgânico mais forte. Isso aconteceu pois houve fermentação láctica, o que é desejado, preservando o alimento. O pH ideal é de 3,5 a 4,2. Os tratamentos com aditivo microbiano e farelo de arroz, conservou melhor a silagem, independentemente do tempo. Oliveira et al. (2014), trabalhando com silagem de capim-mombaça e aditivos agroindustriais, observou a eficácia dos aditivos farelo de trigo e resíduo de soja na redução do pH.

Tabela 4. Médias de nitrogênio amoniacal (NH₃; %) e pH da silagem de capim-mombaça em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz e tempo de abertura na Fazenda 1.

TEMPO	0	3	7	14	21	ER
ADITIVO						
	NH ₃					
IN	1,60	2,04	2,06	2,14	3,68	
MI	2,75	2,03	1,36	1,46	2,03	
FA	1,53	1,65	2,18	2,05	2,31	
MI+FA	2,07	1,43	2,36	2,11	2,29	
	pH					
IN	5,80 ^a	5,49 ^a	5,58 ^a	5,57 ^a	5,19 ^a	1
MI	5,82 ^a	4,84 ^c	4,54 ^b	4,49 ^b	4,38 ^b	2
FA	5,87 ^a	5,12 ^b	4,67 ^b	4,38 ^b	4,36 ^{bc}	3
MI+FA	5,92 ^a	3,98 ^d	4,02 ^c	4,01 ^c	4,15 ^c	4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05). IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz e FA. ER: Equação de regressão. 1 = 5,772941 - 0,192225x + 0,006051x², R² = 0,97; 2 = 5,685180 - 0,196498x + 0,006623x², R² = 0,85; 3 = 5,368380 - 0,265533x + 0,010216x², R² = 0,67; 4 = 5,724149 - 0,021276x, R² = 0,67.

Para a fazenda 2, houve efeito de interação do tempo de abertura x tratamento (P<0,05). Para os tratamentos aditivo microbiano e farelo de arroz observou-se efeito quadrático (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de nitrogênio amoniacal (NH₃) e pH da silagem de capim-mombaça em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz e tempo de abertura na Fazenda 2.

TEMPO	0	3	7	14	21	ER
TRAT	NH ₃					
IN	1,61 ^a	4,16 ^a	6,74 ^b	9,38 ^{ab}	5,83 ^a	1
MI	0,75 ^a	4,15 ^a	7,57 ^{ab}	10,57 ^a	6,15 ^a	2
FA	1,72 ^a	5,40 ^a	9,86 ^a	7,17 ^b	6,52 ^a	3
Mi+FA	1,19 ^a	6,28 ^a	7,87 ^{ab}	7,68 ^b	7,15 ^a	4
	pH					
IN	4,60 ^b	5,00 ^a	4,4 ^a	4,93 ^a	4,36 ^{bc}	5
MI	5,40 ^a	4,10 ^b	4,09 ^a	4,50 ^a	4,01 ^c	6
FA	4,43 ^b	4,15 ^b	4,23 ^a	4,39 ^a	5,57 ^a	7
Mi+FA	4,62 ^b	4,40 ^b	4,63 ^a	4,54 ^a	4,84 ^b	8

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05). IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz e FA. ER: Equação de regressão. 1 = $4,732819 - 0,049513x + 0,008891x^2 - 0,000349x^3$, R² = 0,31. 2 = $0,455137 + 1,482097x - 0,057203x^2$, R² = 0,98; 3 = $2,264610 + 0,998171x - 0,037478x^2$, R² = 0,84; 4 = $1,314937 + 1,152903x - 0,044178x^2$, R² = 0,97; 5 = $4,436089 - 0,095832x + 0,007087x^2$, R² = 0,98; 6 = $4,981314 - 0,131082x + 0,004459x^2$, R² = 0,43; 7 = $4,436089 - 0,095832x + 0,007087x^2$, R² = 0,98 8 = $4,568033 - 0,013088x + 0,000606x^2 + 0,000030x^3$, R² = 0,65.

Com relação aos parâmetros cinéticos estimados nas silagens produzidas com capim-mombaça para a fazenda 1, não houve efeito dos aditivos no volume final. Para a fazenda 2 houve efeito do aditivo (P<0,05), com os maiores valores de volume final de gás encontrados para o tratamento in natura e com aditivo microbiano (Tabela 6). Provavelmente o fato da fazenda 1 não apresentar efeito, foi pelo baixo teor de PB (menor que 7%). Forrageiras com maior teor de PB tem menor produção de gás que plantas com menor teor de PB (CONE e VAN GELDER, 1999), devido a fermentação da proteína. Cabral et al. (2000) encontrou valores semelhantes com capim tifton-85 com maior e menor teor de PB.

Tabela 6. Médias de quadrados mínimos para parâmetros cinéticos e produção cumulativa de gás da silagem de capim-mombaça ensilado por 21 dias, em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz.

Fazenda	Itens	Aditivos				Efeito (P)
		IN	MI	FA	MI+FA	Aditivo
1	VF (ml)	104,54	113,87	107,35	104,53	0,4513
	Kd (%h ⁻¹)	3,55 ^a	3,43 ^a	2,94 ^b	2,82 ^b	0,0018
	Lag (h)	4,30 ^a	3,66 ^a	2,70 ^{ab}	1,50 ^b	0,0091
2	VF (ml)	95,47 ^a	88,49 ^a	73,24 ^b	72,96 ^b	<0,0001
	Kd (%h ⁻¹)	3,30 ^a	3,37 ^a	2,57 ^b	2,74 ^b	0,0009
	Lag (h)	3,02 ^b	5,33 ^a	1,36 ^b	1,22 ^b	0,0009

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05). VF = Volume final de gás; Kd = taxa de degradação; Lag = taxa de latência. IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo

microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz.

Para a variável taxa de degradação (Kd), houve efeito de aditivo nas duas fazendas, onde no aditivo com farelo de arroz, foi observado menor taxa de degradação (Tabela 6).

Houve efeito de aditivo sobre a latência nos dois cortes. A menor latência foi observada nos tratamentos com farelo de arroz, provavelmente devido ao maior teor de CNF e de PB, presente neste aditivo (Tabela 6). Uma vez que os CNF são representados pelos amidos, açúcares solúveis e pectina, eles apresentam rápida e completa digestão (Mertens, 1997).

Quanto à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade da FDN (DIVFDN), não houve efeito de aditivo para nenhuma fazenda (Tabela 7). Provavelmente isso ocorreu, pois, o teor de FDNi foi semelhante. A FDNi de um alimento tem relação com a sua digestibilidade (Huhtanen et al., 2006). Tavares et al. (2009), observou que a DIVMS de silagem de capim-tanzânia com adição de aditivo absorvente foi melhor do que com capim emurchecido e *in natura*.

Tabela 7. Médias de quadrados mínimos para digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro (%) de silagem de capim-mombaça, em função do uso de aditivo microbiano ou farelo de arroz.

Item		Aditivos				Efeito (P)
		IN	MI	FA	MI+FA	Aditivo
Fazenda 1	DIVMS	39,70	42,96	42,02	40,38	0,1612
	DIVFDN	38,83	39,46	38,47	40,60	0,8152
	FDNi	20,02	20,98	22,72	23,75	0,1684
Fazenda 2	DIVMS	58,97	59,34	59,91	54,75	0,1278
	DIVFDN	60,23	64,81	63,90	61,42	0,0816
	FDNi	15,65	18,01	16,61	14,85	0,4171

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVFDN = digestibilidade *in vitro* da FDN; IN = sem adição de aditivo; MI = aditivo microbiano; FA = adição de farelo de arroz; MI+FA = associação entre aditivo microbiano e farelo de arroz e FA.

CONCLUSÃO

O uso de aditivos microbianos promoveu a melhora das características fermentativas na ensilagem de capim-mombaça, diminuindo os valores de pH.

O uso de farelo de arroz promoveu tanto a melhoria nos parâmetros fermentativos, como na composição químico-bromatológicas na produção da silagem de capim-mombaça, porém o uso de aditivos não promoveu benefícios para a digestibilidade da silagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S.J.T; MELOTTI, L. Inoculantes bacterianos na ensilagem do capimelefante (*Pennisetum purpurem*, Schum). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.219-223, 2003.

ANDRIGUETTO, J.M. Nutrição animal. In: ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA-FILHO, A. **As bases e os fundamentos da nutrição animal**. São Paulo: Nobel, v.1, 2002. p. 219-223

BERNARDES, T.F.; REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 62, n. 3, p .214-220, 2005.

BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GOBBO, S.P.; LOUVANDINI, H.; VITTI, D. M.S.S.; ABDALLA, A.L. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.95-105, 2005.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2087-2098, 2000.

COAN, R.M; REIS, R.A; GARCIA, G.R et al. A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e Marandú acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.5, p.1502-1511, 2007.

DA COSTA JÚNIOR, W. S. **Padrão fermentativo, composição químico-bromatológica e digestibilidade de silagem de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia inoculada com aditivo microbiano-enzimático**. 2014. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal de Mato Grosso, 2014.

DETMAN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M. e AZEVEDO, J.A.G. (2012) - Métodos para análises de alimentos - INCT – Ciência Animal. Editora UFV.

DETMANN, E.; VALENTE, É.E.; BATISTA, E.D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v.162, p.141-153, 2014.

DEVRIESE, L.A., M.D. COLLINS, WIRTH, R. The Genus *Enterococcus*. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) **The Prokaryotes**. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA. 1992. p.1465-1481.

DIAS, A.M.A; BATISTA, A.M.V; FERREIRA, M.A.; LIRA, M.A; SAMPAIO, I.B.M. Efeito do estágio vegetativo do Sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de**

Zootecnia, v.30, n.6, p.2086-2092, 2001.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.245-73.

GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, n.72, v.3, p.261-281, 1998.

FERREIRA, D.J.; LANA, R.P.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; VELOSO, C.M.; RIBEIRO, G.A. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. **Animal Feed Science and Technology**, v.183, n.1, p.22-28, 2013.

GLEWEN, MJ., and YOUNG A.W. 1982. Effect of anunonia on the refermentation of corn silage. 1. *Animal. Science*. 54:713-718.

HAMMES, W.P., N. WEISS, and W. HOLZAPFEL The Genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. p. 1535- 594. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) **The Prokaryotes**. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA. 1992.

HOLZAPFEL, W.H., and U. SCHILLINGER 1992. The Genus *Leuconostoc*. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) **The Prokaryotes**. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA. 1992. p.1508- 1534.

HUHTANEN, P.; NOUSIAINEN, J.; RINNE, M. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. **Agricultural and Food Science**, v.15, n.3, p.293-323, 2006.

IGARASI, M. S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 152 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.C.G. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.433-440, 1994.

JOBIM, C.C; GONÇALVES, G.D; SANTOS, G.T. Qualidade sanitária de grãos e de forragens conservadas “versus” desempenho animal e qualidade de seus produtos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.242-261.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**. v.73, n.9, p.2774-2790, 1995.

KEARNEY, P.C.; KENNEDY, W.K. Relationship between losses of fermentable sugars and changes in organic acids of silage. **Agronomy Journal**, v.54, n.2, p.114-115, 1962.

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

KUNG JÚNIOR, L; TAYLOR, C.C; LYNCH, M.P; NEYLON, J.M. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n.11, p. 336-343, 2003.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1993. p.169-275.

LAVEZZO, W. Silagem do capim-elefante. **Informativo Agropecuário**. v.11, n.132, p.50-57, 1985.

MACEDO, M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região dos Cerrados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R. (Ed.) **Fósforo na Agricultura Brasileira**. POTAFOS, Piracicaba, SP, Capítulo 14, p.359 – 396, 2004.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA, J.C. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.370-380, 1998.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley e sons, 1981. 218p.

McDONALD, P; HENDERSON, A. R; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. p. 340, 1991.

McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, n.1, p.99-109, 1949.

MELO, M.J.A.F, BACKES, A. A., FAGUNDES J. L., MELO M. T., SILVA, G. P., FREIRE, A. P. L. Características fermentativas e composição química da silagem de capim tanzânia com aditivos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.73, n.3, p.189-197, 2016

MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H.; FRITZ, D.; SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. **Journal of Agricultural Science**, v.93, n.1, p.217–222, 1979.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

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

MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G. de; CABRAL, L. da S.; ALMEIDA, R. G. de; REIS, R. H. P.; BEHLING NETO, A.; CABRAL, C. E. A.; BARROS, L. V. de; AVELINO, A. C. D.; PENSO, S. Ensilagem de capim elefante acrescida de casca de soja ou farelo de arroz. **Semina Ciências Agrárias**, v.37, n.6, p.4203-4212, 2016.

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.183-191, 2010.

PAIVA, J.A.J. **Qualidade do sorgo da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1976.

PAZIANI, S. de F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia**. 2004, 208 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. Piracicaba, 2004.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1063-073, 1993.

PEREIRA, J.R.E; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 2001, Maringá. **Anais...** Maringá, UEM/CCA/DZO. 2001, p. 64-86.

RIBEIRO, R. D. X.; OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; FARIA, E. F. S.; GARCEZ NETO, A. F.; SILVA T. M.; BORJA, M. S.; CARDOSO NETO, B. M. Capim-tanzânia ensilado com níveis de farelo de trigo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.4, p.631-640, 2008.

SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; COSTA, J. C. G. **Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum***. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 1990. 68 p. (Documentos, 44).

SCHOFIELD, P., PITT, R.E., PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.

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

STEFANIE J.W.H., ELFERINK O., DRIEHUIS F., GOTTSCHAL J.C., SPOELSTRA S.F. Silage fermentation processes and their manipulation. In: Mannelje L, editor. Paper 2.0: silage making in the tropics with particular emphasis on the smallholder. **Plant production and protection paper 161**. Rome: FAO editions; p. 17–30. 2000.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage

crops. **Grass and forage science**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TAVARES, V.B.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

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

VASCONCELOS, W.A.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; PINTO, T.F.; LIMA, W.C.; EDVAN, R. L.; PEREIRA, O.G. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.874-884, 2009.

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

WEISS, N. The Genera *Pediococcus* and *Aerococcus*. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) **The Prokaryotes**. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA. 1992. p.1502-1507.

WEISSBACH, F., and HONIG, H.. 1996. Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode*, Heft 1:10–17.

WEISSBACH, F.; SCHMIDT, L.; HEIN, E. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making based on the chemical composition of green fodder. In: 12th INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1974, Moscou. **Proceedings...** Moscou, Russia v.3, Part 2, p.663-673, 1974.

WEISSBACH, F. New developments in crop conservation. In: **Proceedings of the 11th International Silage Conference**. p.11-25, 1996.

WILKINSON, J.M.; CHAPMAN, P.F.; WILKINS, R.J. Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., 1982, Lexington, **Anais...** Oulder, Westview Press, 1982, p. 631-634.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. FERREIRA, D.J. et al. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica da silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.43, n.6, p.73-81, 2006.

ZOPOLLATTO, M; DANIEL, J.L.P; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.14, p.170-189, 2009 (supl. especial).