



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**SILAGEM DE CAPIM-BRS CAPIAÇU E MILHO
MOÍDO ASSOCIADO COM DIFERENTES
PROPORÇÕES DE PALMA FORRAGEIRA**

ANSELMO BATISTA ANTUNES

2025

ANSELMO BATISTA ANTUNES

**SILAGEM DE CAPIM-BRS CAPIAÇU E MILHO MOÍDO ASSOCIADO COM DIFERENTES
PROPORÇÕES DE PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Pinto Monção

Janaúba

2025

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

	Antunes, Anselmo Batista
A627s	Silagem de capim-BRS capiaçu e milho moído associado com diferentes proporções de palma forrageira [manuscrito] / Anselmo Batista Antunes – 2025. 58 p.
Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2025.	
Orientador: Prof. D. Sc. Flávio Pinto Monção.	
1. Forragem. 2. Milho. 3. Palma forrageira. 4. Silagem. I. Monção, Flávio Pinto. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.	
CDD. 636.08552	

Catalogação: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

Ata de Reunião

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Nome do Acadêmico: **Anselmo Batista Antunes**

CPF do Acadêmico: 102.844.646-27

Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Nível: Mestrado

Departamento: Ciências Agrárias

Título da dissertação: “**Silagem de capim-BRS capiaçu e milho moído associado com diferentes proporções de palma forrageira**”

Após declarada aberta a sessão, o Presidente passa a palavra aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Membros da Banca Examinadora:

Dr. Flávio Pinto Monção/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. João Paulo Sampaio Rigueira/Membro Interno/ UNIMONTES

Dr. Tiago Alves Corrêa Carvalho da Silva/ Membro Externo/ University of New England

Resultado: Aprovado

- Nota: 9,0

- Conceito (A = 9-10/ B = 7,5-8,9/ C = 6-7,4/ D = 0-5,9): A

APRECIAÇÃO SOBRE A DISSERTAÇÃO

Aos **8 dias do mês de Julho de 2025**, às **18:00h**, por meio da plataforma digital **Google Meet**, realizou-se a defesa da dissertação do acadêmico **Anselmo Batista Antunes**, matriculado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. O acadêmico foi considerado **APROVADO** pelos membros acima nomeados. O acadêmico tem prazo máximo de 90 dias para as correções e entrega da versão definitiva, conforme as

normas definidas pelo PPGZ e pela Unimontes.

Eu, **Flávio Pinto Monção**, lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.

O curso é reconhecido e Homologado pelo CNE (Portaria MEC N° 1.077- DOU de 13/09/2012 - Parecer CES/CNE 277/2007, 17/01/2008) Renovação do Reconhecimento: (RESOLUÇÃO SEDECTS N° 15, de 14 DE MARÇO 2019, D.O.MG de 26/03/2019).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Professor(a)**, em 10/07/2025, às 08:50, 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 **João Paulo Sampaio Rigueira, Coordenador (a)**, em 10/07/2025, às 18:36, 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 **Vicente Ribeiro Rocha Junior, Professor(a)**, em 05/08/2025, às 10:20, 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 **Tiago Alves Correa Carvalho da Silva, Usuário Externo**, em 13/08/2025, às 01:25, 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 **117832698** e o código CRC **37DE6E6F**.

Referência: Processo nº 2310.01.0014174/2025-23

SEI nº 117832698

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA	6
RESUMO GERAL	7
GENERAL ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. O CAPIM-ELEFANTE	11
2.2. SILAGEM DE CAPIM -BRS CAPIAÇU.....	12
2.3. PALMA FORRAGEIRA.....	13
2.4. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGEM.....	16
2.5. USO DE ADITIVO SEQUESTRANTE DE UMIDADE NA PRODUÇÃO DE SILAGEM	20
3. REFERÊNCIAS	21
4. CAPÍTULO 1.....	33
RESUMO	33
ABSTRACT	33
4.1 INTRODUÇÃO	34
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.3 RESULTADOS	41
4.4 DISCUSSÃO	48
4.5 CONCLUSÃO	52
4.6 REFERÊNCIAS	53
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ). Link: <https://rbz.org.br/>. Exceto as figuras.

RESUMO GERAL

ANTUNES, ANSELMO BATISTA. **Silagem de capim-BRS capiaçu e milho moído associada com diferentes proporções de palma forrageira.** 2025. 58 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.

A conservação de forrageiras surge como estratégia de alimentação nos sistemas de produção de ruminantes quando há um déficit de alimentação. A técnica de ensilagem possibilita o uso de diversas forrageiras, desde que o teor de matéria seca, carboidratos solúveis em água e poder tampão sejam adequados. O capim-BRS capiaçu e a palma forrageiras são plantas adaptadas ao clima semiárido e apresentam potencial para produção de silagens. Contudo, existem lacunas no conhecimento quanto a qualidade da silagem produzida. Assim, objetivou-se avaliar diferentes proporções de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu associado com 10% de inclusão de milho grão moído sobre a estabilidade aeróbia, perfil fermentativo, composição química e digestibilidade. Os tratamentos consistiram na inclusão de palma forrageira (*Opuntia spp.*) em níveis crescentes de 0, 15, 30, 45 e 60% da matéria natural na ensilagem com o capim-BRS capiaçu com 10% de milho grão moído. Ainda, utilizou-se a silagem controle composta por capim-BRS capiaçu sem milho moído. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições. O capim-BRS capiaçu foi colhido aos 102 dias de rebrotação. Para ensilagem, foram utilizados silos experimentais de PVC, de pesos conhecidos, com 50 cm de comprimento e 10cm de diâmetro.

Palavras-chave: composição química, conservação, digestibilidade, forragem e semiárido.

GENERAL ABSTRACT

Forage conservation emerges as a feeding strategy in ruminant production systems when there is a feed deficit. The ensilage technique allows the use of various forages, as long as the dry matter content, water-soluble carbohydrates and buffering power are adequate. BRS capiaçu grass and cactus pear are plants adapted to the semiarid climate and have potential for silage production. However, there are gaps in knowledge regarding the quality of the silage produced. Thus, the objective of this study was to evaluate different proportions of cactus pear in ensilage with BRS capiaçu grass associated with 10% inclusion of ground corn grain on aerobic stability, fermentation profile, chemical composition and digestibility. The treatments consisted of the inclusion of cactus pear (*Opuntia* spp.) at increasing levels of 0, 15, 30, 45 and 60% of the natural matter in ensilage with BRS capiaçu grass and 10% ground corn grain. Furthermore, control silage composed of BRS capiaçu grass without ground corn was used. A completely randomized design with six treatments and eight replicates was used. BRS capiaçu grass was harvested at 102 days of regrowth. For ensiling, experimental PVC silos of known weights, 50 cm long and 10 cm in diameter were used.

Keywords: chemical composition, conservation, digestibility, forage and semiarid region.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As condições climáticas de grande parte do Brasil são caracterizadas por dois períodos distintos, estação das águas e estação das secas, o que modifica a disponibilidade e qualidade de forragem. Isso porque o período das águas é marcado pela elevada umidade e temperatura, o que favorece à abundante produção de forragens com alto valor nutritivo (Gurgel et al., 2017), fato que ocorre inversamente no período seco. Considerando o acúmulo de massa seca de forragem anual entre 12 e 18 toneladas por hectare (*Urochloa* e *Megathyrsus*), aproximadamente 80% do acúmulo ocorre na estação chuvosa (Castro LM et al., 2013; Barbero RP et al., 2014). Para diminuir os efeitos causados pela sazonalidade, o excedente da produção de forragens no período das águas pode ser utilizado na alimentação animal no período seco, através do emprego de técnicas de conservação como a ensilagem (Paula et al., 2020; Monção et al., 2019).

Entre as gramíneas forrageiras tropicais, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cultivar BRS capiaçu tem se destacado por apresentar características como a alta produção de forragem por unidade de área e pelo equilíbrio nutritivo (Ribas et al., 2021; Monção et al., 2024), sendo, portanto, muito utilizado para a produção de silagem. Entretanto, o baixo teor de matéria seca no momento ideal do corte (16,4 a 19,7 % de MS; Pereira et al., 2016), além do baixo teor de carboidratos solúveis (137 g kg⁻¹ MS; Fernandes et al., 2021) e da elevada capacidade tampão apresentados por essa forrageira pode comprometer a qualidade da silagem (Ribas et al., 2021; Silva et al., 2021).

Estudos têm sido feitos com o objetivo de verificar alternativas para aumentar o teor de matéria seca e o aporte de carboidratos solúveis no material a ser ensilado através do uso de aditivos, que proporcionam a silagem de melhor qualidade (Paula et al., 2020; Silva et al., 2021). Sabe-se que estes reduzem os riscos do processo de ensilagem e melhoram o valor nutritivo da silagem. Um bom aditivo para a ensilagem de gramíneas tropicais deve apresentar alto teor de matéria seca, ótima capacidade de absorção de água, elevado valor nutritivo, boa aceitabilidade pelo animal e alto teor de carboidratos solúveis, além de fácil manipulação e boa disponibilidade no mercado (Bergamaschine et al., 2006; Muck et al., 2018). Tais aditivos limitam a ação de bactérias

do gênero *Clostridium* e podem elevar o teor de açúcares na massa ensilada, facilitando o estabelecimento das bactérias ácido láticas. Através da redução do teor de água na forragem, ocorre a concentração dos carboidratos solúveis, diminuição de fermentações clostrídicas, diminuição efetiva do pH e da produção de efluentes. Esse processo pode ser favorecido pela aplicação de sequestrantes de umidade, o que é prática usual no Brasil, principalmente na ensilagem de gramíneas tropicais. Além de corrigir a matéria seca (MS), alguns materiais fornecem carboidratos solúveis e estimulam a fermentação.

Quando se trata de carboidratos solúveis em água, a palma forrageira se destaca como fonte desses nutrientes (Marques et al., 2017; Dubeux Jr. et al., 2021; Fernandes et al., 2023; Alencar et al., 2023). Além de ser uma planta adaptada às condições edafoclimáticas da região semiárida, com elevada produtividade e capacidade de rebrotação, a palma forrageira é rica em água, carboidratos não fibrosos e sais minerais, o que justifica o seu uso nos sistemas de produção animal (Nobel, 2001; Cavalcante et al., 2014; Moraes et al., 2019). Todavia, a ensilagem da palma forrageira é pouco usual devido à baixa concentração de matéria seca (10 a 13%), sendo necessário sua associação a outras fontes de forragem e fontes de sequestrante de umidade. Com isso, há necessidade de entender melhor qual é a proporção de mistura do capim-BRS capiaçu com palma forrageira no momento da ensilagem. Hipotetiza-se que há um nível ideal de inclusão desses ingredientes associados com milho moído como sequestrante de umidade em que proporcione adequada fermentação no silo e bom valor nutricional da silagem produzida.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a proporção de inclusão da palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído, sobre o perfil fermentativo e valor nutricional da silagem produzida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante *Cenchrus purpureus* (Schumach) é originário do continente africano e sua maior variabilidade genética está nas regiões de Guiné, Moçambique, Angola, Zimbábue e Sul do Quênia, onde há vales férteis, com precipitação anual acima de 1.000 milímetros (Brunken, 1977). É uma gramínea de grande importância, tendo em vista suas características produtivas e flexibilidade de manejo.

As cultivares de capim-elefante caracterizam-se como gramíneas perenes, de crescimento cespitoso, colmo ereto disposto em touceira ou não, com folha de coloração verde, variando do mais escuro ao mais claro, de inflorescência com panículas sedosas de 15 cm de comprimento em média, podendo alcançar de 3 a 5 metros de altura dependendo do manejo. Apresenta desenvolvimento de perfis aéreos e basilares, com formação de densas touceiras, porém, não são capazes de cobrir o solo (Jacques, 1994).

O capim-elefante tem sido utilizado há bastante tempo, principalmente em propriedades leiteiras, por se destacar sua elevada produção de matéria seca (MS) (20 a 70 t/ha/ano), bom valor nutritivo, quando colhido com nível de maturação adequado e resistir a condições climáticas desfavoráveis, como seca e frio (Queiroz Filho et al., 2000).

Entretanto, sua alta produtividade na estação chuvosa e a redução do crescimento na época da seca podem resultar em grandes variações nas características morfológicas e no valor nutricional da planta (O' Rourke, 1984). Devido à alta capacidade produtiva, ao bom valor nutritivo 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 (Martins et al., 2020).

De acordo com Pereira et al. (2021), observa-se 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 Capiaçu 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).

A característica de alto rendimento e tolerância à seca são as de maior importância quando se objetivou o desenvolvimento da cultivar. Segundo Pereira et al. (2017), o potencial de produção de biomassa da BRS Capiaçu supera o do milho e o da cana-de-açúcar, atingindo média de 50 t/ha/ano de matéria seca. Segundo Monção et al. (2019), a produção de matéria seca da cultivar BRS Capiaçu foi de 72 t/ha/ano no semiárido mineiro. Ademais, a cultivar é tolerante ao estresse hídrico, o que a torna alternativa ao cultivo do milho em regiões com alto risco de ocorrência de veranicos.

2.2. SILAGEM DE CAPIM BRS CAPIAÇU

A técnica de ensilagem corresponde ao armazenamento da forragem em um ambiente anaeróbico, possui como base a conservação por acidificação do material ensilado, ocorre a fermentação por meio de bactérias produtoras de ácido lático que fazem a conversão dos carboidratos solúveis para ácidos orgânicos, viabilizando a redução do pH sendo um parâmetro importante a ser mensurado, pois inibe a atuação de microrganismos do gênero *Clostridium* considerados prejudiciais ao processo (Neumann et al., 2010; Macêdo et al., 2019). 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 de acordo a maturação fisiológica devido o avançar da idade, e uma das

técnicas adotadas para manejo é a ensilagem para melhor conservação do seu valor nutritivo (Tosi et al., 1995).

De acordo com Pereira et al. (2016), para a produção de silagem do capim-BRS capiaçu, recomenda-se os cortes próximo a 90-110 dias de idade de rebrotação, 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.

Pereira et al. (2017) avaliaram o melhor momento para ensilagem do BRS Capiaçu e recomendaram a idade de corte de 90 a 110 dias de rebrotação. Os autores observaram altura média de 3,5 a 4,0 metros; perfil químico de matéria seca 18,0%; proteína bruta 5,3%; fibra em detergente neutro 72,2%; nutrientes digestíveis totais 46,8% na colheita do capiaçu com 90 dias. Quando colhido aos 110 dias, altura média de 3,5 a 4,0 metros; perfil químico de matéria seca 20,4%; proteína bruta 5,1%; fibra em detergente neutro 73,8%; nutrientes digestíveis totais 45,4%. Monção et al. (2019) verificaram que os teores de matéria seca variaram com a idade de corte, de 13,02 % com 30 dias de rebrota a 21,16 % aos 120 dias de rebrota na região semiárida. Kung Jr et al. (2018) observaram que, para a obtenção de silagem de qualidade, o teor mínimo de matéria seca de gramíneas forrageiras é de 25 % a 35 %. Ribas et al. 2021, avaliando os efeitos dos tempos de murcha e da aplicação de inoculante enzimático-bacteriano sobre o perfil fermentativo e as características nutricionais da silagem de capim BRS capiaçu, relatam o murchamento leve por até 30 h e a aplicação de um inoculante enzimático-bacteriano melhoram o perfil fermentativo e a composição química e reduzem as perdas de matéria seca da silagem de capim-BRS capiaçu colhido aos 100 dias de rebrota.

Pereira et al. (2017) não recomendam a ensilagem com a idade avançada (acima de 120 dias de rebrota), uma vez que há diminuição da qualidade nutricional. Na prática, colheita acima de 120 dias, as plantas tendem a crescer muito e fica mais suscetível ao acamamento, dificulta a colheita e consequentemente aumenta os custos operacionais, pois tem maior custo com mão de obra para fazer a colheita de plantas acamadas.

2.3. PALMA FORRAGEIRA

Utilizada para diversas finalidades, a palma forrageira é uma espécie nativa do continente americano, mais precisamente do México (Lima, 2001), que se adaptou bem em boa parte do semiárido brasileiro e do mundo, por apresentar características anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas de adaptação frente aos rigores climáticos (Cândido et al., 2013).

Relatos acerca da introdução da palma no Brasil citam empresários Nordestinos do ramo da indústria têxtil como os principais idealizadores da cultura. A implantação da palma tinha por finalidade a obtenção do corante carmim, substância produzida pela cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) inseto hospedeiro da planta. Ao difundirem a palma, obtinha-se então o corante que seria empregado no processo de tingimento dos tecidos em suas indústrias (Siqueira., 2018).

Contudo, no início da década de 20, os derivados do petróleo (tintas e esmaltes sintéticos) começaram a ser lançados no mercado de maneira intensiva, de forma que o processo de produção do carmim tornou-se inviável (Suassuna, 2009). Sem êxito em sua exploração inicial, a palma passou a ser utilizada para fins ornamentais, e posteriormente, descoberta como planta forrageira, durante o período da grande seca de 1932, quando introduzida na alimentação dos rebanhos (Lima, 2001).

A palma forrageira se destaca por suportar as condições climáticas impostas pelo semiárido (Marques et al., 2017; Nogueira et al., 2019), servindo como base alimentar dos rebanhos (Galvão Júnior et al., 2014).

Sua adaptabilidade pode ser atribuída as características morfofisiológicas xeromórficas, como raízes bem desenvolvidas, predominantemente superficiais (Marques et al., 2017). Destaca-se o metabolismo diferenciado CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) que permite a esta forrageira um maior aproveitamento da água, visto que, plantas com este diferencial, abrem seus estômatos durante a noite, mantendo-os fechados durante o dia, o que reduz a perda de água pela evaporação estomática (Donato et al., 2014; Almeida et al., 2015; Niechayev et al., 2019).

Vários são os benefícios da inclusão de palma forrageira na dieta de animais ruminantes, entretanto, pouco é sabido sobre comportamento dessa forrageira quando ensilada sozinha ou misturada com outros volumosos. Evidentemente que a palma forrageira apresenta altos teores de umidade, cerca de 90% da matéria natural (Marques et al., 2017), e que a alta atividade de água pode vir a prejudicar a

fermentação da massa ensilada (Costa et al., 2016; Tolentino et al., 2016; Kung Jr et al., 2018; Veriato et al. 2018).

Entretanto trabalhos recentes (Monção et al., 2020; Alencar et al., 2023; Cordeiro et al., 2023) vêm demonstrando que apesar do baixo teor de matéria seca (por volta de 10%) a palma forrageira, quando fatiada, pode ser ensilada e produzir silagem de qualidade. A principal justificativa é que o alto teor de carboidratos solúveis fornece substrato que é facilmente fermentável pelas bactérias produtoras de ácido láctico, reduzindo o pH, inibindo assim o crescimento de microrganismos indesejáveis (Pereira, 2019). Outra característica é que a mucilagem, uma mistura de polissacarídeos constituída por arabinose, galactose, ramnose e ácidos galacturônicos, apresenta propriedades osmóticas de absorver fluídos presentes na massa ensilada (Felkai-Haddache et al., 2016).

Entretanto, para a obtenção de silagens de palma forrageira com perfil de fermentação adequado, alguns pontos devem ser levados em consideração, sendo os principais o tamanho de partícula e a manutenção da anaerobiose (Kung Jr et al., 2018; Monção et al., 2020). Os cuidados em relação ao tamanho de partícula devem se concentrar em se evitar a maceração dos cladódios para não se intensificar a liberação de água que fica ligada a mucilagem, assim partículas de 2-5 cm seriam recomendadas (palma fatiada). A mucilagem representa cerca de 14% do peso seco do cladódio, contendo aproximadamente 30% de água presente no parênquima de reserva (Ventura-Aguilar et al., 2017). A manutenção da água ligada à mucilagem evita altas quantidades de água livre no processo de fermentação, o que pode ser prejudicial. Em relação à manutenção da anaerobiose, esta é importante para a proliferação de bactérias fermentadoras de ácido láctico (BAL), pois a palma forrageira possui concentrações elevadas de pentoses (xilose e arabinose) e hexoses (manose, glicose e galactose) (Felkai-Haddache et al., 2016). Assim, as BAL utilizam esses açúcares como substrato para produzir ácido láctico, resultando em silagens com adequado perfil fermentativo (Pereira, 2019).

Levando em consideração as dificuldades práticas em nível de campo relacionadas à ensilagem da palma forrageira (principalmente a compactação para criar o ambiente livre de ar) a confecção de silagens mistas de palma forrageira e gramíneas vem se tornando uma opção interessante (Brito et al., 2020; Monção et al., 2020). Essa

técnica tem por princípio se beneficiar dos carboidratos solúveis presentes na palma junto do maior teor de matéria seca da gramínea selecionada, o que pode vir a minimizar problemas na produção de silagem.

Monção et al. (2020) avaliaram a ensilagem do capim-BRS capiaçu associado a palma forrageira triturada em diferentes níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20% na matéria natural). Os autores concluíram que com até 5% de inclusão de palma forrageira os melhores resultados foram alcançados, visto que, apesar de maiores inclusões aumentarem a digestibilidade in vitro da matéria seca e da fibra em detergente neutro, as perdas de matéria seca por efluentes e gases se tornam maiores.

2.4. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SILAGEM

O principal objetivo da conservação de forragens é a preservação dos nutrientes (proteínas, carboidratos, lipídios, minerais, vitaminas) presente na massa ensilada, para que sejam fornecidos e utilizados pelos animais no momento oportuno. A silagem é o material produzido pela fermentação controlada de uma forragem ou cereal com alto teor de umidade. Para ser ensilada, uma forragem deve conter um nível adequado de substratos fermentáveis sob forma de carboidratos solúveis em água (os principais são glicose, frutose e sacarose), um baixo poder tampão, um teor de matéria seca acima de 20% e deve também possuir uma estrutura física que permita uma boa compactação no silo (McDonald et al., 1991). Essas são as premissas básicas de qualquer forrageira para ser ensilada visando adequada capacidade fermentativa.

Os parâmetros mais utilizados para classificar qualitativamente a silagem são: os teores de ácido orgânicos, pH e o nitrogênio amoniacial, pois indicam as transformações relacionadas com as perdas nos elementos nutritivos no interior dos silos. Entretanto, alguns parâmetros podem influenciar o processo fermentativo como teor de matéria seca da planta no momento da ensilagem, atividade de água (AW), conteúdo de carboidratos solúveis e o poder tampão (Kung Jr et al., 2018).

McDonald et al. (1991), preleciona que vários ácidos orgânicos são produzidos durante a fermentação de silagens (lático, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico). Todavia, para a avaliação da qualidade do processo fermentativo, os mais comumente utilizados são os ácidos lático, butírico e

acético. Os autores determinaram que as perdas de matéria seca e de energia das silagens são maiores quando há presença de fermentação clostridiana, fermentando alanina a ácido propiônico e acético e também convertendo ácido láctico em ácido butírico e de enterobactérias, que fermentam a glicose em ácido acético.

Durante a ensilagem, o ácido láctico (pKa de 3,86), produzido por bactérias do ácido láctico (BAL), é geralmente o ácido encontrado na maior concentração nas silagens e contribui mais para o declínio do pH durante a fermentação porque é cerca de 10 a 12 vezes mais forte do que qualquer um dos outros ácidos principais [por exemplo, ácido acético (pKa de 4,75) e ácido propiônico (pKa de 4,87)] encontrados nas silagens (Moiso e Heikonen, 1994).

Para Fisher e Burns (1987), o conteúdo de ácido butírico reflete a extensão da atividade clostridiana sobre a forragem ensilada e está relacionado a menores taxas de decréscimo e maiores valores finais de pH nas silagens. O conteúdo desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo, bem como corresponde àquelas silagens que apresentaram perdas acentuadas de matéria seca e energia da forragem original durante a fermentação e, frequentemente, esse conteúdo de ácido butírico é positivamente correlacionado à redução da palatabilidade e do consumo da forragem.

O conteúdo de ácido acético, assim como o conteúdo de ácido butírico, também está relacionado a menores taxas de decréscimo e de maiores valores finais de pH nas silagens. Esse conteúdo corresponde, principalmente, à ação prolongada de enterobactérias e bactérias lácticas heterofermentativas, mas, em menor proporção, sendo também produzido por clostrídios. Além de afetar negativamente a queda do pH, as fermentações promovidas por esses microrganismos acarretam maiores perdas de matéria seca e energia do material ensilado. Portanto, silagens bem conservadas devem apresentar reduzido conteúdo de ácido acético, cujo nível também pode ser utilizado como parâmetro para a avaliação da qualidade do processo fermentativo (Muck e Bolsen, 1991).

O pH (potencial hidrogeniônico) é uma grandeza físico-química que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Sua escala varia entre 0 e 14, sendo que o pH 7 com temperatura de 25 °C, indica um pH neutro, abaixo desse valor refere-se a um meio ácido e acima de 7 indica um meio alcalino (Pilch, 2014).

A avaliação do pH na silagem é comumente utilizada como indicativo da qualidade fermentativa, por ser uma análise rápida, barata e de fácil execução. Ao medir o valor do pH, pode-se avaliar a magnitude da fermentação, processo fundamental para o sucesso da forragem conservada. Assim, valores de pH das silagens bem conservadas variam entre 3,6 a 4,2; enquanto as de baixa qualidade se situam entre 5,0 a 7,0 (Tomich, 2004).

Silagens bem conservadas apresentam altas proporções de ácido lático em relação aos outros ácidos orgânicos, desde que não se utilizem aditivos para restringir a fermentação (Fairbairn et al., 1992). A estabilização do pH e a adequada quantidade de ácidos orgânicos fazem com que se reduza a capacidade tamponante da forragem (Van Soest, 1994). A redução do pH na silagem, decorrente da produção desses ácidos, promove uma queda na atividade proteolítica das enzimas da própria forragem e reduz o crescimento de microrganismos anaeróbicos indesejáveis, particularmente as enterobactérias e clostrídios (Pilch, 2014).

Segundo Ditchfield (2000), o termo atividade da água (Aw) foi criado para denominar a água disponível para crescimento microbiano e reações que possam deteriorar os alimentos. A Aw refere-se à medição da concentração de solutos em água e seus efeitos sobre a atividade química da água. O valor da Aw indica o nível de água em sua forma livre nos materiais e é expresso na escala de 0 a 1,0; em que se considera o valor 0 (zero) para materiais livres de água e 1,0 para a água em sua forma líquida. Logo, a atividade de água pura é 1,0 e diminui com o aumento na concentração de solutos. No campo da avaliação de alimentos ensilados, a Aw é de grande importância para a qualidade de fermentação durante a ensilagem e para a atividade microbiológica durante a fase de utilização da silagem. De acordo com Lindgren (1999), a redução na Aw pode ter efeito sinérgico na queda do pH, devido à tolerância das bactérias ácido lácticas às condições de baixa umidade, assumindo grande importância na qualidade da fermentação da silagem.

Os microrganismos de uma forma geral são fundamentais no processo de fermentação de silagens e têm sua atividade largamente afetada pela Aw. Alguns trabalhos conduzidos no Brasil, com espécies tropicais, evidenciam valores relativamente elevados para a Aw em silagens de gramíneas. Nesse contexto, Castro et al., (2001), registraram valores de Aw entre 0,69 e 0,85 para silagem de Tifton 85,

enquanto Igarasi (2002), registrou valores de Aw superiores a 0,93 para silagem de Capim-Tanzânia.

O desenvolvimento da maioria das bactérias e fungos está restrito a valores de Aw acima de 0,90, no entanto, as salmonelas precisam de Aw superior a 0,92 para crescimento. Garcia (2004), destaca que o limite mínimo para o crescimento de fungos é de 0,78 Aw e a produção de aflatoxinas é de 0,86 Aw. Segundo McDonald et al., (1991), o crescimento de bactérias do gênero Clostridium é inibido com Aw abaixo de 0,94, mas as bactérias ácido lácticas são menos sensíveis.

Nos estudos publicados por pesquisadores brasileiros, tem-se verificado que o aumento no teor de matéria seca de silagens de gramíneas evidencia reduções na população microbiana, especialmente de clostrídeos. Em silagens de materiais emurchedidos, a baixa atividade microbiana torna-se evidente pela baixa concentração de ácidos orgânicos e consequente pH mais elevado (Jobim, 2007).

O conteúdo de amônia das silagens, expresso como percentagem do nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT), é utilizado na avaliação das silagens. O aumento da produção de amônia provocado pela proteólise ou pela ocorrência eventual de aquecimento excessivo na massa do silo pode ocasionar neutralização dos ácidos desejáveis e reações de “Maillard” conforme Pigurina (1991), parâmetros determinantes na qualidade final do material ensilado (Van Soest, 1994).

Segundo McDonald et al., (1991), silagens mal preservadas apresentam níveis de amônia superiores a 20%. Essa amônia é derivada do catabolismo de aminoácidos, entre outros produtos de degradação como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por via de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução.

Quanto à relação, o teor de N-NH₃/NT junto com o valor de pH são indicativos do processo fermentativo. Normalmente a quantidade de amônia é utilizada como indicador da atividade clostridial proteolítica. Muitos trabalhos concordam com a utilização deste parâmetro na indicação do grau de proteólise na silagem (McDonald et al., 1991). Tais considerações são importantes, visto que os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionados a baixos consumos voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana (Van Soest, 1994). Visto que os altos níveis de proteólise nas silagens podem estar relacionados a baixos consumos voluntários e menor eficiência de síntese de proteína microbiana (Van Soest, 1994). A silagem é considerada de muito

boa qualidade quando apresenta uma relação N-NH₃/NT menor que 10%, boa entre 10 e 15%, média entre 15 e 20% e ruim quando maior que 20% (AFRC, 1987).

Skonieski et al., (2010), estudando as características fermentativas de silagens de sorgo forrageiro e duplo propósito, encontraram para os genótipos forrageiros valor de 1,9% de N-NH₃/NT. Para os duplos propósitos, o valor foi de 1,91% para a relação N-NH₃/NT. O nitrogênio amoniacal da silagem é significativamente menor quando se ensilam materiais com valores altos de matéria seca e carboidrato solúvel em água (McDonald et al., 1991). Gonçalves et al., (1999), ao compararem silagens de diferentes híbridos de sorgo, observaram menores concentrações de N-amoniacal em silagens com maiores concentrações de MS.

2.5. USO DE ADITIVO SEQUESTRANTE DE UMIDADE NA PRODUÇÃO DE SILAGEM

McDonald et al. (1991) enfatizam que silagens produzidas com forrageiras com alto teor de umidade favorecem as perdas por efluente, além de facilitar o crescimento de bactérias que produzem fermentações indesejáveis. Aditivos sequestrantes de umidade são muito utilizados no Brasil, principalmente para silagem de forrageiras tropicais. Agem corrigindo o teor de MS. Alguns materiais fornecem carboidratos solúveis e estimulam a fermentação. Por diluição, quanto melhor a qualidade do sequestrante usado, menor o teor de FDN e maior a digestibilidade da MS, o que pode levar ao maior consumo e desempenho de ruminantes. A redução do teor de água na forragem concentra os carboidratos solúveis, diminui a ocorrência de fermentações clostrídica, favorece o abaixamento do pH, reduz a quebra de proteína em amônia e diminui a produção de gases e efluentes (Antonio, 2016).

A característica principal de um aditivo sequestrante de umidade é o teor de MS acima de 85%. Quando ensilado junto a forragem, o aditivo irá absorver a umidade e equilibrar o teor de matéria seca da mistura final. O aditivo pode conter nutrientes digestíveis totais, o que pode aumentar a qualidade nutricional da silagem produzida (Andrade, 2013). Alguns exemplos desses aditivos são eles: polpa cítrica farelada ou peletizada; subprodutos desidratados da mandioca, maracujá desidratado; glicerina bruta; resíduos de colheita de soja e algodão; tortas e farelos. Aditivos com baixo teor de fibras pode proporcionar maior utilização dos nutrientes da silagem no ambiente

ruminal, o que contribui para adequada taxa de degradação e passagem da digesta ruminal e, possivelmente, melhor desempenho de animais ruminantes (Antonio, 2016).

Segundo Andrade et al. (2010), para utilizar aditivos absorventes, preconiza-se que estes apresentem alto teor de matéria seca, alta capacidade de retenção de água e boa aceitabilidade, além de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição. Considerando os requisitos citados anteriormente, o milho moído apresenta-se com características que podem beneficiar a qualidade final da silagem, com elevado teor de matéria seca (acima de 85%), o que poderia contribuir para a elevação da matéria seca da silagem e, como consequência, reduzir as prováveis perdas de valor nutritivo, além de ser uma fonte altamente energética, possuindo carboidratos de rápida fermentação ruminal. Entre os aditivos mais utilizados na ensilagem do capim-elefante são os que apresentam alta capacidade de reter umidade, como fubá de milho, farelo de trigo, polpa cítrica e resíduos regionais da agroindústria. Sendo que o milho (*Zea mays L.*), em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido a sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima impulsionadoras de diversificados complexos agroindustriais (Menezes et al., 2009; Tres et al., 2014). Assim, surge o fubá de milho como opção para ser utilizado como sequestrante de umidade em silagens de capim-elefante, melhorando os padrões de fermentação e o valor nutricional desta silagem (Andriguetto et al., 2003).

Paula et al. (2020) avaliaram as perdas fermentativas e a qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. BRS capiaçu com diferentes níveis de fubá de milho, sendo 0, 5, 10, 15 e 20% de milho com base na matéria natural. Os autores concluíram que a utilização de níveis crescentes do fubá de milho reduziu as perdas fermentativas e como consequência melhorou o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. Sendo indicado a inclusão de 10% de fubá de milho na ensilagem do capim-BRS capiaçu.

3. REFERÊNCIAS

Agricultural and Food Research Council – AFRC. Technical committee on responses to nutrients report number 2, characterisation of feedstuffs: nitrogen. Nutrition Abstracts and Reviews (series B), Farnham Royal, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.

Alencar, M. A. S., Rocha Júnior, V. R., Monção, F. P., Cordeiro, M. W. S., Santos, A. S., Caldeira, 281 L. A., Oliveira, L. I. S., Ananias, J. V. A., Costa, M. D., Souza, A. S., Aspiazú, I., Santos, L.C.S. 2023. 282 Quality of mixed silages of sorghum, BRS-capiaçu grass, and cactus pear in a semiarid region 283 of Brazil, Journal of Applied Animal Research, 51:719-728. 284 <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2277256>.

Almeida, G.A.P., de Souza Campos, J.M., de Andrade Ferreira, M., Correia, A.L.V., de Andrade, A.P., 2015. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. Rev. Caatinga 28, 161–171.

Andrade, I. V. O., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P., Veloso, C. M., & Bonomo, P. (2010). Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 2578–2588. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001200004>.

Andrade, J. O., Silagem da ponta da cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria desidratado na alimentação de ovinos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

Andriguetto, J. M., Perly L., Y., & Minardi, I. (2003). Nutrição Animal (Vol. 66). Editora Nobel. Ávila, C. L. S., Pinto, J. C., Evangelista, A. R., Morais, A. R., Figueiredo, H. C. P., & Tavares, V. B. (2003). Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos teores de nitrogênio amoniacial e ph. Ciência e Agrotecnologia, 27(5), 1144–1151. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-70542003000500024>.

Antonio, P. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais. 2016. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

Barbero RP, Barbosa MAAF, Castro LM, Ribeiro ELA, Mizubuti IY, Bumbieris Júnior VH, Silva LDF, Massaro Júnior FL. Desempenho de novilhos de corte em pastos de capim-tanzânia sob quatro alturas de desfolha. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2014;66(2):481-488. <https://doi.org/10.1590/1678-41625481>.

Bergamaschine, A.F.; Passipiéri, M.; Veriano Filho, W. et al. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv.Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. Revista Brasileira de Zootecnia., v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

Brito, G.S.M.S., Santos, E.M., de Araújo, G.G.L., de Oliveira, J.S., Zanine, A. de M., Perazzo, A.F., Campos, F.S., de Oliveira Lima, A.G.V., Cavalcanti, H.S., 2020. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. Sci. Rep. 10, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63905-9>.

Brunkem, J. N. 1977. A systematic study of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). American Journal of Botany, 64:2, 161-176. <https://doi.org/2442104>.

Cândido, M. J. D. et al. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. Informe Rural, ano VII, n.3, p.1-7, 2013.

Castro, L.M., Barbosa, M.A.A.F., Barbero, R.P., Brito, V.C., Saad, R.M., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y, Bridi, A.M. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de Brachiaria brizantha cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. Semina Ciências Agrárias (Online). 2013,34(6):4145-4156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744138035>.

Cavalcante, L. A. D.; Santos, G. R. A.; Silva, L. M.; Fagundes, J. L. e Silva, M. A. 2014. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. Pesq. Agropec. Trop., 44:424-433.

Cordeiro, M.W.S, Rocha Júnior, V.R, Monção, F.P, Palma, M.N.N, Rigueira, J.P.S, Carvalho, C.C.S, Costa, M.D, Vasconcelos D'Angelo, M.F.S.V, Costa, N.M, Oliveira, LIS. 2023. Silagens de gramíneas tropicais com palma forrageira em dietas de novilhas Holandês × Zebu no semiárido brasileiro. *Saúde e Produção Animal Tropical* 55:89.

Costa, R.F., Pires, D.A. de A., Moura, M.M.A., de Sales, E.C.J., Rodrigues, J.A.S., Rigueira, J.P.S., 2016. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 38, 127–133.

Detmann, E, Silva, L.F.C, Rocha, G.C, Palma, M.N.N, Rodrigues, J.P.P. 2021. *Métodos para análise de alimentos*. 2^a Edição, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 350p.

Ditchfield, C. Estudos dos métodos para a medida da atividade de água. 2000. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

Donato, P.E.R., Pires, A.J.V., Donato, S.L.R.; Silva, J.A.S., 2014. Diferentes Espaçamentos E Doses De Esterco Bovino. *Rev. Caatinga* 27, 163–172.

Dubeux Jr., J. C. B.; Santos, M. V. F.; Cunha, M. V.; Santos, D. C.; Souza, R. T. A.; Mello, A. C. L e Souza, T. C. 2021. Cactus (Opuntia and Nopalea) nutritive value: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 275:1-11.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>.

Fairbairn, R.; ALL, I.; Phillip, L. P. Proteolysis and amino acid degradation during ensilage of untreated of formic acid during ensilage of untreated of formic acid-treated lucerne and maize. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 47, n. 4 p. 382-390, 1992.

Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., Madani, K., 2016. Microwave optimization of mucilage extraction from *Opuntia ficus indica* Cladodes. *Int. J. Biol. Macromol.* 84, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.090>

Fernandes, A. M. F., Bomfim, M. A. D., Santos, S. F., Mota, C. M., Gonçalves, J. L. Uso da espectroscopia no infravermelho próximo para previsão da composição químicobromatológica de palma forrageira. *Revista Agraria Academica, Sobral - CE*, v. 6, n. 1, p. 25-34, 2023. <http://dx.doi.org/10.32406/v6n1/2023/25-34/agrariacad>.

Fisher, D. S.; Burns, J. C. Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agronomy Journal, Madison*, v. 79, n. 2, p. 242-248, 1987.

Galvão Júnior, J.G.B., Da Silva, J.B.A., Morais, J.H.G., De Lima, R.N., 2014. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Vet. Bras.* 8, 78–85.

Garcia, D. M. Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas avícolas. *Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre*, v. 32, n. 3, p. 251-252, 2004.

Gonçalves, L. C. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo III: quebra de compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte*, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

Gurgel, A. L. C., Difante, G. S., Emerenciano Neto, J. V., Souza, J. S., Veras, E. L. L., Costa, A. B. G., Roberto, F. F. S. (2017). Estrutura do pasto e desempenho de ovinos em capim-massai na época seca em resposta ao manejo do período das águas. *Boletim de Indústria Animal*, 74(2):86-95.

Hammer, O., Harper, D.A.T, Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica*, 4:1-9.

Igarasi, M. S. Controle de perdas na ensilagem de capim-Tanzânia *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. 2002. 151p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

Jacques, A. V. A. 1994. Caracteres morfo-fisiológicos e suas aplicações como manejo. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. et al. (Eds.) Capim-elefante: produção e utilização. Coronel Pacheco: Embrapa-Gado de Leite, p.31-47.

Jobim, C.C, Nussio, L.G, Reis, R.A, Schmidt P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36:101-119.

Köppen, W. 1948. *Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica. México.

Kung, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.

Lima, I. M. M.; GAMA, N. S. Registro de plantas hospedeiras (cactaceae) e de nova forma de disseminação de *Diaspisechinocacti* (Bouché) (Hemíptera: Diaspididae), cochonilha-dapalma forrageira, nos estudos de Pernambuco e Alagoas. *Neotropical Entomology*, Londrina, v.30, n.3, p. 479-481, 2001.

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

Macêdo, A. J. da S.; Santos, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama*, v. 22, n. 4, p. 147-156, out./dez. 2019.

Marques, F.O., Souza, L., Gomes, P., Henrique, M., Mourthé, F., Gomes, T., Santos Braz, D., De Souza, O., Neto, P., 2017. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Cad. Ciências Agrárias* 9, 75–93.

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.

McDonald, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. The Biochemistry of Silage. 2ed. Marlow: chalcombe Publications, 1991, 340p.

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

Menezes, L. F. G., Segabinazzi, L. R., Brondani, I. L., Restle, J., Arboitte, M. Z., Kuss, F., Pacheco, P. S., & Rosa, J. R. P. (2009). Silagem de milho e grão de sorgo como suplementos para vacas de descarte terminadas em pastagem cultivada de estação fria. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 61(1), 182–189. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-09352009000100026>.

Moiso, T.; Heikonen, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 47, n. 1-2, p. 107-124, 1994.

Monção, F. P., Alkimin, J. M., Rigueira, J. P. S., Tolentino, D. C., Rocha Júnior, V. R., Chamone, J. M. A., Carvalho, C. C. S., Marques, O. F. C., Melo, J. A. R., Silva, M. F. P., Sales, E. C. J., Rocha, M. H. Transferência de tecnologias zootécnicas a agricultores familiares no município de Espinosa/MG. Revista online de Extensão e Cultura Realização, v. 6, n. 11, p. 84-139, 2019.

Monção, F. P.; Costa, M. A. M. S.; Rigueira, J. P. S.; Sales, E. C. J.; Leal, D. B.; Silva, M. F. P.; Gomes, VM.; Chamone, J.M.A.; Alves, D.D.; Carvalho, C.C.S.; Murta, J.E.J.; Rocha Júnior, V.R. 2019. Productivity and nutritional value of BRS capiaçú grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. Tropical Animal Health and Production, v, 51:6, 1-7. 10.1007/s11250-019-02012-y.

Monção, F. P.; Rocha Júnior, V. R.; Leal, D. B.; Rigueira, J. P. S.; Caldeira, L. A.; Silva, R. K. O. J.; Antunes, A. B.; Carvalho, C. C. S.; Santos, A. S.; D'Angelo, M. F. S. V. Impact of mixed forage silage with BRS Capiaçu grass, ground corn, and varying forage palm levels on aerobic stability, fermentation profile, chemical composition, and digestibility. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 53, e20240122, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37496/rbz5320240122>.

Monção, F.P., Santana, P.F., Júnior, V.R.R., Ruas, J.R.M., Rigueira, J.P.S., Borges, L.D., de Castro Menezes, G.C., Sousa, T.E.S., da Costa, M.D., Oliveira, L.L.S., de Queiroz, F.E., 2020. Nutritional efficiency of feed-restricted F1 Holstein/Zebu cows in early lactation. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01994-z>.

Monteiro, I. J. G., Abreu, J. G., Cabral, L. D. S., Ribeiro, M. D., Reis, R. H. P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 33, n. 4, p. 347- 352, 2016. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i4.12629>.

Moraes, G. S. O., Guim, A., Tabosa, J. N., Chagas, J. C. C., Almeida, M. P., Ferreira, M. A. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?. *Livestock Science*, v. 221, p. 133–138, 2019.

Moran, J. P., Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., and Owen, T. R. (1996). A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. *Proc. 11th Int. Silage Conf.*, Univ. of Wales 162–163.

Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., Mc Allister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., Kung L. 2018. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *J. Dairy Sci.* 101:3980–4000. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13839>.

Muck, R. E.; Bolsen, K. K. Silage preservation and silage additive products. In: BOLSEN, K. K. et al. (Eds.). Field guide for hay and silage management in North America. Des Moines: National Feed Ingredients Association, 1991. p. 105-126.

National Research Council- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle (7nd rev.ed.). Washington, DC: National Academy Press.

Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; Ueno, R. K.; Reinerh, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. Pesquisa aplicada & Agrotecnologia, v. 3, n. 2, p. 187-208, 2010.

Niechayev, N.A., Pereira, P.N., Cushman, J.C., 2019. Understanding trait diversity associated with crassulacean acid metabolism (CAM). Curr. Opin. Plant Biol. 49, 74–85.
<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.06.004>.

Nobel, P. S. 2001. Biologia ambiental. In: BARBERA, G., INGLESE, P., BARRIOS, E.P. (Ed.). Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: SEBRAE-PB: FAO, p. 36-48. (FAO. Estudo da FAO em Produção e Proteção Vegetal, 132).

Nogueira, M.S., de Araújo, G.G.L., Santos, E.M., Neto, S.G., de Oliveira, J.S., Perazzo, A.F., de Moura Zanine, A., Pinho, R.M.A., Corrêa, Y.R., Pereira, D.M., 2019. Feed Alternatives with Cactus Forage Silage for Animal Nutrition. Int. J. Agric. Biol. 22, 1393–1398.
<https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1213>.

O'Rourke, P.K.; McCosker, T.H.; Teitzel, J.K. Application and appraisal of a visual estimation technique for composition and yield sampling of grasslegume pastures in the wet tropics of north-eastern Australia. Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry, v.24, n.127, p.535-542, 1984.

Paula, P. R. P., Neiva, A. P., Jr., Souza, W. L., Abreu, M. J. I., Teixeira, R. M. A., Cappelle, E. R., & Tavares, V. B. (2020). Composição bromatológica da silagem de capim- elefante

BRS Capiaçu com inclusão fubá de milho. PUBVET, 14(10), 1-11. doi: 10.31533/pubvet.v14n10a682.1-11.

Pereira, A. V. et al. BRS Capiaçu E BRS Kurumi: cultivo e uso. Brasília, DF: Embrapa Gado de Leite, 2021. ISSN: 978-65-86056-07-5. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223279/1/Livro-BRS-CAPIACU-E-BRS-KURUMI-final-com-capa.pdf> . Acesso em: 10 set. 2022.

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 Capiaçu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).

Pereira, A. V., Ledo, F. J. da 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.

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, G.A., 2019. Prospecção E Uso De Culturas Lácticas Como Inoculante Na Ensilagem De Palma Forrageira. Univ. Fed. Da Paraíba. Universidade Federal Da Paraíba Centro. P.94.

Pigurina, G. Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUÁRIA. (Ed). Pasturas y produccion animal de áreas organaderia intensiva. Monte video: INIA, 1991. p. 77-92. (Serie Técnica,15).

Pilch, M. R.; Schmidt, P. Metodologias de avaliação do pH de silagens. UFPR, Curitiba. Centro de pesquisa em forragicultura. Disponível em: <<http://www.ensilagem.com.br>>. Acesso em: 11 jan. 2014.

Pryce JD. 1969. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analyst*, 94:1151-1152.

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.

Ribas, WFG; Monção, F.P.; Rocha, VR; Maranhão, C.M.A.; Ferreira, HC; Santos, AS; Gomes, VM; Rigueira, J.P.S. 2021. Efeito do tempo de murcha e enzimático-bacteriano no perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional do BRS capiaçu silagem de capim. *Revista brasileira de zootecnia*, 50:20200207.

Silva, C.F.P.G. Avaliação nutricional de silagens da parte aérea e raízes de mandioca. Itapetinga – BA: UESB, 2009. 91 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Produção de Ruminantes).

Siqueira, A. O. Morfometria, produção e composição químico-bromatológica de cultivares de palma forrageira submetidos à adubação orgânica. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG, 2018. 55p.

Skonieski, F. R.; Nornberg, J. L.; Azevedo, E. B. de. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2010.

Suassuna, P. Tecnologia do cultivo intensivo da Palma. Aracaju: SEBRAE-SE, 2009. 42p.

Sucu, E., Kalkan H, Canbolat O, Filya I. (2016). Efeitos da densidade de ensilagem no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 596-603.

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*, 18:104-111.

Tolentino, D.C., Rodrigues, J.A.S., Pires, D.A. de A., Veriato, F.T., Lima, L.O.B., Moura, M.M.A., 2016. The quality of silage of different sorghum genotypes Daniella. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 38, 143–149. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29030>

Tomich, T. R. Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1672-1682, 2004 (Suplemento, 1).

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.

Tres, T. T., Jobim, C. C., Rossi, R. M., Silva, M. S., & Poppi, E. C. (2014). Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(1), 248–260. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-99402014000100002>.

Ventura-aguilar, R.I., Bosquez-molina, E., Bautista-baños, S., Rivera-cabrera, F., 2017. Cactus stem (*Opuntia ficus-indica* Mill): Anatomy, physiology and chemical composition with emphasis on its biofunctional properties R.I. J. Sci. Food Agric. 97, 1–23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8493>.

Veriato, F.T., Pires, D.A. de A., Tolentino, D.C., Alves, D.D., Jayme, D.G., Moura, M.M.A., 2018. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages. *Acta Sci. Anim. Sci.* 40, 1–8. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.34458>.

1 **4 CAPÍTULO 1 - SILAGEM MISTA DE CAPIM-BRS CAPIAÇU E MILHO MOÍDO ASSOCIADA**
2 **COM DIFERENTES NÍVEIS DE PALMA FORRAGEIRA: EFEITOS SOBRE A ESTABILIDADE**
3 **AERÓBIA, PERFIL FERMENTATIVO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE**
4 **MIXED SILAGE OF BRS CAPIAÇU GRASS AND GROUND CORN ASSOCIATED WITH**
5 **DIFFERENT LEVELS OF FORAGE CACTUS: EFFECTS ON AEROBIC STABILITY,**
6 **FERMENTATION PROFILE, CHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY**

7

8 **RESUMO**

9 O capim-BRS capiaçu e a palma forrageiras são plantas adaptadas ao clima semiárido e
10 apresentam potencial para produção de silagens. Contudo, existem lacunas no
11 conhecimento quanto a qualidade da silagem produzida. Assim, objetivou-se avaliar
12 diferentes proporções de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu
13 associado com 10% de inclusão de milho grão moído sobre a estabilidade aeróbica, perfil
14 fermentativo, composição química e digestibilidade. Os tratamentos consistiram na
15 inclusão de palma forrageira (*Opuntia* spp.) em níveis crescentes de 0, 15, 30, 45 e 60%
16 da matéria natural na ensilagem com o capim-BRS capiaçu com 10% de milho grão
17 moído. Ainda, utilizou-se a silagem controle composta por capim-BRS capiaçu sem milho
18 moído. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e
19 oito repetições. O capim-BRS capiaçu foi colhido aos 102 dias de rebrotação. Para
20 ensilagem, foram utilizados silos experimentais de PVC, de pesos conhecidos, com 50
21 cm de comprimento e 10cm de diâmetro.

22 **Palavras-chave:** digestibilidade; nitrogênio amoniacal; pH; proteína bruta; teor de
23 matéria seca

24

25 **ABSTRACT**

26 BRS capiaçu grass and forage cactus are plants adapted to the semiarid climate and have
27 potential for silage production. However, there are gaps in knowledge regarding the
28 quality of the silage produced. Thus, the objective of this study was to evaluate different
29 proportions of forage cactus in ensilage with BRS capiaçu grass associated with 10%
30 inclusion of ground corn grain on aerobic stability, fermentation profile, chemical
31 composition and digestibility. The treatments consisted of the inclusion of forage cactus

32 (Opuntia spp.) at increasing levels of 0, 15, 30, 45 and 60% of the natural matter in
33 ensilage with BRS capiaçu grass with 10% ground corn grain. In addition, the control
34 silage composed of BRS capiaçu grass without ground corn was used. A completely
35 randomized design with six treatments and eight replicates was used. The BRS capiaçu
36 grass was harvested at 102 days of regrowth. Experimental PVC silos of known weights,
37 50 cm long and 10 cm in diameter, were used for ensiling.

38

39 **Keywords:** digestibility; ammoniacal nitrogen; pH; crude protein; dry matter content

40

41 **4.1 INTRODUÇÃO**

42 Em várias regiões do mundo a produção de silagem é fundamental para
43 alimentar os animais e garantir a produção de leite e/ ou carne, couro e lã para os seres
44 humanos. Tradicionalmente, a dieta padrão de ruminantes no Brasil é baseada em
45 plantas forrageiras (Monção et al., 2020; Cordeiro et al., 2023; Alencar et al., 2023).
46 Contudo, a produção de forragem não é constante ao longo do ano, o que destaca a
47 produção de silagem como atividade agrícola importante nas fazendas (Souza et al.,
48 2023; Alencar et al., 2023), principalmente na região semiárida do Brasil que apresenta
49 até 10 meses sem chuvas (Monção et al., 2019; Cordeiro et al., 2023).

50 Em diversas regiões do mundo, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*
51 Schum.) tem sido utilizado para produção de silagem (Borges et al., 2019; Monção et al.,
52 2020; Ribas et al., 2021). O capim-elefante é uma gramínea de origem Africana, perene
53 e se destaca pela elevada quantidade de massa verde por unidade área, o que justifica
54 seu elevado uso nas fazendas como fonte alimentar para os animais ruminantes. No
55 Brasil, os genótipos de capim-elefante de alto porte, quando bem manejados, produz
56 acima de 30 t ha⁻¹ de matéria seca (MS) ao longo do ano. O capim-BRS capiaçu, um
57 híbrido de capim-elefante, tem potencial para produção anual de até 72 t ha⁻¹ de MS,
58 sendo a média de 50 t ha⁻¹ de MS (Pereira et al., 2017; Monção et al., 2019; Monção et
59 al., 2020). Apesar da alta produtividade de massa, o capim-BRS capiaçu apresenta baixo
60 teor de MS (menor que 250 g kg⁻¹ de MS) e carboidratos solúveis em água como
61 limitantes para produção de silagem no momento da colheita. Várias estratégias podem
62 ser utilizadas para aumentar o teor de MS no capim-BRS capiaçu como o

63 emurcheamento (Ribas et al., 2021), uso de resíduos industriais desidratados (Silva et
64 al., 2021) e cereais como o milho moído (Paula et al., 2020). O milho moído (1-2mm) com
65 880 g kg⁻¹ de MS é um aditivo sequestrante de umidade e pode contribuir para aumentar
66 o teor de MS e qualidade fermentativa da silagem de capim-BRS capiaçu (Paula et al.,
67 2020). Contudo, o milho moído tem baixo teor de carboidratos solúveis em água (menor
68 que 200 g kg⁻¹ de MS). Os carboidratos solúveis em água é um substrato fundamental
69 para que as bactérias ácido-láticas produzam ácido lático. O ácido lático devido ao seu
70 baixo PKa reduz rapidamente o pH da massa ensilada (Kung Jr et al., 2018), o que é
71 importante no processo de conservação dos nutrientes da massa ensilada.

72 A palma forrageira (*Opuntia* ou *Nopalea*) é rica em carboidratos solúveis em
73 água, minerais e vitaminas e pode contribuir na produção de silagem mista de capim-
74 BRS capiaçu (Monção et al., 2020; Alencar et al., 2023). De acordo com Cordeiro et al.
75 (2023), a palma forrageira apresenta 100 g kg⁻¹ de matéria seca, 50 g kg⁻¹ de proteína
76 bruta, 650 g kg⁻¹ de nutrientes digestíveis totais e 350 g kg⁻¹ de carboidratos solúveis em
77 água. A utilização de palma forrageira para produção de silagem mista ainda é uma
78 novidade na literatura e no meio rural. Mas, esse manejo de ensilagem da palma
79 forrageira pode contribuir na concentração da mão de obra na fazenda para colheita,
80 melhora a produtividade do palmal e o manejo sanitário. Contudo, não está definido o
81 nível adequado de inclusão da palma forrageira quando se pretende ensilar com o
82 capim-BRS capiaçu, tendo em vista o elevado teor de umidade da mesma (acima de 800
83 g kg⁻¹ de MS). De acordo com Monção et al. (2020), quando a palma forrageira é
84 triturada, o conteúdo de água fica mais exposto, o que contribui para aumentar as
85 perdas por efluentes. Todavia, quando a palma forrageira foi fatiada/picada (fatiadora
86 própria para palma forrageira deixando partícula de 2 a 5 cm sem macerar), Os cuidados
87 em relação ao tamanho de partícula devem se concentrar em se evitar a maceração dos
88 cladódios para não se intensificar a liberação de água que fica ligada a mucilagem,
89 Alencar et al. (2023) e Cordeiro et al. (2023) utilizaram 40% de inclusão da palma
90 forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu. Os autores justificaram que na palma
91 forrageira fatiada a água fica presa na mucilagem, o que contribui para menor produção
92 de efluentes. Com base no exposto, hipotetiza-se que há uma proporção adequada de
93 palma forrageira fatiada a ser misturada no capim-BRS capiaçu associado com milho

94 moído no momento da ensilagem que irá melhorar o perfil fermentativo e o valor
95 nutricional da silagem produzida.

96 Sendo assim, objetivou-se avaliar o nível de inclusão da palma forrageira na
97 ensilagem com o capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído, sobre o perfil
98 fermentativo e valor nutricional da silagem.

99

100 **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

101 *Declaração de ética*

102 Os procedimentos de cuidado e manejo dos animais que foram utilizados no
103 experimento estão de acordo com diretrizes da Comissão de Ética no uso de animais
104 (CEUA) da Universidade Estadual de Montes Claros (protocolo nº 222/2020).

105

106 *Local do experimento*

107 O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, no
108 município de Janaúba (coordenadas geográficas: 15 ° 52'38 "S, 43 ° 20'05" W), Minas
109 Gerais. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, com
110 chuvas de verão e períodos de seca bem definidos no inverno. A precipitação média
111 anual de 800 mm, com temperatura média anual de 27 °C. O clima é tropical
112 mesotérmico, quase megatérmico, devido à altitude, subúmido e semiárido, com chuvas
113 irregulares, causando longos períodos de seca.

114

115 *Tratamentos e delineamento experimental*

116 Foram utilizados silos experimentais para confecção das silagens de capim-BRS
117 Capiaçu (*Pennisetum purpureum* Schum) com inclusão de diferentes níveis de palma
118 forrageira cv. Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill) no momento da ensilagem. O
119 experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com seis
120 tratamentos (0, 15, 30, 45 e 60 % de inclusão de palma) e oito repetições. Aos
121 tratamentos com inclusão de palma foram adicionados 10% de milho grão moído (1-
122 2mm) da matéria natural da massa forrageira. Além disso, foi analisado o tratamento
123 controle somente a silagem de capim-BRS capiaçu. Todos os alimentos volumosos foram
124 obtidos da Fazenda Experimental da UNIMONTES e as análises foram realizadas no

125 Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal da UNIMONTES/Campus
126 Janaúba.

127

128 *Manejo das forrageiras*

129 O capim-BRS capiaçu foi estabelecido em 2016 em uma área plana de 50 m x
130 100m. Após o corte de uniformização do capim-BRS capiaçu, 10 cm acima do solo,
131 utilizando podão manual, foi feita adubação de manutenção com 100 kg ha⁻¹ de
132 nitrogênio na forma de ureia e 60 kg ha⁻¹ de potássio na forma de cloreto de potássio
133 por meio da fertirrigação por aspersão. A altura do capim-BRS capiaçu na colheita era
134 de aproximadamente 3,9 m, aos 102 dias de rebrotação.

135 A palma forrageira variedade Gigante foi implantada no ano de 2014, numa área
136 de 250 m², em um solo da classe latossolo vermelho-amarelo eutrófico. A colheita foi
137 realizada manualmente sem remover o cladódio primário.

138

139 Produção de silagem

140 Silos experimentais de polyvinyl chloride (PVC) de peso conhecido, com 50 cm
141 de comprimento e 10 cm de diâmetro foram utilizados no processo de ensilagem. No
142 fundo dos silos foi colocado uma camada de areia grossa seca (500 g/silo) separada da
143 forragem por um Tecido não tecido (TNT, gramatura 100) para drenagem dos efluentes
144 produzidos. O material resultante de cada tratamento foi depositado nos silos e
145 compactado com um êmbolo de madeira. Para cada tratamento, a silagem teve
146 densidade média de 550 kg de material natural m⁻³, aproximadamente 4 kg do material
147 picado de cada forragem fresca, conforme recomendado por SUCU et al. (2016). Após o
148 enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC equipadas com válvulas tipo
149 *Bunsen*, seladas com fita adesiva e pesadas. Os silos foram armazenados à temperatura
150 ambiente e abertos 113 dias após a ensilagem. Não foi utilizado inoculante microbiano.

151

152 *Estabilidade aeróbica*

153 A estabilidade aeróbica foi determinada colocando uma amostra de silagem
154 (aproximadamente 2,5 kg) em um minissilo e mantendo-a em uma sala com
155 temperatura controlada, variando de 25,0 °C a 25,5 °C. A temperatura da silagem foi

156 monitorada de hora em hora usando um registrador de dados posicionado no centro da
157 massa, durante nove dias. Simultaneamente, a temperatura ambiente foi registrada de
158 hora em hora usando um registrador de dados posicionado próximo aos minissilos. A
159 estabilidade aeróbica foi definida como o número de horas em que a temperatura da
160 silagem permaneceu estável antes de aumentar em mais de 2 °C acima da temperatura
161 ambiente (Moran et al., 1996).

162

163 *Avaliação do pH, nitrogênio amoniacial e ácidos orgânicos*

164 A determinação do pH, nitrogênio amoniacial (N-NH₃) e ácidos orgânicos (Pryce,
165 1969) foi realizada nos sulcos da silagem obtidos usando prensa mecânica de 16
166 toneladas. O pH foi medido com potenciômetro (Tecnal®, Piracicaba, São Paulo, Brasil)
167 e o N-NH₃ foi mensurado conforme Detmann et al. (2021). Os ácidos orgânicos foram
168 determinados por cromatografia líquida (Shimadzu® Prominence System modelo 20A,
169 Kyoto, Japão), equipado com detector UV-Vis ajustado para 210 nm, injetor automático
170 calibrado para 5 µL de volume de amostra e 300 x Coluna RezexTM ROA-Ácido Orgânico
171 + 7,8 mm (Phenomenex) mantido a 60 °C em estufa. Os analitos foram diluídos com 2,5
172 mM de H₂SO₄ a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. Padrões externos de soluções de
173 ácidos orgânicos foram usados para fins quantitativos de calibração.

174

175 *Perdas e recuperação de matéria seca da silagem*

176 As perdas de MS na silagem na forma de gás e efluente foram quantificadas pela
177 diferença de peso segundo Jobim et al. (2007). As perdas de efluente foram calculadas
178 conforme a equação 1, da seguinte forma: $E = (W_{op} - SW_{en}) / (GREM) \times 1000$, (1) em
179 que E = produção de efluente (kg/ton de massa verde), W_{op} = peso definido (balde cheio
180 + tampa + areia úmida + espuma) na abertura do silo (kg), SW_{en} = peso definido (balde
181 cheio + tampa + areia seca + espuma) na ensilagem (kg), e GREM = massa de forragem
182 verde ensilada (kg).

183 As perdas de matéria seca na forma de gases foram calculadas de acordo com a
184 equação (2): $G = [(W_{en} - SW_{en}) * DM_{en}] - [(W_{op} - SW_{en}) * DM_{op}] \times 100 / [(W_{en} -$
185 $SW_{en}) * DM_{en}]$, onde G = perdas de gases (% da MS), W_{en} = peso do balde cheio na
186 ensilagem (kg), DM_{en} = teor de matéria seca da forragem na ensilagem e DM_{op} = teor
187 de matéria seca da forragem na abertura do silo. A recuperação de MS para cada silo foi

188 calculada com base nos pesos inicial e final e nos teores de MS das forragens e silagens
189 de acordo com Jobim et al. (2007).

190

191 *Composição química*

192 Uma parte das silagens foi pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C.
193 Posteriormente, todas as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de
194 malha com crivos de 2 mm de diâmetro e uma parte destas foi então moída para
195 tamanho de partículas de 1 mm, para análises laboratoriais. A porção da amostra com 2
196 mm de diâmetro foi utilizada para incubação *in situ*. As amostras foram analisadas
197 quanto aos teores de matéria seca (INCT-CA G-001/1 e G-003/1), proteína bruta (INCT-
198 CA N-001/2), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), cinzas (INCT-CA M-001/2), fibra em
199 detergente neutro (FDN; INCT-CA F-001/2) e a fibra em detergente ácido (INCT-CA F-
200 003/2), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-002/2) e proteínas (INCT-CA
201 N-004/2). Ainda, fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-008/2),
202 teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (PIDN) e em
203 detergente ácido (PIDA), lignina (INCT-CA F-005/2) e carboidratos não fibrosos, seguindo
204 as recomendações descritas por Detmann et al. (2021). Os carboidratos totais (CT) foram
205 determinados conforme Sniffen et al. (1992). O teor de nutrientes digestíveis totais
206 (NDT) foi estimado de acordo com NRC (2001). A composição química do capim-BRS
207 capiaçu, da palma forrageira e do milho grão moído antes da ensilagem pode ser
208 observado na Tabela 1.

209 **Tabela 1.** Composição químico-bromatológica do capim-BRS capiaçu, da palma forrageira e do milho grão
 210 moído antes da ensilagem

Item (g kg ⁻¹)	Capim-BRS capiaçu ¹	Palma forrageira ²	Milho
Matéria seca	226	100,2	908
Cinzas	107,8	143	17
Proteína bruta	78	51	92
Extrato etéreo	11	19,1	45
Fibra em detergente neutro	704	290,8	166
Fibra em detergente ácido	441	184,2	29,7
Lignina	83	22,5	27,7
Fibra em detergente neutro indigestível	410	180	100
Carboidratos totais	803,2	786,9	870
Carboidratos não fibrosos	89,6	496,1	704
Nutrientes digestíveis totais ³	500	630	861

211 ¹ Colheita aos 102 dias de rebrotação; ² *Opuntia ficus indica* Mill colhida com 512 dias de rebrotação; ³

212 Estimado de acordo com NRC (2001)

214 *Digestibilidade in vitro*

215 A digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro foi
 216 determinada de acordo com a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963). Foi
 217 utilizada a incubadora *in vitro* do Tecnal® (TE-150; Piracicaba, SP, Brasil), com
 218 modificação do material do saco utilizado (10,0 x 10,0 cm), confeccionado com TNT (100
 219 g m⁻²). O método utilizado para a digestibilidade *in vitro* simula uma digestão ruminal
 220 por 48 horas, seguida de uma digestão com pepsina e ácido fraco (pH) por mais 48 horas.

222 *Análises estatísticas*

223 Os dados referentes ao perfil fermentativo, ácidos orgânicos, composição
 224 química e digestibilidade *in vitro* foram submetidas à análise de variância e de regressão
 225 utilizando o programa SISVAR® a 5% de probabilidade, segundo o modelo:

$$226 Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij},$$

227 Em que:

228 Y_{ij} = valor observado para variável i em relação ao tratamento na j repetição;

229 μ = média de todas as unidades experimentais para variável em estudo;

230 t_i = efeito do tratamento i no valor da observação Y_{ij} ;

231 e_{ij} = erro associado à observação Y_{ij} independente, que por hipótese tem distribuição

232 normal com média zero e variância δ^2 .

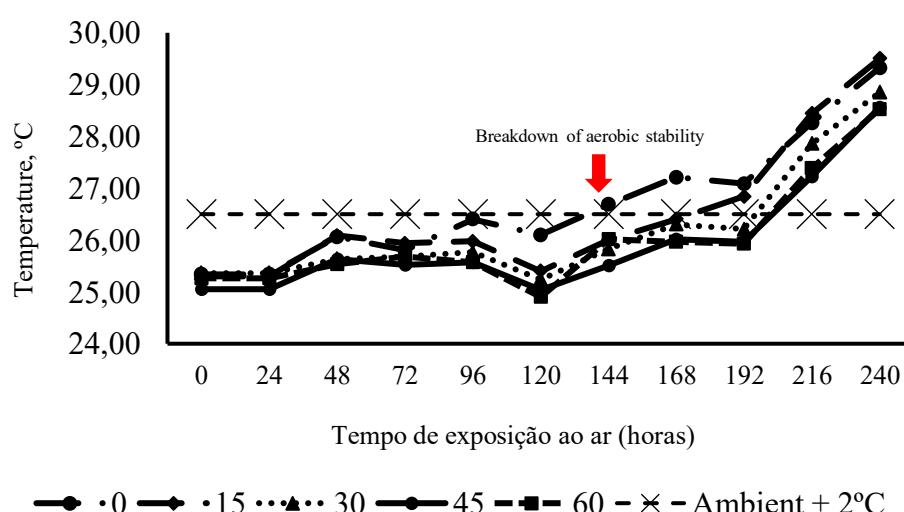
233 Os níveis de inclusão da palma forrageira na ensilagem do capim elefante BRS
234 capiaçu nas dietas foram comparados pela decomposição da soma dos quadrados em
235 contrastes lineares ortogonais e efeitos quadráticos, a 5% de probabilidade, com ajustes
236 subsequentes das equações de regressão. Os valores médios foram considerados
237 diferentes quando $\alpha < 0,05$. Para análise exploratória dos dados por meio da análise de
238 componentes principais (ACP) foi utilizado o software PAST® 4.03 (Hammer et al., 2001).

239

240 **4.3 RESULTADOS**

241 Houve interação ($p < 0,01$) das silagens e o tempo após abertura dos silos sobre
242 os valores de temperatura (Figura 1). A temperatura das silagens dentro dos tempos 0,
243 24, 48, 72 e 96 horas, independente da inclusão ou não de palma forrageira não
244 diferiram entre si com média de 25.26, 25.26, 25.79, 25.73 e 25.86°C, respectivamente.
245 Dentro dos tempos 120, 144 e 168 horas após abertura dos silos foi verificado maior
246 temperatura na silagem controle (média de 26,67°C) em comparação às demais (média
247 de 25,72°C). A quebra da estabilidade aeróbia da silagem sem palma forrageira (capim-
248 BRS capiaçu com 10% de milho moído) ocorreu 144 horas após abertura do silo. As
249 silagens de capim-BRS capiaçu e 10% de milho grão moído com diferentes níveis de
250 palma forrageira apresentaram quebra de estabilidade após 192 horas de abertura dos
251 silos.

252



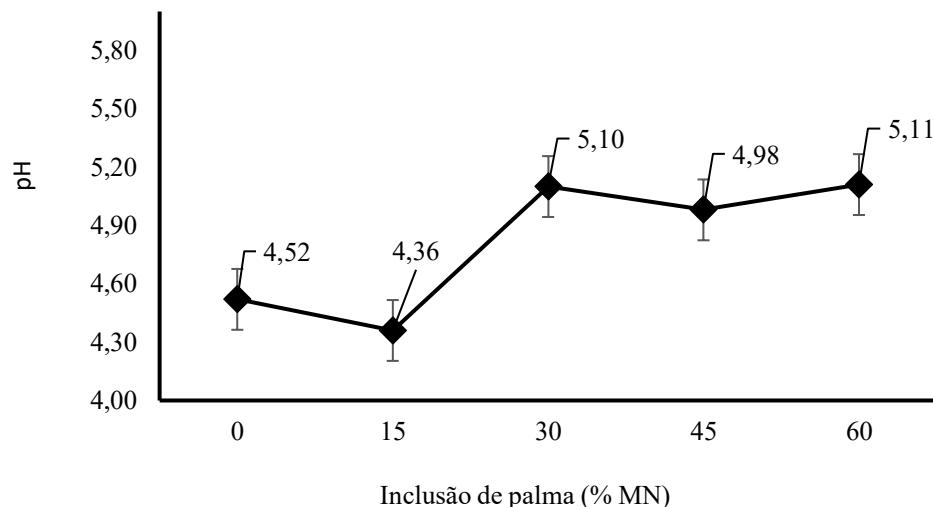
253

254 **Figura 1.** Valores médios da temperatura durante a estabilidade aeróbia de silagens de
255 capim-BRS capiaçu com 10% de milho grão moído associada com níveis crescentes de
256 palma forrageira em diferentes tempos após a abertura dos silos (interação dos
257 tratamentos e tempos após a abertura: $P < 0,01$).

258

259 Após 240 horas de exposição aeróbica, houve diferença entre o pH das silagens.
260 À medida que aumentou 1% de inclusão de palma forrageira na ensilagem com o capim-
261 BRS capiaçu, houve acréscimo de 0,012 unidades no pH da massa ensilada (Figura 2).

262

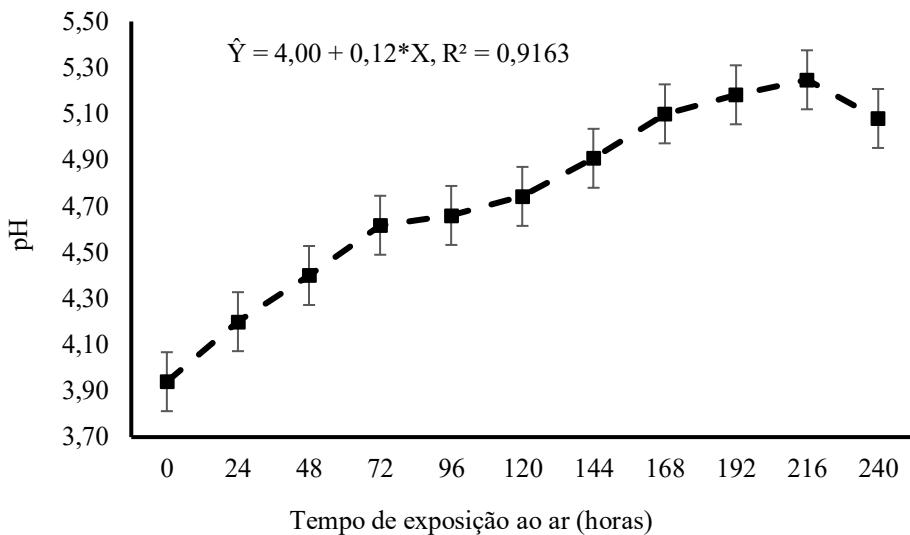


263

264 **Figura 2.** Valores médios de pH após 240 horas de exposição aeróbica de silagens de
265 capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído associado com níveis crescentes de palma
266 forrageira ($\hat{Y} = 4,4 + 0,012 \cdot X$; $R^2 = 0,67$).

267 Não houve diferença entre as silagens dentro dos tempos de exposição aeróbica
268 (Figura 3). À medida que aumentou os tempos de exposição aeróbica das silagens houve
269 alteração nos valores de pH. Para cada 1 hora após abertura do silo houve acréscimo de
270 0,12 unidades no valor de pH.

271



272

273 **Figura 3.** Valores de pH de silagens de capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído
 274 associada com níveis crescentes de palma forrageira registrados em momentos
 275 diferentes após a abertura do silo.

276 Não houve diferença entre a silagem de capim BRS capiaçu (sem aditivos;
 277 controle) e a silagem de capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído associado com
 278 níveis de palma forrageira sobre os valores de pH ($P>0,05$) e perdas por gases ($P>0,05$).
 279 A inclusão de palma forrageira na ensilagem com o capim BRS-capiaçu com 10% de
 280 milho grão moído proporcionou aumento linear no valor de pH ($P<0,01$) da silagem
 281 produzida. Houve aumento também no teor de nitrogênio amoniacal ($P<0,01$) e nas
 282 perdas por efluentes ($P<0,01$; Tabela 2). Para cada unidade percentual de inclusão de
 283 palma forrageira, houve aumento de 0,02 unidades no pH, 0,27% do nitrogênio
 284 amoniacal e $1,39 \text{ kg t}^{-1} \text{ MN}$ nas perdas por efluentes do material ensilado. As silagens de
 285 capim BRS capiaçu com 30, 45 e 60% de palma forrageira apresentaram maiores perdas
 286 de nitrogênio amoniacal em comparação a silagem controle ($P<0,05$). As maiores perdas
 287 por gases foram verificadas na silagem controle. Entre as silagens com inclusão de
 288 palma forrageira, não houve diferença sobre as perdas por gases ($P=0,46$; média de
 289 8,76% da MS) e recuperação da MS ($P=0,43$; média de 97,70%).

290 **Tabela 2.** Perfil fermentativo das silagens de capim-BRS capiaçu com 10% de milho grão moído associada
 291 com níveis crescentes de palma forrageira (*Opuntia* spp.)

Item	Controle	Inclusão de palma (% MN)					EPM	P-valor	
		0	15	30	45	60		Linear	Quad
pH ¹	4,25	3,23	3,48	4,17	4,37	4,42	0,18	<0,01	0,47
Nitrogênio amoniacal, %NT ²	7,12	10,23	7,45	15,78*	20,64*	24,57*	2,47	<0,01	0,29
Perdas por gases, % MS ³	10,03	7,83	7,16	10,71	8,99	9,11	1,34	0,31	0,46
Perdas por efluentes, kg t ⁻¹ MN ⁴	63,29	17,19*	21,87*	53,00	83,70*	90,80*	5,60	<0,01	0,83
Recuperação da MS, % ⁵	91,97	98,06 *	98,29*	97,12 *	97,07*	97,96*	0,57	0,43	0,26

292 pH – valores na abertura; NT – Nitrogênio total; MS – Matéria seca; MN – Matéria natural; EPM – Erro
 293 padrão da média; P – Probabilidade. * Médias diferem da silagem controle (Silagem de capim-BRS capiaçu
 294 sem milho moído) pelo teste de Dunnet (P<0,05).

295 Equações: ¹Y = 3.28 + 0.0218*X, R² = 0.9033; ²Y = 7.35 + 0.2793*X, R² = 0.8720; ³Y = 11.50 + 1.3936*X,
 296 R² = 0.9455

297

298 A silagem controle apresentou maior concentração de ácido lático em
 299 comparação aos tratamentos com 30, 45 e 60% de inclusão de palma forrageira. A
 300 inclusão de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu modificou a
 301 concentração de ácidos orgânicos na MS (Tabela 3). Para cada 1% de inclusão de palma
 302 forrageira, houve redução de 0,12 unidade percentuais no teor de ácido lático (P<0,01).
 303 Não houve diferença entre as silagens sobre os teores de ácido acético (P=0,91; média
 304 de 2,22% da MS). As médias para o teor de ácido butírico (P=0,02) ajustaram-se ao
 305 modelo quadrático de regressão com ponto de máximo em 43,35% de inclusão de palma
 306 forrageira. A relação dos ácidos lático-acético reduziu linearmente (P<0,01) em 0,0562%
 307 para cada percentual de inclusão de palma forrageira. O teor de etanol (P=0,01) nas
 308 silagens aumentou linearmente com inclusão de palma forrageira.

309 **Tabela 3.** Teores de ácidos orgânicos da silagem de capim-BRS capiaçu com níveis crescentes de palma
 310 forrageira (*Opuntia* spp.).

Item (% MS)	Controle	Inclusão de palma (% MN)					EPM	P-valor	
		0	15	30	45	60		Linear	Quad
Ácido lático ¹	7,56	7,68	9,49	4,34*	3,44*	1,56*	0,87	<0,01	0,34
Ácido acético ²	1,67	2,19	2,45	1,85	2,58	2,07	0,27	<0,01	<0,01
Ácido butírico ³	0,59	1,04	0,94	2,42*	2,07*	1,72*	0,26	<0,01	0,02
Relação lático-acético ⁴	4,60	3,66	3,85	2,06*	1,41*	0,65*	0,33	<0,01	0,54
Etanol ⁵	0,62	2,43	1,71	5,90*	5,28*	5,02*	0,75	0,06	<0,01

311 MN – Matéria natural; MS – Matéria seca; EPM – Erro padrão da média; P – Probabilidade. * Médias

312 diferem da silagem controle (Silagem de capim-BRS capiaçu sem milho moído) pelo teste de Dunnet
 313 ($P<0,05$).

314 Equações: ¹Y = 8.96 – 0.1219*X, R^2 = 0.8042; ²Y = 0.81 + 0.0607*X – 0.0007*X², R^2 = 0.6123; ³Y = 4.01 –
 315 0.0562*X, R^2 = 0.9147; ⁴Y = 2.32 + 0.0585*X, R^2 = 0.5482.

316

317 O teor de MS, carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais
 318 (NDT), digestibilidade *in vitro* da MS e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente
 319 neutro foi menor na silagem controle em comparação as demais silagens (Tabela 4).
 320 Verificou-se efeito linear para todas as variáveis analisadas quanto a composição
 321 química. Os teores de cinzas ($P<0,01$), CNF ($P=0,04$) e nutrientes digestíveis totais
 322 ($P<0,01$) apresentaram efeito linear crescente com aumentos de 0.0416, 0.2255 e
 323 0.2353%, respectivamente, para cada percentual de inclusão da palma forrageira na
 324 ensilagem com o capim-BRS capiaçu. Para cada unidade percentual de inclusão de palma
 325 forrageira, houve redução de 0.1195% no teor de matéria seca (MS), 0.0081% para
 326 proteína bruta (PB), 0.2591% para o teor de fibra em detergente neutro, 0.2725% para
 327 o teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, 0.1963% para o
 328 teor de fibra em detergente ácido e 0.0337% nos carboidratos totais.

329 **Tabela 4.** Composição química e digestibilidade dos nutrientes da silagem de capim-BRS capiaçu com
 330 níveis crescentes de palma forrageira (*Opuntia spp.*)

Item (%)	Controle	Inclusão de palma (% MN)					EPM	P-valor	
		0	15	30	45	60		Linear	Quad
<i>Composição química, %</i>									
MS ¹	22,66	29,57*	28,09*	24,73*	23,75*	22,78	0,61	<0,01	0,14
Cinzas ²	11,17	7,27*	5,90*	8,58*	9,06*	8,81*	0,72	<0,01	0,45
PB ⁴	7,46	8,39	8,22	8,00	8,18	7,80	0,15	0,02	0,96
FDN ⁵	71,35	49,83*	45,20*	43,31*	39,33*	33,33*	1,61	<0,01	0,17
FDNcp	61,24	39,72*	36,82*	32,86*	28,55*	23,42*	1,51	<0,01	0,41
FDA ⁸	45,63	30,51*	28,31*	26,99*	22,59*	18,65*	1,14	<0,01	0,13
Hemicelulose ⁹	25,71	19,32*	16,88*	16,31*	16,74*	14,68*	0,82	0,01	0,57
Carboidratos totais ¹²	80,27	81,59	83,11*	80,66	79,99	80,63	0,75	0,04	0,99
CNF ¹³	8,92	31,74*	37,91*	37,34*	40,65*	47,29*	1,69	<0,01	0,45
NDT ¹⁴	56,67	62,38*	65,66*	64,91*	71,86*	76,93*	2,28	<0,01	<0,01
<i>Digestibilidade in vitro, %</i>									
DIVMS ¹⁵	55,20	60,06*	62,86*	62,22*	68,15*	72,47*	1,94	<0,01	0,19
DIVFDN ¹⁷	53,61	58,48*	61,76*	59,88*	65,81*	65,61*	2,05	0,41	0,68

331 MN – Matéria natural; FDNpd – Fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível; DIVMS
 332 – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVFDN – Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro.
 333 EPM – Erro padrão da média; P – Probabilidade. * Médias diferem da silagem controle (Silagem de capim-
 334 BRS capiaçu sem milho moído) pelo teste de Dunnet (P<0,05).

335

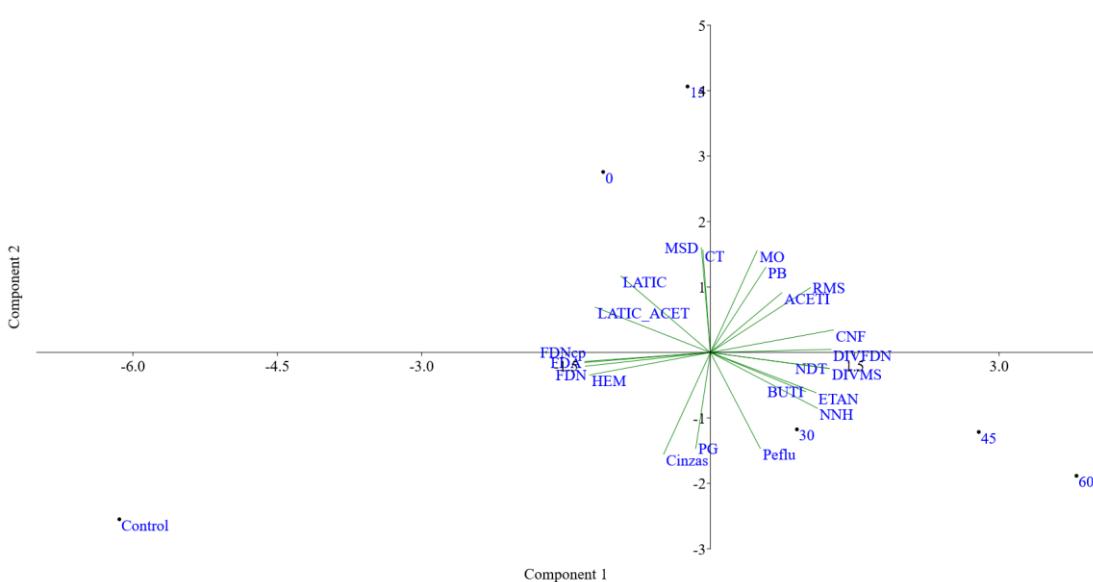
336 Equações: ¹Y = 29,368 - 0,1195*X, R² = 0,9466; ²Y = 6,68 + 0,0416*X, R² = 0,5553; ³Y = 8,362 - 0,0081*X, R²
 337 = 0,7322; ⁴Y = 49,98 - 0,2591*X, R² = 0,9724; ⁵Y = 40,458 - 0,2725*X, R² = 0,9901; ⁶Y = 31,304 - 0,1963*X, R²
 338 = 0,9567; ⁷Y = 18,674 - 0,0627*X, R² = 0,8018; ⁸Y = 82,208 - 0,0337*X, R² = 0,4309; ⁹Y = 32,224 + 0,2255*X,
 339 R² = 0,8942; ¹⁰Y = 61,296 + 0,2353*X, R² = 0,8855; ¹¹Y = 59,138 + 0,2007*X, R² = 0,8855.

340

341 As médias referentes a digestibilidade *in vitro* da MS (P<0,01) ajustaram-se ao
 342 modelo linear crescente de regressão. Para cada 1% de inclusão de palma forrageira na
 343 ensilagem com o capim-BRS capiaçu, houve acréscimo de 0,2007 unidades percentuais
 344 na digestibilidade da MS. Não houve diferença entre as silagens sobre a digestibilidade
 345 *in vitro* da FDN (P=0,68; média de 62,30%).

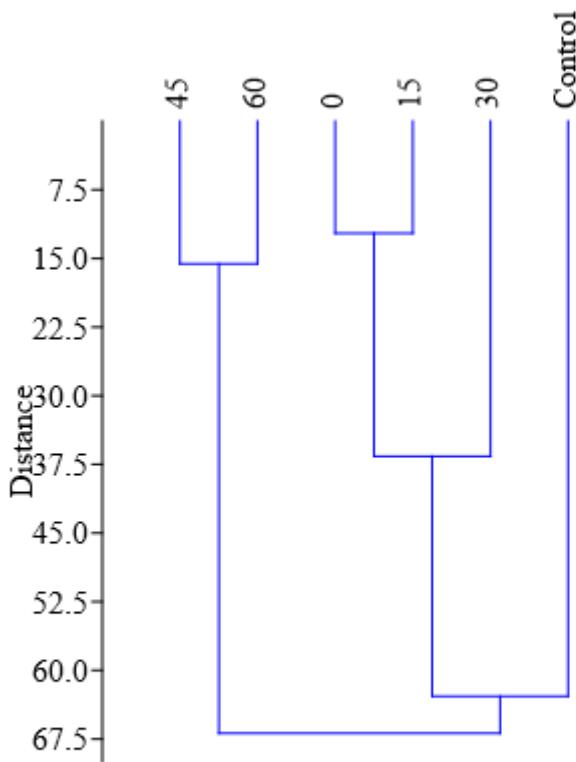
346 Quanto aos componentes principais (PC), verificou-se pelo *Scree plot* que dentre
 347 os 22 PC gerados, cinco apresentaram variância acima de 1%. Os dois PC mais
 348 importantes explicaram 87,11% da variação total dos resultados. Os maiores
 349 autovalores gerados pela matrix de correlação foram observados no PC1 (56,43%) e PC2

350 (33,65%). Conforme observado na Figura 4, as variáveis dependentes RMS, PB e teor de
351 ácido acético apresentaram maiores coeficientes positivos dentro do PC1 e PC2
352 conjuntos. A silagem de capim BRS capiaçu com 45 e 60% de palma forrageira
353 apresentaram maiores autovalores para variáveis nitrogênio amoniacial (0,2406), perdas
354 por efluentes (0,1121), digestibilidade *in vitro* da MS (0,2673) e digestibilidade *in vitro*
355 da FDN (0,2714). Verificou-se que houve correlação negativa entre o teor de MS e as
356 perdas por efluentes e teor de nitrogênio amoniacial. Observou-se que houve correlação
357 negativa entre o teor de FDN e a digestibilidade *in vitro* da MS e teor de NDT.
358



359
360 **Figura 4.** Representação esquemática do primeiro (CP1; 56,43%) e segundo (CP2;
361 33,65%) componentes principais da análise das características avaliadas.
362

363 Em relação a análise *Cluster*, verificou-se a formação de três grupos com maior
364 distância Euclidiana onde as silagens com 45 e 60% de inclusão de palma apresentaram
365 variáveis com comportamento semelhante entre si. Assim como, nas silagens com 0, 15
366 e 30% de inclusão de palma forrageira (Figura 5).



367

368 **Figura 5.** Análise de *Cluster* para as silagens de capim-BRS capiaçu sem e com 10% de
 369 milho grão moído associada com níveis crescentes de palma forrageira (*Opuntia spp.*).
 370

371 **4.4 DISCUSSÃO**

372 Há vários fatores nas fazendas que justificam a ensilagem de plantas forrageiras
 373 como o capim-BRS capiaçu e a palma forrageira. Na região semiárida do Brasil, a alta
 374 produtividade dessas duas forragens é um desses fatores visando armazenar alimentos
 375 para os animais para épocas específicas como o período da seca. A ensilagem do capim-
 376 BRS capiaçu com palma forrageira permite a concentração de mão de obra na colheita
 377 de todo palmal, padronizando e aumentando a capacidade de rebrotação e
 378 produtividade de massa. Além disso, pode reduzir o manejo de corte e abastecimento
 379 da palma forrageira durante todo o período de estiagem (Borges et al., 2019; Brito et
 380 al., 2020; Cordeiro et al., 2023). Quanto ao capim-BRS capiaçu, a colheita é mecanizada,
 381 o que favorece o manejo de corte. No entanto, uma proporção adequada dessas
 382 forrageiras em uma silagem mista deve ser avaliada, visto que o excesso ou a falta de

383 palma forrageira na ensilagem com gramíneas tropicais pode resultar em perdas de
384 nutrientes e redução da estabilidade aeróbica das silagens (Brito et al. 2020; Monção et
385 al., 2020; Alencar et al., 2023).

386 Nesta pesquisa, o uso de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS
387 capiaçu aumentou o tempo para quebra da estabilidade aeróbia da silagem. O maior
388 tempo para quebra da estabilidade aeróbia nas silagens pode ser justificada pela
389 concentração de ácido acético que age sobre o crescimento, principalmente de fungos
390 filamentosos e leveduras (Kung Jr et al., 2018). Nesta pesquisa, não houve diferença
391 entre as silagens sobre o teor de ácido acético. Assim, fatores como concentração de
392 ácido propiônico (Brito et al., 2020) e substâncias antimicrobianas (Ortiz-Rodríguez et
393 al., 2016) presentes na mucilagem da palma forrageira podem justificar o maior tempo
394 para quebra da estabilidade aeróbia e aumento de pH nas silagens com maiores
395 proporções desse alimento durante a estabilidade aeróbia.

396 Uma novidade verificada neste estudo é que a inclusão de 10% de milho moído
397 na ensilagem do capim-BRS capiaçu aumentou a recuperação da matéria seca em
398 comparação a silagem controle. Essa maior recuperação pode estar associada ao efeito
399 sequestrante de umidade do capim-BRS capiaçu pelo milho moído devido ao maior teor
400 de MS. Silva et al. (2021) também verificam melhoria na recuperação da matéria seca
401 da silagem de capim BRS capiaçu com a inclusão de fenos de resíduos da bananicultura
402 devido ao alto teor de MS.

403 A inclusão de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu aumentou
404 o pH da silagem no momento da abertura do silo. A palma forrageira é rica em minerais
405 e esses na forma ionizável (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) agem com alta capacidade tampão,
406 impedindo a variação de pH da massa ensilada, o que justifica os resultados dessa
407 pesquisa, principalmente quando se observa o teor de cinzas. Normalmente, no
408 momento da ensilagem, o pH das plantas forrageiras são próximos da neutralidade e
409 espera-se que durante a fase anaeróbica da silagem ocorra redução para valores entre
410 3,8 a 4,2 (Kung Jr et al., 2018). Com a ensilagem de palma forrageira, os cátions (K^+ , Ca
411 $^{2+}$ e Mg^{2+}) entram em contato com os ácidos orgânicos formados pela fermentação
412 (lático, acético, propiônico, butírico), neutraliza-os e evita a ocorrência de queda de pH
413 (Brito et al., 2020; Dubeux et al., 2021). Contudo, os valores de pH observados (3,23 a

414 4,42) são considerados adequados para silagens bem fermentadas (McDonald et al.,
415 1991).

416 Além do pH, o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) da silagem é um parâmetro
417 indicativo do processo fermentativo. Os teores de N-NH₃ aumentaram linearmente com
418 a inclusão da palma forrageira, o que é uma perda de nitrogênio da massa ensilada.
419 Essas perdas de nitrogênio ocorrem via fermentações secundárias na massa ensilada.
420 De acordo com McDonald et al. (2001), considera-se altas concentrações de N-NH₃ total
421 nas silagens valores acima de 10%. Essas altas concentrações são devido à queda lenta
422 do pH durante a fase anaeróbica e indicam silagens pouco fermentadas como
423 verificados na silagem com inclusão de palma forrageira acima de 30%. As da silagem e
424 bactérias proteolíticas se desenvolvem e retiram aminoácidos da molécula de proteína
425 diluem o N-NH₃ em meio aquoso na forma de efluentes. A quantidade de nitrogênio
426 amoniacal presente nas silagens é uma forma de observação da atividade proteolítica,
427 sendo um indicador indireto da atividade clostridial, e que pode contribuir para a
428 elevação do pH da silagem (Brito et al., 2020), conforme verificado nesta pesquisa para
429 silagens com níveis acima de 30% de inclusão de palma forrageira. No entanto, verificou-
430 se que mesmo com a alta perda de nitrogênio amoniacal nas silagens com inclusão de
431 palma forrageira acima de 30%, o teor de proteína bruta não reduziu acentuadamente
432 e a silagem com 60% de palma forrageira apresentou menor valor dessa variável.

433 Observou-se que não houve diferenças nas perdas por gases (média de 8,76% da
434 MS), mas silagens com inclusão acima de 45% de palma forrageira apresentaram mais
435 de 83,70 kg t⁻¹ MN de perdas por efluentes. As perdas de MS na silagem não são
436 desejáveis, contudo, em silagens de gramíneas tropicais são verificados valores
437 próximos de 100 kg t⁻¹ MN. Alencar et al. (2023) verificaram perdas por efluentes na
438 ordem de 78,70 kg t⁻¹ MN em silagem de capim BRS capiaçu com 40% de palma
439 forrageira. Monção et al. (2020) observaram perdas de 61,24 kg t⁻¹ MN em silagem de
440 capim BRS capiaçu com 20% de palma forrageira triturada. Elevadas perdas por
441 efluentes é indicativo de atividade bacteriana do gênero *Clostridium* que fermentam os
442 nutrientes e convertem em ácido butírico. Os menores valores de ácido butírico na
443 silagem controle pode ser justificável pela menor quantidade de açucares solúveis que
444 é substrato utilizado para produção desse ácido.

445 Quanto à concentração dos ácidos orgânicos nas silagens, verificou-se redução
446 linear para o ácido lático e para a relação ácido lático-acético. Para Kung et al. (2018) é
447 desejável que silagens de plantas forrageiras tenham teores de ácido lático entre 6 e
448 10% da MS. Nesta pesquisa, as maiores concentrações de ácido lático foram observadas
449 na silagem com 15% de inclusão de palma. Os menores valores foram verificados na
450 silagem com 60%. Após o fechamento do silo, é desejável que a síntese de ácido lático
451 seja próxima de 10% da MS para que ocorra a redução rápida do pH da massa ensilada.
452 Essas características indicam que a palma forrageira, devido ao alto teor de CNF, em
453 torno de 60% da MS, forneceu energia para as bactérias ácido láticas - LAB produzirem
454 ácido lático cujo valor de pKa é de 3,86, favorecendo a rápida redução do pH,
455 importante para a conservação dos nutrientes da massa ensilada (Kung et al., 2018).
456 Neste contexto, verificou-se também que os CNF foram utilizados para síntese de etanol
457 nas silagens acima de 30% de inclusão de palma forrageira. Leveduras epifíticas são os
458 principais microrganismos que apresenta rota predominante para síntese de piruvato
459 descarboxilase acetaldeído e a redução do acetaldeído a etanol. Para McDonald et al.
460 (1991), a produção de etanol representa perdas MS e energia na silagem. Apesar do
461 etanol ser aproveitável como substrato energético para ruminantes, por meio da
462 conversão a acetato no rúmen (Chalupa et al., 1964), há perda do etanol produzido
463 durante a estocagem (Alli et al., 1982) e descarregamento do silo.

464 Verificou-se que a inclusão de 10% de milho moído (1-2 mm) aumentou em
465 13,10% o teor de MS (silagem controle vs silagem com 0, 15, 30 e 45% de inclusão de
466 palma). O teor de MS da massa ensilada é um dos fatores de maior importância na
467 capacidade fermentativa. O capim-BRS capiaçu no momento da colheita para ensilagem
468 apresenta teor de MS entre 18 e 22%. Contudo, altas perdas de MS na forma de
469 efluentes são verificadas nas fazendas com esse manejo, principalmente quando o
470 tempo de armazenamento é superior a 120 dias. A inclusão de 10% de milho moído foi
471 o grande diferencial para ensilagem do capim-BRS capiaçu porque aumentou o teor de
472 MS para 29,57%. Com a inclusão de 45% de palma forrageira, o teor de MS foi para
473 23,75%. Para Kung Jr et al. (2018), em gramíneas tropicais, é ideal que o teor de MS seja
474 no mínimo de 25% no momento da ensilagem para evitar maiores perdas de MS. De
475 acordo com Ribas et al. (2021), o emurchecimento do capim-BRS capiaçu por 30 horas
476 ao sol em colheita manual é uma opção a mais que pode favorecer na perda de umidade

477 do material colhido. Contudo, é possível produzir silagem de capim-BRS capiaçu com
478 teor de MS acima de 23% com adequado perfil fermentativo (Brito et al., 2020; Alencar
479 et al. 2023). Assim, a proporção de até 45% de palma forrageira na ensilagem com o
480 capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído atendeu o teor de MS e melhorou o teor
481 de nutrientes digestíveis totais da silagem produzida.

482 O teor de cinzas, carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais e
483 digestibilidade aumentaram linearmente com a inclusão da palma forrageira. O que é
484 justificável porque a palma forrageira é rica em minerais e carboidratos não fibrosos
485 (Dubeux Jr. et al., 2021; Cunha et al., 2022). A produção de silagem mista de capim-BRS
486 capiaçu com palma forrageira é mais valorizada para utilização na alimentação
487 ruminantes em regiões com déficit hídrico como exemplo o semiárido do Norte de
488 Minas. O ajuste no teor de MS é fundamental para conservação da massa ensilada e a
489 umidade presente na silagem contribui para redução no consumo de água pelos animais
490 (Borges et al., 2019; Cordeiro et al., 2023). Em regiões áridas e semiáridas, a água é um
491 recurso hídrico limitado, o que promove competição entre homem-animal (Brito et al.,
492 2020; Nobre et al., 2023).

493 Em geral, com base na análise exploratória dos dados, várias variáveis
494 dependentes foram apontadas com maior relevância na tomada de decisão sobre a
495 melhor proporção de inclusão da palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS
496 capiaçu. A silagem mista de capim-BRS capiaçu associada com 10% de milho moído e
497 até 45% de inclusão de palma forrageira apresentaram variáveis com maiores
498 coeficientes na tomada de decisão. Além disso, a silagem de capim-BRS capiaçu com
499 45% de palma forrageira apresentou destaque para melhor digestibilidade da MS e FDN
500 como importante na decisão exploratória de dados. Com base na análise de *Cluster* fica
501 evidente que a silagem com 45% de inclusão de palma forrageira, apresentam menor
502 distância Euclidiana e que as características das variáveis dependentes estão próximas
503 entre si. A silagem de capim BRS capiaçu com 60% de palma forrageira apesar os
504 melhores resultados de digestibilidade não devem ser recomendados porque
505 apresentou maiores perdas de MS e menor teor de MS, o que não é desejável.

506

507 **4.5 CONCLUSÃO**

508 A melhor proporção de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu
509 com 10% de milho moído é até 45% da matéria natural. Nesta proporção, as perdas
510 fermentativas são aceitáveis e a inclusão de palma forrageira favorece a composição
511 química e digestibilidade da silagem produzida.

512 O uso de 10% de milho moído na ensilagem de capim BRS capiaçu melhorou o
513 perfil fermentativo, a composição química e a digestibilidade da matéria seca e fibra em
514 detergente neutro.

515

516 **4.6 REFERÊNCIAS**

517 Agricultural and Food Research Council – AFRC. Technical committee on responses to
518 nutrients report number 2, characterisation of feedstuffs: nitrogen. Nutrition Abstracts
519 and Reviews (series B), Farnham Royal, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.

520

521 Alencar, M. A. S., Rocha Júnior, V. R., Monção, F. P., Cordeiro, M. W. S., Santos, A. S.,
522 Caldeira, 281 L. A., Oliveira, L. I. S., Ananias, J. V. A., Costa, M. D., Souza, A. S., Aspiazú,
523 I., Santos, L.C.S. 2023. 282 Quality of mixed silages of sorghum, BRS-capiaçu grass, and
524 cactus pear in a semiarid region 283 of Brazil, Journal of Applied Animal Research,
525 51:719-728. 284 <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2277256>.

526

527 Almeida, G.A.P., de Souza Campos, J.M., de Andrade Ferreira, M., Correia, A.L.V., de
528 Andrade, A.P., 2015. Palma (*Opuntia ficus indica* mill) cv. gigante em suplementos para
529 fêmeas leiteiras em crescimento a pasto. Rev. Caatinga 28, 161–171.

530

531 Andrade, I. V. O., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P., Veloso, C. M., & Bonomo, P. (2010).
532 Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante
533 contendo subprodutos agrícolas. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 2578–2588. DOI:
534 <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010001200004>.

535

536 Andrade, J. O. Silagem da ponta da cana-de-açúcar aditivada com resíduo de cervejaria
537 desidratado na alimentação de ovinos. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal
538 de Viçosa.

- 539
- 540 Andriguetto, J. M., Perly L., Y., & Minardi, I. (2003). Nutrição Animal (Vol. 66). Editora
541 Nobel. Ávila, C. L. S., Pinto, J. C., Evangelista, A. R., Morais, A. R., Figueiredo, H. C. P., &
542 Tavares, V. B. (2003). Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos
543 teores de nitrogênio amoniacial e ph. Ciência e Agrotecnologia, 27(5), 1144–1151. DOI:
544 <https://doi.org/10.1590/s1413-70542003000500024>.
- 545
- 546 Antonio, P. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas
547 tropicais. 2016. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de
548 Goiás, Goiânia, 2016.
- 549
- 550 Barbero, R.P, Barbosa, M.A.A.F, Castro, L.M, Ribeiro, E.L.A, Mizubuti, I.Y, Bumbieris
551 Júnior, V.H, Silva, L.D.F, Massaro Júnior, F.L. Desempenho de novilhos de corte em
552 pastos de capim-tanzânia sob quatro alturas de desfolha. Arquivo Brasileiro de Medicina
553 Veterinária e Zootecnia. 2014;66(2):481-488. <https://doi.org/10.1590/1678-41625481>.
- 554
- 555 Bergamaschine, A.F.; Passipíeri, M.; Veriano Filho, W. et al. Qualidade e valor nutritivo
556 de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou
557 forragem emurcheada. Revista Brasileira de Zootecnia., v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- 558
- 559 Brito, G.S.M.S., Santos, E.M., de Araújo, G.G.L., de Oliveira, J.S., Zanine, A. de M.,
560 Perazzo, A.F., Campos, F.S., de Oliveira Lima, A.G.V., Cavalcanti, H.S., 2020. Mixed silages
561 of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics,
562 microbial population and aerobic stability. Sci. Rep. 10, 1–13.
563 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63905-9>.
- 564
- 565 Brunkem, J. N. 1977. A systematic study of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae).
566 American Journal of Botany, 64:2, 161-176. <https://doi.org/2442104>.
- 567
- 568 Cândido, M. J. D. et al. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem
569 em regiões semiáridas. Informe Rural, ano VII, n.3, p.1-7, 2013.
- 570

- 571 Castro, L.M, Barbosa, M.A.A.F, Barbero, R.P, Brito, V.C, Saad, R.M, Ribeiro, E.L.A,
572 Mizubuti, I.Y, Bridi, AM. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de
573 Brachiaria brizantha cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. Semina
574 Ciências Agrárias (Online). 2013,34(6):4145-4156.
575 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744138035>.
576
577 Cavalcante, L. A. D.; Santos, G. R. A.; Silva, L. M.; Fagundes, J. L. e Silva, M. A. 2014.
578 Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. Pesq.
579 Agropec. Trop., 44:424-433.
580
581 Cordeiro, M.W.S, Rocha Júnior, V.R, Monção, F.P, Palma, M.N.N, Rigueira, J.P.S, Carvalho
582 C.C.S, Costa, M.D, Vasconcelos D'Angelo, M.F.S.V, Costa, N.M, Oliveira, L.I.S. 2023.
583 Silagens de gramíneas tropicais com palma forrageira em dietas de novilhas Holandês ×
584 Zebu no semiárido brasileiro. Saúde e Produção Animal Tropical 55:89.
585
586 Costa, R.F., Pires, D.A. de A., Moura, M.M.A., de Sales, E.C.J., Rodrigues, J.A.S., Rigueira,
587 J.P.S., 2016. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of
588 silage. Acta Sci. - Anim. Sci. 38, 127–133.
589
590 Detmann E, Silva LFC, Rocha GC, Palma MNN, Rodrigues JPP. 2021. Métodos para análise
591 de alimentos. 2^a Edição, Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 350p.
592 Ditchfield, C. Estudos dos métodos para a medida da atividade de água. 2000. 195 p.
593 Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,
594 2000.
595
596 Donato, P.E.R., Pires, A.J.V., Donato, S.L.R.; Silva, J.A.S., 2014. Diferentes Espaçamentos
597 E Doses De Esterco Bovino. Rev. Caatinga 27, 163–172.
598
599 Dubeux Jr., J. C. B.; Santos, M. V. F.; Cunha, M. V.; Santos, D. C.; Souza, R. T. A.; Mello, A.
600 C. L e Souza, T. C. 2021. Cactus (Opuntia and Nopalea) nutritive value: A review. Animal
601 Feed Science and Technology, 275:1-11.
602 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114890>.

- 603
- 604 Fairbairn, R.; ALL, I.; Phillip, L. P. Proteolysis and amino acid degradetion during ensilage
605 of untreated of formic acid during ensilage of untreated of formic acid-treted lucerne
606 and maize. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 47, n. 4 p. 382-390, 1992.
- 607
- 608 Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., Madani, K., 2016.
609 Microwave optimization of mucilage extraction from *Opuntia ficus indica* Cladodes. *Int.*
610 *J. Biol. Macromol.* 84, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.090>.
- 611
- 612 Fernandes, A. M. F., Bomfim, M. A. D., Santos, S. F., Mota, C. M., Gonçalves, J. L. Uso da
613 espectroscopia no infravermelho próximo para previsão da composição
614 químicobromatológica de palma forrageira. *Revista Agraria Academica*, Sobral - CE, v. 6,
615 n. 1, p. 25-34, 2023. <http://dx.doi.org/10.32406/v6n1/2023/25-34/agrariacad>.
- 616
- 617 Fernandes, F. D.; Júnior, R. G.; Vieira, E. A.; Fialho, J. de F.; Carvalho, M. A.; Braga, G. J.;
618 Fonseca, C. E. L.; Celestino, S. M. C.; malaquias, j. V. Valor nutritivo e características
619 fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de raízes de
620 mandioca. *Científica*, Dracena, SP, v. 49, n. 2, p. 92–101, 2021. DOI: 10.15361/1984-
621 5529.2021v49n2p92-101. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1355>. Acesso em: 2 ago. 2025.
- 622
- 623
- 624 Fisher, D. S.; Burns, J. C. Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of
625 carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 79, n.
626 2, p. 242-248, 1987.
- 627
- 628 Galvão Júnior, J.G.B., Da Silva, J.B.A., Morais, J.H.G., De Lima, R.N., 2014. Palma
629 forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Vet. Bras.* 8, 78–85.
- 630
- 631 Garcia, D. M. Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de
632 granjas avícolas. *Acta Scientiae Veterinariae*, Porto Alegre, v. 32, n. 3, p. 251-252, 2004.
- 633

634 Gonçalves, L. C. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino
635 e de umidade no colmo III: quebra de compostos nitrogenados. Arquivo Brasileiro de
636 Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.

637

638 Gurgel, A. L. C., Difante, G. S., Emerenciano Neto, J. V., Souza, J. S., Veras, E. L. L., Costa,
639 A. B. G., Roberto, F. F. S. (2017). Estrutura do pasto e desempenho de ovinos em capim-
640 massai na época seca em resposta ao manejo do período das águas. Boletim de Indústria
641 Animal, 74(2):86-95.

642

643 Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software
644 package for education and data analysis. Palaeontol Electronica, 4:1-9.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa indicam que a qualidade da silagem de capim-BRS Capiaçu pode ser significativamente melhorada com a inclusão de 10% de milho moído e até 45% de palma forrageira, nesse estudo os comportamentos com inclusão de 30 e 45% de palma forrageira foram similares, para que seja feita uma inclusão mais segura, esse autor recomenda trabalhar com inclusão de 30% de palma forrageira. Este manejo promove uma silagem com teor de matéria seca e perdas por efluentes aceitáveis e boa digestibilidade da matéria seca, aspectos que contribuem para um produto final de bom valor nutricional. A redução nas perdas por efluentes, pode ser reduzida trabalhando com o tamanho de partícula da palma maior, contribuído para reduzir o teor de água livre no silo e consequentemente melhorar a fermentação e conservação da silagem, é um fator crucial, pois minimiza o impacto ambiental e preserva os nutrientes da silagem. Além disso, o aumento no teor de matéria seca ao associar o milho moído contribui para a melhoria da fermentação e preservação do volumoso. Portanto, recomenda-se a proporção de palma forrageira na ensilagem com o capim-BRS capiaçu com 10% de milho moído de até 30% da matéria natural., como estratégia eficiente para a produção de silagem de alta qualidade, capaz de atender às demandas nutricionais dos sistemas de produção animal e melhorar a sustentabilidade do uso de forragens tropicais em sistemas de alimentação conservada.