UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

REGIONAL JATAÍ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADIÇÃO DE CELULASE E PERÍODO DE FERMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-MOMBAÇA

Panmera Almeida Helrigel

Médica Veterinária

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Julho de 2017

sistema de bibliotecas ufg

PRPG
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

UFG

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **[x] Dissertação** **[ ] Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Panmera Almeida Helrigel

Título do trabalho: ADIÇÃO DE CELULASE E PERÍODO DE FERMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-MOMBAÇA

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [ ] NÃO[1]

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Panmera Almeida Helrigel
Assinatura do(a) autor(a)[2]

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)[2]

Data: 09 / 10 / 17

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.
Casos de embargo:
- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

[2] A assinatura deve ser escaneada.

Versão atualizada em maio de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

REGIONAL JATAÍ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ADIÇÃO DE CELULASE E PERÍODO DE FERMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-MOMBAÇA

Panmera Almeida Helrigel

Orientador: Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Julho de 2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Almeida helrigel, Panmera
Adição de celulase e período de fermentação na composição bromatológica e digestibilidade de silagens de capim-mombaça [manuscrito] / Panmera Almeida helrigel. - 2017.
V, 22 f.

Orientador: Prof. Edgar Alain Collao Saenz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Jataí, 2017.
Bibliografia.
Inclui tabelas.

1. Conservação de forragens. 2. Enzima. 3. Panicum maximum. I. Alain Collao Saenz, Edgar, orient. II. Título.

CDU 632

UFG

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE PANMERA ALMEIDA HELRIGEL. - Aos vinte e um dias do mês de julho do ano de dois mil e dezessete (21/07/2017), às 13h30 min, reuniu-se no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Regional Jataí da UFG. A Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores: Edgar Alain Collao Saenz, Márcia Dias e Ana Luisa Aguiar de Castro, sob a presidência do primeiro, procederem na forma da resolução vigente a "Defesa de Dissertação" de **PANMERA ALMEIDA HELRIGEL**, discente do PPGA, curso de Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal. Prova oral versou sobre o tema de sua dissertação com o título: **"ADIÇÃO DE CELULASE E PERÍODO DE FERMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-MOMBAÇA".** A sessão foi aberta pelo Presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra a seguir, foi concedida ao autor da dissertação que, entre 30 a 45 minutos procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo em vista a Resolução nº.1143/2013 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e procedidas às correções recomendadas.

A Comissão Examinadora emitiu seu parecer sobre a defesa realizada pelo (a) discente, considerando-o (a): **(X) APROVADO (a) ( ) REPROVADO (a)** por unanimidade, a "Defesa de Dissertação" para fins da obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA pela Universidade Federal de Goiás. Lembrando que o encerramento deste processo avaliativo se dará após a entrega da versão definitiva da dissertação com as devidas correções sugeridas pela Banca Examinadora, bem como a entrega do artigo científico ou comprovante de submissão do mesmo em periódico Nacional e, ou, internacional, depois de procedidas as modificações sugeridas em detrimento da autorização do Professor (a) Orientador (a). Cumpridas as formalidades de pauta, às 16:30 horas, o Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz, Presidente da Banca Examinadora encerrou a sessão, e para constar, lavrou-se a ATA, assinada em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz
Presidente da Banca - PPGA/UFG

Prof.ª Dr.ª Márcia Dias
Membro Interno - PPGA/ UFG

Prof.ª Dr.ª Ana Luisa Aguiar de Castro
Membro Externo - UFG

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

PANMERA ALMEIDA HELRIGEL – Filha de Gilberto Goulart Helrigel e Sônia Maria de Almeida Helrigel nasceu aos 31 de março de 1991, em Caiapônia, Goiás, Brasil. É Medica Veterinária, formada pela Universidade Federal de Goiás, regional Jataí – UFG no ano de 2014. Em maio de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, em nível de mestrado, na linha de pesquisa em Forragicultura e Pastagens sob a orientação do Prof. Dr. Edgar Alain Collao Saenz.

SUMÁRIO

RESUMO VI
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 *Panicum maximum* Jacq. Mombaça 3
2.2 Aditivos 4
2.3 Processo fermentativo e perdas da silagem 5
2.4 Parâmetros de qualidade da silagem 8
3.MATERIAL E MÉTODOS 11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 13
5. CONCLUSÕES 17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

ADIÇÃO DE CELULASE E PERÍODO DE FERMENTAÇÃO NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE DE SILAGENS DE CAPIM-MOMBAÇA

RESUMO – O presente estudo foi desenvolvido com objetivo de determinar a o efeito de celulase adicionada ao processo de ensilagem do capim Mombaça, na composição bromatológica, digestibilidade da parede celular e o período mínimo de fermentação para abertura do silo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 3, sendo três doses de celulase peso/peso (0, 3 e 6%) e três períodos de fermentação (30, 60 e 120 dias), totalizando 36 silos experimentais. Para a ensilagem, o capim mombaça foi cortado em altura aproximada de 80 cm, a 20 cm do nível do solo. A adição da enzima foi eficiente em melhorar os parâmetros fermentativos e bromatológicos das silagens do cultivar em questão. A adição de celulase promoveu redução de 5,7% nos teores de FDN, em relação ao controle, mas também houve redução na digestibilidade da fibra de 6,6% em relação ao controle. No entanto, a redução de digestibilidade foi inferior proporcionalmente à redução de FDN, o que permitiu aumentar a energia líquida de lactaçãoe em 15% e o NDT em 11%. O uso de enzima resultou também em menor pH (4,74 vs 3,73 controle e com celulase) e maior acidez titulável (5,86 e 12,77 controle e com celulase), indicando que a celulase permitiu um processo fermentativo dentro dos padrões recomendados. Após 30 dias de ensiladas, as silagens já tinham completado o ciclo de fermentação anaeróbico e estariam aptas para o consumo. Após o período de 60 dias, a silagem teve redução dos parâmetros de qualidade indicando que silagens de capins tropicais deveriam ser utilizadas com até 60 dias de fermentação.

PALAVRAS-CHAVE: conservação de forragens, enzima, *Panicum maximum*

ADDITION OF CELLULASE AND PERIOD OF FERMENTATION IN THE BROMATOLOGICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF PLANT-MOMBAÇA SILAGENS

SUMMARY: The present study was carried out to determine the effect of cellulase added to the silage process of the Mombaça grass, on the bromatological composition, cell wall digestibility and the minimum fermentation period to open the silo. The experimental design was completely randomized, with four replicates, in a 3 x 3 factorial scheme, three cellulase weight / weight (0, 3 and 6%) and three fermentation periods (30, 60 and 120 days), totaling 36 experimental silos. For silage, the mombaça grass was cut at an approximate height of 80 cm, at 20 cm from the ground level. The addition of the enzyme was efficient in improving the fermentative and bromatological parameters of the silages of the cultivar in question. The addition of cellulase promoted a reduction of 5.7% in the NDF contents in relation to the control, but there was also a reduction in the fiber digestibility of 6.6% in relation to the control. However, the digestibility reduction was lower in proportion to the reduction of NDF, which allowed to increase net lactation energy by 15% and NDT by 11%. The enzyme use also resulted in lower pH (4.74 vs 3.73 control and with cellulase) and higher titratable acidity (5.86 and 12.77 control and with cellulase), indicating that the cellulase allowed a fermentative process within the recommended standards. After 30 days of silage, the silages had already completed the anaerobic fermentation cycle and would be fit for consumption. After the 60 day period, the silage had a reduction of the quality parameters indicating that tropical grass silages should be used with up to 60 days of fermentation.

KEYWORDS: Forage conservation, enzyme, *Panicum maximum*

1. INTRODUÇÃO

O desempenho animal é determinado pelo consumo de nutrientes, porém, em sistemas de produção a pasto a disponibilidade de forragens varia sazonalmente em um período chuvoso, com alta produção de forragem e um período de seca, com menor produção e queda no valor nutricional da forragem. A conservação de forragem seja por meio de fenação ou ensilagem, se torna alternativa para utilização em sistemas de manejo intensivo de pastagens. Ao conservar o excedente do verão para uso durante o inverno é possível atender às exigências nutricionais dos animais de produção ao longo do ano e permite melhor eficiência na utilização das pastagens.

O capim Mombaça, pertencente ao gênero *Panicum maximum*, vem sendo utilizado para pastejo pela facil propagação por meio de sementes, por ser perene e por apresentar alta produção de MS (33.000 kg ha^{-1} ano^{-1}) com 82% de folhas e, devido à alta produção de biomassa verde, essa cultivar pode ser usado como recurso para conservação de forragem na forma de silagem (Jank et al., 2010).

O processo de ensilagem é a forma de conservação mais utilizada no Brasil e é caracterizada pela fermentação anaeróbica, preferencialmente lática, de plantas forrageiras, preservando o valor nutritivo da planta. Para produzir silagem de boa qualidade, a planta deve apresentar alta concentração de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e teor de matéria seca variando de 30 a 35%. Apesar de várias gramíneas serem utilizadas para a produção de silagem, nem todas apresentam essas características em função da própria planta ou das práticas de manejo adotado e para que o processo fermentativo não seja prejudicado alguns meios são utilizados, como o uso de enzimas fibrolíticas (AVILA, 2007).

O uso de enzimas fibrolíticas na produção de silagem tem sido proposta como estratégia para auxiliar o processo fermentativo por permitir maior disponibilidade do substrato e contribuir de forma efetiva para o aumento da fermentação lática da silagem, bem como melhorar seu valor nutritivo (LOURES, 2004) e reduzir perdas no processo de produção e utilização da silagem (JOBIM & JUNIOR, 2013). A utilização de enzimas fibrolíticas exógenas na alimentação de ruminantes tem mostrado resultados satisfatórios, como aumentos na digestibilidade de matéria seca e da fibra em detergente neutro (HUNT et al., 1995), sendo os resultados dependentes de

fatores como composição da dieta, método de aplicação e nível utilizado (FAGUNDES et al., 2008).

O uso de enzima fibrolítica no processo de ensilagem vem demonstrando resultados favoráveis como observado por Khota et al. (2016) que estudando silagens de *Panicum maximum e Penissetum purpureum* tratadas com enzimas celulases obtiveram menores taxas de degradação de proteína e maior degradação da fibra. Por esse motivo teriam potencial como aditivo durante o processo de fermentação para melhorar as silagens de capins tropicais. Embora existam vários estudos envolvendo o uso de enzima fibrolitica na produção de silagem de forrageiras, são escassos os que utilizaram celulase em forrageiras tropicais.

Neste contexto, o presente trabalho foi realizado com objetivo de determinar o efeito de celulase adicionada ao processo de ensilagem na composição bromatológica, digestibilidade da parede celular e características de fermentação do capim mombaça e o período mínimo de fermentação para abertura do silo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Panicum maximum* Jacq. Mombaça

As gramíneas de clima tropical se destacam pela alta produção de biomassa durante a estação chuvosa e, quando bem manejadas, por apresentarem características nutricionais que permitem atender às demandas dos animais de produção (SILVA & NASCIMENTO JUNIOR, 2007). As principais cultivares de forrageiras utilizadas no Brasil são pertencentes aos gêneros *Brachiaria, Panicum, Pennisetum e Cynodon*, tendo cada uma características morfológicas distintas e particularidades na forma de manejo e tipo de solo (SIQUEIRA & BERNARDES, 2013).

As forrageiras pertencentes à espécie *Panicum maximum* se destacam por serem as mais produtivas propagadas por semente, pela abundante produção de folhas longas, porte elevado, e pela alta aceitabilidade evidenciada pelo pastejo de ruminantes (JANK et al., 2010). Dentre as cultivares mais utilizadas no Brasil tem-se Tanzânia, Mombaça e Massai.

A cultivar Mombaça é descrita como uma planta perene, de crescimento cespitoso e porte alto (em torno de 1,7 m), com teor de proteína entre 12% e 16% (BRAZ et al., 2004) e folhas largas (em torno de 3 cm) e eretas. As lâminas foliares possuem pouca pilosidade, com pelos curtos e duros na face superior e bainhas em glabras. Os colmos são glabros, sem serosidade e levemente arroxeados. A inflorescência é do tipo panícula com ramificações secundarias longa (JANK et al., 2013).

O potencial de produção do capim Mombaça é expresso em solos de textura moderada a argilosa, de fertilidade média a alta e que não apresentam problemas de acidez (JANK et al., 2013) e sua produção de MS pode chegar a 33.000 kg ha^{-1} ano^{-1} com 82% de folhas. Devido à alta produção de biomassa é usado como alternativa para conservação de forragem na forma de silagem (JANK et al., 2010).

O ponto ideal de colheita da forrageira deve visar o máximo de produção de matéria seca associado com o máximo potencial de consumo e digestibilidade (PEREIRA et al., 2006). Em estudo de simulação de pastejo realizado por Alexandrino et al. (2011) avaliando alturas de manejo, foi observado que para o capim Mombaça, a altura máxima de manejo é 75 cm, acima dessa altura, tem-se

interferência negativa no perfilhamento, levando a redução na densidade de perfilho e aumento no seu tamanho acompanhado pelo alongamento de haste.

O teor de matéria seca é um dos fatores que devem ser avaliados no momento da colheita, pois forragens que apresentam alta umidade (>70%) podem favorecer a proliferação de bactérias produtoras de ácido butírico, com intensa degradação de proteínas e perdas de nutrientes por lixiviação. Por outro lado, se a umidade for baixa (<35%) o corte e a picagem serão prejudicados, ocasionando dificuldade em manter o tamanho das partículas uniforme (CAMPOS et al., 2002) e comprometendo a retirada do oxigênio da massa ensilada. Serão formados bolsões de ar dentro do silo, com intensa respiração celular e perda de qualidade do material pela inibição bacteriana, menor produção de ácidos graxos voláteis devido ao pH elevado e deterioração aeróbica (BERNARDES & WEINBERG, 2013; WEINBERG et al., 2010).

Além do fator umidade, as gramíneas forrageiras perenes apresentam características que limitam o processo de confecção de boas silagens, como baixo teor de carboidrato solúvel (abaixo de 8% na MS) e alto poder tampão (> 20 eq. Mg HCL/100 g MS), fatores que inibem o abaixamento do pH levando o surgimento de fermentações secundárias dentro do silo (FERRARI JR. et al., 2009; SILVA et al., 2011).

Considerando os fatores descritos, há alternativas utilizadas para melhorar o padrão fermentativo das silagens de gramíneas forrageiras, dentre elas estão: a utilização de aditivos adsorventes, o pré-emurchecimento da forragem e o uso de aditivos biológicos e enzimáticos.

2.2 Enzimas fibrolíticas

O uso de aditivos tem aumentado no Brasil com a demanda gerada por fontes forrageiras como capins tropicais e seu uso tem como finalidade melhorar a qualidade de fermentação da silagem e preservar o valor nutritivo da cultura (SILVA, 2013). Visto que essas culturas nem sempre apresentam características que garantem o padrão de fermentação durante a ensilagem - teor de MS entre 28 a 35%, teor de CS entre 8 a 15% MS e baixo poder tampão (< 20 eq. mg HCl/100g MS) (COSTA et al., 2001).

Aditivos enzimáticos são grupos de substancias orgânicas de natureza normalmente proteíca que aceleram as reações químicas (MCALLISTER et al.,

2001) e geralmente são encontrados em associação com bactérias homoláticas, podem conter um único grupo de enzimas ou uma combinação de enzimas (LOURES, 2004). As enzimas são utilizadas no processo de fermentação na tentativa de aumentar a disponibilidade de substrato para as bactérias produtoras de ácido lático, pela degradação de carboidratos complexos em CS (SANTOS et al., 2010).

Enzimas fibrolíticas como celulases e hemicelulase são oriundas da multiplicação microbiana ou fúngica e possuem diversos tipos de atividades enzimáticas (STIVARI, 2014). Atuam disponibilizando açúcares simples como fonte de nutrientes para bactérias fermentadoras por meio da hidrólise da parede celular, estimulando a fermentação lática e a redução do pH (ZOPOLLATTO et al., 2009).

Segundo Lopes e Evangelista (2010), um dos efeitos esperados dos inoculantes é o maior consumo de hemicelulose, pois ela pode servir de substrato para as bactérias fermentadoras, garantindo maior colonização do material por bactérias ácido-láticas, lenvando a produção de silagens de melhor qualidade. Resultado encontrado por Loures et al. (2005) utilizando enzimas fibrolíticas em silagem de capim Tanzânia, observaram redução de 2% na FDA e celulose, não havendo aumento da digestibilidade in vitro da MS.

Khota et al., (2016) observaram que silagens de *Panicum maximum e Penissetum purpureum* tratadas com enzimas celulases podem ter menores taxas de degradação de proteína e promover a degradação da fibra, por esse motivo, teria grande potencial como aditivo durante o processo de fermentação nas silagens de capins tropicais, além de apresentar boa qualidade de fermentação comparado com o controle e silagem inoculada com aditivo biológico. Nadeau et al. (1996) trabalhando com celulase em alfafa, observaram valores para o FDN 19% inferiores a silagens controle.

2.3 Processo fermentativo e perdas da silagem

As premissas básicas do processo de ensilagem incluem o estabelecimento da condição anaeróbica dentro do silo, como resultado da perfeita compactação, expulsão do ar e vedação da massa ensilada e a fermentação de açucares por bactérias, com produção de ácidos orgânicos e consequente redução do pH da massa ensilada (JOBIM & NUSSIO, 2013).

Segundo Wilkinson et al. (2003), após o corte do material e pré-fechamento do silo, este é submetido ao processo de respiração aeróbica realizada pela planta e crescimento dos microrganismos tolerantes ao oxigênio (bactérias aeróbicas, leveduras e fungos). Nessa primeira etapa, esses microrganismos transformam carboidratos solúveis da planta em água e dióxido de carbono, gerando calor, até que todo o oxigênio seja exaurido ou os açucares livres sejam consumidos.

Em condições padrão de umidade, tamanho das partículas e compactação, a fase aeróbica pode durar poucas horas (NEUMANN et al., 2007). Caso essas condições não sejam atendidas e a fase aeróbica seja prolongada pode haver perdas excessivas de MS, temperaturas elevadas no interior do silo com aumento nos produtos de Maillard e queda na qualidade de fermentação da silagem (JOBIM & NUSSIO, 2013). As reações de Maillard podem ocorrer quando a temperatura da forragem conservada ultrapassa 40 ºC, em decorrência da respiração da planta ou da atividade de microrganismos resultando na polimerização da hemicelulose e de açúcares com os grupos amino dos aminoácidos. Esses polímeros são estimados como lignina nas análises químicas da forragem e aumentam o conteúdo de N ligado à fração indigestível da forragem, causando redução no valor nutritivo e consumo de forragem (REIS et al., 2008).

O crescimento de microrganismos anaeróbicos, principalmente bactérias láticas, ocorre na fase de colonização, fase de curta duração (poucas horas) entre a fase aeróbica e a fase de fermentação ácida (fase anaeróbica). Essas bactérias promoveram intensa produção de ácidos orgânicos, com consequente queda no pH do meio (SANTOS et al., 2011).

Em seguida inicia-se a fase de fermentação anaeróbica. Essa fase é a mais longa do processo de fermentação, se prolonga até que o pH da forragem seja suficientemente baixo para inibir o crescimento potencial de todos os microrganismos (JOBIM & NUSSIO, 2013). Nessa fase, tem-se produção de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico, butírico), ácidos láticos e dióxido de carbono por meio da fermentação de hexoses (glicose e frutose) e pentoses (ribose e xilose) (SANTOS et al., 2011). Com a acidificação do meio (pH abaixo de 5,0) a população de enterobactérias reduz rapidamente, favorecendo o desenvolvimento das bactérias acidoláticas, que se multiplicam ativamente durante a 1ª e a 4ª semana, reduzindo o pH para teores entre 3,8 a 5,0 dependendo das características da forragem (REIS et al., 2001).

Se a acidificação da massa ensilada for lenta, resultará em silagem com alto teor de ácido acético, podendo ocorrer também fermentação butírica e alto teor de nitrogênio solúvel/N total devido à competição entre microrganismos como enterobactérias, clostrídeos e leveduras pelos carboidratos solúveis (PAHLOW et al., 2003). Nessas condições haverá perdas no valor nutricional da silagem, prejuízos em razão do baixo consumo animal, e consequentemente, queda no desempenho animal (JOBIM & NUSSIO, 2013).

De acordo com manejo adotado (altura de corte, teor de umidade, tamanho de partículas, compactação, etc.) e a população de bactérias acido láticas, uma quantidade variada de ácidos graxos voláteis, ácido lático e vário isoácidos serão produzidos. O acido lático é o mais efetivo para o rápido decréscimo do pH e a manutenção da estabilidade da silagem ao longo do armazenamento no silo e em silagens que obtiveram bom padrão de fermentação, geralmente o acido lático corresponde a 60% do total dos ácidos orgânicos, com concentração de 3 a 8% na MS (McDONALD et al., 1991).

A fase de estabilidade é caracterizada pela baixa atividade de microrganismos, interrupção na produção de ácidos e valores de pH próximos a 4,0 (3,8 a 4,2). Não ocorrendo entrada de ar no silo, a silagem fermentada permanece estável até a abertura do mesmo e quanto mais rápido for à queda do pH na fase de fermentação, melhor conservação dos princípios nutritivos da forragem ensilada (NEIVA & VOLTOLINI, 2006).

Ao longo do processo de ensilagem, algumas perdas podem ocorrer, sendo classificadas como perdas evitáveis e inevitáveis. As perdas evitáveis são inerentes ao processo de ensilagem, como tempo de abastecimento excedendo 72 horas, tamanho de partículas acima de 20 a 30 mm, teor de matéria seca acima de 40%, densidade da massa inferior a 700 kg/m³ e falha na vedação influenciam a qualidade final do produto, nas perdas durante a fermentação e após a abertura do silo, essas perdas são caracterizadas como mofos e podridões (HOLMES, 2009). Podem ocorrer perdas em situações inversas a citada acima, material que apresenta alto teor de umidade, tamanho de partículas menores que o recomendado e alto grau de compactação poderão levar a perdas por produção de efluentes em razão do maior rompimento da parede celular e do extravasamento exagerado do conteúdo celular (LOURES, 2000). As perdas não evitáveis incluem mudanças bioquímicas, respiração celular e fermentação (JUNGES et al., 2013).

2.4 Parâmetros de qualidade da silagem

Qualidade da forragem é a expressão designada ao valor nutritivo da massa de forragem em conjunto com o consumo do animal e o rendimento do mesmo. Porém, são utilizados parâmetros na avaliação da qualidade da silagem e do padrão de fermentação como: concentrações dos ácidos láctico, acético e butírico, teores de nitrogênio amoniacal e o pH (JOBIM & JUNIOR., 2013).

Há várias formas de avaliar as características do alimento conservado, por meio do olfato, análises químicas e microbiológicas e desempenho dos animais. Porém, o aspecto físico da massa específica da forragem e o tamanho das partículas devem ser analisados com critério (JOBIM et al., 2007).

A massa específica é fator determinante na qualidade final do volumoso e, entre vários fatores, é determinada pelo tipo de silo, tamanho de partículas, carga de pressão aplicada na compactação, espessura de camada adicionada, teor de matéria seca da forragem e tamanho médio das partículas que influencia a porosidade da massa ensilada e taxa de passagem ruminal de sólidos (SILVA, 2013; COLLAO-SAENZ, 2005). Embora não exista um valor considerado ideal para avaliação em um silo, recomenda-se massa específica superiores a 550 kg de MV/m³ (RUPPEL et al., 1995), e inferiores a 850 kg de MV/m³, sendo esse alto valor obtido apenas em condições favoráveis (JOBIM et al., 2007).

Silagens produzidas com baixa massa específica apresentam maior teor de ar residual na massa, levando a maior período de respiração celular, maior consumo de carboidratos solúveis, menor produção de ácidos orgânicos e maior valor final de pH (McDONALD et al., 1991). Além de levar a maior porosidade no painel do silo, menor estabilidade aeróbia após abertura e maiores perdas no período de desabastecimento (JOBIM et al., 2007).

Em contrapartida, quando se faz o uso de forragem com alto teor de umidade, há compactação excessiva no silo predispondo a maior produção de efluentes, o que leva a perdas qualitativas e quantitativas, além de reduzir o teor de carboidratos solúveis indispensáveis à boa fermentação (JOBIM et al., 2007).

O valor do pH em silagens era considerado indicador importante da qualidade de fermentação. Porém atualmente, o uso dessa variável deve ser criterioso quando são feitas inferências a qualidade da silagem, pois silagens de forragens emurchecidas que detém baixo teor de umidade, normalmente, apresentam valores

de pH acima de 4,2, valor anteriormente utilizado para classificar silagem de baixa qualidade (JOBIM et al., 2007).

De acordo com Pahlow et al. (2003) silagem de boa qualidade deve apresentar pH vaiando de 3,5 a 4,2. O pH ideal para a boa conservação depende da umidade do material ensilado e da temperatura atingida na fermentação, sendo que, a conservação é satisfatória em silagens com teor superior a 20% de matéria seca e ph de 4 (MC DONALD et al., 1991).

A atividade da água também é parâmetro a ser utilizado na avaliação da qualidade da silagem. Pois define a fermentação durante a ensilagem e a atividade microbiológica durante a fase de utilização da mesma (desensilagem). Lindgren (1999) acredita que redução na atividade de água pode ter efeito sinérgico na redução do pH, devido às bactérias ácido láticas serem tolerantes a condições de baixa umidade, além dos outros microrganismos que de forma geral, tem atividade largamente afetada pela atividade da água.

Outro ponto determinante na qualidade da fermentação da silagem é a capacidade tampão da forragem que depende, basicamente, da composição da planta (proteína, íons inorgânicos, ácidos orgânicos e sais) o qual determina a velocidade de abaixamento do pH e consequentemente, as perdas no processo de ensilagem (JOBIM et al., 2007).

Após abertura do silo inicia-se a fermentação aeróbica que está diretamente ligada ao desenvolvimento de microrganismos oportunistas presentes na massa (fungos, leveduras e bactérias aeróbicas) levando a perdas nutricionais, de matéria seca e redução de consumo pelos animais. A quantidade de silagem ofertada no cocho é determinada pela estabilidade aeróbica da massa ensilada, influenciada por vários fatores como espécie forrageira, teor de umidade da cultura, concentração de oxigênio, teores de ácidos orgânicos, população microbiana aeróbica e temperatura ambiente (BERNARDES et al., 2009; NEUMANN et al., 2010).

Os problemas que mais influenciam a qualidade nutricional e microbiológica das silagens após a abertura do silo estão relacionados ao manejo na colheita da massa a ser ensilada, ao abastecimento dos silos, à compactação da massa, à vedação e, principalmente, ao momento de abertura do silo para o uso da silagem (BORREANI et al., 2008).

A estabilidade aeróbica pode ser descrita como o tempo gasto para que a temperatura da silagem exposta ao ar ultrapasse em 2ºC a temperatura do ambiente

(SILVA, 2013). De acordo com Kung Jr. (2000), maior concentração de ácido lático na silagem, leva a menor estabilidade aeróbica devida o fato de que os microrganismos utilizam esse substrato após a abertura do silo, gerando calor, CO_2, ácido acético, etanol e aumento do pH.

O consumo de silagens deterioradas pode reduzir ingestão e desempenho animal, além de intoxicar os animais pela ingestão de micotoxinas, causando efeitos ao homem. Geralmente toxinas não estão presentes em silagens bem fermentadas e a contaminação ocorre, principalmente, nas regiões periféricas do silo. Por isso, deve-se eliminar silagem mal conservada no momento do fornecimento aos animais, evitando contaminações com listéria, fungos (toxinas) e esporos de clostrídeos (QUEIROZ et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás, no Município de Jataí/GO, entre os meses de janeiro a julho de 2016. O cultivar *Panicum maximum* – Jacq. cv. Mombaça utilizado foi proveniente de área estabelecida há seis anos e utilizada em sistema de pastejo rotacionado.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 X 3. Sendo três doses de enzima celulase peso/peso (0, 3 e 6%) e três períodos de fermentação (30, 60 e 120 dias), correspondendo a nove tratamentos.

O capim foi colhido com altura, aproximada, de 80 cm. Realizou-se corte manual a 20 cm do nível do solo, utilizando roçadeira costal. Após o corte no campo, realizado no período da manhã, o material foi picado em tamanho aproximado de 10 a 30 mm com o auxílio de picadora estacionária. Em seguida, o capim foi pesado e separado em porções de 36 kg para adição da celulase conforme os tratamentos.

A dose de celulase CELLUCLAST® utilizada foi determinada de acordo com as recomendações do fabricante para experimentos do tipo dose resposta. As dosagens experimentais foram calculadas a partir da análise bromatológica (Tabela 1), capim com teor de MS = 27% e aproximadamente 40% de celulose.

Ex. 1000k kg forragem fresca → 270 kg de MS e 40% de celulose na MS
= 108 kg de celulose

Para 36 kg de capim fresco → 9,72 kg de MS e 40% de celulose na MS
= 3.88 kg de celulose

3% de celulase peso/peso de 3,88 kg = 0,116 kg de enzima

6% de celulase peso/peso de 3,88 kg = 0,232 kg de enzima

O material foi acondicionado em 36 silos experimentais produzidos em baldes plásticos, medindo 18 cm de diâmetro e 13 cm de comprimento, com capacidade para 3,3 L. Foi realizada a compactação tendo como média de 625 m³ de material picado e os silos lacrados com tampas próprias de encaixe, garantindo vedação total. Em cada tampa foi adaptada uma válvula do tipo Bunsen para o escape dos gases produzidos durante o armazenamento. No fundo de cada silo foi colocado 1 kg de areia fina seca, separada da massa de silagem por tecido de algodão, com a finalidade de drenar o efluente. Após o processamento, os minisilos foram

armazenados em temperatura ambiente e protegidos da chuva e luz solar. Foram registrados os pesos dos minisilos para, posteriormente, calculo da produção de efluentes.

Após período experimental de 30, 60 e 120 dias de fermentação, os silos foram abertos e registrados novamente os pesos dos baldes. Ao retirar a massa ensilada, foram descartadas as porções superior e inferior (aproximadamente 5 cm de cada). A porção central de cada minisilo foi colocada em bandejas de plástico e homogeneizada para a retirada de duas amostras. Uma parte foi utilizada para a avaliação do pH e acidez titulável para determinação indireta do teor de ácidos orgânicos da silagem. O pH foi determinado com uso de potenciômetro Beckman Expandomatic SS-2® e a acidez titulável de acordo com Silva e Queiroz (2002). A segunda amostra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 65ºC durante 96 horas para a determinação da matéria pré-seca. Em seguida, foi moída em moinho do tipo Willey, com peneira de malha de 1 mm e identificada para posterior análises bromatológica e digestibilidade em 30 horas de FDN com a técnica de análise por NIRS.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) conforme descrito por Silva & Queiroz (2002). O teor de nutriente digestível total (NDT) foi obtido considerando teor de FDN usando a equação [%TDN = 105.2 - 0.68 (%NDF)], porposta por Chandler (1990).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey para efeito do período de fermentação e contraste ortogonal para a adição de celulose, a 5% de probabilidade. Para realização das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico SAS® versão 9.3.

Tabela 1. Composição bromatológica do capim-mombaça antes da ensilagem

Variáveis	Teor (%)
MS	26,84
PB*	5,28
FDN*	75,49
FDA*	45,67

*Valores em base de MS

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre efeito da dose da enzima e período de fermentação para matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade da fibra (DFDN), energia líquida de lactação (ELL), pH e acidez titulável.

Houve um incremento linear apenas no teor de energia líquida de lactação com a adição da enzima celulase, enquanto que as demais variáveis apresentaram efeito quadrático (Tabela 2). Esse incremento pode ter acontecido pela maior disponibilidade de carboidratos solúveis para as bactérias fermentativas com consequente produção de ácidos orgânicos.

Tabela 2. Teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade da FDN (DFDN), energia liquida de lactação (ELL), pH e titulação Dornic de silagens de capim-mombaça com aditivo enzimático

Variáveis	Concentração de Enzima Celulase			EPM[1]	Efeito	
	0%	3%	6%		Linear	Quadrático
MS (% da MN)	22,75	24,60	24,76	0,12	<0,0001	<0,0001
FDA (% da MS)	46,26	42,73	42,95	0,66	<0,0001	0,0002
DFDN (%)	36,18	32,37	35,20	1,01	0,5013	0,0130
ELL (Mcal/kg)	0,81	0,90	1,00	0,01	<0,001	0,7339
pH	4,74	3,83	3,64	0,041	<0,0001	<0,0001
Acidez titulável (ºD)	5,86	12,37	13,18	0,28	<0,0001	<0,0001

[1] EPM= erro-padrão da média

Houve diferença (P<0,05) para os teores de MS entre os tratamentos com enzima e sem enzima. Foi constatado também, redução de MS das silagens em relação à composição original da forragem antes da ensilagem (26,84). Esse fato pode ser atribuído, em parte, à perda de água, como produto resultante dos processos de respiração, oxidação e fermentação que ocorrem dentro do silo (WOOLFORD, 1984; NEUMANN et al., 2007).

A celulase reduziu os teores de FDA das silagens, a redução pode ser justificada pela hidrólise da parede celular e consequente disponibilização de carboidratos solúveis para o processo de fermentação da silagem. Da mesma forma, Khota et al. (2016) verificaram redução no teor de FDA e FDN em silagens de

Panicum e Penissetum purpureum com adição de celulase, e também atribuiram esse efeito à degradação da celulose da fibra vegetal, aumentando consequentemente, o teor de carboidratos solúveis para as bactérias acidoláticas produzirem ácido lático. Loures et al. (2005) também observou redução de 2% na FDA e celulose, não havendo aumento da digestibilidade in vitro da MS com a adição de enzimas fibrolíticas na silagem de capim tanzânia. Ao contrário do observado neste experimento, Coan et al. (2005) não observou diferença no teor de FDA de silagem de capim Mombaça e Tanzânia utilizando aditivo enzimático-bacteriano, sendo os valores obtidos 46,1 e 46,6.

Foi observado decrescimo na digestiblidade da FDN com o aumento da dose de celulase. Isto pode ter acontecido porque a hidrolise da fibra pela celulase resultou em paredes celulares parcialmente degradadas, aumentando desse modo a fração menos degradável ou indigestível no rúmen. Nadeau et al. (1996) também observaram taxas de digestibilidade da FDN potencialmente digerível, da celulose e da hemicelulose inferiores (33, 37 e 27% respectivamente) nas silagens com celulase do que para as silagens controle.

A adição de celulase na massa ensilada melhorou o pH da silagem em comparação com o controle (Tabela 2). Em silagens conservadas de forma convencional, valores de pH elevados são indicativos de fermentações indesejáveis, com maior produção dos ácidos butírico e acético (VAN SOEST, 1994). Os valores das silagens com celulase neste trabalho estão dentro da faixa considerada ideal por McDonald (1991), que é de, aproximadamente 3,5 a 4,2. Assim mesmo, Khota et al. (2016) observaram que para as silagens frescas ou emurchecidas tratadas com enzima, todas se encontravam bem preservadas com valores de pH mais baixo (<4,06), em relação ao controle (4,67 e 5,16, respectivamente).

O uso da enzima resultou em valores mais elevados de acidez titulável, indicando que o processo fermentativo melhorou e ficou dentro dos padrões recomendados com a adição de celulase, ocorrendo maior degradação dos carboidratos e consequentemente maior produção de ácidos graxos voláteis (Tabela 2). De acordo com Andrade et al. (2012), a aferição da acidez titulável é uma variável sensível que, juntamente com pH, deve ser usado na avaliação do processo fermentativo de silagens, por ser uma medição indireta de ácidos orgânicos. Segundo Silva e Queiroz (2002) a determinação da acidez titulável possui elevada relação com o teor de ácido lático, o que muitas vezes apenas com a análise de pH

não é perfeitamente relacionada. Khota et al. (2016) observaram alto teor de ácido láctico (>4,21 g/kg de MS) para os tratamentos utilizando enzima celulase.

Tabela 3. Teores médios de matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade da FDN (DFDN), energia líquida de lactação (ELL), pH e titulação graus Dornic de silagens de capim-mombaça em função do período de fermentação.

Variáveis	Período de fermentação (dias)[1]			EPM[2]
	30	60	120	
MS (% da MN)	26,33a	23,08b	22,71c	0,12
FDA (% da MS)	42,97b	43.58b	45,40a	0,66
DFDN (%)	37,18a	34,94b	31,63c	0,76
ELL (Mcal/kg)	0,95a	0,91a	0,84b	0,17
pH	4,12a	4,04a	4,06a	0,041
Titulação (ºD)	10,20a	10,83a	10,39a	0,28

[1] Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)
[2] EPM= erro-padrão da média

Em relação ao período de fermentação da massa ensilada, houve redução (P<0,05) no teor de MS para os períodos em questão, o que pode ser explicado pela intensa ação realizada pelas bactérias acidoláticas. No processo fermentativo os carboidratos solúveis são utilizados para a produção de ácidos orgânicos e ocorre perda de MS por efluentes e gases principalemente CO_2 (Tabela 3).

Houve redução na digestibilidade de 30 a 120 dias (P<0,05), o que pode indicar que não houve estabilidade na massa ensilada, isto é, o processo fermentativo se manteve, tendo afetado a digestibilidade ao longo tempo. Ao momento da abertura dos minisilos houve diferença visual na coloração do material ensilado, sendo que a silagem com 120 dias, tinha coloração marronzada mais escura. A queda na digestibilidade com maior tempo de fermentação pode indicar que silagens de campins tropicais podem ser abertos já com 30 dias de fermentação, desde que o manejo do capim (compactação, tamanho de partícula, vedação, etc) sejam adequados e, inclusive seria recomendável a abertura do silo num período de até 60 dias de fermentação.

A variável ELL é dependente da digestibidade e por este motivo foi também observado decréscimo (P<0,05) com aumento do período até 120 dias. Isto novamente nos remete a uma possível recomendação de uso da silagens de capins entre 30 a 60 dias após o fechamento do silo. A ausência de efeito para pH e acidez titulável da silagem em função do período de fermentação, demostra que a os

procedimentos de ensilagem foram realizados adequadamente, garantindo uma silagem considerada de boa qualidade ao longo do tempo.

Houve interação da dose de celulase e período de fermentação para proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) (Tabela 4). Porém a adição de celulase para todos os períodos de fermentação resultou no mesmo comportamento e não diferiu para PB e teve efeito linear decrescente para FDN. Já o efeito do período de fermentação só apresentou o mesmo comportamento (ausência de efeito) para FDN ao ser avaliado na dose de 0 %. Assim, ao avaliar o período de fermentação houve diferença pela inclusão da celulase.

A NDT foi calculada a partir do teor do FDN, por este motivo apresentou comportamento semelhante a FDN, aumentando seu teor com a dose de celulase. No entanto não houve diferença para os períodos de fermentação. Marquardt et al. (2017) avaliando silagem de milho associado ao inoculante enzimo-bacteriano (*Lactobacillus plantarum, Enterococcus faecium, Pediococcus acidilactici,* enzimas amilolíticas, celulolíticas e dextrose), não observaram diferença significativa nos teores de NDT, tendo atribuído a falta de efeito à baixa digestibilidade da fração fibrosa.

Tabela 4. Teores médios de fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis total (NDT) de silagens de capim-mombaça.

DIA	Dose Celulase[1]			Efeito	
	0%	3%	6%	Linear	Quadrático
PB (EPM[2]= 0,19)					
30	6,05a	6,79a	5,92ab	0,9968	0,1017
60	5,71a	5,89b	5,99a	0,9968	0,1017
120	5,68a	5,70b	5,52b	0,9968	0,1017
FDN (EPM= 0,87)					
30	77,31a	72,31a	72,08a	<0,0001	0,1074
60	77,66a	74,58a	65,29b	<0,0001	0,1074
120	74,12a	68,73b	67,46b	<0,0001	0,1074
NDT (EPM= 0,56)					
30	51,87b	56,78a	55,76a	<0,0001	0,0326
60	51,64b	54,70b	59,95a	<0,0001	0,0326
120	54,04a	58,67c	59,43b	<0,0001	0,0326

[1] Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)
[2] EPM= erro-padrão da média

A adição de celulase reduziu o teor de FDN da silagem. Isto é, a enzima hidrolisou uma fração da parede celular e liberou carboidratos solúveis para o processo de fermentação. No entanto, pode ser que a fração hidrolisada também fosse a de maior facilidade de degradabilidade pelas bactérias do rúmen e, consequentemente o resíduo de FDN que não foi hidrolisado pela celulase, também teria menor degradabilidade ruminal.

LOURES et al. (2005), observou redução da FDA, celulose e hemicelulose, com a utilização de enzimas fibrolíticas no processo de ensilagem de capim Tânzania, porém foi observado aumento da fração FDN que pode ter ocorrido por causa das perdas por efluentes, especialmente de componentes do conteúdo celular. Em contra partida, COAN et al. (2005) em estudo com inoculante enzimático-bacteriano conclui que o uso do inoculante não melhorou as características qualitativas, fermentativas e nutricionais das silagens de capim Mombaça e capim Tanzânia.

5. CONCLUSÕES

A adição de celulase em uma dose de 3% peso/peso no processo de ensilagem do capim mombaça promoveu maior hidrolise da parede celular da forragem. Houve decréscimo na digestibilidade provavelmente porque a celulase age nas porções mais rapidamente disponíveis de celulose e o resíduo tem menor degradabilidade ruminal. O aumento na ELL e da NDT nas silagens com celulase indica que a ação da enzima foi superior à queda na digestibilidade, melhorando a qualidade das silagens tratadas.

Em condições adequadas de compactação,tamanho de partícula e vedação, silagens de Panicum estariam aptas para o consumo animal após 30 dias de ensiladas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, E., CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, J. A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.59-71, 2011.

ANDRADE, A. P.; QUADROS, D. G.; BEZERRA, A. R. G. et al. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, 2012.

ÁVILA, C. L. S. **Isolamento e uso de *Lactobacillus buchneri* na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar**. 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; AMARAL, R. C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.1-8, 2009.

BERNARDES, T. F.; WEINBERG, Z. Aspectos associados ao manejo na ensilagem. In: REIS, R.S; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: ciência e gestão dos recursos forrageiro.** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013, cap.42, p.671-680.

BORREANI, G.; BERNARDES, T.F.; TABACCO, E. Aerobic deterioration influences the fermentative, microbiological and nutritional quality of maize and sorghum silages on farm in high quality milk and cheese production chains. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.37, p.68-77, 2008.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, J. H. et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.2, p.83-87, 2004.

CAMPOS, F. P.; LANNA, D. P. D.; BOSE, M. L. V. et al. Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.217-225, 2002.

CHANDLER, P. Energy prediction of feeds by forage testing explorer. Feedstuffs, v.62, n. 36, p.12, 1990.

COAN, R. M.; VIEIRA, P. F.; SILVEIRA, R. N. et al. 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.

COLLAO-SAENZ, E. A. C. Modelagem da redução do tamanho de partículas na alimentação de ruminantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.4, p.886-893, 2005.

COSTA, C. M.; MONTEIRO, A. S. L.; BERTO, D. A. et al. Impacto do uso de aditivos e/ou inoculantes comerciais na qualidade de conservação e no valor nutritivo de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais**... Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.87-126.

FAGUNDES, N. S.; CAIRES, C. M.; FAGUNDES, N. S. et al. Enzimas na alimentação de ruminantes. **Revista Nutritime**, v. 5, n. 1, p. 498-503, 2008.

FERRARI JUNIOR, E.; PAULINO, V. T.; POSSENTI, R. A. et al. Aditivos em silagem de capim Elefante Paraíso (Pennisetum hybridum cv. Paraíso). **Archivos de zootecnia**, v.58, n.222, p.185-194, 2009.

HOLMES, B. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In Proceedings of the INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FORAGE QUALITY

AND CONSERVATION, 2009, Piracicaba. **Proceedings…** Piracicaba: ESALQ-USP, 2009. P.189-208.

HUNT, C.W.; FENG, P.; TREACHER, R. et al. Effect of fibrolytic enzyme additives on in vitro degradability of alfafa and tall fescue. **Journal of Animal Science**, v.73, p.341(Abstr.),1995 (suppl.1).

JANK, L.; MARTUSCELLA, J. A.; EUCLIDES, V. P. B. et al. *Panicum maximum*. In: FONSECA, D.M; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2010, cap.5, p.166-196.

JANK, L.; BRAZ, T. G. S.; MARTUSCELLO, J. A. Gramíneas de clima tropical. In: REIS, R.S; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: ciência, tecnoligia e gestão dos recursos forrageiro.** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel –ME, 2013, cap.8, p.109-123.

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

JOBIM, C. C.; JUNIOR, V. H. B. Avanços no uso de silagem de capim para bovinos de corte. Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, Itapetinga, 2013. **Anais…** Itapetinga: Universidade estadual do sudoeste da Bahia, 2013, p.156-164.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Gramíneas de clima tropical. In: REIS, R.S; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiro.** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel –ME, 2013, cap.40, p.649-660.

JUNGES, D.; SCHMIDT, P.; NOVINSKI, C.O. et al. Additive containing homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.35, p.371-377, 2013.

KHOTA, W.; PHOLSEN, S.; HIGGS, D. et al. Natural lactic acid bacteria population of tropical grasses and their fermentation factor analysis of silage prepared with cellulase and inoculant. **Journal of dairy science**, v. 99, n. 12, p. 9768-9781, 2016.

KUNG Jr, L. Microbial and cheKmical additives for silage: effects on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000, p.1-53.

LINDGREN, S. Can HACCP Principles be applied for silage safety? In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 7., Uppsala, 1999. **Proceedings...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Science, 1999. p.51-66.

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

LOURES, D. R. S. **Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob níveis de compactação e de umidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Cameroon.** 2000.

80f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

LOURES, D. R. S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 132f. Tese – (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

LOURES, D. R. S.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F. Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.726-735, 2005.

NADEAU, E. M. G.; BUXTON, D. R.; LINDGREN, E. et al. Kinetics of cell-wall digestion of orchardgrass and alfalfa silages treated with cellulase and formic acid1, 2. **Journal of dairy science**, v. 79, n. 12, p. 2207-2216, 1996.

NEIVA, J. N. M.; VOLTOLINI, T. V. Produção e conservação de volumosos para reserva estratégica. In: NEIVA, A.C.G.R.; NEIVA, J.N.M. **Do campus para o campo: tecnologias para a produção de leite.** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda, 2006, p.87-89.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L. et al. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1395-1405, 2007.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R. et al. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.187-195, 2010.

MARQUARDT, F. I.; JOBIM, C. C.; BUENO, A. V. I. et al. Altura de corte e adição de inoculante enzimo-bacteriano na composição químico-bromatológica e digestibilidade de silagens de milho avaliada em ovinos. **Ciência Animal Brasileira,** v.18, p. 1-9, 2017.

McALLISTER, T. A.; HEISTOV, A. N.; BEAUCHEMIN, K. A. et al. Enzymes in ruminant diets. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition.** Oxon: Cab International, 2001. p.273-298.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage.** 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 226p.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Wisconsin: ASA; CSSA; SSSA, 2003. p.31-93.

PEREIRA, L. G. R.; GONÇALVES, L. C.; GUIMARÃES JUNIOR, L. Silagem. In: MARQUES, D.C. **Criação de bovinos.** Belo Horizonte – CVP Consultoria Veterinária e Publicações, 2006, p.225-230.

QUEIROZ, O. C. M.; RABAGLINO, M. B.; ADESOGAN, A. T. Mycotoxins in silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro. **Proceedings…** Piracicaba: FEALQ, 2011. p.105-126.

REIS, R. A., MOREIRA, A. L., PEDREIRA, M. S. Técnicas para produção e conservação de fenos de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO

DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 2001. p. 01-39.

REIS, R. A.; SIQUIERA, G. R.; ROTH, M. T. P. et al. Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas. **Produção e utilização de forragens conservadas.** Masson, Maringá, PR, p. 9-40, 2008.

RUPPEL, K. A.; PITT, L. E.; GALTON, D. M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.141-153, 1995.

SANTOS, E. M.; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. et al. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signal grass silages at different regrowth ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.747-755, 2011.

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

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

SILVA, S. C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n. , p.121-138, 2007.

SILVA, J. B.; REIS, S. T.; ROCHA JÚNIOR, V. R. et al. Características fermentativas da silagem do capim Marandu manejado em diferentes alturas de dossel. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, P.329-339, 2011.

SILVA, N. C. S. **Aditivos como controladores da deterioração aeróbica em silagem de milho na região periférica de silos trincheira.** 2013. 70f. Dissertação – (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F. Culturas destinadas à ensilagem. In: REIS, R.S; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: ciência e gestão dos recursos forrageiro.** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel –ME, 2013, cap.41, p.661-670.

STIVARI, T. S. S.; RAINERI, C.; SARTORELLO, G. L. et al. Aditivos enzimáticos na alimentação de ruminantes: estratégia para a produção animal. **PUBVET**, v. 8, p. 1283-1415, 2014.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca:Comstock Publication Association, p. 476, 1994.

WILKINSON, J. M.; BOLSEN, K. K.; LIN, C. J. History of silage. In. BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. **Silage science and technology.** Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2003, p. 1-30.

WEINBERG, Z. G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C. et al. Effects of maturity at harvest, wilting, and LAB inoculant on the aerobic stability of wheat silage. **Animal Feed Science and Technology,** Amsterdam, v.158, p.29-35, 2010.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.

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**, Viçosa, v.38, Suplemento Especial, p.170-189, 2009.