



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MAURÍCIO JOSÉ ALVES DE AZEVEDO SOARES

AVALIAÇÃO DE SILAGENS MISTAS DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA

AREIA

2021

MAURÍCIO JOSÉ ALVES DE AZEVEDO SOARES

AVALIAÇÃO DE SILAGENS MISTAS DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos.

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S676a Soares, Mauricio Jose Alves de Azevedo.
Avaliação de silagens mistas de sorgo e palma
forrageira / Mauricio Jose Alves de Azevedo Soares. -
Areia:UFPB/CCA, 2021.
28 f. : il.

Orientação: Edson Mauro Santos.
TCC (Graduação) - UFPB/cca.

1. Agronomia. 2. Estabilidade aeróbia. 3. Opuntia
ficus-indica. 4. Fermentação. 5. Leveduras. I. Santos,
Edson Mauro. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635 (02)

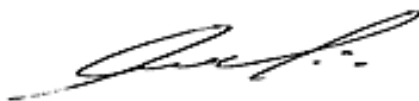
MAURÍCIO JOSÉ ALVES DE AZEVEDO SOARES

AVALIAÇÃO DE SILAGENS MISTAS DE SORGO E PALMA FORRAGEIRA

Trabalho de Conclusão da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 19/07/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edson Mauro Santos (Orientador)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)



Dr. Francisco Naysson de Sousa Santos

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Dedico este trabalho inteiramente a Deus, pois sem ele eu não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todas as portas que ele vem abrindo em meu caminho.

A Deus por ter me dado a oportunidade de estar aqui finalizando mais um ciclo da minha vida.

A Deus por ter me dado saúde, paz e determinação ao longo de todo o curso.

Aos meus pais Vilma e José Mauricio, que me incentivaram e não mediram esforços para me ver chegar até aqui.

Ao meu irmão Wylke pelo apoio em todas as horas que eu precisei.

A meu amigo, padrinho e vizinho Zé Vital que deve estar torcendo por mim lá do céu, que pena não poder compartilhar esse momento com o Sr. Obrigado pelos conselhos, pela força que o Sr. me deu no início dessa jornada, vou lembrar sempre da pessoa que o Sr. Foi para mim.

A todos meus amigos, em especial Rafanelle Trajano (padim), Izaías Romario, João Vitor Andrade, João Victor Martins, Paulo Henrique, Izabelly Pontes (Maria Isabel), Aderson Pedro (PC), meu compadre Givanildo.

A minha namorada Larissa Souto que me ajudou e me deu força para escrever esse trabalho.

Agradeço ao professor Edson Mauro Santos por ter sido meu orientador e por ter me dado a oportunidade de fazer parte do grupo de estudos em forragicultura (GEF).

Agradeço a Danilo Marte por ter me ajudado com o presente trabalho, pelas correções, orientações e ensinamentos que guiaram a construção desse trabalho.

Ao GEF que contribuiu diretamente na construção do trabalho e onde eu fiz muitas amizades.

Agradeço a todos que participaram diretamente e indiretamente na minha jornada durante todo curso.

RESUMO

O objetivo foi identificar o nível ótimo de inclusão da palma forrageira nas silagens de sorgo. Foi utilizado o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) cv. BRS Ponta Negra e palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) cultivar Miúda. O sorgo foi colhido com aproximadamente 100 dias e a palma forrageira tinha sido colhida depois de dois anos de rebrota. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os níveis de inclusão da palma na silagem de sorgo (0; 25; 50; 75 e 100% com base na matéria natural). Foram avaliadas a composição química, perfil microbiano, perfil fermentativo, perdas na ensilagem e estabilidade aeróbia das silagens. Foi feita a análise de variância e regressão com o programa estatístico SISVAR. As bactérias ácido lácticas (BAL) apresentaram efeito quadrático, enquanto os mofos apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$). As leveduras não apresentaram diferença entre os tratamentos avaliados ($P > 0,05$). Com relação ao perfil fermentativo, o pH e os carboidratos solúveis em água não apresentaram efeito significativo, independentemente do nível de palma adicionado. O teor de nitrogênio amoniacal apresentou aumento linear à medida que se adicionou palma nas silagens. A recuperação de matéria seca foi maior nos níveis de 25 e 50%, diminuindo significativamente no nível com 100% de palma. A estabilidade aeróbia das silagens aumentou linearmente em função dos maiores níveis de palma, onde a partir do nível de 50% não verificou-se quebra da estabilidade. Houve diferença quanto à composição bromatológica das silagens, pois o teor de MS, PB e FDN apresentaram efeito linear decrescente, enquanto o EE e os CNF apresentaram aumento linear à medida que se incluiu mais palma. As silagens de sorgo com inclusão de 50% de palma apresentaram o melhor balanço entre as características avaliadas, resultando em melhorias qualitativas e quantitativas.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia; fermentação; leveduras; *Opuntia ficus-indica*; *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

The objective was to identify the optimal level of inclusion of forage cactus in sorghum silages. Forage sorghum (*Sorghum bicolor*) cv. BRS Ponta Negra and forage cactus (*Nopalea cochenillifera*) cultivar Miúda. Sorghum was harvested at approximately 100 days and the forage cactus had been harvested after two years of regrowth. The design used was completely randomized with five treatments and four replications. The treatments were the levels of inclusion of palm in sorghum silage (0, 25, 50, 75 and 100% based on natural matter). The chemical composition, microbial profile, fermentation profile, silage losses and aerobic stability of the silages were evaluated. Analysis of variance and regression was performed with the SISVAR statistical program. Lactic acid bacteria (BAL) had a quadratic effect, while molds had a decreasing linear effect ($P < 0.05$). Yeasts showed no difference between the evaluated treatments ($P > 0.05$). Regarding the fermentation profile, pH and water-soluble carbohydrates did not show a significant effect, regardless of the level of palm added. The ammonia nitrogen content showed a linear increase as palm was added to the silages. Dry matter recovery was higher at the 25 and 50% levels, decreasing significantly at the 100% palm level. The aerobic stability of the silages linearly increased as a function of the higher levels of palm, where from the 50% level there was no break in stability. There was a difference in the chemical composition of the silages, as the DM, CP and NDF content showed a linear decreasing effect, while EE and CNF showed a linear increase as more palm was included. The sorghum silages with 50% palm inclusion showed the best balance between the evaluated characteristics, resulting in qualitative and quantitative improvements.

Keywords: aerobic stability; fermentation; *Opuntia ficus-indica*; *Sorghum bicolor*; yeasts

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química antes da ensilagem	20
Tabela 2. Contagem microbiana, pH, CSAr e N-NH ₃ em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista	21
Tabela 3. Perdas e recuperação de matéria seca em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista	23
Tabela 4. Variáveis relacionadas a estabilidade aeróbia da silagem em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista.....	24
Tabela 5. Composição química da silagem em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista	25

LISTA DE ABREVIATURAS

BAL	Bactérias produtoras de ácido láctico
BDA	Batata dextrose ágar
BOD	Biochemical oxygen demand
CSAr	Carboidratos Solúveis em águas residuais
cm	Centímetro
EPM	Erro-padrão da média
EE	Extrato etéreo
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Gramma
kg	Kilograma
h	Hora
m	Metro
MS	Matéria seca
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal
PB	Proteína bruta
PE	Perdas por efluentes
PG	Perdas por gases
pH	Potencial hidrogênio-iônico
RMS	Recuperação de matéria seca
T	Temperatura
t	Tonelada
UFC	Unidade formadora de colônia

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
<	Menor

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
OBJETIVOS.....	11
Geral	11
Específicos.....	11
REVISÃO DE LITERATURA	11
1. Processo de ensilagem	11
2. Principais problemas associados a silagem de sorgo forrageiro	12
3. Aspectos sobre palma forrageira	13
4. Silagens mistas	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
Local do experimento	17
Aquisição e ensilagem dos materiais vegetais.....	17
Delineamento experimental utilizado.....	18
Populações microbianas	18
Perfil fermentativo das silagens.....	19
Perdas e recuperação de matéria seca da silagem.....	19
Estabilidade aeróbia das silagens	19
Composição química das silagens	20
Análise estatística	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	25

INTRODUÇÃO

A produção de silagens é uma técnica utilizada mundialmente principalmente em locais onde há escassez na produção de forragens, devido às condições climáticas limitantes. O cultivo de espécies forrageiras que se adequem a essa realidade é essencial para se obter um material de qualidade que possa ser fornecido aos animais. Dentre essas espécies destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L. Mill), as quais são tolerantes às condições de déficit hídrico, possuem boa produção por área e tem bom valor nutricional (DANIEL et al., 2019; NEFZAOU; INGLESE; BELAY, 2009).

Contudo, ao ensilar o sorgo forrageiro surgem alguns problemas que ocasionam perdas no processo fermentativo, em decorrência do elevado teor de carboidratos solúveis da planta, fazendo com haja um rápido declínio do pH da massa ensilada (<3,5) favorecendo o crescimento de leveduras e consequentemente a fermentação alcoólica, resultando em perdas onerosas (SANTOS et al., 2018). Além disso, existem os problemas relacionados a estabilidade aeróbia do sorgo, causado em partes pela presença das leveduras mas também pela alta quantidade de carboidratos solúveis e ácido láctico que ficam disponíveis ao abrir o silo, servindo de substrato para vários microrganismos deteriorantes (WILKINSON; DAVIES, 2013).

Os problemas fermentativos das silagens de sorgo podem ser resolvidos por meio de aditivos, os quais vão corrigir os problemas dessas silagens. A utilização da palma forrageira como aditivo do sorgo pode ser interessante, por se tratar de um aditivo nutricional capaz de melhorar o padrão fermentativo do sorgo, sua estabilidade aeróbia e, principalmente, o valor nutricional. Ao utilizar a palma forrageira ensilada em mistura com o sorgo pode-se ter o benefício de a palma proporcionar a produção de ácido acético, sendo essa substância um agente antifúngico (MOON, 1983). Com isso, a estabilidade aeróbia das silagens aumenta devido à inibição das leveduras, que são as iniciadoras da deterioração aeróbia (PAHLOW et al., 2003). Adicionalmente, tem-se a melhoria nutricional das silagens, pois a palma forrageira é rica em carboidratos não fibrosos, o que aumenta o teor energético das silagens para o fornecimento aos animais (WANDERLEY et al., 2002; SILVA et al., 2013).

Vale salientar, no entanto, que as proporções ideais da mistura da palma forrageira com o sorgo não são conhecidas fazendo-se necessário realizar estudos para avaliar os aspectos qualitativos dessas silagens mistas.

OBJETIVOS

Geral

Identificar o nível ótimo de inclusão da palma forrageira nas silagens de sorgo.

Específicos

Avaliar a composição bromatológica, perfil fermentativo, perfil microbiano, estabilidade aeróbia e perdas nas silagens mistas de sorgo com diferentes níveis de palma forrageira.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Processo de ensilagem

O processo de ensilagem é uma técnica muito utilizada em diversos países, tendo como intuito conservar a qualidade dos alimentos, através da fermentação, permitindo que o material fique estocado por longos períodos. Esta forma de conservação é particularmente importante nas regiões Semiáridas, uma vez que apresentam déficit hídrico em boa parte do ano, inviabilizando a produção forrageira de forma constante (SANTOS et al., 2010). Com isso, a ensilagem torna-se essencial nessas regiões, pois assegura a alimentação animal mesmo em condições climáticas adversas para a produção vegetal.

A produção de uma silagem de boa qualidade requer um processo muito bem executado, de forma que todos os princípios da ensilagem sejam cumpridos. Tudo inicia na escolha da espécie vegetal, seguindo ao manejo da cultura e colheita no ponto ideal, devendo ser triturada no tamanho certo (± 2 cm) e, por fim, deve ser compactada e selada adequadamente (DA SILVA et al., 2017). Todas essas etapas do processo de ensilagem são de fundamental importância, devendo ser observadas algumas questões relacionadas à cultura, a qual deve apresentar alguns requisitos necessários para proporcionar uma boa fermentação, tais como: teor de matéria seca (MS) entre 30 e 35%, teor de carboidratos solúveis entre 6 e 12% e baixa capacidade tampão (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O teor de MS é importante no processo de ensilagem pois, se a forragem estiver com o alto teor de MS ocorrem problemas durante a compactação do material, resultando em uma massa aerada, o que dificulta a ação das bactérias ácido lácticas (BAL) e torna o ambiente favorável a microrganismos indesejáveis como mofo, leveduras, bactérias aeróbias diversas e as da família *Enterobacteriaceae* (PAHLOW et al., 2003). O contrário também é problemático, pois se a massa ensilada estiver com um alto teor de umidade, a compactação é facilitada,

porém, bactérias que necessitam de mais umidade para seu desenvolvimento, como as do gênero *Clostridium*, predominam nas fases iniciais e estas produzem diversos compostos anti-qualitativos (MUCK, 2010; PAHLOW et al., 2003).

Com relação ao teor de carboidratos solúveis nas plantas observa-se que se for muito baixo pode haver uma lenta acidificação, resultando em silagens mal fermentadas. Um exemplo disso são as silagens de leguminosas forrageiras (CRUZ et al., 2020) e em capins tropicais, quando são colhidos muito velhos (associa-se o alto teor de MS e o baixo teor de carboidratos solúveis). Apesar disso, alguns estudos tem demonstrado que os capins tropicais, colhidos no tempo certo, há uma boa fermentação (BERGAMASCHINE et al., 2006; EVANGELISTA et al., 2004; PINHO et al., 2013; ZANINE et al., 2007, 2010).

O contrário acontece quando há alta disponibilidade de carboidratos solúveis, havendo uma rápida acidificação da massa ensilada. O processo envolvido é complexo onde os carboidratos solúveis são fermentados pelas BAL, que os convertem em ácidos orgânicos, sendo o principal o ácido lático mas pode haver a produção de ácido acético e propiônico a depender das características da forragem e das espécies microbianas envolvidas (MUCK, 2010). Como os carboidratos são a principal fonte de energia para os microrganismos, os grupos desejáveis (BAL) e indesejáveis (mofos, leveduras, bactérias aeróbias diversas) competem por ele no início da fermentação e, principalmente, quando o silo é aberto.

Vale salientar que o ideal é o total consumo dos carboidratos no interior do silo, no entanto, isso nem sempre é possível. Com isso, ao abrir o silo, os microrganismos aeróbicos fazem a oxidação desses carboidratos residuais e dos ácidos orgânicos produzidos, aumentando sua população e, tudo isso, leva à aumentos da temperatura da silagem quando a mesma é exposta ao ar, diminuindo o tempo de estabilidade aeróbia (WILKINSON; DAVIES, 2013).

A baixa estabilidade aeróbia é um problema comumente observado em silagens de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) (FILYA; SUCU, 2007). Embora, o sorgo forrageiro possua as características desejáveis ao processo de ensilagem, como a alta produção de MS por área, seu teor de MS muitas vezes encontra-se abaixo da faixa ideal, além do que, apresenta uma alta concentração de carboidratos solúveis.

2. Principais problemas associados a silagem de sorgo forrageiro

A alta concentração de carboidratos solúveis no sorgo é um problema durante o processo fermentativo, pois estas substâncias são rapidamente metabolizadas pelas BAL para a produção de ácido lático. Com essa alta produção de ácido lático ocorre a acidificação do material

ensilado e, dessa forma, o pH diminui para faixa ideal, inibindo os demais microrganismos indesejáveis. Porém, como há uma grande quantidade de carboidratos solúveis a produção de ácido láctico é muito intensa e o pH fica mais baixo do que a faixa preconizada como ideal que é de 3,8 a 4,2 (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Algumas leveduras ácido-tolerantes podem desenvolver-se em ambiente com pH menor que 3,5, convertendo os carboidratos solúveis em etanol e CO₂ (ROOKE; HATFIELD, 2003; PAHLOW et al., 2003). Muck (2010) relata que esse tipo de fermentação pode levar a perdas de até 48% de MS e, vale salientar que, é justamente na MS que estão os nutrientes necessários para atender as demandas nutricionais dos animais. Esse problema é comum na maior parte das culturas ricas em carboidratos solúveis, tais como: sorgo, cana-de-açúcar e milheto, aumentando as perdas durante o processo fermentativo.

Um outro problema associado à fermentação é a proliferação de leveduras, sendo um problema quando se abre o silo, relacionando-se diretamente com a estabilidade aeróbia da silagem. Ao abrir o silo, as leveduras aeróbias presentes nas fases iniciais de fermentação reiniciam a atividade metabólica e, com isso, oxidam os carboidratos solúveis residuais da fermentação assim como os ácidos orgânicos produzidos, principalmente o ácido láctico (PAHLOW et al., 2003). Com isso, há uma elevação do pH e diversos microrganismos indesejáveis voltam a atividade e continuam a oxidar os substratos ali presentes. Devido a proliferação e oxidação destes microrganismos, há o aquecimento da silagem, resultando assim em perdas severas de nutrientes e em deterioração da silagem (MUCK, 2010; WILKINSON; DAVIES, 2013).

Além do problema fermentativo, o sorgo tem alta umidade e alguns autores tem relatado que mesmo na idade de corte ideal, os valores de MS não chegam aos 30% (PERAZZO et al., 2017; PINHO et al., 2015). Em função disso, a alta umidade aumenta bastante as perdas por efluentes, que carregam nutrientes para o fundo do silo, tornando-os indisponíveis. Para resolver os problemas fermentativos e das perdas por efluentes, é necessário utilizar aditivos na ensilagem, de forma que tais problemas sejam resolvidos e se tenha uma adequada fermentação e redução das perdas.

3. Aspectos sobre palma forrageira

A palma forrageira é um alimento que apresenta de 85 a 90% de água, sendo bastante utilizada na produção animal em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo prevenindo impactos mais severos dos longos períodos secos (NEFZAOU; INGLESE; BELAY, 2009). Os

gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são os mais importantes no que diz respeito ao número de cultivares e de estudos. Pela grande variedade disponível no mercado, a palma forrageira tem grande versatilidade de uso, podendo ser fornecida aos animais diretamente no cocho (*in natura*), como também na forma de silagem, tanto simples como em mistura com outras espécies forrageiras (GRÜNWALDT; GUEVARA; GRÜNWALDT, 2015).

Suas várias formas de uso se dão pelo bom valor nutricional, que variam conforme a espécie, variedade, idade de corte e condições de cultivo (tipo de solo, clima, realização de adubação, disponibilidade de água, entre outros (RETAMAL; DURÁN; FERNÁNDEZ, 1987; SILVA et al., 2013). De forma geral, a composição química da palma forrageira (*Opuntia* spp.) é de aproximadamente 10% de matéria seca (MS), 4 a 6% de proteína bruta (PB), 10 a 20% de cinzas, 1 a 3% de lipídeos (EE), 26 a 32% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) de 50 a 60% (WANDERLEY et al., 2002; SILVA et al., 2013; TEGEGNE; KIJORA; PETERS, 2007).

Além disso, por se tratar de uma planta suculenta de metabolismo CAM, apresenta muitos carboidratos em sua composição. Dentre esses carboidratos, encontra-se a pectina, que é composta basicamente por arabinose, galactose, manose e xilose, entre outros (YAHIA et al., 2009). Ao realizar a colheita da palma e processá-la (trituração), há a disponibilização de um material gelatinoso conhecido por mucilagem, sendo o fenômeno verificado por ocasionar a liberação dos carboidratos acima citados. Esses carboidratos variam de acordo com a forma de adubação, disponibilidade de água e, principalmente, pela idade de corte. A formação da mucilagem é mais comum quando a palma é colhida em torno de 2 anos após seu cultivo, ao passo que colheitas em menos tempo resultam em uma mucilagem menos viscosa.

Ao analisar as características de composição química da palma pode-se pensar que a mesma é inviável ao processo de ensilagem, por não atender os princípios básicos para confecção de uma silagem de boa qualidade, tais como: o teor de MS ser de 30-35% e carboidratos solúveis de até 12% (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). No entanto, como mostrado anteriormente, a presença de mucilagem na palma a torna uma forragem diferenciada das demais pois, com a formação desse composto, há uma redução nas perdas por efluentes uma vez que o material formado é uma matriz polissacarídica que impossibilita a perda de água.

Sá et al. (2020) avaliando características fermentativas das silagens de palma com e sem aditivos, relataram que as perdas por efluentes foram similares em todas as silagens (12 kg t⁻¹). Em outro estudo, Pereira et al. (2019) relataram perdas por efluentes de menos de 1% com base

na matéria seca, em estudo com silagens de palma com e sem inoculantes microbianos. Em ambos os trabalhos, a idade de colheita da palma foi de dois anos, indicando assim que a mucilagem é mais efetiva em reter os fluidos da silagem com idades mais avançadas.

Além dos efeitos positivos no quesito das perdas por efluentes, a palma possibilita ainda um bom processo fermentativo também pelas características da mucilagem, como à alta quantidade de carboidratos solúveis, que promove uma rápida fermentação destes pelas BAL o que leva a uma acidificação acelerada da massa ensilada, inibindo assim os demais microrganismos indesejáveis. favorecendo ainda mais essa acidificação é importante salientar que o perfil de carboidratos da palma permite que haja uma ação favorável das BAL heterofermentativas facultativas e heterofermentativas obrigatórias, devido à grande presença de pentoses (MUCK, 2010; PAHLOW et al., 2003).

Com a fermentação heterolática, há vantagens e desvantagens, em que a principal vantagem é que a via heterofermentativa produz além do ácido lático o ácido acético (ou etanol) e CO₂. Dessa maneira, o ácido acético tem reconhecido potencial antifúngico e possibilita inibir esse grupo de microrganismos, do qual fazem parte os fungos filamentosos e leveduras. A desvantagem dessa fermentação é que a produção de CO₂ leva a perdas de energia, onde nutrientes da silagem são deteriorados para a produção de gás, que não será aproveitado pelo animal. (MUCK, 2010; PAHLOW et al., 2003).

Em silagens com predominância da fermentação homolática ocorre uma rápida proliferação das leveduras no momento da abertura do silo e estas, em presença de oxigênio, iniciam a oxidação dos carboidratos solúveis residuais e até do ácido lático produzido durante a fermentação. Ao realizar esta oxidação, a temperatura da silagem tende a aumentar por este ser um processo exotérmico e também por permitir que os demais microrganismos aeróbios colonizem a silagem. Contrariamente, a fermentação heterolática é muito interessante ao se pensar na abertura do silo, pois como o ácido acético é um agente antifúngico ocorre uma inibição na atividade desses microrganismos, fazendo com que as silagens durem mais tempo quando expostas ao ar (NETO, 2018).

Devido ao elevado teor de ácido acético em silagens de palma, observa-se períodos de estabilidade aeróbia superior a 96 h. Nesse sentido, a utilização da palma forrageira como um aditivo é promissor, uma vez que, esta possa ser mais eficiente que os inoculantes heterofermentativos disponíveis no mercado utilizados com intuito de melhorar a estabilidade aeróbia e diminuir as perdas durante o processo de ensilagem (MACÊDO et al., 2018; PEREIRA et al., 2019; SÁ et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

4. Silagens mistas

A mistura de diferentes forragens no momento da ensilagem tem como principal finalidade unir as características desejáveis das duas fontes para que se tenham melhorias diversas no processo fermentativo, na diminuição das perdas, no valor nutricional e na estabilidade aeróbia.

Avaliando as silagens mistas de palma forrageira e gliricidia sobre os parâmetros qualitativos e quantitativos, Brito et al. (2020) relataram que as silagens apresentaram de 16 a 24% de MS, o que é considerado baixo para silagens, entretanto, a recuperação de matéria seca variou de 96,6% a 98,8% nas silagens avaliadas. As perdas por efluentes foram muito baixas, variando de 23,6 kg t⁻¹ (silagem de exclusivamente de palma) a 2,6 kg t⁻¹ (silagem exclusivamente de gliricidia) com valores intermediários a esses nos demais níveis, o que mostra claramente o potencial da mucilagem em reter os líquidos e inviabilizar a formação de efluentes. Com relação ao perfil fermentativo, o pH variou de 3,92 a 4,02 ao serem abertas aos 90 dias, nos tratamentos contendo de 25 até 75% de gliricidia, notando-se uma boa acidificação dessas silagens.

A produção de ácido acético e a relação ácido láctico:acético foi bem mais baixa e isso implicou na estabilidade aeróbia, em que a silagem de palma teve quebra da estabilidade com 26 h, seguidas da silagem de palma com 25% de gliricidia (58 h); palma com 50% de gliricidia (65 h); palma com 75% de gliricidia (72 h) e; silagem de gliricidia (83 h).

Matias et al. (2020) avaliando níveis de inclusão de maniçoba em silagens de palma reportaram que houve bom padrão fermentativo das silagens, onde o pH e teor de nitrogênio amoniacal das silagens apresentaram-se dentro da faixa ideal. Além disso, a recuperação de matéria seca das silagens, independente do nível utilizado, foi superior a 94% mostrando que o alto teor de umidade da palma não se torna um fator negativo quando se pensa na ensilagem. Contrariamente, Monção et al. (2020) avaliando níveis de inclusão de palma em silagens de capim elefante cv. Capiçu (0 a 20%) mostraram que houve aumento significativo das perdas por efluentes à medida que se incluía mais palma. Com isso, a recuperação de MS diminuiu significativamente, variando de 60 a 80%. Esses dados mostram que, mesmo tendo um grande potencial de uso na ensilagem, a palma precisa ser mais estudada quando utilizada em mistura com outras espécies forrageiras, sendo fundamental identificar sempre o nível ótimo de inclusão.

Nesse sentido, vale ressaltar a importância de unir ingredientes ou espécies de plantas que tenham características complementares, pois ao se utilizar dessa combinação muitos benefícios

podem surgir, como por exemplo, melhorias quanto à fermentação, estabilidade aeróbia, incrementos no valor nutricional e na diminuição de perdas. Ao conseguir a combinação ideal, tem-se um alimento de qualidade, permitindo assim que haja maior expressão do potencial produtivo dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Forragicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, município de Areia, PB, inserido na microrregião do Brejo paraibano, situado pelas coordenadas geográficas 6° 58' 12" de latitude Sul, 35° 42' 15" de longitude Oeste de Greenwich e 619 m de altitude. O clima da região é quente e úmido, do tipo As', de acordo a classificação de Köppen. Segundo dados da Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba a precipitação média anual no município de Areia é de 1400 mm, a temperatura média anual é de 24,5 °C e a umidade relativa média é de 80%. O quadrimestre mais chuvoso é constituído dos meses entre abril e julho, e representa 62% do total médio anual.

Aquisição e ensilagem dos materiais vegetais

O sorgo forrageiro foi adquirido de uma fazenda localizada no município de Alagoinha, localizado a 6° 57' 12" de latitude Sul e 35° 32' 19" de longitude Oeste, a 147 m de altitude, inserida na mesorregião de Agreste Paraibano, e na microrregião de Guarabira. Apresenta clima tropical chuvoso com verão seco (As'), segundo a classificação de Köppen, com chuvas de fevereiro a agosto, com precipitação e temperatura média anuais em torno de 1.127 mm e 26,5 °C, respectivamente. O sorgo forrageiro foi semeado no dia 06 de junho de 2019 e colhido em 13 de setembro de 2019, quando os grãos apresentavam-se no estágio leitoso/pastoso.

A palma forrageira da espécie *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck, comumente conhecida como palma Miúda, com idade de rebrota de dois anos, foi oriunda de um palmal já implantado no Instituto Nacional do Semiárido (Insa), localizado no município de Campina Grande, PB, inserido na mesorregião do Agreste paraibano, apresenta altitude aproximada de 494 m, com as coordenadas de Latitude: 7°16'47.24" de latitude Sul e 35°58'29.97" de longitude Oeste. A classificação do clima é As' segundo a Köppen. A temperatura máxima de 30.0 °C e a temperatura mínima 18.0°C. A pluviosidade média anual é 876 mm.

As plantas foram colhidas manualmente e processadas em máquina forrageira estacionária (MC1001N Laboremus®), proporcionando partículas de aproximadamente 2 cm. O material foi imediatamente compactado com auxílio de soquetes de madeira até atingir a densidade aproximada de 600 Kg/m³ de matéria natural (MN) em cada mini-silo.

As silagens foram confeccionadas em 20 silos experimentais de policloreto de polivinila (PVC), com 15 cm de diâmetro x 30 cm de altura. Todos os mini-silos foram adaptados com válvula tipo *Bunsen* para eliminação dos gases resultantes da fermentação. No fundo de cada silo foi adicionado 1 kg de areia seca, cuja camada foi coberta com tela de tecido não tecido (TNT) para captação dos efluentes. Ao final deste processo, os silos foram fechados, pesados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até o momento de abertura (90 dias após a ensilagem).

Delineamento experimental utilizado

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram representados pela inclusão de palma forrageira na ensilagem do sorgo forrageiro: 0; 25; 50; 75 e 100% de palma forrageira na matéria natural (MN) da mistura.

Populações microbianas

As populações microbianas foram quantificadas, antes da ensilagem, nas aberturas dos silos experimentais, utilizando-se meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano: ágar MRS (de Man, Rogosa e Sharpe), para as bactérias do ácido láctico (BAL) e ágar Batata Dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10%, para os mofos e leveduras.

A quantificação dos grupos microbianos foi realizada a partir de 10 g de uma amostra das repetições de cada tratamento, nas quais foram adicionados 90 mL de solução tampão fosfato esterilizada e homogeneizadas durante 1 minuto, obtendo-se a diluição de 10⁻¹. Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de 10⁻¹ a 10⁻⁹, e o cultivo foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis.

As placas foram incubadas de acordo com as temperaturas de incubação específicas para cada grupo microbiano (Ávila et al. 2014; Santos et al. 2014). Para BAL, 37°C durante 48 horas e para mofos e leveduras, 28°C durante 72 horas. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC/g de silagem).

Perfil fermentativo das silagens

No período de abertura foram determinados os valores de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) seguindo a metodologia descrita por Detman (2012).

Perdas e recuperação de matéria seca da silagem

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso pelas equações descritas por Zanine et al. (2010):

$$PG = (PCf - PCa) / (MFf \times MSf) \times 10000$$

Onde, PG = perdas por gases (% da matéria seca); PCf = peso do silo cheio no fechamento (kg); PCa = peso do silo cheio na abertura (kg); MFf = massa de forragem no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da forragem no fechamento do silo (%).

$$PE = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 100$$

Onde, PE = perdas por efluentes (kg ton⁻¹ de matéria natural); PVi = peso do silo vazio + areia no fechamento (kg); PVf = peso do silo vazio + areia na abertura (kg); Tb = peso do silo vazio (kg); MFi = massa de forragem no fechamento do silo (kg).

A estimativa da recuperação de matéria seca (RMS) foi obtida por diferença de peso de matéria seca antes e após a ensilagem pela equação descrita por Zanine et al. (2010):

$$RMS = (MFa \times MSa) / (MFf \times MSf) \times 100$$

Onde, RMS = taxa de recuperação de matéria seca (%); MFa = massa da forragem na abertura do silo (kg); MSa = concentração de matéria seca da forragem na abertura do silo (%); MFf = massa da forragem no fechamento do silo (kg); MSf = concentração de matéria seca da forragem no fechamento do silo (%).

Estabilidade aeróbia das silagens

A estabilidade aeróbia (EA) das silagens (expressa em horas) por meio do monitoramento da temperatura interna das silagens expostas ao ar durante um período de 120 horas. As

amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C).

As temperaturas foram verificadas a cada 30 minutos por meio de termômetros digitais de imersão, posicionados no centro da massa de silagem. Foi considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (Kung Jr et al., 2000).

Composição química das silagens

Foram coletadas amostras das silagens de sorgo aditivadas com palma forrageira de aproximadamente 300 g de cada repetição em seus diferentes períodos de abertura (100 dias). As amostras foram pré-secas em estufa de ar forçado por 72 h à 60°C.

Em seguida, essas amostras foram moídas em partículas de 1 mm em um moinho de facas Wiley e analisadas quanto às concentrações de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) de acordo com AOAC (2005) métodos 934,01, 942,05, 920,39, 968,06, respectivamente.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas amostras foram determinados seguindo a metodologia descrita por Mertens (2002). Os carboidratos não fibrosos foram estimados pela seguinte fórmula desenvolvida por Sniffen et al. (1992): $CNF = 100 - (MM + PB + EE + FDN)$. Para determinação do teor dos carboidratos solúveis em água (CSA), utilizou-se o método do ácido sulfúrico concentrado descrito por Dubois et al. (1956) com adaptações de Corsato et al. (2008).

Tabela 1. Composição química antes da ensilagem (g/Kg de MS)

² Variáveis	¹ Níveis de Palma, %				
	0	25	50	75	100
MS	365,51	252,87	200,06	187,18	84,5
PB	102,23	63,99	55,24	50,71	52,66
EE	14,56	12,07	8,01	12,49	22,58
FDN	715,88	677,69	565,74	639,69	353,16
CNF	167,33	246,25	371,01	297,11	571,6
CSA	139,81	180,97	177,81	198,94	162,54

¹Percentual na matéria natural

²MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato Etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; CNF = Carboidratos não fibrosos; CSA = Carboidratos solúveis em água

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análises de variância e regressão, de acordo com os níveis de palma forrageira na ensilagem do sorgo forrageiro, e os dados analisados utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008). As equações de regressão foram escolhidas com base no coeficiente de determinação (R^2) e na significância dos coeficientes de regressão por meio do teste t utilizando $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à microbiologia das silagens, foi possível observar que a população de BAL nas silagens foi satisfatória, observando-se um efeito quadrático, enquanto os mofos apresentaram efeito linear decrescente e as leveduras não apresentaram diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 2). Avaliando o perfil fermentativo das silagens, observa-se que o pH e os carboidratos solúveis em água residuais (CSAr) não houve efeito significativo ($P > 0,05$), independentemente do nível de palma adicionado (Tabela 2). Contudo, o teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) apresentou aumento linear à medida que se adicionou palma nas silagens de sorgo (Tabela 2).

Tabela 2. Contagem microbiana, pH, CSAr e $N-NH_3$ em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista

Variáveis	¹ Níveis de Palma, %					EPM	L	Q	R^2
	0	25	50	75	100				
BAL (UFC/g de silagem)	4,42	5,68	6,32	6,23	4,5	0,199	0,282	0,000	96,64
Mofos (UFC/g de silagem)	3,85	4,85	1,82	1,5	1,5	0,701	0,002	0,794	67,89
Leveduras (UFC/g de silagem)	1,78	1,25	0,75	ND	ND	0,798	0,076	0,789	96,93
pH	3,86	3,86	3,83	3,93	4,3	0,146	0,072	0,146	93,98
CSAr (g/Kg de MS)	8,66	10,26	13,46	15,03	17,96	0,455	0,136	0,953	98,99
$N-NH_3$ (%NT)	0,68	0,91	1,17	1,48	2,56	1,033	0,000	0,001	86,69

¹Percentual na matéria natural.

BAL = Bactérias do ácido lático; pH = Potencial hidrogeniônico; CSAr = Carboidratos solúveis em água residuais; $N-NH_3$ = Nitrogênio amoniacal com base no percentual de nitrogênio total; ND = Não detectado; EMP = erro padrão da média; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; R^2 = coeficiente de determinação.

Esses resultados demonstram que houve uma boa fermentação nas silagens, uma vez que houve dominância das BAL em relação aos demais grupos microbianos avaliados nas silagens. Como o sorgo e a palma são culturas que possuem um alto teor de carboidratos solúveis (Tabela 1), as BAL utilizam esse substrato para crescimento e, conseqüentemente, produção de ácido lático. Por conta do perfil heterolático observado nas silagens, houve inibição dos principais microrganismos deteriorantes da silagem, como os mofos e leveduras (PAHLOW et al., 2003),

que apresentaram diminuições na sua população em todas as silagens avaliadas (Tabela 2), apesar de não ter havido efeito ($P > 0,05$) significativo para a população de leveduras (Tabela 2).

A produção de ácido láctico pelas BAL proporciona a acidificação do meio, mostrado pela diminuição no pH, porém, no presente estudo essa variável não sofreu alterações independentemente do nível de inclusão da palma. A faixa de pH de 3,8 a 4,2 é considerado ideal e representa um bom processo fermentativo (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), fato esse observado no presente trabalho. Outro fator que indica um bom processo fermentativo é o teor de N-NH₃ das silagens e de acordo com McDonald; Henderson; Heron (1991), o teor dessa substância deve ser menor que 10% do N total da silagem. No presente trabalho, apesar de ter havido um aumento linear no teor de N-NH₃, pode-se observar que o maior valor de N-NH₃ não ultrapassou 2,56%, ou seja, apresentou baixas perdas de proteína via fermentações secundárias.

Em silagens de sorgo já é comum observar um bom padrão fermentativo (FILYA; SUCU, 2007; SANTOS et al., 2018), porém, a ensilagem de duas culturas com características distintas mostrou-se adequada em todos os níveis avaliados, pois os principais fatores que afetam a qualidade das silagens encontraram-se dentro do preconizado na literatura (DA SILVA et al., 2017).

Observa-se efeitos significativos ($P < 0,05$) para variáveis de perdas e recuperação de matéria seca. As perdas por gases apresentaram efeito quadrático, enquanto as perdas por efluentes apresentaram um efeito linear crescente e a recuperação de matéria seca apresentou um efeito quadrático (Tabela 3). As silagens com maiores perdas por gases foram as silagens exclusivas, ou seja, silagem de sorgo sem adição de palma (nível 0%) e a silagem de palma (nível 100%), observando-se valores intermediários mais baixos nas silagens mistas se comparados às silagens exclusivas. As perdas por efluentes aumentaram linearmente à medida que se aumentou a palma, observando-se maiores perdas quanto maiores os níveis de inclusão (Tabela 3). A recuperação de matéria seca foi maior nos níveis de 25 e 50%, diminuindo significativamente no nível com 100% de palma.

Tabela 3. Perdas e recuperação de matéria seca em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista

² Variáveis	¹ Níveis de Palma, %					EPM	L	Q	R ²
	0	25	50	75	100				
PG (% de MS)	8,60	4,39	4,73	4,52	19,89	1,134	0,000	0,000	89,47
PE (Kg/ton de MN)	6,79	14,16	24,43	52,84	124,19	2,083	0,000	0,000	81,60
RMS (g/Kg)	907,1	941,9	928,2	902,0	676,9	1,174	0,000	0,000	94,31

¹Percentual na matéria natural²PG = Perdas por gases; PE = perdas por efluentes e RMS = Recuperação de matéria seca; EMP = erro padrão da média; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; R² = coeficiente de determinação

Em decorrência do bom padrão fermentativo as perdas foram baixas nas silagens mistas, observando-se maior recuperação de matéria seca nas silagens com 25 e 50%. Tais resultados demonstram que a inclusão da palma até 75% permite uma boa fermentação (Tabela 2), menores perdas e maior recuperação de matéria seca (Tabela 3), no entanto, ao verificar a Tabela 1 pode-se notar que o teor de MS das silagens diminuiu bastante o que resultou nesse aumento das perdas por efluentes.

Em trabalho avaliando a inclusão de palma em silagens de capim capiaçu, Monção et al. (2020) relataram que houve diminuição linear da recuperação de matéria seca e aumento linear das perdas efluentes, similarmente ao verificado no presente trabalho. Desse modo, não é recomendada a inclusão em níveis elevados de palma nas silagens uma vez que a qualidade das mesmas é afetada, podendo levar a diminuição no consumo animal e ainda a queda no desempenho.

Observou-se efeito linear decrescente para a variável temperatura máxima ($P < 0,05$), enquanto o tempo para atingir a temperatura máxima e a estabilidade aeróbia das silagens aumentaram linearmente a medida que se adicionou palma nas dietas ($P < 0,05$) (Tabela 4). Quando os silos foram abertos, observou-se que as silagens de sorgo (0% de palma) atingiram a maior temperatura e, com o aumento dos níveis de inclusão, a temperatura diminuiu linearmente, observando-se a mesma tendência no tempo para que as silagens atinjam a temperatura máxima (Tabela 4). Como resultado disso, a estabilidade aeróbia das silagens aumentou linearmente em função dos maiores níveis de palma, pois a partir do nível de 50% não verificou-se quebra da estabilidade até 120 horas (Tabela 4). De acordo com Kung; Ranjit (2001), as silagens são consideradas estáveis quando não ultrapassam 2 °C acima da temperatura ambiente, fato observado no presente trabalho, onde as silagens com mais de 50% de palma não ultrapassaram os 27°C (considerando que a temperatura ambiente foi mantida à 25 °C).

Tabela 4. Variáveis relacionadas a estabilidade aeróbia da silagem em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista

² Variáveis	¹ Níveis de Palma, %					EPM	L	Q	R ²
	0	25	50	75	100				
TM (°C)	33,96	30,26	26,73	26,43	25,33	0,337	0,000	0,000	98,39
HTM (horas)	72,33	81,16	96,00	88,66	105,33	6,882	0,007	0,806	82,53
EA (horas)	55,50	69,16	120,00	120,00	120,00	3,744	0,000	0,000	89,88

¹Percentual na matéria natural²TM = Temperatura máxima da silagem; HTM = Tempo para alcançar a temperatura máxima; TEA = Tempo de estabilidade aeróbia; EMP = erro padrão da média; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; R² = coeficiente de determinação

O aquecimento verificado nas silagens expostas ao ar é um indício de que está havendo oxidação dos nutrientes e ácidos produzidos durante a fermentação. Com essa oxidação, há a liberação de calor e aumento do pH, resultando assim em perdas severas de MS (WILKINSON; DAVIES, 2013). No presente estudo, ao adicionar a palma nas silagens, principalmente nas proporções de 50 a 100%, houve melhoria significativa da estabilidade provavelmente pela baixa contagem de leveduras, que são as iniciadoras da deterioração aeróbia. Essa melhoria pode estar associada à inibição das leveduras, já que a palma tem uma fermentação heterolática e com isso, produz ácido acético, o qual é um agente antifúngico (MOON et al., 1983).

Alguns trabalhos avaliando silagens de palma exclusiva ou usando a palma em mistura com outros ingredientes já demonstraram que a palma proporciona uma melhoria significativa na estabilidade aeróbia das silagens (BRITO et al., 2020; SÁ et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

Observou efeito linear ($P > 0,05$) para todas as variáveis de composição bromatológica das silagens. Assim, pode-se observar que o teor de MS, PB e FDN apresentaram efeito linear ($P > 0,05$) decrescente, enquanto o EE e os CNF apresentaram efeito ($P > 0,05$) linear crescente (Tabela 5). A diminuição no teor de MS, PB e FDN pode ser justificado pelo fato de a palma ter baixos teores com desses nutrientes e, dessa forma, a inclusão da mesma em maiores proporções resulta em diminuição dos valores. Resultados similares a esse foram relatados por Monção et al. (2020) avaliando silagens de capim-capiaçu com níveis de inclusão de palma nas silagens, evidenciando que quanto mais palma é adicionada na mistura maior é o decréscimo dos teores de MS, PB e FDN.

Tabela 5. Composição química da silagem em função dos níveis de palma forrageira na silagem mista (g/Kg)

² Variáveis	¹ Níveis de Palma, %					EPM	L	Q	R ²
	0	25	50	75	100				
MS	344,0	287,3	206,8	150,6	57,4	0,743	0,000	0,112	99,30
PB	94,50	60,80	50,43	47,26	45,26	0,146	0,000	0,000	96,95
EE	18,20	17,90	23,06	31,50	27,83	0,127	0,000	0,483	75,96
FDN	721,00	680,34	624,03	591,16	287,96	3,238	0,000	0,002	93,12
CNF	166,33	240,95	302,47	330,11	638,91	3,224	0,000	0,005	81,83

¹Percentual na matéria natural²MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato Etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; CNF = Carboidratos não fibrosos; EMP = erro padrão da média; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; R² = coeficiente de determinação

O teor de EE e CNF aumentaram linearmente em função da inclusão de palma, uma vez que a mesma tem maior teor desses nutrientes se comparada ao sorgo, principalmente de CNF (Tabela 1). Por conta disso, ao aumentar a proporção de palma na mistura é natural que essa tendência seja mantida nas silagens, fato esse observado no presente trabalho (Tabela 5). No processo fermentativo, os CNF são fundamentais para a acidificação em que há a conversão dos carboidratos em ácido lático, além do que a formação da mucilagem tem como base esses CNF (SÁ et al., 2020; YAHIA; DE; ANAYA, 2009).

CONCLUSÃO

Recomenda-se o nível de 50% de palma forrageira para melhorar as características microbiológicas, a recuperação de matéria seca e estabilidade aeróbia, sem afetar negativamente o valor nutritivo da silagem mista.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. de A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (B. brizantha cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 1454–1462, 2006.
- BRITO, G. S. M. da 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. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.
- CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; SANTOS, A. P. da S.; RAMOS, B. L. P.; ALMEIDA, B. T.; SANTOS, D. C. Dos; FRIES, D. D. Produção De Leguminosas Para Ensilagem: Uma

Revisão. **Revista Científica Rural**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 152–168, 2020.

DA SILVA, T. C.; DA SILVA, L. D.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. Importance of the Fermentation to Produce High-Quality Silage. In: **Fermentation Processes**. [s.l.] : InTech, 2017. p. 1–20.

DANIEL, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, [s. l.], n. February, p. 1–13, 2019.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G. De; NELSON, P.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; APARECIDO, R.; SANTANA, V. PRODUÇÃO DE SILAGEM DE CAPIM-MARANDU Production of marandu grass. **Ciênc. agrotec.**, [s. l.], v. 28, p. 443–449, 2004.

FILYA, I.; SUCU, E. The effect of bacterial inoculants and a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal silages. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 378–384, 2007.

GRÜNWALDT, J. M.; GUEVARA, J. C.; GRÜNWALDT, E. G. Review of scientific and technical bibliography on the use of *Opuntia* spp . as forage and its animal validation. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, [s. l.], n. 17, p. 13–32, 2015.

GUSHA, J.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I.; NCUBE, S. (*Opuntia ficus indica*)-Legume mixed silage. **Online Journal of Animal and Feed Research**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 116–120, 2013.

KUNG, L.; RANJIT, N. K. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and Other Additives on the Fermentation and Aerobic Stability of Barley Silage. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 84, n. 5, p. 1149–1155, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74575-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74575-4)>

LIMA WANDERLEY, W.; FERREIRA, M. de A.; BEZERRA DE ANDRADE, D. K.; CHAVES VÉRAS, A. S.; FARIAS, I.; LIMA, L. E. De; ARAÚJO DIAS, A. M. De. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 273–281, 2002.

MACÊDO, A. J. da S.; SANTOS, E. M.; DE ARAÚJO, G. G. L.; EDVAN, R. L.; DE OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F.; SÁ, W. C. C. dos S.; PEREIRA, D. M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range and Forage Science**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 121–129, 2018.

MATIAS, A. G. S.; ARAUJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S.; MORAES, S. A.; GOIS, G. C.; SILVA, T. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; VOLTOLINI, T. V. Fermentation profile and nutritional quality of silages composed of cactus pear and maniçoba for goat feeding. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 158, n. 4, p. 304–312, 2020.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2nd. ed. Marlow, Bucks, UK: Cambridge University Press, 1991.

MONÇÃO, F. P.; ROCHA, V. R.; SILVA, J. T.; DE JESUS, N. G.; MARQUES, O. F. C.; RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J.; SILVA, A. A. G.; ALVES, D. D.; CARVALHO, C. C. C.; GOMES, V. M.; LEAL, D. B. Nutritional value of BRS capiacu grass (*Pennisetum purpureum*) silage associated with cactus pear. **Iranian Journal of Applied Animal Science**,

[s. l.], v. 10, n. 1, p. 25–29, 2020.

MOON, N. J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 453–460, 1983.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 39, n. suppl spe, p. 183–191, 2010.

NEFZAOU, A.; INGLESE, P.; BELAY, T. Improved utilization of cactus pear for food, feed, soil and water conservation and other products in Africa. In: I PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL WORKSHOP, 19-21 OCTOBER, 2009. 224PP. 2009, Mekelle, Ethiopia. **Anais...** Mekelle, Ethiopia

NETO, J.M.C; **Uso de Bacterias Láctias da Microbiota Autóctone como Inoculante na Ensilagem da Palma Forrageira** 2018. TCC. (Graduação). curso de Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2018.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of Ensiling. In: **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p. 63.

PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; BEZERRA, H. F. C.; SILVA, T. C.; PEREIRA, G. A.; RAMOS, R. C. S.; RODRIGUES, J. A. S. Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage Production Cultivated in Semiarid Conditions. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 8, n. June, p. 1–8, 2017.

PEREIRA, G. A.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; ZANINE, A. D. M.; SOUZA, A. F. N.; MACEDO, A. J. S.; NETO, J. M. C.; NASCIMENTO, T. V. C. Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants and in silage from Opuntia and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 157, n. 9–10, p. 684–692, 2019.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, A. P. G.; SILVA, T. C.; CAMPOS, F. S.; MACEDO, C. H. O. Microbial and fermentation profiles, losses and chemical composition of silages of buffel grass harvested at different cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 42, n. 12, p. 850–856, 2013.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. De; BEZERRA, H. F. C.; FREITAS, P. M. D. De; PERAZZO, A. F.; RAMOS, R. C. da S.; SILVA, A. P. G. Da. Sorghum cultivars of different purposes silage. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 298–303, 2015.

RETAMAL, N.; DURÁN, J. M.; FERNÁNDEZ, J. Seasonal variations of chemical composition in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) miller). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 303–311, 1987.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of Ensiling. [s. l.], 2003.

SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; DE OLIVEIRA, J. S.; DE ARAUJO, G. G. L.; PERAZZO, A. F.; DA SILVA, A. L.; PEREIRA, D. M.; CÉSAR NETO, J. M.; SANTOS, F. N. S.; LEITE, G. M. Fermentative characteristics and chemical composition of cochineal nopal cactus silage containing chemical and microbial additives. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], 2020.

- SANTOS, A. P. M. Dos; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. De; RIBEIRO, O. L.; PERAZZO, A. F.; MARTINS ARAÚJO PINHO, R.; MACÊDO, A. J. da S.; PEREIRA, G. A. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range and Forage Science**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 55–62, 2018.
- SANTOS, M. V. F. Dos; LIRA, M. D. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A. C. L. De; CUNHA, M. V. Da. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 39, p. 204–215, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982010001300023&script=sci_arttext>
- SANTOS, F. N. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; MEDEIROS, G. R.; ZANINE, A. M.; ARAÚJO, G. G. L.; PERAZZO, A. F.; LEMOS, M. L. P.; PEREIRA, D. M.; CRUZ, G. F. L.; PAULINO, R. S.; OLIVEIRA, C. J. B. Fermentation profile, microbial populations, taxonomic diversity and aerobic stability of total mixed ration silages based on Cactus and *Gliricidia*. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], 2020.
- SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 342–350, 2013.
- TEGEGNE, F.; KIJORA, C.; PETERS, K. J. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. **Small Ruminant Research**, [s. l.], v. 72, n. 2–3, p. 157–164, 2007.
- WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 1–19, 2013.
- YAHIA, E. M.; DE, J.; ANAYA, A. Extraction and chemical characteristics of mucilage from mesquite, Aloe vera, maguey and prickly pear cactus cladodes (nopal) and evaluation of its prebiotic effect on the growth of 2 probiotic bacteria. **Acta Horticulturae**, [s. l.], v. 841, p. 625–628, 2009.
- ZANINE, A. D. M.; SANTOS, E. M.; DÓREA, J. R. R.; DANTAS, A. D. S.; DA SILVA, T. C.; PEREIRA, O. G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 39, n. 12, p. 2611–2616, 2010.
- ZANINE, A. D. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. D. J.; PEREIRA, O. G. Populações microbianas e componentes nutricionais nos órgãos do capim-tanzânia antes e após a ensilagem. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 143, 2007.