



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**EFEITOS DO INOCULANTE MICROBIANO E
DAS ENZIMAS FIBROLÍTICAS NA QUALIDADE
FERMENTATIVA E NO VALOR NUTRICIONAL
DA SILAGEM DE CAPIM-BRS CAPIAÇU**

MARIANA ANTUNES DE JESUS

2021

MARIANA ANTUNES DE JESUS

EFEITOS DO INOCULANTE MICROBIANO E DAS ENZIMAS FIBROLÍTICAS NA QUALIDADE FERMENTATIVA E NO VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE CAPIM-BRS CAPIAÇU

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira

Janaúba
2021

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Jesus, Mariana Antunes de

J58e Efeitos do inoculante microbiano e das enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional da silagem de capim-Brs capiaçu [manuscrito] / Mariana Antunes de Jesus. – 2021.
47 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2021.

Orientador: Prof. D. Sc. João Paulo Sampaio Rigueira.

1. Capim-elefante. 2. Enzimas na nutrição animal. 3. Valor nutricional. 4. Silagem. I. Rigueira, João Paulo Sampaio. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 636.08552

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2021

Montes Claros, 04 de abril de 2021.

MARIANA ANTUNES DE JESUS

EFEITOS DO INOCULANTE MICROBIANO E DAS ENZIMAS FIBROLÍTICAS NA QUALIDADE FERMENTATIVA E NO VALOR NUTRICIONAL DE SILAGEM DE CAPIM-BRS CAPIAÇU

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 29 de MARÇO de 2021.

Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Virgílio Mesquita Gomes/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dra. Ana Cláudia Maia Soares/ Membro Externo/ UESB

JANAÚBA, MINAS GERAIS –

BRASIL/2021



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Sampaio Rigueira, Professor(a)**, em 04/04/2021, às 21:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 04/04/2021, às 21:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Virgilio Mesquita Gomes, Professor(a)**, em 05/04/2021, às 13:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cláudia Maia Soares, Usuário Externo**, em 05/04/2021, às 20:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **27587696** e o código CRC **30BA2F2C**.

Referência: Processo nº 2310.01.0012131/2020-06

SEI nº 27587696

DEDICO

Às minhas irmãs, pelo companheirismo, pela cumplicidade e pelo apoio em todos os momentos delicados da minha vida.

*Mas aqueles que esperam no Senhor
renovam as suas forças. Voam alto como
águias; correm e não ficam exaustos, andam
e não se cansam.*

(Isaías 40:31)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais e irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

À Universidade Estadual de Montes Claros, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos de curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo Sampaio Rigueira, pelo seu profissionalismo, ajuda e contribuição neste trabalho mesmo em pouco tempo. Agradeço pela confiança e compreensão.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Flávio Pinto Monção, pela amizade, pelos conselhos e enorme comprometimento. Sou imensamente grata por sua participação na minha trajetória, com certeza uma referência de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Virgílio Mesquita Gomes, pela competência e pelos ensinamentos, contribuindo sempre com sua experiência de forma clara, objetiva e didática; agradeço pelo período de orientação enriquecedora.

A todos os funcionários da instituição, responsáveis por manter o funcionamento da Universidade, e especialmente aos funcionários da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros, pelo auxílio para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos de profissão e da vida: *Pâmella, Jamille, Wemersom, Adriano* e principalmente *Heberth* pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio de bolsa estudantil e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT- Ciência Animal.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	9
RESUMO GERAL.....	10
GENERAL ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Capim elefante e o capim BRS Capiáçu	14
2.2 Silagem de capim.....	15
2.3 Inoculantes enzimáticos	17
3 REFERÊNCIAS	19
4 CAPÍTULO 1- Efeitos do inoculante microbiano e das enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional de silagem de capim-BRS Capiáçu	25
RESUMO	25
ABSTRACT	25
4.1 INTRODUÇÃO	26
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.4 CONCLUSÃO	35
4.5 AGRADECIMENTO	35
4.6 REFERÊNCIAS	35
4.7 TABELAS E FIGURAS.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Semina Ciências Agrárias. Link:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/about/submissions#authorGuideline>

s.

RESUMO GERAL

De Jesus, Mariana Antunes. **Efeitos do inoculante microbiano e das enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional da silagem de capim-BRS Capiaçú**. 2021. 41 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

A cultivar BRS Capiaçú é um clone de capim-elefante, desenvolvido para suplementação volumosa na forma de silagem ou picado verde. Em função da sua alta fração fibrosa, tem sido testado como alternativa, a utilização de inoculantes bacteriano-enzimáticos. Objetivou-se avaliar o efeito de inoculantes comerciais bacteriano-enzimáticos com diferentes concentrações de enzimas fibrolíticas sobre a qualidade fermentativa e o valor nutricional da silagem de capim-BRS Capiaçú. Foram avaliados dois inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes níveis de complexo enzimático (Silotrato[®] (5%) e Biotrato[®] (8%)) e silagem controle (sem aditivo) seguindo o delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Para avaliação da estabilidade aeróbia da silagem, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com três tratamentos (parcelas) e sete tempos após abertura (subparcelas). Em relação aos inoculantes bacteriano-enzimáticos, o pH da silagem foi 21,66% e 16,16% maior na silagem sem aditivo (média de 6,00) em comparação à silagem com 5% e 8% de complexo enzimático ($P < 0,01$). Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao pH ($P = 0,08$), ácido láctico ($P = 0,08$) e ácido acético ($p = 0,64$), médias de 3,11; 47,31 g matéria seca (MS)⁻¹ e 11,19 g MS⁻¹, respectivamente. Não foi observada distinção entre os tratamentos para nenhuma das variáveis de composição química ($P = 0,86$). As médias para MS, proteína bruta, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais foram 22,31%, 6,65%, 71,15% e 42,07%, respectivamente. Houve maior concentração de ácido butírico na silagem controle em relação à silagem com Silotrato[®]. A silagem controle e a silagem tratada com Biotrato[®] apresentaram perdas por efluentes ($P = 0,05$) 13,99% maiores que a silagem com Silotrato[®]. Durante a ensilagem do capim BRS Capiaçú, recomenda-se o uso de bactérias lácticas contendo 5% de enzimas fibrolíticas.

Palavra-chave: Aditivo. Digestibilidade. Estabilidade aeróbica. Fibra indigestível.

¹**Comitê de Orientação:** Prof. João Paulo Rigueira Sampaio – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. Flávio Pinto Monção – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador)

GENERAL ABSTRACT

De Jesus, Mariana Antunes. **Effects of microbial inoculant and fibrolytic enzymes on fermentation quality and nutritional value of BRS Capiáçu grass silage.** 2021. p. 41. Dissertation (Master in Animal Science) - State University of Montes Claros, Janaúba, MG¹.

The cultivar BRS Capiáçu is an elephant grass clone, developed for bulky supplementation in the form of silage or green chop. Due to its high fibrous fraction, the use of bacterial-enzymatic inoculants has been tested as an alternative. The objective of this study was to evaluate the effect of commercial bacterial-enzymatic inoculants with different concentrations of fibrolytic enzymes on the fermentative quality and nutritional value of BRS Capiáçu grass silage. Two bacterial-enzymatic inoculants with different levels of enzyme complex were evaluated (Silotrato[®] (5%) and Biotrato[®] (8%)) and control silage (without additive) according to a completely randomized design with eight replicates. To evaluate the aerobic stability of the silage, a completely randomized split plot design was used with three treatments (plots) and seven times after opening (subplots). Regarding bacterial-enzymatic inoculants, the pH of the silage was 21.66% and 16.16% higher in the silage without additive (mean of 6.00) compared to the silage with 5% and 8% of enzymatic complex ($P < 0,01$). There was no difference between treatments on pH ($P = 0.08$), lactic acid ($P = 0.08$) and acetic acid ($p = 0.64$), means of 3.11; 47.31 g dry matter (DM)⁻¹ and 11.19 g DM⁻¹, respectively. There was no difference between treatments for any of the chemical composition variables ($P = 0.86$). Mean values for DM, crude protein, neutral detergent fiber and total digestible nutrients were 22.31%, 6.65%, 71.15% and 42.07%, respectively. There was a higher concentration of butyric acid in the control silage compared to the silage with Silotrato[®]. The control silage and the silage treated with Biotrato[®] presented effluents losses ($P = 0.05$) 13.99% higher than the silage with Silotrato[®]. For ensiling of BRS Capiáçu grass, it is recommended to use lactic acid bacteria containing 5% of fibrolytic enzymes.

Key words: Additive, digestibility, aerobic stability, indigestible fiber.

¹ **Guidance Committe:** Prof. João Paulo Rigueira Sampaio – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser); Prof. Flávio Pinto Monção – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Co-Adviser)

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o cultivo de plantas forrageiras tem papel importante na produção pecuária nacional, visto que as forragens consistem na principal alternativa para alimentação de ruminantes no país, que possui mais de 170 milhões de hectares cultivados com pastagens. No entanto, a sazonalidade climática existente no Brasil tem como efeito a queda da produção de forragem e conseqüente redução da produção animal, fato que pode ser minimizado por meio de alternativas para armazenamento do alimento na forma de silagem (Martuscello, 2011; Bezerra et al., 2015).

A utilização de espécies forrageiras perenes com grande potencial produtivo, que possibilitem a realização de vários cortes no decorrer do ano para a produção de silagem, apesar de promissor, possui como limitação o baixo teor de carboidratos solúveis dessas plantas. E isso pode comprometer o processo fermentativo e de conservação (Schafhauser et al., 2018).

Determinadas espécies forrageiras podem apresentar fatores como alto teor de umidade, baixo teor de carboidrato solúvel e alto poder tampão que, em conjunto, possibilitam a ocorrência de fermentações secundárias e, por consequência, ter ambiente favorável ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*. Essas desdobram açúcares, ácido láctico, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, ocasionando perdas qualitativas e quantitativas na silagem (Guimarães et al., 2011).

Entre as gramíneas forrageiras tropicais, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) tem se destacado por apresentar características como a alta produção de forragem por unidade de área e pelo equilíbrio nutritivo (Ferreira et al., 2010), sendo, portanto, muito utilizado para a produção de silagem. Entretanto, o elevado teor de umidade no momento ideal do corte, além do baixo teor de carboidratos solúveis e da elevada capacidade tampão apresentados por essa forrageira pode comprometer a qualidade da silagem (Ferreira et al., 2009).

O uso de aditivos no processo de ensilagem é uma ótima opção para correção de deficiências nutricionais do material ensilado e redução dos conteúdos fibrosos, obtendo alimento volumoso de qualidade (Sá et al., 2007; Ferrari Junior et al, 2009; Santos et al., 2010).

Os aditivos são substâncias que são adicionadas no momento da ensilagem, que, dentre outras vantagens, tem como principal objetivo melhorar o padrão fermentativo do material ensilado. Ainda que o interesse da maior parte dos inoculantes esteja relacionado ao aumento da produção de ácido láctico, existem grupos de inoculantes microbianos combinados com enzimas, afim de melhorar também a qualidade nutricional da silagem (Pereira et al., 2008; Loures, 2004).

As enzimas incorporadas a esses inoculantes normalmente são misturas de celulases, hemicelulases e pectinas com intenção de favorecer a digestibilidade da forragem a partir da redução do conteúdo da fibra das silagens, incrementando a produção de ácido láctico e promovendo rápida queda do pH (Reis & Coan, 2001). Porém os perfis enzimáticos e a atividade de preparações enzimáticas mistas são muitas vezes imprevisíveis, sendo observadas respostas variáveis com uso desses aditivos (Muck et al., 2018).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efeito de inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes concentrações de enzimas fibrolíticas sobre a qualidade fermentativa e o valor nutricional da silagem de capim-BRS Capiçu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Capim elefante e o capim BRS Capiaçú

Devido à alta capacidade produtiva, ao bom valor nutricional e à versatilidade de uso na forma de corte, pastejo e silagem, o capim-elefante configura-se como boa opção de volumoso para a nutrição de ruminantes no Brasil. É uma forrageira que apresenta um alto potencial para produção de matéria seca e de grande eficiência fotossintética, sendo essas características típicas das gramíneas tropicais (Silva et al., 2010; Urquiaga et al., 2012; Martins et al., 2020).

O capim-elefante se destaca não somente pelas características de fácil adaptabilidade aos vários ecossistemas e à alta produtividade de massa por unidade de área, mas também pelo equilíbrio nutritivo e resistência às variações edafoclimáticas desfavoráveis, como seca e frio (Queiroz Filho, Silva & Nascimento, 2000).

De acordo com Meinerz et al. (2011), se observa na cultura do capim elefante uma grande variabilidade genética. No entanto, é necessário que haja a seleção de materiais adaptados a diferentes ecossistemas existentes no Brasil. É possível a obtenção de híbridos de capim-elefante com desempenho produtivo superior à de seus genitores (Menezes et al., 2016). Pereira (2001) afirma que a hibridação em capim-elefante consiste na melhor maneira de se obter clones superiores, sendo que a escolha dos genitores deve basear-se na complementariedade alélica e na divergência genética.

O cultivar BRS Capiaçú foi desenvolvido pelo programa de melhoramento de capim-elefante da Embrapa Gado de Leite. Tem como principais características a floração tardia; o porte alto; os aglomerados verticais, as folhas com lâminas largas, longas e verdes; a bainha de folha verde amarelada e; o caule com diâmetro espesso e os entrenós amarelados, além da ausência de joçal (pêlos), touceiras de formato ereto, nervura central branca, colmos grossos, alta densidade de perfilhos basais e boa resistência ao tombamento (Pereira et al., 2016; Pereira et al., 2017).

No que se refere às características de solo, o capim-BRS Capiaçú apresenta elevada exigência, é recomendado para solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade. Sua propagação se dá a partir de colmos, sendo o plantio indicado para o início da estação chuvosa, em sulcos de, aproximadamente, 20 a 30 cm de profundidade e espaçados entre si de 0,80 m a 1,20 m. Apresenta susceptibilidade à cigarrinha das pastagens, *Mahanarva*

spectabilis. Contudo, a capineira, se bem manejada, possui boa tolerância ao ataque de praga e doenças (Pereira et al., 2016).

De acordo com Pereira et al. (2016), para o fornecimento da forragem da BRS Capiáçu na forma picado verde no cocho, recomenda-se que o corte seja realizado quando a planta atingir de 2,5 - 3,0 m de altura (aproximadamente; 50-70 dias; na estação das águas). Segundo o autor, neste estágio de desenvolvimento, obtém-se elevada produtividade de biomassa com boa composição química.

Monção et al. (2019) recomendam a idade para colheita entre 90 e 120 dias de rebrota do Capim-elefante BRS Capiáçu para a obtenção de melhores resultados de produtividade, composição químico-bromatológica, degradabilidade ruminal da matéria seca e digestibilidade, cultivado para corte no verão e na região norte de Minas Gerais.

De acordo com Pereira et al. (2016), para a produção de silagem, recomenda-se o corte da BRS Capiáçu, próximo a 90-110 dias de idade de rebrota, quando as plantas atingirem altura média de 3,5-4,0 m. A colheita neste estágio permite melhor relação entre produção de silagem e composição química. Entretanto, não é recomendada a ensilagem da BRS Capiáçu com idade avançada (acima de 120 dias de idade de rebrota) em função da perda de valor nutritivo (Pereira, et al., 2016).

2.2 Silagem de capim

No Brasil, devido aos fatores climáticos, há estacionalidade na produção de forragem, com períodos de escassez da produção. A utilização de estratégias que auxiliem no atendimento das exigências nutricionais dos animais é, portanto, essencial nesse período do ano, sendo a silagem de capim, uma alternativa para suplementação de alimento volumoso (Faria et al., 2010; Ferreira et al., 2010).

Silagem pode ser conceituada como alimento succulento obtido por estocagem direta ou com secagem mínima da forragem em condições anaeróbicas, na qual é garantida a preservação por ambiente anaeróbico e fermentação bacteriana de açúcares, os quais promovem a queda do pH a partir da produção de ácido lático e acético. Esse processo tem o intuito de garantir a manutenção da qualidade ou as características do alimento com mínimas perdas de matéria seca e energia no decorrer de sua preservação (Silva, 2009).

Uma das características das forrageiras de clima tropical é o decréscimo do valor nutritivo com o avançar da idade e uma das técnicas adotadas para manejo das forrageiras é a ensilagem para melhor conservação do seu valor nutritivo (Tosi et al., 1995).

Para a obtenção de silagem de boa qualidade, a planta deve apresentar alta concentração de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e teor de matéria seca entre 30 e 35%. Embora várias gramíneas sejam usadas na produção de silagem, nem todas possuem essas características em função da própria planta ou das práticas de manejo adotado. Assim, para que o processo fermentativo não seja prejudicado alguns meios são utilizados, como o uso de enzimas fibrolíticas (Ávila, 2007).

Dentre as gramíneas tropicais mais utilizadas para ensilagem temos o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), que se caracteriza por apresentar alto potencial de produção e boa composição bromatológica (Tosi, 1973; Barcelos et al., 2018; Trindade et al., 2018). Porém, como limitante para o processo de ensilagem de gramíneas, podemos destacar o baixo teor de carboidratos solúveis, teores de MS inferiores a 30% e alto poder tampão, fatores esses que podem influenciar negativamente o processo fermentativo (Evangelista et al., 2004).

Diante dessas limitações apresentadas pelas gramíneas tropicais no que se refere ao processo de ensilagem, algumas medidas podem ser adotadas, como a técnica de pré-secagem ou emurchecimento, que se tem mostrado eficiente para aumentar o teor de matéria seca da silagem (Fluck et al., 2017). Além do emurchecimento, a utilização de aditivos sequestrantes de umidade é muito utilizada pelos produtores com esse mesmo objetivo. O milho desintegrado com palha e sabugo, polpa cítrica, raspa de batata e mandioca, farelo de trigo, grão de milho moído, rolão de milho (Perim et al., 2014; Rezende et al., 2008), glicerina (Tonin et al., 2018), além de muitos outros subprodutos como casca de café, bagaço de laranja *in natura*, e restos da cultura da soja (Barcelos et al., 2018; Dias et al., 2014; Ítavo et al., 2000; Lopes et al., 2007; Siqueira, 2009) são aditivos que elevam os teores de matéria seca.

De acordo com Neumann et al. (2010), os aditivos estimulantes de fermentação e absorventes de umidade são amplamente utilizados na ensilagem de gramíneas tropicais com intuito de reduzir as perdas e gerar produtos finais que não atrapalhem o consumo e a produção do animal, bem como melhorar, recuperar a matéria seca e oferecer nutrientes ao material conservado.

2.3 Inoculantes enzimáticos

A utilização de aditivos na ensilagem é uma excelente alternativa para correção de deficiências nutricionais do material ensilado e redução dos conteúdos fibrosos, garantindo alimento volumoso de qualidade no período de carência de forragem (Sá et al., 2007; Ferrari Junior et al, 2009; Santos et al., 2010). No momento da escolha dos aditivos, devem-se levar em consideração alguns fatores importantes, como a disponibilidade e o custo de aquisição, além da fácil manipulação desses (Andrade et al., 2012).

Dentre os aditivos utilizados no processo de ensilagem, têm-se os inoculantes enzimáticos que consistem em grupos de substâncias orgânicas de caráter geralmente proteico que potencializam as reações químicas e são comumente encontrados em associação com bactérias homoláticas, podendo conter um único grupo de enzimas ou uma combinação destas (McAllister et al., 2001; Loures, 2004).

De acordo com Santos et al. (2010), as enzimas são usadas no processo de fermentação com o objetivo de aumentar a disponibilidade de substrato para as bactérias produtoras de ácido lático, a partir da degradação de carboidratos complexos em carboidratos solúveis.

Enzimas fibrolíticas como celulasas e hemicelulase são resultantes da multiplicação microbiana ou fúngica e apresentam vários tipos de atividades enzimáticas (Stivari, 2014). Tem o papel de disponibilizar açúcares simples como fonte de nutrientes para bactérias fermentadoras através da hidrólise da parede celular, potencializando a fermentação lática e a redução do pH (Zopollatto et al., 2009).

Os inoculantes bacterianos são usados com objetivo de ampliar a população de bactérias benéficas, as quais contribuem para o processo fermentativo da silagem, consumindo açúcares, produzindo variados tipos de ácidos orgânicos tais como lático, acético e propiônico, que são capazes de aumentar a estabilidade aeróbica, reduzindo o pH e minimizando perdas de nutrientes (Battiston et al., 2020).

Siqueira et al. (2007) afirmam que os inoculantes microbianos estão sendo mais utilizados e são ferramentas de grande importância, visto que seu grande potencial para reduzir a proteólise enzimática pode resultar em maior produção de ácido lático e possibilitar maior recuperação da matéria seca.

Os inoculantes microbianos podem ser constituídos por bactérias lácticas homofermentativas, heterofermentativas ou pela associação de ambas. Tem como função principal potencializar a fermentação da massa ensilada e/ou estabilidade aeróbia das silagens, dificultando o crescimento de microrganismos indesejáveis, e tem como resultado a redução das perdas dos nutrientes da silagem e, conseqüentemente, no desempenho animal (Carvalho et al., 2014; Joo et al., 2018). Esses aditivos são caracterizados como sendo ecologicamente corretos, de fácil aplicação e, por esse motivo, são os mais usados no processo de ensilagem (Oliveira et al., 2013; Schreiter et al., 2014).

3 REFERÊNCIAS

- Andrade, A. P., Quadros, D. G., Bezerra, A. R. G., Almeida, J. A. R., Silva, P. H. S., & Araújo, M. A. M. (2012). Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 1209-1218. doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p1209
- Ávila, C. L. S. (2007). *Isolamento e uso de Lactobacillus buchneri na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar*. 175f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Barcelos, A. F., Carvalho, J. R. R., Tavares, V. B., & Gonçalves, C. C. M. (2018). Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. *Ciência Animal Brasileira*, 19(8), 1-12. doi.org/10.1590/1809-6891v19e-27432
- Battiston, J., Cagnini, L. F., Roos, A. H., & Griebeler, I. R. (2020). Avaliação da composição química da silagem de milho submetida a aplicação do ácido propiônico e inoculante microbiano em diferentes períodos de fermentação. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste*, 5, e24080-e24080.
- Bezerra, H. F. C., Santos, E. M., Oliveira, J. S., Carvalho, G. G. P., Cassuce, M. R., Perazzo, A. F., Freitas, D. S. S., & Santos, V. S. (2015). Degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. *Revista brasileira de saúde e produção animal*, 16(2), 265-277. doi.org/10.1590/S1519-99402015000200001.
- Carvalho, A. L., Queiroz, M. A. A., Silva, J. G. S., & Voltolini, T. V. (2014). Características fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar com maniçoba. *Ciência Rural*, 44(1), 2078-2083. doi.org/10.1590/0103-8478cr20131471
- Dias, A. M., Ítavo, L. C., Ítavo, C. C. B., Blan, L. R., Gomes, E. N., Soares, C. M., & Coelho, E. M. (2014). Ureia e glicerina bruta como aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 661874-1882. doi.org/10.1590/1678-7349
- Evangelista, A. R., Abreu, J. G. D., Amaral, P. N. C. D., Pereira, R. C., Salvador, F. M., & Santana, R. A. V. (2004). Produção de silagem de capim marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(2), 443-449. doi.org/10.1590/S1413-70542004000200027

- Faria, D. J. G., Garcia, R., Tonucci, R.G., Tavares, V. B., Pereira, O.G., & Fonseca, D.M. da. (2010). Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(3), 471-478. doi.org/10.1590/S1516-35982010000300004
- Ferrari Junior, E., Paulino, V. T., Possenti, R. A., & Lucenas, F. L. (2009). Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso). *Archivos de Zootecnia*, 58(222), 185-194.
- Ferreira, A. C. H., Neiva, J. N. M., Rodriguez, N. M. Lopes, F. C. F., Lôbo, R. N. B. (2010). Consumo e digestibilidade de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subproduto da agroindústria da acerola. *Revista Ciência Agronômica*, 41(4), 693-701. doi.org/10.1590/S1806-66902010000400025
- Ferreira, A. C. H., Neiva, J. N. M., Rodriguez, N. M., Campos, W. E., & Borges, I. (2009). Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(2), 223-229. doi.org/10.1590/S1516-35982009000200002
- Fluck, A. C., Parzianello, R. R., Maeda, E. M., Piran Filho, F. A., Costa, O. A. D., & Simionatto, M. (2017). Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem présecagem. *Boletim de Indústria Animal*, 74(3):176-181.
- Guimarães Filho, C. C., Monteiro, K. D., & Deminicis, B. B. (2011). Utilização de silagem de capim para alimentação de ruminantes. *Pubvet*, 5(36), 1231-1237.
- Ítavo, L. C. V., Santos, G. T., Jobim, C. C., Voltolini, T. V., Faria, K. P., & Ferreira, C. C. B. (2000). Composição e digestibilidade aparente da silagem de bagaço de laranja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(5), 1485-1490.
- Joo, Y. H., Kim, D. H., Paradhipta, D. H. V., Leel, H. J., Amanullah, S. M., Kim, S. B., Chang, J. S., & Kim, S. C. (2018). Effect of microbial inoculants on fermentation quality and aerobic stability of sweet potato vine silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(12), 1897-1902. doi.org/10.5713/ajas.18.0264
- Lopes, J., Evangelista, A. R., & Rocha, G. P. (2007). Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de uréia e aditivos absorventes de umidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4):1155- 1161.
- Loures, D. R. S. (2004). *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*. 132f. Tese – (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Martins, L. F., Prado, D. M. B. Gomes, G. R. Teixeira, A. M., Oliveira, L. N., Gonçalves, L. C., & Oliveira, F. S. (2020). Valor nutricional do capim-elefante verde colhido em diferentes idades de rebrota. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(5), 1881-1890. doi.org/10.1590/1678-4162-11329
- Martuscello, J. A., Oliveira, A. B de., Cunha, D. de N. F. V. da., Amorim, P. L. da., Dantas, P. A. L., & Lima, D. de A. (2011). Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 12(4), 923-934.
- McAllister, T. A., Heistov, A. N., Beauchemin, K. A. et al. (2001). Enzymes in ruminant diets. En: Bedford, M. R., Partridge, G. G. *Enzymes in farm animal nutrition*. (p.273-298). Oxon: Cab International.
- Meinerz, G. R., Olivo, C. J., Agnolin, C. A., Dullius, A. P., Moraes, R. S., Mombach, G., Foletto, V., & Machado, P. R. (2011). Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2673-2680. doi.org/10.1590/S1516-35982011001200009
- Menezes, B. R. S., Daher, R. F.; Gravina, G. A., Gottardo, R. D., Schneider, L. S. A., Rocha, A. S. (2016). Comportamento Per se de híbridos de capim-elefante para fins energéticos. *Comunicata Scientiae*, 7(1), 73-85. doi: 10.14295/cs.v7i1.946
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Moura, M. M. A., Rocha, V. R., Jr., Mesquita, V. G., Leal, D. B., Maranhão, C., Albuquerque, C. J. B., & Chamone, J. M. A. (2019a). Yield and nutritional value of BRS Capiacu grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(5), 745-755. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045
- Neumann, M., Oliboni, R., Oliveira, M. R., Faria, M. V., Ueno, R. K., Reinerh, L. L., & Durman, T. (2010). Aditivos químicos utilizados em silagens. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 3(2), 187-195.
- Oliveira, M. R.; Neumann, M.; Ueno, R. K.; Neri, J., & Marafon, F. (2013). Avaliação das perdas na ensilagem de milho em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12, 3, 319-325, 2013

- Pereira, A. V., Ledo, F. J. da S.; Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS Capiaçú - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding And Applied Biotechnology*, 17(1), 59-62.
- Pereira, A. V., Ledo, F. J. da S., Morenz, M. J. F., Leite, J. L. B., Brighenti, A. M., Martins, C. E., & Machado, J. C. (2016). *BRS Capiaçú*: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).
- Pereira, A. V., Valle, C. B., Ferreira, R. P., & Miles, J. W. Melhoramento de forrageiras tropicais. En: Nass, L. L., Valois, A. C. C., Melo, I. S., & Valadares Ingres, M. C. (Eds.) (2001). *Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas*. (p.549-602). Rondonópolis: Fundação Mato Grosso.
- Pereira, O. G. Ribeiro, K. G., & Oliveira, A. S. (2008). Produção e utilização de silagem de capim no Brasil. Em: IV Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem. *Anais...* (p.249-277), Viçosa, UFV.
- Perim, R. C., Costa, K. A. d. P., Epifanio, P. S., Teixeira, D. A. A., Fernandes, P. B., & Santos Júnior, D. R. S. (2014). Protein and carbohydrate fractionation of Piata palisadegrass ensiled with energetic meals. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36(2), 193-200.
- Queiroz Filho, J. L., Silva D. S., & Nascimento, I. S. (2000). Produção de matéria seca e qualidade do capimelefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de resíduo, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(1), 69-74.
- Reis, R. A., Coan, R. M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. Em: Butolo, J. E. et al. (ed.). III Simpósio Goiano Sobre Manejo e Nutrição De Bovinos, Goiânia, 2001. *Anais...* (p. 91-120). Goiânia: CBNA, 2001.
- Rezende, A. V., Gastaldello Junior, A. L., Valeriano, A. R., Casali, A. O., Medeiros, L. T., & Rodrigues, R. (2008). Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(1), 281-287. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100040>
- Sá, C. R. L., Neiva, J. N. M., Gonçalves, J. de S., Cavalcante, M. A. B., & Lôbo, R. N. B. (2007). Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de adição do subproduto da Manga (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 38(2), 199-203.

- Santos, M. V. F. Gomez Castro, A. G., Perea, J. M., Garcia, A., Guim, A., & Perez Hernandez, M. (2010). Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia*, 59(R), 25-43. doi.org/10.21071/az.v59i232.4905
- Siqueira, G. R. (2009). *Aditivos na silagem de cana-de-açúcar "in natura" ou queimada*. (2009). 121f. Tese – (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Jaboticabal.
- Schafhauser Junior, J., Scheibler, R. B., & Scheffler, G. H. (2018). Silagem de capim-elefante: uma alternativa para produção de forragem conservada em sistemas de produção de bovinos. Em: *7º Dia de Campo do Leite: da Pesquisa para o Produtor*. 53p. Documentos/Embrapa Clima Temperado 464.
- Schreiter, S., Sandmann, M., Smalla, K., & Grosch, R. (2014). Soil Type Dependent Rhizosphere Competence and Biocontrol of Two Bacterial Inoculant Strains and Their Effects on the Rhizosphere Microbial Community of Field-Grown Lettuce. *Plos One*, 9(8), 103- 726. doi.org/10.1371/journal.pone.0103726
- Silva, A. L. C., Santos, M. V. F., Dubeux Júnior, J. C. B., Lira, M. A., Ferreira, R. L. C., Freitas, E. V., Cunha, M. V., & Silva, M. C. (2010). Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na zona da mata de Pernambuco. *Revista Brasileira Zootecnia*, 39(10), 2132-2140.
- Silva, C. F. P. G. (2009). *Avaliação Nutricional de Silagens da Parte Aérea e Raízes de Mandioca*. Itapetinga – Bahia/Brasil. UESB, 2009, 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Siqueira, G. R., Reis, R. A., Schocken-Iturrino, R. P., Pires, A. J. V., Bernardes, T. F., & Amaral, R. C. (2007). Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 2000-2009. doi.org/10.1590/S1516-35982007000900008
- Stivari, T. S. S., Raineri, C., Sartorello, G. L., Gameiro, A. H., & Silva, J. B. A. (2014). Aditivos enzimáticos na alimentação de ruminantes: estratégia para a produção animal. *PUBVET*, 8(11), 1283-1415.
- Tosi, H. (1973). Conservação de forragem como consequência do manejo. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 1. Piracicaba. *Anais...* (p.117-140).Piracicaba: ESALQ.

- Tosi, H., Rodrigues, L. R. A., Jobim, C. C., Oliveira, M. S., Sampaio, A. A. M., & Rosa, B. (1995). Ensilagem do capim elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 24(6), 909-916.
- Trindade, P. C., Lana, R. P., Veloso, C. M., & Pereira, D. S. (2018). Desempenho agrônômico e qualidade da silagem do capim elefante com adubação orgânica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 8(2), 62-70. doi.org/10.21206/rbas.v8i2.514
- Urquiaga, S., Alves, B., & Boddey, R. M. (2012). Capim elefante: uma nova fonte alternativa de energia. *Ambiente Brasil*. <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuario/artigo_agropecuario/capim_e_lefante%3A_uma_nova_fonte_alternativa_de_energia.html> 23 Fev. 2021.
- Zopollatto, M., Daniel, J. L. P., & Nussio, L. G. (2009). Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(spe), 170-189. doi.org/10.1590/S1516-35982009001300018.

4 CAPÍTULO 1- Efeitos do inoculante microbiano e das enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional de silagem de capim-BRS Capiáçu

Effects of microbial inoculant and fibrolytic enzymes on fermentation quality and nutritional value of BRS Capiáçu grass silage

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de inoculantes comerciais bacteriano-enzimáticos com diferentes concentrações de enzimas fibrolíticas sobre a qualidade fermentativa e valor nutricional da silagem de capim-BRS Capiáçu. Foram avaliados dois inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes níveis de complexo enzimático (Silotrato® (5%) e Biotrato® (8%)) e silagem controle (sem aditivo) seguindo o delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Para avaliação da estabilidade aeróbia da silagem, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com três tratamentos (parcelas) e sete tempos após abertura (subparcelas). Em relação aos inoculantes bacteriano-enzimáticos, o pH da silagem foi 21,66% e 16,16% maior na silagem sem aditivo (média de 6,00) quanto à silagem com 5% e 8% de complexo enzimático ($P < 0,01$). Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao pH ($P = 0,08$), ácido láctico ($P = 0,08$) e ácido acético ($p = 0,64$), médias de 3,11; 47,31 g matéria seca (MS)⁻¹ e 11,19 gMS⁻¹, respectivamente. Não foi observada distinção entre os tratamentos para nenhuma das variáveis de composição química ($P = 0,86$). As médias para MS, proteína bruta, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais foram 22,31%, 6,65%, 71,15% e 42,07%, respectivamente. Houve maior concentração de ácido butírico na silagem controle em relação à silagem com Silotrato®. A silagem controle e a silagem tratada com Biotrato® apresentaram perdas por efluentes ($P = 0,05$) 13,99% maiores que a silagem com Silotrato®. Durante a ensilagem do capim BRS Capiáçu, recomenda-se o uso de bactérias lácticas contendo 5% de enzimas fibrolíticas.

Palavra-chave: Aditivo. Digestibilidade. Estabilidade aeróbica. Fibra indigestível.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of commercial bacterial-enzymatic inoculants with different concentrations of fibrolytic enzymes on the fermentative

quality and nutritional value of BRS Capiaçú grass silage. Two bacterial-enzymatic inoculants with different levels of enzyme complex were evaluated (Silotrato® (5%) and Biotrato® (8%)) and control silage (without additive) according to a completely randomized design with eight replicates. To evaluate the aerobic stability of the silage, a completely randomized split plot design was used with three treatments (plots) and seven times after opening (subplots). Regarding bacterial-enzymatic inoculants, the pH of the silage was 21.66% and 16.16% higher in the silage without additive (mean of 6.00) compared to the silage with 5% and 8% of enzymatic complex ($P < 0,01$). There was no difference between treatments on pH ($P = 0.08$), lactic acid ($P = 0.08$) and acetic acid ($p = 0.64$), averages of 3.11; 47.31 g dry matter (DM)⁻¹ and 11.19 g DM⁻¹, respectively. There was no distinction between treatments for any of the chemical composition variables ($P = 0.86$). Mean values for DM, crude protein, neutral detergent fiber and total digestible nutrients were 22.31%, 6.65%, 71.15% and 42.07%, respectively. There was a higher concentration of butyric acid in the control silage compared to the silage with Silotrato®. The control silage and the silage treated with Biotrato® presented effluent losses ($P = 0.05$) 13.99% higher than the silage with Silotrato®. For ensiling of BRS Capiaçú grass, it is recommended to use lactic acid bacteria containing 5% of fibrolytic enzymes.

Key words: Additive. Aerobic stability. Digestibility. Indigestible fiber.

4.1 INTRODUÇÃO

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) tem sido utilizado para a produção de silagem em várias regiões do mundo. Isso porque, entre as gramíneas tropicais, o capim-elefante é uma planta com alto potencial de produção em massa (acima de 20 t MS ha⁻¹) por unidade de área e bom valor nutricional (Pereira, Lédo, & Machado, 2017). É uma forragem com menor custo de produção em comparação com outras culturas perenes e/ou anuais para produção de silagem.

Dentre os clones de capim-elefante, a cultivar BRS Capiaçú tem se destacado pela alta produção em massa. De acordo com Pereira et al. (2017) e Monção et al. (2019ab), a produção anual de matéria seca do capim BRS Capiaçú varia de 50 a 72 t ha⁻¹ ano⁻¹. Segundo os mesmos autores, para a produção de silagem, recomenda-se a colheita do capim BRS Capiaçú entre 90 e 120 dias, ou entre 3 e 4,2 metros de altura. Porém, nessa idade de corte

recomendada para silagem, alguns pesquisadores, como Monção et al. (2019a) verificaram digestibilidade da matéria seca entre 50,5% e 47,2% e fração de fibra de 33% - 28%. Uma alternativa para melhorar a digestibilidade da forragem é o uso de inoculantes bacteriano-enzimáticos. Esse tipo de inoculante contém enzimas fibrolíticas (ou seja, hemicelulase, xilanases e celulase) e bactérias que produzem ácido lático e acético, principalmente responsáveis pela preservação da silagem.

Na nutrição de ruminantes, as enzimas fibrolíticas são utilizadas para melhorar a degradabilidade da fibra e, conseqüentemente, a ingestão de energia digestível pelo animal (Bureenok et al., 2019). Na verdade, enzimas, como hemicelulases, xilanases e celulases podem convertê-las em açúcares (Khota, Pholsen, Higgs, & Cai, 2016), disponibilizando substrato para fermentação. Assim, parece que as enzimas fibrolíticas também podem ser aplicadas durante o processo de ensilagem. Vários autores (Sun et al., 2012; Khota et al., 2016; Desta, Yuan, Li, & Shao, 2016; Bureenok et al., 2019) já relataram o potencial das enzimas fibrolíticas para melhorar a qualidade da silagem. De acordo com Bureenok et al. (2019), a melhora na digestibilidade, principalmente da fração fibra da forragem, com o uso de inoculante bacteriano-enzimático é mais expressiva quando há alto teor de carboidratos solúveis na massa ensilada. Portanto, pode-se supor que a combinação de bactérias homo e heterofermentativas e enzimas fibrolíticas no inoculante pode melhorar a preservação e disponibilidade de nutrientes da massa ensilada do capim BRS Capiaçú. Atualmente, não há informações disponíveis sobre a fermentação da silagem de capim BRS Capiaçú e sua digestibilidade quando tratada com inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes concentrações de enzimas fibrolíticas.

Com base no exposto, o objetivo foi avaliar o efeito de inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes concentrações de enzimas fibrolíticas na qualidade fermentativa e no valor nutricional da silagem de BRS Capiaçú.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos de cuidado e manuseio experimentais dos animais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Brasil (protocolo CEBEA-Unimontes 175/2018).

O período experimental teve início em 13 de novembro de 2019, em uma área (~100m²) implantada em 2017 com BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum* Schum; 1,2 metros

entre linhas) na Fazenda Experimental da Unimontes, Janaúba (coordenadas geográficas: 15°52'38 "S, 43°20 '05 "W), que foi manejado para corte e produção de silagem. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é Aw, com chuvas de verão e períodos de seca bem definidos no inverno. A precipitação média anual é de 800 mm, com temperatura média anual de 24 °C. O clima é tropical mesotérmico, devido à altitude, sub-úmido e semi-árido, com chuvas irregulares, causando longos períodos de seca.

A forragem foi implantada em solo distrófico vermelho-amarelo de textura argilosa com as seguintes características químicas: pH em CaCl₂, 6,3, P (Mehlich): 21,2 mg dm⁻³; K (Mehlich): 110 mmolc dm⁻³; Ca 2+ (KCl 1 mol L⁻¹): 3,9 cmolc dm⁻³; Mg 2+ (KCl 1 mol L⁻¹): 1,1 cmolc dm⁻³; Al 3+ (KCl 1 mol L⁻¹): 0,0 cmolc dm⁻³; H + Al (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹): 1,2 cmolc dm⁻³; soma de bases 5,5 cmolc dm⁻³; capacidade de troca catiônica: 6,7 cmolc dm⁻³; V: 82%. Após o corte uniforme da forragem em 13 de novembro de 2019, foram aplicadas duas toneladas de esterco bovino (pH - 8,4; 217 g de umidade, 488 g de matéria seca, 11 g kg⁻¹ de nitrogênio e 13 g kg⁻¹ de fósforo) por hectare.

Após 90 dias de crescimento, o BRS Capiaçú foi cortado a aproximadamente 15 cm do solo, manualmente, com cortador de forragem. A forragem foi picada imediatamente após o corte em uma desfibradora/picadora (JF, 40 P, Itapura, São Paulo, Brasil), ajustando o tamanho das partículas para 2 cm. Durante a ensilagem, a temperatura média do ar foi de 25 °C, 75% de umidade relativa e 15 km h⁻¹ de velocidade do vento. Em média, a altura das plantas era de 2,9 metros.

Foram avaliados dois inoculantes bacteriano-enzimáticos com diferentes níveis de complexo enzimático (Silotrato® (5%) e Biotrato® (8%)) e um controle de silagem (sem aditivo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições. Inoculantes bacteriano-enzimáticos líquidos foram pulverizados de acordo com as recomendações do fabricante (1g de produto por tonelada de massa de forragem verde; Tabela 1). Todos os tratamentos receberam o mesmo volume de água potável em temperatura ambiente, sem cloro (2 mL kg⁻¹).

Para a silagem, foram utilizados silos experimentais de cloreto de polivinila (PVC) de peso conhecido, com 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. O fundo dos silos continha 10 cm de areia seca (400g) que foi separada da forragem pela quantificação do efluente produzido. Após completa homogeneização da forragem, o material resultante foi depositado nos silos e compactado com êmbolo de madeira. Para cada tratamento, foi

quantificada a densidade da silagem (550 kg de matéria natural m⁻³) conforme recomendação de Ruppel, Pitt, Chase e Galton (1995). Após o preenchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC equipadas com válvulas de Bunsen, lacradas com fita adesiva e pesadas. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente e abertos 31 dias após a selagem.

As perdas de MS das silagens como gases e efluentes foram quantificadas pela diferença de peso da massa ensilada de acordo com Jobim, Nussio, Reis e Schmidt (2007). Para perda de efluente, a equação 1 foi usada.

$$E = (Pab - Pen) / (MVfe) \times 1000 \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

E: perdas de efluentes (kg ton⁻¹ massa verde); Pab: peso do conjunto (balde + tampa + areia molhada + espuma) na abertura (kg); Pen: peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + espuma) na silagem (kg); MVfe: massa de forragem verde de silagem (kg).

As perdas de MS como gases foram calculadas pela diferença entre o peso bruto da matéria seca ensilada inicial e final, em relação à quantidade de MS ensilada, descontando-se o peso do silo e da areia seca solidificada, conforme a equação (2):

$$G = [(PCen - Caneta) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100 / [(PCen - Pen) * MSen] \quad (\text{Equação 2})$$

No qual:

G: perdas de gás (% MS); PCen: peso do balde cheio na selagem (kg); Pen: peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + espuma) na silagem (kg); MSen: teor de matéria seca da forragem na silagem; PCab: peso do balde cheio na abertura (kg); MSab: teor de matéria seca da forragem na abertura. A recuperação da MS de cada silo foi calculada com base no peso inicial e final e nos teores de MS das forragens e silagens segundo Jobim et al. (2007).

A estabilidade aeróbia foi determinada colocando uma amostra de silagem (aproximadamente 3 kg) de cada silo em outro silo e mantida em uma sala à temperatura (24,5–25,5 °C). A temperatura da silagem foi medida a cada hora usando um registrador de dados colocado no centro da massa por seis dias. A temperatura ambiente também foi medida a cada hora por um coletor de dados localizado próximo aos silos. O pH também foi medido. A determinação do pH foi obtida por extrato de silagem. O pH foi medido com potenciômetro (Ak 90, Akso Measuring Instruments, São Leopoldo, RS, Brasil). A estabilidade

aeróbia foi definida como o número de horas que a temperatura da silagem permaneceu estável antes de aumentar em mais de 2 °C acima da temperatura ambiente.

As determinações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos orgânicos (Pryce, 1969) foram obtidas também por meio do extrato de silagem. O nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi medido de acordo com Noel e Hambleton (1976). Os teores de ácidos graxos voláteis foram determinados por cromatografia líquida em UPLC (Shimadzu® Prominence System modelo 20A, Kyoto, Japão), equipado com detector UV-Vis ajustado para 210 nm, injetor automático calibrado para 5 µL de volume de amostra e 300 x 7,8 mm Rezex™ ROA -Coluna de Ácido Orgânico + (Phenomenex) mantida a 60 °C na câmara do forno. Os analitos foram eluídos com H₂SO₄ 2,5 mM a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. Padrões externos foram usados para calibração quantitativa.

Parte da silagem foi pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C. Posteriormente, todas as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira com malha de 1 mm para análise laboratorial. Parte das amostras foi moída em peneira com malha de 2 mm para análise de digestibilidade *in vitro*. As amostras foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (INCT-CA G-005/1), e cinzas (INCT-CA M-001/1), fibra em detergente neutro (INCT-CA F-002/1) e fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/1), fibra em detergente neutro indigestível (iNDF) (INCT -CA F-008/1), lignina (INCT-CA F-005/1) e carboidratos não fibrosos, de acordo com Detmann et al. (2012). O conteúdo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado de acordo com o National Research Council [NRC] (2001) (Tabela 2).

A digestibilidade *in vitro* da MS, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foi determinada de acordo com Tilley e Terry (1963). A técnica foi modificada de acordo com Detmann et al. (2012) com o uso da incubadora *in vitro* Tecnal® (TE-150), utilizando tecido não tecido (100 g m⁻²) para confecção da bolsa de incubação (7,5 x 7,5 cm), conforme Valente et al. (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância. O teste de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett foram usados para examinar a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade da variância, respectivamente. Variáveis relacionadas ao perfil de fermentação e valores nutricionais foram analisados de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Inoi} + e_{ij}$$

No qual:

Y_{ij} = observação sobre o tratamento do inoculante (Ino) "i" em repetição "j" com $j = 1, 2, \dots, 8$;

μ = constante associada a todas as observações;

Inoi = Efeito do inoculante "i", com $i = 1, 2$ e 3;

e_{ij} = erro experimental associado a gráficos que hipoteticamente têm distribuição normal com média e variância zero δ^2 .

Os valores médios para inoculantes foram comparados pelo teste Student Newman Keuls (SNK) com $\alpha=0.05$.

A estabilidade aeróbia da silagem foi analisada seguindo um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas com três tratamentos (parcelas) e sete vezes após a abertura (subparcelas) com oito repetições. O seguinte modelo estatístico foi usado:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Inoi} + \text{Tempok} + \text{Inoi} \times \text{Tempok} + e_{ijk}$$

No qual:

$Y_{k(ij)}$ = A observação referente ao tempo "k" (subparcela) no inoculante "i" (parcela) em repetição "j";

μ = constante associada a todas as observações;

Inoi = Efeito do inoculante "i", com $i = 1, 2$ e 3;

e_{ij} = erro experimental associado a gráficos que hipoteticamente têm distribuição normal com média e variância zero δ^2 ;

Tempo k = Efeito do tempo após a abertura da silagem "k", com $k=1, 2, 3, 4, 5, 6$ e 7;

Ino x Time = Efeito da interação entre inoculante "i" com o tempo após a abertura da silagem "j";

e_{ijk} = erro experimental associado a todas as observações que, por hipótese, apresentam distribuição normal com média e variância zero δ^2 .

Os valores médios dos inoculantes, os tempos após a abertura e suas interações foram submetidos ao teste F e, quando significativos, os inoculantes e as interações foram comparados pelo teste Student Newman Keuls (SNK). As comparações entre os tempos após a abertura foram realizadas decompondo a soma dos quadrados em contrastes lineares ortogonais e efeitos quadráticos. Para todos os procedimentos estatísticos, $\alpha = 0,05$ foi usado como o limite máximo tolerável para o erro tipo I.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre tratamentos e tempos após a abertura do silo sobre os valores de pH ($P = 0,79$). Em relação aos inoculantes bacteriano-enzimáticos, o pH da silagem sem aditivo (média de 6,00) foi 21,66% e 16,16% maior em relação à silagem com 5% (Silotrato®) e 8% (Biotrato®) complexo enzimático ($P < 0,01$; Figura 1), respectivamente.

Houve diferença entre os tempos após a abertura do silo em pH ($P < 0,01$; Figura 2). Conforme o tempo após a abertura aumentou, houve um aumento linear no valor do pH, de 3,16 no momento da abertura para 7,12 após 144 horas de abertura.

Houve interação entre tratamentos e tempos após a abertura na temperatura da silagem ($P < 0,01$; Figura 3). Diferenças entre os tratamentos foram encontradas 24, 48, 72 e 144 horas após a abertura, sendo as maiores temperaturas verificadas na silagem controle em relação aos demais tratamentos. Entre os tempos após a abertura, verificou-se que a silagem controle apresentou quebra da estabilidade aeróbia (temperatura da silagem 2 °C acima da temperatura ambiente de 25 °C) após 72 horas. Nos tempos estudados, não houve quebra de estabilidade nas silagens tratadas com diferentes níveis de bactérias e enzimas fibrolíticas até 144 horas após a abertura.

Não houve diferença entre os tratamentos quanto ao pH ($P = 0,08$), ácido láctico ($P = 0,08$) e ácido acético ($P = 0,64$) no momento da abertura, com valores médios de 3,11, 47,31 g MS⁻¹ e 11,19 g MS⁻¹, respectivamente. Houve maior concentração de ácido butírico na silagem controle em comparação com a silagem com Silotrato®. Foi verificada maior concentração de nitrogênio amoniacal na silagem controle em relação à silagem com inoculante. A silagem controle e a silagem tratada com Biotrato® apresentaram perdas de efluente ($P = 0,05$) 13,99% maiores que a silagem com Silotrato® (Tabela 3). Houve maior perda de gases ($P < 0,01$) na silagem controle (sem aditivo). A maior recuperação de matéria seca ($P < 0,01$) foi observada na silagem inoculada com Silotrato®. A silagem contendo o inoculante Biotrato® apresentou recuperação de matéria seca 4,90% superior à silagem controle (média de 85,47%).

Não houve diferença entre os tratamentos para nenhuma das variáveis de composição química ($P = 0,86$; Tabela 4). Os valores médios de MS, proteína bruta, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais foram 22,31%, 6,65%, 71,15% e 42,07%, respectivamente.

O uso de inoculantes não alterou a digestibilidade *in vitro* da MS (P = 0,14), matéria orgânica (P = 0,11), proteína bruta (P = 0,10), fibra em detergente neutro (P = 0,32) e fibra em detergente ácido (P = 0,12) (Tabela 5). A silagem controle apresentou maior fração indigestível de MS (P = 0,05), fibra em detergente neutro (P = 0,02) e fibra em detergente ácido (P = 0,04) em relação às silagens tratadas com inoculantes.

Vários fatores em conjunto e / ou isoladamente são usados para classificar a silagem como boa ou ruim quando se considera o perfil de fermentação. Normalmente, uma boa silagem deve ter um valor de pH variando de 3,5 a 4,60 para gramíneas, teor de ácido butírico inferior a 10 g kg⁻¹ MS, nitrogênio amoniacal abaixo de 10% de nitrogênio total e alta recuperação de matéria seca (Borreani, Tabacco, Schmidt, Holmes, & Muck, 2018; Kung, Shaver, Grant & Schmidt, 2018). Portanto, de maneira geral, as silagens de BRS Capiáçu foram bem preservadas. Porém, verificou-se que, entre os tratamentos, a silagem controle (sem aditivo) apresentou maior concentração de ácido butírico e perdas gasosas, e menor recuperação de MS em relação às silagens tratadas com inoculantes contendo enzimas fibrolíticas e bactérias lácticas.

Em relação ao pH das silagens após a abertura do silo, não houve diferença entre os tratamentos devido à presença de microrganismos epifíticos que favorecem o declínio do pH devido à produção de ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico. Amaral et al. (2020) conseguiram isolar 65 cepas naturais de bactérias na silagem de BRS Capiáçu com capacidade de reduzir o pH, o que justifica os resultados desta pesquisa para o controle da silagem.

Nesse sentido, o uso de inoculantes na silagem justifica-se pela introdução de bactérias homo-heterofermentativas selecionadas para reduzir rapidamente a massa ensilada, favorecendo uma melhor preservação. Nesta pesquisa, a silagem contendo o inoculante Silotrato® apresentou menor concentração de ácido butírico e perdas por efluentes, e maior recuperação de matéria seca em relação aos demais tratamentos. Isso se justifica porque o pH da massa foi reduzido devido à produção de ácido láctico em curto espaço de tempo, inibindo o crescimento das bactérias *Clostridium* responsáveis pela síntese de ácido butírico e bactérias aeróbias, melhorando a qualidade fermentativa da silagem (Tian et al., 2014).

Em relação à estabilidade aeróbia das silagens, constatou-se que o pH e a temperatura das silagens 144 horas após a abertura foram maiores na silagem controle. Isso

é interessante quando se trata de usar inoculantes na silagem. Verificou-se que, após a abertura, houve atividade de bactérias aeróbias que passaram a fermentar os nutrientes da silagem justificando o aumento da temperatura. Conseqüentemente, a quebra da estabilidade aeróbia da silagem controle ocorreu cedo (72 horas) após a abertura. O ácido acético produzido por bactérias heterofermentativas, como *Lactobacillus* spp., é o responsável por preservar a silagem por mais tempo após a abertura, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis na silagem. No entanto, não houve diferença entre os tratamentos para os valores de ácido acético na silagem (média de 11,19 g kg⁻¹ MS). Desta forma, as enzimas fibrolíticas não tiveram efeito na degradação das fibras para aumentar as concentrações de açúcares solúveis e melhorar a produção de ácido acético e láctico. Nessa situação, Zhang, Li, Zhao e Yu (2016) sugeriram que os carboidratos solúveis presentes na massa ensilada eram suficientes para o processo de fermentação, o que justifica os resultados desta pesquisa.

Em pesquisa com a cultivar Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.), Bureenok et al. (2019) também não observaram alterações na síntese de ácido láctico ao usar inoculante contendo enzimas fibrolíticas e bactérias lácticas na ensilagem. Estudos anteriores sugeriram que a adição de enzimas fibrolíticas pode melhorar a qualidade da fermentação devido à degradação da fração de fibra de silagens de forragem tropical (Khota et al., 2016; Li, Zhou, Zi, & Cai, 2017; Wang et al., 2019). Esse resultado não ficou evidente nesta pesquisa. No entanto, Bureenok et al. (2019) destacam que a falta de efeito pode ser atribuída à atividade enzimática que é dependente da temperatura e do pH. De acordo com Chung et al. (2012), as enzimas fibrolíticas, como a celulase, requerem um pH de 5,0-6,5 e temperatura variando de 39 °C a 50 °C para atividade adequada. Portanto, a rápida queda do pH do BRS Capiáçu tratado com inoculante após a ensilagem pode ter inibido a atividade da celulase, conforme relatado por Khota, Pholsen, Higgs e Cai (2017) e Bureenok et al. (2019).

O uso do Silotrato® e do Biotrato® na silagem do capim BRS Capiáçu não alterou a composição química e digestibilidade da silagem. No entanto, os inoculantes reduziram a fração insolúvel de MS, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Isso pode ser justificado pela presença de ligações do tipo éster encontradas na parede celular da grama com o uso de inoculantes. Embora pareça ter atividade limitada por enzimas fibrolíticas, este é um achado interessante desta pesquisa. O conteúdo de FDNi na alimentação de ruminantes é apontado por Detmann, Valente, Batista, & Huhtanen (2014)

como um dos principais fatores que afetam o consumo de matéria seca e o desempenho animal. Neste estudo, o uso de inoculantes reduziu o teor de fibra insolúvel da silagem em 9,55%. No entanto, a queda da temperatura e do pH ao longo dos dias na fermentação pode ter inibido maiores resultados da atividade enzimática, explicando a falta de efeito na digestibilidade *in vitro* (Colombatto, Mold, Bhat, Phipps, & Owen, 2004). Porém, nesta pesquisa, não se esperava que a temperatura afetasse a atividade enzimática, pois os silos foram mantidos em temperatura ambiente (25 ° C -37 ° C). Mesmo em temperatura ambiente, Khota et al. (2017) avaliaram a silagem de sorgo inoculada com enzimas fibrolíticas e bactérias lácticas e não encontraram alterações no valor nutricional das silagens, justificando a inibição da enzima pela temperatura. Na silagem de capim Napier, Bureenok et al. (2019) não observaram o efeito das enzimas fibrolíticas associadas às bactérias ácido-láticas sobre a degradabilidade potencial da MS e digestibilidade da matéria orgânica.

4.4 CONCLUSÃO

Durante a ensilagem do capim BRS Capiaçú, recomenda-se o uso de bactérias lácticas contendo 5% de enzimas fibrolíticas (Silotrato®), pois reduzem as perdas fermentativas e a fração indigestível das silagens.

4.5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); à Unimontes; ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT); e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

4.6 REFERÊNCIAS

Amaral, R. C., Carvalho, B. F., Costa, D. M., Morenz, M. J. F., Schwan, R. F. & Ávila, C. L. S. (2020). Novel lactic acid bacteria strains enhance the conservation of elephant grass silage cv. BRS capiaçu. *Animal Feed Science and Technology*, 264(1), 1-12.doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114472

- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(1), 3952-3979. doi:10.3168/jds.2017-13837
- Bureenok, S., Langsoumechai, S., Pitiwittayakul, N., Yuangklang, C., Vasupen, K., Saenmahayak, B., & Schonewille, J. T. (2019). Effects of fibrolytic enzymes and lactic acid bacteria on fermentation quality and in vitro digestibility of Napier grass silage. *Italian Journal of Animal Science*, *18*(1), 1438-1444. doi: 10.1080/1828051X.2019.1681910
- Chung, Y. H., Zhou, M., Holtshausen, L., Alexander, T. W., McAllister, T. A., Guan, L. L.,... Beauchemin, K. A. (2012). A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions. *Journal of Dairy Science*, *95*(3), 1419-1427. doi:10.3168/jds.2011-4552
- Colombatto, D., Mould, F. L., Bhat, M. K., Phipps, R. H., & Owen, E. (2004). In vitro evaluation of fibrolytic enzymes as additives for maize (*Zea mays* L.) silage. *Animal Feed Science and Technology*, *111*(1), 111-128. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2003.08.011
- Desta, S. T., Yuan, X., Li, J., & Shao, T. (2016). Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of napier grass ensiled with additives. *Bioresource Technology*, *221*(9), 447-454. doi: 10.1016/j.biortech.2016.09.068
- Detmann, E., Souza, M. A., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C., Berchielli, T. T., Saliba, E. O. S.,..., & Azevedo, J. A. G. (2012). Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema.
- Detmann, E., Valente, E. E. L., Batista, E. D., & Huhtanen, P. (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, *162*(1), 141-153. doi: 10.1016/j.livsci.2014.01.029
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *36*(1), 101-119. doi: 10.1590/S1516-35982007001000013
- Khota, W., Pholsen, S., Higgs, D., & Cai, Y. (2016). Natural lactic acid bacteria population of tropical grasses and their fermentation factor analysis of silage prepared with cellulose and inoculant. *Journal of Dairy Science*, *99*(12), 9768-9781. doi: 10.3168/jds.2016-11180

- Khota, W., Pholsen, S., Higgs, D., & Cai, Y. (2017). Fermentation quality and in vitro methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *30*(11), 1568-1574. doi: 10.5713/ajas.16.0502
- Kung, L., Jr., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(1), 4020-4033. doi: 10.3168/jds.2017-13909
- Li, M., Zhou, H., Zi, X., & Cai, Y. (2017). Silage fermentation and ruminal degradation of stylo prepared with lactic acid bacteria and cellulase. *Animal Science Journal*, *88*(10), 1531-1537. doi: 10.1111/asj.12795
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Moura, M. M. A., Rocha, V. R., Jr., Mesquita, V. G., Leal, D. B., Maranhão, C., Albuquerque, C. J. B., & Chamone, J. M. A. (2019a). Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, *41*(5), 745-755. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Sales, E. C. J., Leal, D. B., Silva, M. F. P., Gomes, V. M., Chamone, J. M. A., Alves, D. D., Carvalho, C. C. S., Murta, J. E. J., & Rocha, V. R., Jr. (2019b). Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production*, *52*(1), 235-241. doi: 10.1007/s11250-019-02012-y
- National Research Council (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Noel, R. J., & Hambleton, L. G. (1976). Collaborative study of a semiautomated method for determination of crude protein in animal feeds. *Journal of the AOAC*, *59*(1)134-140.
- Pereira, A. V., Lédo, F. J. S., & Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS capiaçu - new elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *17*(1), 59-62. doi: 10.1590/1984-70332017v17n1c9
- Pryce, J. D. (1969). A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analyst*, *94*(1), 1151-1152. doi: 10.1039/AN9699401151
- Ruppel, K. A., Pitt, R. E., Chase, L. E., & Galton, D. M. (1995). Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, *78*(1), 141-153. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76624-3
- Sun, Q., Gao, F., Yu, Z., Tao, Y., Zhao, S., & Cai, Y. (2012). Fermentation quality and chemical composition of shrub silage treated with lactic acid bacteria inoculants and cellulose

- additives. *Animal Science Journal*, 83(4), 305-309. doi: 10.1111/j.1740-0929.2011.00962.x
- Tian, J., Yu, Y., Yu, Z., Shao, T., Na, R., & Zhao, M. (2014). Effects of lactic acid bacteria inoculants and cellulose on fermentation quality and in vitro digestibility of *Leymuschinensis* silage. *Grassland Science*, 60(4), 199-205. doi: 10.1111/grs.12059
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18(2), 104-111. doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Valente, T. N. P., Detmann, E., Queiroz, A. C., Valadares, S. C., F^o., Gomes, D. I., & Filgueiras, J. F. (2011). Evaluation of rumen degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11), 2565-2573. doi: 10.1590/S1516-35982011001100039
- Wang, S., Guo, G., Li, J., Chen, L., Dong, Z., & Shao, T. (2019). Improvement of fermentation profile and structural carbohydrate compositions in mixed silages ensiled with fibrolytic enzymes, molasses and *Lactobacillus plantarum* MTD1. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 328-335. doi: 10.1080/1828051X.2018.1528899
- Zhang, Q., Li, X., Zhao, M., & Yu, Z. (2016). Lactic acid bacteria strains for enhancing the fermentation quality and aerobic stability of *Leymuschinensis* silage. *Grass and Forage Science*, 71(3), 472-481. doi: 10.1111/gfs.12190

4.7 TABELAS E FIGURAS

Tabela 1

Níveis de garantia do inoculante enzimático-bacteriano usado no experimento

Composição (ufc g ⁻¹)	Silotrato [®]	Biotrato [®]
<i>Enterococcus faecium</i> (mín)	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Lactobacillus buchneri</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Lactobacillus curvatus</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Lactococcus lactis</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Pediococcus acidilactici</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
<i>Propioni bacterium</i>	1,0 x 10 ¹⁰	1,0 x 10 ¹⁰
Complexo enzimático	5%	8%

ufc – unidade formadora de colônia; Source: SLO Biotecnologia & Agropecuária

(Fonte: <http://www.sloagropecuaria.com.br/categoria/4/inoculantes.html>).

Tabela 2

Composição nutricional da forragem antes da ensilagem

Item (g kg ⁻¹)	BRS Capiáçu aos 90 dias
pH	6,5
Matéria seca	228,5
Cinzas	123,9
Proteína bruta	78,4
Extrato etéreo	9,3
Fibra em detergente neutro	729,0
Fibra em detergente ácido	503,7
Lignina	57,5
FDNi	303,8
Carboidratos totais	788,1
Carboidratos não fibrosos	59,1
Nutrientes digestíveis totais	390,6
Digestibilidade <i>in vitro</i> da MS	772,2
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDN	673,3
Digestibilidade <i>in vitro</i> da FDA	466,0

MS – Matéria Seca; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido;
FDNi – Fibra em detergente neutro indigestível.

Tabela 3

Perfil fermentativo da silagem de BRS Capiçu contendo diferentes inoculantes bacteriano-enzimáticos

Item	Controle	Inoculantes		SEM	P-value
		Silotrato [®]	Biotrato [®]		
pH ¹	3,08	3,03	3,23	0,04	0,08
Nitrogênio Amoniacal, %NT	5,25a	4,57 b	4,12 b a	0,22	<0,01
Ácido Lático, g MS ⁻¹	45,30	49,34	47,20	1,15	0,08
Ácido Acético, g MS ⁻¹	10,37	11,88	11,31	0,86	0,64
Ácido Butírico, g MS ⁻¹	0,90 a	0,62 b	0,77 ab	0,07	0,04
Perdas por efluentes, kg MV t ⁻¹	113,73 a	93,94 b	104,71 a	5,35	0,05
Perdas por gases, %MS	13,35 a	7,33 b	9,29 b	0,67	<0,01
Recuperação de MS, %	85,47 c	92,66 a	89,88 b	0,68	<0,01

pH- valores na abertura; NT – Nitrogênio total; MV – Matéria verde; t - toneladas; MS – Matéria seca; SEM – Erro padrão da média; P – Probabilidade, Médias seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05) pelo teste de Student Newman Keuls ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4

Composição química da silagem de BRS Capiçu contendo diferentes inoculantes bacteriano-enzimáticos

Item (%)	Controle	Inoculantes		EPM	P-value
		Silotrato [®]	Biotrato [®]		
Matéria seca	21,39	23,94	21,58	0,92	0,12
Cinzas	12,23	11,94	11,22	0,48	0,34
Proteína bruta	6,88	6,58	6,49	0,18	0,31
Extrato etéreo	1,92	1,92	2,14	0,10	0,24
Fibra em detergente neutro	70,45	70,62	72,4	0,72	0,13
Fibra em detergente ácido	47,34	47,95	49,88	0,75	0,06
Lignina	8,28	7,96	8,94	0,62	0,54
Carboidratos totais	78,94	79,55	80,13	0,51	0,29
Carboidratos não fibrosos	8,49	8,92	7,73	0,91	0,65
Nutrientes digestíveis totais	42,17	42,19	41,85	0,49	0,86

EPM – Erro padrão da média; P – Probabilidade.

Tabela 5

Digestibilidade e fração indigestível da silagem de BRS Capiáçu contendo diferentes inoculantes bacteriano-enzimáticos

Item (%)	Controle	Inoculantes		EPM	P-value
		Silotrato [®]	Biotrato [®]		
<i>Digestibilidade in vitro</i>					
Matéria seca	73,94	74,71	77,15	1,15	0,14
Matéria orgânica	71,66	74,17	75,59	1,29	0,11
Proteína bruta	63,90	66,23	75,40	3,84	0,10
Fibra em detergente neutro	67,25	69,27	69,85	1,24	0,32
Fibra em detergente ácido	47,21	49,77	49,81	0,99	0,12
<i>Fração indigestível</i>					
Matéria Seca	40,81 a	38,44 b	37,25 b	0,98	0,05
Fibra em detergente neutro	33,93 a	31,84 b	30,11 b	0,9	0,02
Fibra em detergente ácido	25,09 a	23,01 b	21,56 b	0,93	0,04

EPM – Erro padrão da média; P – Probabilidade, Médias seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05) pelo teste de Student Newman Keuls ao nível de 5% de probabilidade.

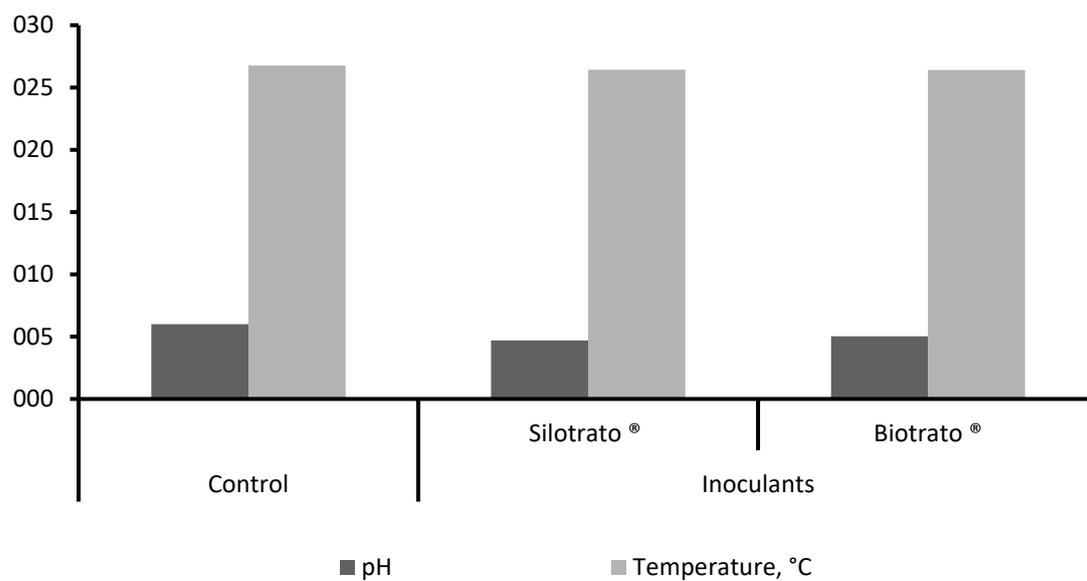


Figura 1. Valores médios de pH e temperatura durante a estabilidade aeróbia da silagem de BRS Capiçu associada a diferentes inoculantes bacteriano-enzimáticos (efeitos dos tratamentos para pH e temperatura ($P < 0,01$)),

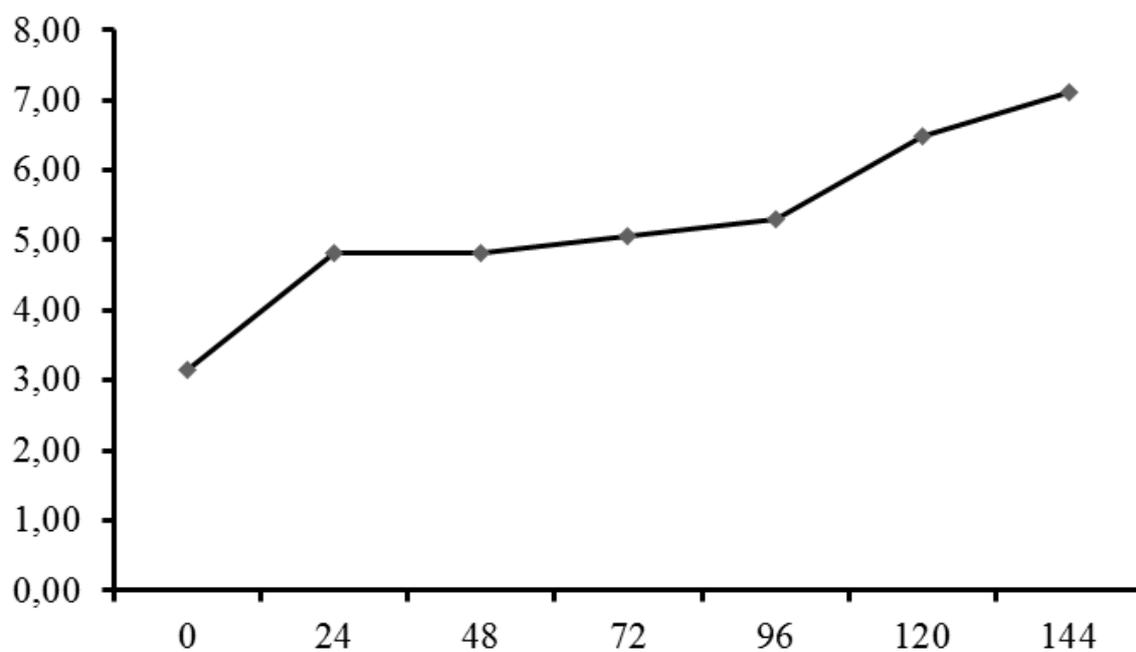


Figura 2. Valores médios de pH durante a estabilidade aeróbia de silagens de BRS Capiçu em diferentes momentos após a abertura (interação entre tratamentos e tempos após a abertura: P = 0,79),

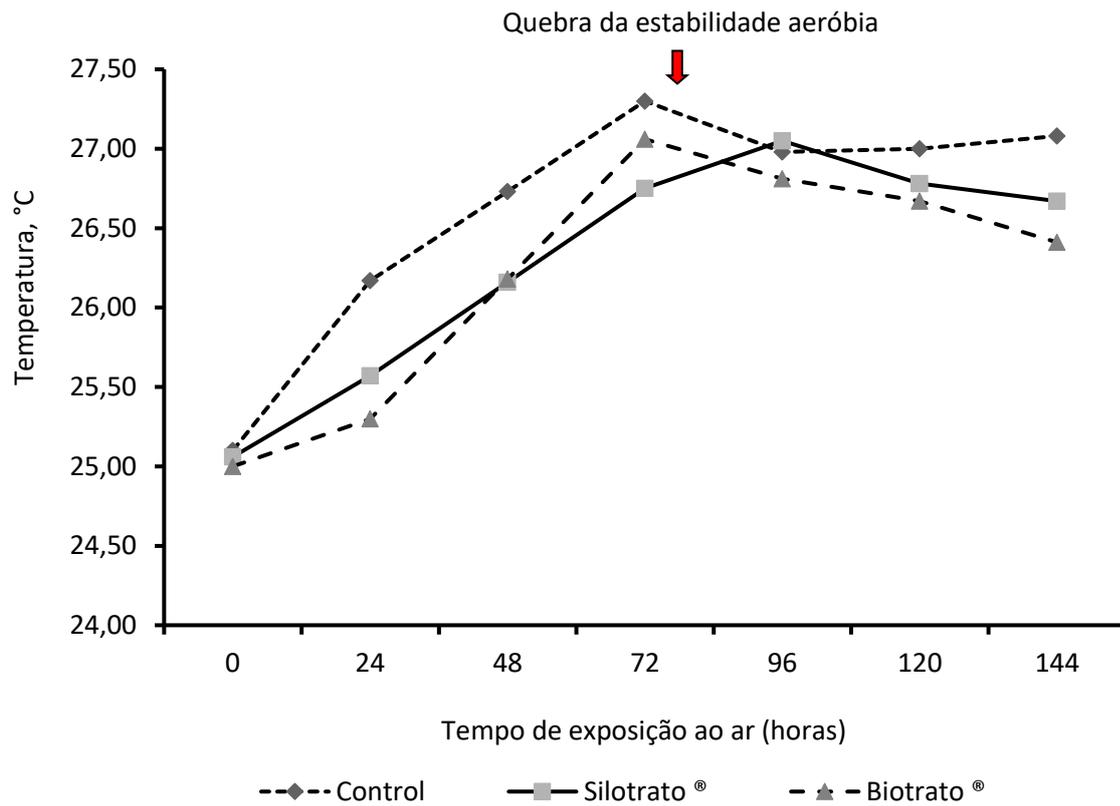


Figura 3. Temperatura da silagem de BRS Capiáçu associada a diferentes inoculantes bacteriano-enzimáticos em diferentes momentos após a abertura (interação entre tratamentos e tempos após a abertura: $P < 0,01$),

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A silagem é uma estratégia importante na produção animal, principalmente no Brasil, onde há um período de diminuição de oferta de pasto devido a sazonalidade, por isso o capim BRS Capiáçu conseguiu tanto destaque, por ser uma cultura de baixo custo para produção de silagem e com bom valor nutricional, E com a realização deste estudo é possível agregar ainda mais a essa cultura podendo melhorar fatores ligados a qualidade fibrosa desse material,

Por isso, os resultados dessa pesquisa são de grande relevância pois foi observado diminuições de frações indigestíveis e perdas fermentativas com inoculantes bacterianos com apenas 5% de fração enzimática, Em grande escala, isso causa grande impacto nos custos e lucros nas fazendas agropecuárias,