



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

CARLOS VINICIUS DA SILVA SOUZA

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ESTRATO HERBÁCEO DA CAATINGA
ADITIVADA COM PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)**

CATOLÉ DO ROCHA-PB

2024

CARLOS VINICIUS DA SILVA SOUZA

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ESTRATO HERBÁCEO DA CAATINGA
ADITIVADA COM PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)**

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

Orientador: Prof. Dra. Maria do Socorro de Caldas Pinto.

CATOLÉ DO ROCHA-PB

2024

S729q Souza, Carlos Vinicius da Silva.

Qualidade da silagem do estrato herbáceo da caatinga aditivada com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) [manuscrito] / Carlos Vinicius da Silva Souza. - 2024.

29 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Maria do Socorro de Caldas Pinto, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA".

1. Cactácea. 2. Conservação de forragem. 3. Dicotiledôneas. I. Título

21. ed. CDD 631.585

CARLOS VINICIUS DA SILVA SOUZA

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ESTRATO HERBÁCEO DA CAATINGA
ADITIVADA COM PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)**

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

Aprovada em: 22/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rayane Nunes Gomes** (***.797.904-**), em **22/06/2025 10:20:35** com chave **ae3726f64f6b11f0ae761a7cc27eb1f9**.
- **Danilo Dantas da Silva** (***.055.954-**), em **17/06/2025 15:16:47** com chave **3b560d544ba711f082142618257239a1**.
- **Maria do Socorro de Caldas Pinto** (***.874.234-**), em **17/06/2025 14:24:46** com chave **f6ecdc304b9f11f08a2006adb0a3afce**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 24/06/2025

Código de Autenticação: ec596b



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder forças e sabedoria ao longo dessa caminhada, sua presença divina foi fundamental em todos os momentos desafiadores e na superação de cada obstáculos.

Aos meus pais Donizete Souza e Iranete Souza, por todo amor, incentivo e suporte incondicional, sem os quais eu jamais teria chegado até aqui.

Aos meus irmãos Douglas, Bruno e Icaro, por estarem sempre ao meu lado, vibrando nas conquistas e me apoiando nas dificuldades.

Aos meus avós, tios, tias, primos e primas, que sempre torceram por mim e me encorajaram nos momentos mais difíceis, um agradecimento especial a tia Irenilda e tio Nonato (*in memoriam*), por serem fontes de inspiração para a escolha dessa caminhada. Obrigado à tia Isabel pelos ensinamentos e como exemplo de perseverança e força.

A Dr^a. Maria do Socorro de Caldas Pinto pela sua orientação competente na vida acadêmica e pessoal, por sua disponibilidade em todas as etapas da pesquisa. Seus ensinamentos estão gravados em minha memória e com certeza mudaram meu jeito de pensar.

A Dr^a. Rayane Gomes Nunes pela valorosa contribuição como orientadora de projeto de extensão com certeza levarei seus ensinamentos sempre comigo.

As irmãs que os laços sanguíneos não me deram, porém, a UEPB me concedeu: Beatriz Almeida, Diany Bandeira, Dirce Maria e Maria Cecilia, obrigado por todos os momentos vividos, pelas alegrias compartilhadas e pelo apoio dado nos momentos mais difíceis dessa caminhada, terás sempre esse irmão torcendo por vocês.

Aos amigos irmãos Vinicius Gabriel, Gabriel Sidharta, Pedro Henrique, Moisés Dantas, Felipe Izidro, Dennedy Magnos, Iwry Dantas e Alexandre Xavier, que muito contribuíram nesse processo formativo. De modo especial, a Luan Barbosa por toda sua contribuição em trabalhos e nas pesquisas. A Mauricio Antônio meu irmão de todas as horas, obrigado pela convivência fraterna durante todo esse período, dividindo o mesmo teto, as mesmas afiliações, dificuldades e alegrias.

Aos estimáveis colegas de laboratório: Lucas Augusto, Aline Alves, Danilo Dantas e Mateus Sousa.

Quero estender meus agradecimentos a todos os professores que desempenharam um papel fundamental em minha jornada até aqui, bem como aos dedicados funcionários que

contribuem diariamente para o funcionamento eficaz da instituição e a todos aqueles que colaboram para o sucesso do Campus IV da UEPB.

Sou grato a mim mesmo por ter feito esta escolha a 5 anos atrás, por nunca desistir, mesmo nos momentos mais desafiadores que enfrentei até este ponto, e por sempre perseverar. Por fim, desejo expressar minha gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada.

OBRIGADO!

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Caracterização sensorial das silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aditivadas com palma forrageira aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024..... 20
- Tabela 2. Efeito dos níveis de palma forrageira em relação a temperatura, pH e perdas por mofo em silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024..... 21
- Tabela 3. Efeito dos níveis de inclusão da palma forrageira em relação a composição bromatológica das silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024..... 23

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, 2024.
Fonte: Google..... 16
- Figura 2. Mix do estrato herbáceo da caatinga, palma forrageira genótipo Moradilha V03 (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) e moagem do material para confecção das silagens, Catolé do Rocha-PB – 2024..... 17
- Figura 3. Silos Experimentais (A), enchimento e compactação da forragem ensilada (B) e soquete utilizado na compactação (C). Catolé do Rocha-PB – 2024..... 18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Processo de Ensilagem	13
2.2 Estrato herbáceo da caatinga.....	14
2.3 Uso da palma forrageira na produção de silagem	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 Local do experimento	16
3.2 Culturas utilizadas na produção das silagens	17
3.3 Tratamentos e Delineamento experimental	18
3.4 Silos experimentais e processo de ensilagem	18
3.5 Avaliações pré/pós abertura dos silos	19
3.6 Análises laboratoriais	19
3.7 Avaliações dos resultados.....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4 CONCLUSÃO	23
5 REFERENCIASBIBLIO0GRÁFICAS.....	23
ANEXO 1.....	29

QUALIDADE DA SILAGEM DO ESTRATO HERBÁCEO DA CAATINGA ADITIVADA COM PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)

Carlos Vinicius da Silva Souza

RESUMO: A conservação de forragem é uma alternativa viável para minimizar os efeitos da estacionalidade da produção de volumosos em regiões semiáridas, garantindo o aproveitamento do excedente da produção de forragem do estrato herbáceo da caatinga durante o período chuvoso. As dicotiledôneas são conhecidas por apresentarem baixo poder tampão por serem pobres em carboidratos. No entanto a palma forrageira destaca-se por ter elevada produção de fitomassa verde e alto teor de carboidratos solúveis, viabilizando a produção de silagens mistas. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens do mix do estrato herbáceo da caatinga aditivada com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). A pesquisa foi conduzida no Departamento de Agrárias e Exatas da Universidade Estadual da Paraíba, situada no município de Catolé do Rocha-PB. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos - níveis de adição de palma (0%, 3,5%, 7%, 10,5% e 14%) adicionados ao mix da pastagem nativa do estrato herbáceo com quatro repetições, totalizando 20 silos experimentais. Foram realizadas avaliações sensoriais: cheiro, cor, textura e umidade; temperatura (°C), pH, e perdas por mofos (%), bem como os teores (%) de matéria seca (MS), orgânica (MO), mineral (MM) e proteína bruta (PB) no Laboratório de Forragicultura e Nutrição Animal do CCHA/UEPB, 90 dias após a ensilagem. Os resultados das avaliações sensoriais foram apresentados de forma descritiva. As demais variáveis foram submetidas a análises de variância e regressão com significância de ($<0,01$ e $<0,05$) de probabilidade. Para o atributo cheiro, os escores atribuídos variaram de 1 a 3, ou seja, 1 – agradável (ácida típica) e 3 – razoável (vinagre-ácido). Para cor, os escores atribuídos variaram entre 3 e 4, sendo 3 – marrom claro e 4 – marrom escuro. A textura das silagens, variaram de 2 a 4, sendo 2- fina (bem picado); 3- médio (+/- grosseira) e 4- grosseira (toletes). Para umidade, os escores ficaram entre 2 e 4, sendo 2- (70 a 65% de umidade) e 4 – (75 a 80%). Com relação à temperatura e mofos houve efeito linear decrescente, enquanto o pH apresentou efeito quadrático ($P<0,01$). Observou-se efeito quadrático ($P<0,05$) para MS, linear crescente para MO ($P<0,01$) e linear decrescente para MM e PB ($P<0,01$) nas silagens. As silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aditivada com palma apresentaram atributos sensoriais que representam qualidade mediana das mesmas, podendo essas características serem melhoradas com um tratamento prévio de emurhecimento para elevar a matéria seca e não comprometer a fermentação. A inclusão da palma forrageira na silagem do mix do estrato herbáceo da Caatinga mostrou-se eficaz no controle das perdas por mofo na massa ensilada. A adição de palma melhora os atributos sensoriais e bromatológicos das silagens do mix do estrato herbáceo da Caatinga, com exceção da PB sem a necessidade de adição de outras fontes de carboidratos solúveis.

Palavras-chaves: Cactácea; conservação de forragem; dicotiledôneas.

QUALITY OF SILAGE OF THE EXTRACT CAATINGA HERBACEOUS ADDITIVED WITH FORAGE PALM (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)

Carlos Vinicius da Silva Souza

ABSTRACT: Forage conservation is a viable alternative to minimize the effects of seasonality in the production of bulky crops in semiarid regions, ensuring the use of surplus forage production from the herbaceous stratum of the caatinga during the rainy season. Dicotyledons are known to have low buffering power because they are poor in carbohydrates. However, forage cactus stands out for its high production of green phytomass and high content of soluble carbohydrates, enabling the production of mixed silages. In view of the above, the objective of this study was to evaluate the quality of silages from a mix of the herbaceous stratum of the caatinga region a with forage cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). The research was conducted at the Department of Agrarian and Exact Sciences of the State University of Paraiba, located in the municipality of Catole do Rocha-PB. A completely randomized design was used, with five treatments - levels of addition of cactus (0%, 3.5%, 7% 10.5% and 14%) added to the mix of native pasture of the herbaceous stratum with four replicates, totaling 20 experimental silos. Sensory evaluations were performed: smell, color, texture and moisture; temperature (°C), pH, and mold losses (%), as well as the contents (%) of dry matter (DM), organic matter (OM), mineral matter (MM) and crude protein (CP) at the Laboratory of Forage and Animal Nutrition of CCHA/UEPB, 90 days after ensiling. The results of the sensory evaluations were presented descriptively. The other variables were subjected to analysis of variance and regression with significance of (<0.01 and <0.05%) probability. For the odor attribute, the scores assigned ranged from 1 to 3, i.e., 1 – pleasant (typical acidic) and 3 – reasonable (vinegar-acidic). For color, the scores assigned ranged from 3 to 4, with 3 – light brown and 4 – dark brown. The texture of the silages ranged from 2 to 4, with 2 – fine (well chopped); 3 – medium (+/- coarse); and 4 – coarse (cutlets). For moisture, the scores were between 2 and 4, with 2 – (70 to 65% moisture) and 4 – (75 to 80%). Regarding temperature and molds, there was a decreasing linear effect, while pH showed a quadratic effect (P<0.01). A quadratic effect (P<0.05) was observed for DM, an increasing linear effect for OM (P<0.001) and a decreasing linear effect for MM and PB (P<0.01) in the silages. The silages from the mix of native pasture from the herbaceous stratum added with palm showed sensory attributes that represent average quality, and these characteristics can be improved with a prior wilting treatment to increase dry matter and not compromise fermentation. The inclusion of forage palm in the silage from the mix of the herbaceous stratum from the Caatinga proved to be effective in controlling mold losses in the ensiled mass. The addition of palm improves the sensory and bromatological attributes of the silages from the mix of the herbaceous stratum from the Caatinga, with the exception of CP, without the need for the addition of other sources of soluble carbohydrates.

Keywords: Cactaceae; forage conservation; dicotyledons.

1 INTRODUÇÃO

A região do semiárido brasileiro é caracterizada por um clima predominantemente quente e seco, com chuvas mal distribuídas e concentradas em poucos meses do ano. A irregularidade das chuvas e a variabilidade climática impactam negativamente a agropecuária, afetando diretamente os pequenos produtores rurais (Maia *et al.*, 2016). A pecuária, no entanto, é de extrema relevância socioeconômica na região, sendo citada na literatura como uma atividade de menor risco (Parente *et al.*, 2016).

Conforme Marques *et al.*, (2017), no semiárido do Brasil, a má distribuição e a irregularidade pluvial, acompanhadas de altas temperaturas, afetam o setor agropecuário, pois prejudica o desenvolvimento das plantas forrageiras, acarretando na diminuição da oferta alimentar para os animais.

Uma das formas de se obter sucesso com a pecuária nas condições de semiárido é a utilização de forrageiras xerófilas, já que essas plantas podem alcançar um bom desempenho, mesmo com os problemas edafoclimáticos enfrentados todos os anos, principalmente a falta de água (Dubeux JR. *et al.*, 2012; Cândido *et al.*, 2013). As herbáceas representam uma parcela significativa da biodiversidade na Caatinga, essa variedade nas espécies não se restringe a um hábito específico, podendo a vegetação desse estrato variar de acordo com o habitat no qual está inserido (Araújo *et al.*, 2004).

Na busca por alimentos alternativos que possibilitem a produção animal nos períodos críticos de escassez de alimentos, a palma forrageira tem sido amplamente utilizada na região Nordeste do Brasil, especialmente por resistir a condições adversas, como longos períodos de seca (Silva *et al.*, 2010).

Nas condições do semiárido brasileiro, a produção forrageira é altamente sazonal e vulnerável às variações climáticas, resultando em períodos críticos de escassez de alimento para os rebanhos. A falta de forragem impacta diretamente na produtividade animal e na sustentabilidade das propriedades rurais. Nesse contexto a conservação de forragens, sob a técnica de ensilagem, vem sendo difundida nesta região através das instituições de pesquisas e seus parceiros, principalmente pela intensificação dos processos produtivos na pecuária de animais ruminantes (Macêdo *et al.*, 2017). A silagem permite armazenar forragem com alto valor nutritivo e teor de umidade, assegurando a oferta contínua de alimento.

A palma compreende as plantas de diversas espécies dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, ambas da família Cactácea. Esses gêneros são os mais importantes, pois neles se encontram as principais espécies associadas às alimentações humana e animal. Dentre os gêneros desta

família, estes, são provavelmente os que obtiveram maior sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação (Frota *et al.*, 2015).

Nesse contexto, a palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea*), devido as suas características morfológicas, fisiológicas e anatômicas, apresentam boa adaptação à ambientes com altas temperaturas e déficit hídrico, exibindo ainda, elevada eficiência no uso da água (Nunes *et al.*, 2020; Taiz e Zeiger, 2017). Além disso, essa cultura apresenta boa aceitabilidade pelos animais, alta digestibilidade, grande quantidade de carboidratos solúveis, baixo custo de produção e alto rendimento de biomassa (Cardoso *et al.*, 2019; Moura *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2020).

O cultivo da palma forrageira para a alimentação animal no período de estiagem, tem se difundido de forma significativa nos últimos anos, em regiões que sofrem com a estacionalidade na produção das culturas no período da seca, contribuindo assim, com a resiliência desses sistemas produtivos (Leite *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a produção de silagem em áreas semiáridas é uma técnica de fundamental importância para manutenção de rebanhos em períodos de escassez de forragem no Brasil e no mundo (Paula *et al.*, 2021). A ensilagem do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aditivada com palma forrageira surge como uma possível solução para driblar os desafios de se ter uma alimentação de qualidade para os rebanhos durante os períodos de escassez de forragem, pois esta garante a utilização do excedente da produção natural da caatinga.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens do mix do estrato herbáceo da caatinga aditivada com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de Ensilagem

No semiárido brasileiro a pecuária tem seus indicadores de desempenho limitado devido as características da região como clima quente e seco, má distribuição das chuvas que estão concentradas em poucos meses do ano. Estes fatores resultam em uma baixa disponibilidade de forragens nos meses de baixa precipitação. A conservação de alimentos volumosos se faz necessária em decorrência da constante estacionalidade da produção de forragem em áreas semiáridas que tem como consequência limitação do desempenho produtivo dos rebanhos (Coutinho *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015), uma vez que maiores

produtividades de culturas forrageiras só podem ser alcançadas através de programas de irrigação, uma atividade inviável em grande parcela de áreas semiáridas (Paula *et al.*, 2020).

Silagem é o produto da fermentação de material volumoso úmido. O processo de confecção da silagem, denominado de ensilagem, ocorre de forma anaeróbia, em locais apropriados, chamados de silos (Ramos *et al.*, 2016). Esse procedimento possibilita que seja conservado o valor nutritivo do alimento, com o mínimo de perdas, de forma a permitir o armazenamento e uso na alimentação de animais em momentos mais apropriados, como em períodos de escassez de forragem.

De acordo com Ramos *et al.* (2016), a conservação da silagem é dependente de condições favoráveis, como qualidade suficiente de carboidratos solúveis; baixa capacidade tampão, para promover rápido abaixamento do pH, inibindo o crescimento de microrganismos deletérios, garantindo o valor nutricional da forragem.

No Brasil, as culturas mais recomendadas na produção de silagem são milho e o sorgo, devido ao seu elevado teor de carboidratos solúveis e à sua boa produtividade. A prática de ensilagem ainda é pouco utilizada no Brasil, sobretudo em regiões semiáridas. Uma das limitações encontradas na ensilagem de forrageiras tropicais são os elevados teores de umidade e baixos teores de carboidratos solúveis, fatores que somados são responsáveis por elevadas perdas provenientes da conversão secundária da matéria seca residual em ácidos orgânicos não desejáveis, nitrogênio não proteico em excesso, aminas e gases (Paula *et al.*, 2021).

2.2 Estrato herbáceo da caatinga

A caatinga pode ser vista como um recurso de grande potencial na viabilização da alimentação para os rebanhos manejados no semiárido nordestino. De acordo com, Pereira filho *et al.* (2013) as plantas herbáceas e as folhas e ramos das espécies lenhosas produzem cerca de 4.000kg de matéria seca/hectare/ano, mas apenas 10% (400kg) fica disponível ao pastejo dos animais. Neste sentido, diante a relevância das plantas da caatinga para a produção animal, faz-se necessário a busca por informações sobre essas forrageiras utilizadas, visando avaliar seus potenciais. É necessário conhecer cientificamente o potencial das espécies para se ter uma exploração sustentável (Damasceno, 2010).

Trabalhos mostram a importância da silagem de milho e sorgo para a região nordeste, mas em meio a tantos trabalhos publicados poucos são os que abordam a produção de silagem

com plantas nativas da caatinga nordestina. Este enfoque ainda é mais restrito quando do uso de plantas herbáceas.

A vegetação que compõe o bioma caatinga possui uma riquíssima diversidade de espécie, dentre as quais o pecuarista pode usufruir daquelas que possuem alto valor forrageiro. A forma de utilização destas plantas pode ser a mais diversa, tendo destaque o uso do feno e silagem com auxílio destes vegetais. Por meio desta forma de utilização o pecuarista poderá amenizar um grave problema que o acompanha desde os primórdios da colonização da região nordeste do Brasil, que é a má distribuição das chuvas que promove a perda do valor nutritivo das pastagens naturais desta região (Sousa *et al.*, 2016).

2.3 Uso da palma forrageira na produção de silagem

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). No Brasil as espécies mais utilizadas são a *Opuntia ficus-indica* Mill e a *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Marques *et al.*, 2017). Dentre as variedades mais cultivadas, destacam-se a Gigante, Orelha de elefante (gênero *Opuntia*) e a Miúda (gênero *Nopalea*) (Galvão Júnior *et al.*, 2014), com potencial produtivo superior a 30 t de MS ha⁻¹.

Trabalhos recentes (Pereira, 2019) vêm demonstrando que apesar do baixo teor de matéria seca (por volta de 10%) a palma forrageira 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 lático, 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, galctose, ramnose e ácidos galacturônicos, apresenta propriedades osmóticas de absorver fluídos presentes na massa ensilada (Haddache *et al.*, 2016).

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 com gramíneas e dicotiledôneas 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 cultura selecionada, o que pode vir a minimizar problemas na produção de silagem.

Avaliando diferentes ecotipos de palma forrageira Rodrigues et al. (2016), conclui que as concentrações de MS, FDN, PB e minerais, variaram de $14,58\% \pm 1,14$ para $12,85\% \pm 1,62$, $164,67 \pm 16,12$ g/kg MS para $198,99 \pm 13,35$ g/kg MS, $68,01 \pm 5,11$ g/kg MS e $82,52 \pm 9,55$ g/kg MS respectivamente.

3 METODOLOGIA

3.1 Local do experimento

A pesquisa foi realizada no Departamento de Agrárias e Exatas da Universidade Estadual da Paraíba, localizada no município de Catolé do Rocha-PB, ($6^{\circ}20'38''$ S de latitude e $37^{\circ}44'48''$ W de longitude, a uma altitude de 272) metros (Figura 1). A região é classificada, de acordo com Köppen, como do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente e seco, possuindo vegetação predominante do tipo Caatinga-Sertão. A média de temperatura variando entre 26°C e 27°C . A precipitação média anual do município é de 794,5 mm (registrada no período de 1996 a 2012), sendo que 84,09% dessa quantidade ocorre nos cinco primeiros meses do ano (Ferreira Filho *et al.*, 2015).

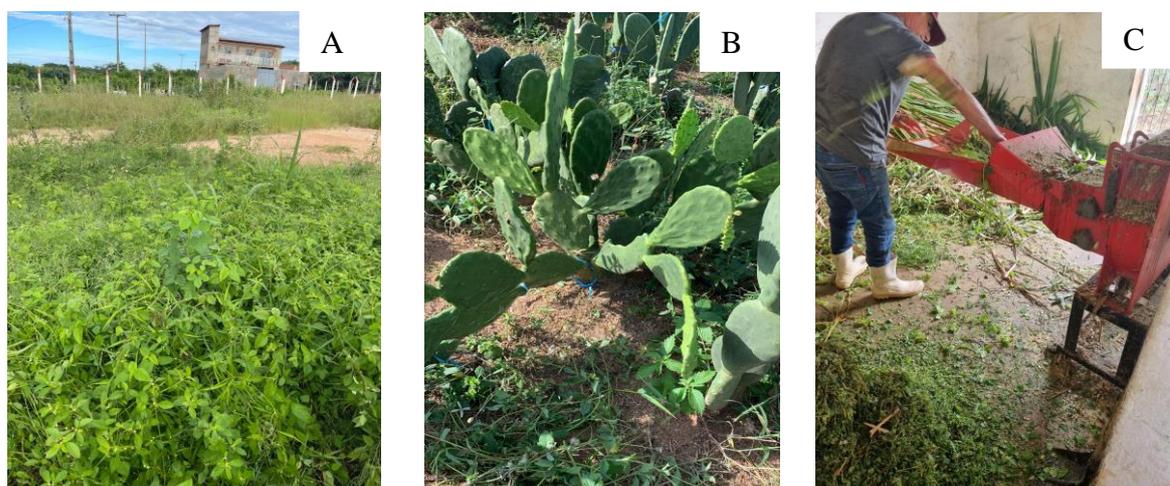
Figura 1. Localização do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, 2024. Fonte: Google, 2024.



3.2 Culturas utilizadas na produção das silagens

A palma utilizada foi genótipo Moradilha V03 (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), oriunda do banco de germoplasma da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Este genótipo foi selecionado com base em critérios agronômicos e nutricionais, destacando-se por seu alto rendimento de fitomassa fresca, elevada capacidade de armazenamento de água nos cladódios, boa adaptação às condições edafoclimáticas do semiárido e teor moderado de carboidratos solúveis, o que favorece sua utilização como aditivo na ensilagem de forragens pobres em açúcares fermentáveis. A colheita foi realizada aos 36 meses após implantação do palmar. Os cladódios foram cortados com o auxílio de facão, preservando os de primeira ordem (Figura 2B). Foi colhido um mix da pastagem nativa do estrato herbáceo onde prevaleceram espécies como *Stilosanthys spp.*, e Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), jতিরানা (*Merremia aegyptia*), malva (*Sida cordifolia*), outras leguminosas como *macroptilium spp.*, mata pasto (*Senna obtusifolia*), capim panasco (*Aristida setifolia*), dentre outras espécies (Figura 2A), nas dependências da Universidade em 01 de maio de 2024, que posteriormente foi transportado para o setor de Bovinocultura e moídas em forrageira estacionária, previamente regulada para o tamanho de partículas de 2,0 cm (Figura 2C).

Figura 2. Mix do estrato herbáceo da caatinga (A), palma forrageira (B) genótipo Moradilha V03 (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) e moagem do material para confecção das silagens (C), Catolé do Rocha-PB – 2024.



3.3 Tratamentos e Delineamento experimental

Para as variáveis associadas ao processo fermentativo, perdas na ensilagem, variáveis bromatológicas e sensoriais das silagens do mix da pastagem nativa, adicionou-se níveis crescentes de palma com cinco tratamentos (T1 = 0,0% de palma + mix de pastagem; T2 = 3,5% de palma + mix de pastagem; T3 = 7,0 % de palma + mix de pastagem ; T4 = 10,5% de palma + mix de pastagem e T5 = 14% de palma + mix de pastagem) com quatro repetições por tratamento, totalizando 20 silos experimentais em delineamento inteiramente casualizado.

3.4 Silos experimentais e processo de ensilagem

Foram confeccionados 20 microsilos de PVC, com altura de 40 cm e 15 cm de diâmetro (Figura 3A), adicionado 300 g de areia ao fundo para absorção de efluentes. Em seguida as misturas de palma e mix da pastagem nativa do estrato herbáceo foram moídas e conforme os tratamentos experimentais pré-estabelecidos, procedeu-se à ensilagem (Figura 3B). A compactação do material foi realizada com soquetes de madeira (Figura 3C), colocando-se aproximadamente 1,744 kg de forragem fresca por microsilo. Em seguida, os silos foram vedados com sacolas plásticas e fita adesiva pesados e mantidos em local coberto e em temperatura ambiente fechado por 90 dias no CCHA/UEPB.

Figura 3. Silos Experimentais (A), enchimento e compactação da forragem ensilada (B) e soquete utilizado na compactação (C).



3.5 Avaliações pré/pós abertura dos silos

Após 90 dias, os silos foram pesados para avaliação das perdas por efluentes e posteriormente foi realizada a abertura dos mesmos por ordem de tratamentos. No momento da abertura foi quantificado as perdas por mofo das partes inferior e superior dos silos, temperatura da silagem, análise de pH, foram retiradas amostras para avaliação dos teores de matéria seca (MS), orgânica (MO) e mineral (MM), proteína bruta (PB) e pH. Também foram avaliadas características sensoriais como cheiro, cor e textura (ANEXO 1) conforme os escores a seguir: cheiro 1- agradável (ácida típica); 2- razoável (vinagre-adocicado); 3- razoável (vinagre-ácido); 4- péssima (decomposição-amônia-urina); cor: 1- verde claro; 2- verde escuro; 3- marrom claro; 4- marrom escuro; textura: 1- muito fina; 2- fina (bem picado); 3- média (+/- grosseira); 4- grosseira (toletes); umidade 1- menor que 65% de umidade; 2- 70 a 65% de umidade; 3- 75 a 70% de umidade; 4- 75 a 80% de umidade; 5- maior que 80% de umidade (Guim e Clemente, 2019).

3.6 Análises laboratoriais

As análises da composição químico-bromatológica foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Nutrição Animal do CCHA/UEPB. Nas silagens foram determinados o pH em água, os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) conforme (AOAC, 1997). Para determinação das perdas por efluentes e mofo, foram realizadas pesagens antes e após o processo de fermentação. A temperatura (°C) das silagens foi verificada com uso de termômetro tipo espeto aferida no interior dos silos experimentais, sendo as avaliações sensoriais realizadas por fichas elaborada por Guim e Clemente (2019).

3.7 Avaliações dos resultados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, de acordo com os níveis de palma forrageira na ensilagem do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo, e os dados analisados utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011). 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 $\alpha = 0,05$. Para as comparações entre médias nas variáveis quantitativas, foi utilizado o teste de Tukey ($P < 0,05$).

Já para os dados sensoriais, por se tratarem de variáveis ordinais, foi utilizada a moda como medida de tendência central.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode ser verificado os resultados da caracterização sensorial das silagens. Para o atributo cheiro, os escores atribuídos variaram de 1 a 3, ou seja, 1 – agradável (ácida típica) e 3 – razoável (vinagre-ácido), sugerindo que a adição da palma no mix da pastagem nativa do estrato herbáceo pode ter levado a essa condição. Em se tratando do atributo cor, os escores atribuídos variaram entre 3 e 4, sendo 3 – marrom claro e 4 – marrom escuro, a explicação para tais resultados pode estar associada ao baixo teor de matéria seca do material ensilado inferior a 30% (Tabela 3).

Tabela 1. Caracterização sensorial das silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aditivadas com palma forrageira aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024.

Tratamentos	Atributos sensoriais avaliados nas silagens			
	Cheiro	Cor	Textura	Umidade (%)
Estrato herbáceo + 0,0% palma	1	4	2	2
Estrato herbáceo + 3,5% palma	3	3	4	2
Estrato herbáceo + 7,0% palma	3	3	2	4
Estrato herbáceo + 10,5% palma	3	4	2	4
Estrato herbáceo + 14,5% palma	3	4	3	4

Cheiro: 1- agradável (ácida típica); 2- razoável (vinagre-adocicado); 3- razoável (vinagre-ácido); 4- péssima (decomposição-amônia-urina); **Cor:** 1- verde claro; 2- verde escuro; 3- marrom claro; 4- marrom escuro; **Textura:** 1- muito fina; 2- fina (bem picado); 3- média (+/- grosseira); 4- grosseira (toletes). **Umidade** 1- menor que 65% de umidade; 2- 70 a 65% de umidade; 3- 75 a 70% de umidade; 4- 75 a 80% de umidade; 5- maior que 80% de umidade.

O conteúdo de MS influencia os problemas potenciais que podem ocorrer durante o processo de fermentação da forragem. Silagens com menos de 30% de MS, podem apresentar alta umidade o que favorece a fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, resultando em perdas da qualidade da silagem e escurecimento da mesma em decorrência da umidade em excesso. Os resultados sugerem que as silagens avaliadas são de qualidade mediana, indicando que houve fermentação secundária em decorrência do baixo teor de matéria seca da massa ensilada também justificais devido ao alto teor de umidade do material ensilado. A ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis, como a fermentação butírica promovida por *Clostridium*, compromete a qualidade da silagem, especialmente sob condições de baixa matéria seca, alta umidade e poucos açúcares solúveis, resultando em odor rançoso e

degradação proteica. Também é possível a ocorrência de fermentação alcoólica por leveduras, com formação de etanol, o que reduz a estabilidade aeróbia. Esses fatores ajudam a explicar os escores sensoriais medianos observados.

Para textura das silagens, os escores variaram de 2 a 4, sendo caracterizadas como 2- fina (bem picado); 3- médio (+/- grosseira) e 4- grosseira (toletes). Esses resultados podem ser atribuídos ao tamanho da partícula no momento da trituração, pois mesmo a máquina forrageira tendo sido previamente regulada para tamanho de partículas de 2,0 cm, as mesmas podem ter ficado com tamanho superior, ou ainda a natureza do material utilizado para confecção das silagens, haja visto que se utilizou várias espécies de diferentes famílias botânicas da pastagem nativa do estrato herbáceo com ciclos fenológicos diferentes.

Para o atributo umidade, os escores atribuídos variaram entre 2 e 4, sendo 2- entre (70 a 65% de umidade) e 4 – (75 a 80%), a alta umidade na massa ensilada, atribui-se ao fato de a mesma não ter recebido nenhum tratamento como um emurchecimento prévio ou até mesmo o uso de um aditivo seco para elevar a matéria seca e carboidratos das mesmas, ou ainda a adição da palma que se caracteriza por apresentar elevada umidade na sua composição.

Com relação à temperatura e mofos das silagens, observou-se um efeito linear decrescente, à medida que se adicionou palma no mix do estrato herbáceo da caatinga, enquanto o pH apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito dos níveis de palma forrageira em relação a temperatura, pH e perdas por mofo em silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024.

Variáveis	Níveis de inclusão de palma na silagem (%)					Equação	R ²	P-Valor
	0,0	3,5	7,0	10,50	14,00			
Temp. (°C)	30,07 ^a	29,94 ^a	29,30 ^b	28,99 ^b	27,66 ^c	$y = -0,57x + 30,93$	89,45	<0,001
pH	4,92 ^b	5,16 ^{ab}	5,26 ^a	5,09 ^{ab}	5,07 ^{ab}	$y = -0,06x^2 + 0,37x + 4,62$	81,23	<0,001
Mofo (%)	6,93 ^a	1,90 ^b	2,83 ^b	0,01 ^b	0,00 ^b	$y = -1,57x + 7,06$	76,53	<0,001

MS = matéria seca; MO = Matéria orgânica; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

A temperatura é considerada um fator decisivo durante o processo fermentativo devido à capacidade de afetar a qualidade final da silagem (McDonald *et al.*, 1966). Quando os silos foram abertos, observou-se que as silagens com (0% de palma) atingiram a maior temperatura e, com o aumento dos níveis de inclusão, diminuiu linearmente. Esta redução pode ser explicada devido ao maior teor de umidade proporcionado pela palma, que favorece

fermentação mais eficiente, com menor liberação de energia na forma de calor, reduzindo a atividade microbiana aeróbica inicial, indicando que os níveis de palma explicam a variação na temperatura das silagens. 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 de MS (Wilkinson; Davies, 2013).

Em estudos relacionados verificou-se que temperaturas ambientes mais elevadas resultaram não somente em menor produção de ácidos orgânicos, mas também em valores de pH mais elevados, mais carboidratos residuais e perdas de nutrientes, além de maior suscetibilidade a deterioração aeróbia, e em caso de temperaturas acima de 40°C por um período prolongado, há a possibilidade de resultar em danos provocados pelo calor devido a reação de Maillard, esta reação consiste na ligação de açúcares redutores com proteínas, tomando-se parte da proteína indisponível para digestão pelos animais. Esse fenômeno compromete a qualidade a qualidade nutricional da silagem, reduzindo o teor de proteína bruta disponível e diminuindo o valor energético do alimento (Weinberg *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2006).

O pH das silagens apresentou comportamento quadrático, com valores variando entre 4,92 (0% de palma) e 5,26 (7% de palma). O aumento inicial do pH com a inclusão de palma pode ser explicado pela elevada concentração de compostos alcalinizantes presentes na mesma como minerais, que influenciam o balanço ácido-base da massa ensilada. Contudo, em níveis mais altos de inclusão (10,5 e 14% de palma), o pH estabilizou-se, indicando que a inclusão da palma não comprometeu o ambiente ácido essencial para a conservação. O elevado teor de carboidratos solúveis presentes na cultura fornece substrato que é facilmente fermentável pelas bactérias produtoras de ácido lático, reduzindo o pH, inibindo assim o crescimento de microrganismos indesejáveis (Pereira, 2019).

O pH é um parâmetro que mensura a qualidade do processo de ensilagem, visto que a queda do mesmo ocasionará redução da atividade proteolítica das enzimas da própria forragem, bem como a redução do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (clostrídios e enterobactérias). A fim de inibir o crescimento dos clostrídios, a produção do ácido lático realizada pelas bactérias *Lactobacillus* deve ser eficiente, pois a sua presença é responsável pela queda do pH e essa redução inibe as bactérias do gênero *Clostridium*, não permitindo assim a observação do nitrogênio amoniacal na silagem. O valor do pH ideal que deve ser observado na silagem é entre 3,8 a 4,0 (McDonald *et al.*, 1991).

Vale ressaltar que as culturas utilizadas para confecção das silagens em sua maioria eram dicotiledôneas e estas via de regra apresentam baixo teor de carboidratos solúveis e elevado poder tampão quando comparados com gramíneas. O fato de o pH das silagens ficarem fora da faixa considerada como ideal para monocotiledôneas deveu-se a menor participação de bactérias ácido lácticas resultando em silagens com pH mais elevado devido ao baixo conteúdo de ácidos orgânicos. No entanto, considerando a heterogeneidade do material utilizado nas silagens, principalmente com a participação de leguminosas, este nível de pH situa-se dentro da faixa aceitável para silagens elaboradas com leguminosas (Tosi *et al.*, 1975). A palma forrageira possui alta concentração de carboidratos solúveis que, por sua vez, possibilita redução do pH à uma faixa de preservação da silagem (Gusha *et al.*, 2013).

As perdas por mofo reduziram-se drasticamente com a inclusão de palma. Esse efeito é extremamente positivo, já que as perdas por mofo comprometem o valor nutricional da silagem e sua aceitabilidade pelos animais. No presente estudo, ao adicionar a palma nas silagens nas proporções de 10,50 e 14,00%, não foram verificadas perdas por mofos. Tais resultados podem estar associada à inibição das leveduras, já que a palma tem fermentação heterolática e com isso, produz ácido acético, o qual é um agente antifúngico (Moon *et al.*, 1983).

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para MS, linear crescente para MO ($P < 0,01$) e linear decrescente para MM e PB ($P < 0,01$) das silagens (Tabela 3). A diminuição no teor de MS, pode ser justificado pelo fato de a palma ter alta umidade e baixo teor desse nutriente e, dessa forma, a inclusão da mesma em maiores proporções resulta em diminuição dos teores de MS. Esta redução pode impactar a qualidade dos processos fermentativos, favorecendo maior produção de ácidos orgânicos indesejáveis e perdas de nutrientes. Silagens com MS abaixo de 20% são mais suscetíveis à lixiviação de nutrientes e fermentações indesejáveis. Portanto, o nível ideal de inclusão deve ser ajustado para evitar excessos de umidade na massa ensilada.

Tabela 3. Efeito dos níveis de inclusão da palma forrageira em relação a composição bromatológica das silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aos 90 dias de ensilagem, Catolé do Rocha, PB – 2024.

Variáveis (%)	Níveis de inclusão de palma na silagem (%)					Equação	R ²	P- Valor
	0,0	3,5	7,0	10,50	14,00			
MS	18,89 ^{ab}	20,08 ^a	18,55 ^{ab}	19,40 ^{ab}	17,77 ^b	$y = -0,22x^2 + 1,02x + 18,32$	54,06	0,04
MO	88,56 ^a	86,61 ^{ab}	86,96 ^{ab}	84,52 ^{bc}	81,62 ^c	$y = -1,59x + 90,45$	89,19	>0,001
MM	11,44 ^c	13,39 ^{ab}	13,04 ^{ab}	15,48 ^a	18,38 ^a	$y = 1,59 + 9,55$	89,19	>0,001

PB	11,72 ^a	10,02 ^{ab}	10,44 ^{ab}	9,94 ^{ab}	9,06 ^b	$y = -0,54x + 11,86$	77,54	0,03
----	--------------------	---------------------	---------------------	--------------------	-------------------	----------------------	-------	------

MS = matéria seca; MO = Matéria orgânica; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05 e 0,01).

Como consequência do aumento da palma nas silagens, pode-se verificar redução nos teores de PB. Tal fato se explica pela diluição da mesma, com o aumento da umidade nas silagens passando de 11,72% no tratamento controle para 9,06% no nível de 14,0%. Essa redução está associada ao menor teor proteico da palma em relação à pastagem nativa. Apesar do declínio no teor de PB, os valores médios permanecem acima do nível crítico de 7%, considerado o mínimo necessário para sustentar a microbiota ruminal. Porém, em sistemas de produção com alta demanda proteica (como lactação ou terminação), a suplementação com fontes externas de proteína pode ser necessária para equilibrar a dieta. Em contrapartida, para sistemas menos exigentes, como manutenção ou produção extensiva, os níveis de PB apresentados podem ser suficientes, especialmente se a palma for utilizada em combinação com outros alimentos. Resultados similares a esse foram relatados por Monção *et al.* (2020) avaliando silagens de gramínea 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 MO.

A matéria orgânica apresentou tendência linear decrescente com o aumento da inclusão de palma, passando de 88,56% no tratamento controle (0,0%) para 81,62% no nível de 14,0%, o que levou a um efeito linear crescente da MM nas silagens, uma vez que esse parâmetro está diretamente relacionado ao aumento proporcional da matéria mineral (cinzas) oriunda da palma forrageira, rica em minerais como cálcio, potássio e magnésio. A redução nos teores de MO pode impactar a densidade energética da silagem, já que os compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídios, são as principais fontes de energia para os ruminantes. Apesar disso, a inclusão de palma pode ser vantajosa em regiões onde há carência de fontes minerais, especialmente em sistemas de produção extensiva, desde que sejam feitas compensações energéticas em outros componentes da dieta.

Os valores de matéria mineral aumentaram de 11,44% no tratamento controle para 18,38% no nível de 14,0%. Esse comportamento reflete o elevado conteúdo mineral presente na palma forrageira, essenciais para os ruminantes. Embora o aumento da MM seja vantajoso do ponto de vista da suplementação mineral, níveis elevados podem reduzir a palatabilidade da silagem e prejudicar o consumo voluntário. Além disso, a elevação da concentração de cinzas pode diluir a densidade energética da dieta total. É crucial que os níveis de inclusão

sejam ajustados para maximizar os benefícios minerais sem comprometer a ingestão e o desempenho animal.

4 CONCLUSÃO

As silagens do mix da pastagem nativa do estrato herbáceo aditivada com palma apresentaram atributos sensoriais que representam qualidade mediana das mesmas, podendo essas características serem melhoradas com um tratamento prévio de emurchecimento para elevar a matéria seca e não comprometer a fermentação.

A inclusão da palma forrageira na silagem do mix do estrato herbáceo da Caatinga foi eficaz no controle das perdas por mofo na massa ensilada.

A melhor forma de utilizar a palma como aditivo nas silagens do mix do estrato herbáceo da Caatinga é de 7% a 10,5%, sendo observado equilíbrio entre a composição bromatológica.

A adição de palma melhora os atributos sensoriais e bromatológicos das silagens do mix do estrato herbáceo da Caatinga, com exceção da PB sem a necessidade de adição de outras fontes de carboidratos solúveis.

Este trabalho oferece uma alternativa viável e de baixo custo para o produtor do semiárido, utilizando plantas nativas e palma forrageiras na produção de silagem. A técnica contribui para a conservação de forragem e segurança alimentar dos rebanhos na seca. Além disso, valoriza os recursos locais e promove a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997. v. 2, cap. 32, p.1-43.

ARAÚJO, P. R. B.; FERREIRA, M. A.; BRASIL, L. H. A.; SANTOS, D. C.; LIMA, R. M. B.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004.

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>

CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, G.M.F.; LOPES, M.N.; XIMENES, L.J.F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2013.

CARDOSO, D. B., CARVALHO, F. F. R., MEDEIROS, G. R., GUIM, A., CABRAL, A. M. D., VÉRAS, R. M. L., SANTOS, K. C. DOS, DANTAS, L. C. N., & NASCIMENTO, A. G. O. (2019). Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, 247, 23–31.

DEMASCENO, M.M. SOUTO, J.S. SOUTO, P.C. Etnoconhecimentos de espécies forrageiras no semiárido da Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v.3,p.219-228,2010.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D.C. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, v, 13, p. 29-40, 2013.

FERREIRA, D.F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. UFLA - SISVAR, Lavras, 2011, 145p.

FERREIRA FILHO, J. G. A. *et al.* Comportamento do regime pluviométrico no município de Catolé do Rocha no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.2, p. 14 - 17, 2015.

FROTA, M. N. L.; CARNEIRO, M. S. S.; CARVALHO, G. M. C.; ARAÚJO NETO, R. B. Palma forrageira na alimentação animal. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio-Norte**. Teresina, PI, 2015.

GALVÃO JÚNIO, J.G.B., SILVA, J.B.A., MORAIS, J.H.G., LIMA, R.N., 2014. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, 8, 78–85.

GUSHA, J. *et al.* The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus indica*)-legume mixed silage. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 3, n. 2, p. 116–120, 2013.

KIM, D. H.; ADESOGAN, A. T. Influence of ensiling temperature and duration on the fermentation and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 1, p. 312-325, 2006.

LEITE, T. D. S., LEITE, M. D. S., TORRES, S. B., 2018. Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia** da UNIPAR [Online] 21.

MACEDO, A. J. S., SANTOS, E. M., OLIVEIRA, J. S., & PERAZZO, A. F. (2017). Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura, **Revista Eletrônica de Veterinária**, 18(9), 1-11

MAIA, A., CESANO, D., MIYAMOTO, B., EUSÉBIO, G.; ANDRADE, P. (2016). **Mudanças climáticas e estratégias adaptativas na agricultura: avaliando os impactos sobre pequenos produtores no sertão brasileiro.** <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.236255>.

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.

MONÇÃO, F.P., SANTANA, P.F., JÚNIOR, V.R.R., RUAS, J.R.M., RIGUEIRA, J.P.S., BORGES, L.D.A., 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. **Anim. Health Prod.** <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01994-z>.

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.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E.1991. **The biochemistry of silage.** 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, Bath, England.

MCDONALD, P.; HENDERSON A.R.; WHITTENBURY R. 1966. The effect of temperature on ensilage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 476-480.

MOURA, M. S. C., GUIM, A., BATISTA, Â. M. V., MACIEL, M. V., CARDOSO, D. B., LIMA JÚNIOR, D. M. DE, & CARVALHO, F. F. R. (2020). The inclusion of spineless cactus in the diet of lambs increases fattening of the carcass. **Meat Science**, 160.

NUNES, J. D. S. L., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JARDIM, A. M. DA R. F., ALVES, H. K. M. N., CRUZ NETO, J. F., LEITE, R. M. C., & PINHEIRO, A. G. (2020). Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, 27(2).

PARENTE, H.N.; SANTOS, E. M.; SILVA, O. J.; OLIVEIRA M. P. M. **Ensilagem de plantas forrageira para o seminário.** São Luís: EDUFMA, 2016. 317 p. ISBN 978-85-7862-507-8.

PAULA, T. A. de. Produção de silagem: aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas - **Revisão Sistemática**, 25(2):127-54, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/56240>

PAULA, T. A.; VÉRAS, A. S. C.; GOMES, R. N.; FERREIRA, M. A. Produção de silagem: aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas - revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 127 - 154, ano 2022. <http://doi.org/10.4025/arqmudi.v25i1.56240>.

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.

PEREIRA FILHO, J.M. SILVA, A.M.A. CÉZAR, M.F. et al. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.1, p.77-90, 2013.

SILVA, N. G. M., *et al.* Relação entre características morfológicas e produtividade de clones de palma forrageira. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010.

SOUSA, P. H. A. A.; LIMA, B.S.L.; AMORIM, D.S.; GENILSON SOUSA DO NASCIMENTO. G.S.; Utilização de forrageira da caatinga x desempenho animal - revisão de literatura Barros Júnior, C.P. **Nutritime Revista Eletrônica**, on-line, Viçosa, v.13, n.4, p.4781-4786, julho/agosto, 2016. ISSN: 1983-9006.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. California, EUA, ed. 6.

TOSI, H.; FARIA, V.P.; SILVEIRA, A.C. et al. Avaliação de leguminosas forrageiras de origem tropical como plantas para ensilagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p.19-22, 1975. (Série Zootécnica, 10)

WEINBERG, Z. G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. 2001. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. **Journal of Applied Microbiology** 90: 561-566.

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.

ANEXO 1 - Fixa de avaliação das silagens

Ficha Para Avaliação De Silagem – Teste TCC (Adaptada de Guin e Clemente, 2019)

Silagem mista do estrado herbáceo da caatinga aditivada com *Opuntia cochenillifera*

Data: ___/___/___

Discente: Carlos Vinicius da Silva Souza

Professor Responsável: Maria do Socorro de Caldas Pinto

Mário Davito

Tratamentos	Repetições	Características				
		Odor ¹	Cor ²	Textura ³	Mofo ⁴	Umidade ⁵
Estrato herbáceo + 0,0% F16	Avaliador:					
	T1 R1	1	2	1	1	2
	T1 R2	1	2	1	1	2
	T1 R3	1	2	1	1	2
	T1 R4	1	2	1	1	2
Estrato herbáceo +3,5%F16	Avaliador:					
	T2 R1	1	2	1	1	1
	T2 R2	1	2	1	1	2
	T2 R3	1	2	1	1	1
	T2 R4	1	2	1	1	1
Estrato herbáceo +7,0% F16	Avaliador:					
	T3 R1	1	2	1	1	3
	T3 R2	1	2	1	1	3
	T3 R3	1	2	1	1	3
	T3 R4	1	2	1	1	3
Estrato herbáceo +10,5% F16	Avaliador:					
	T4 R1	1	5	1	1	4
	T4 R2	1	5	1	1	4
	T4 R3	1	5	1	1	4
	T4 R4	1	5	1	1	4
Estrato herbáceo +14%F16	Avaliador:					
	T5 R1	3	2	1	1	4
	T5 R2	3	2	1	1	5
	T5 R3	3	2	1	1	5
	T5 R4	3	2	1	1	5

- ¹Odor → (1) agradável (ácida típica);
 (2) razoável (vinagre - adocicado);
 (3) razoável (vinagre- ácido);
 (4) péssima (decomposição-amônia-urina).

- ²Cor → (1) verde claro;
 (2) amarelado;
 (3) amarelo-pálido;
 (4) verde pardo;
 (5) levemente amarronzada;
 (6) marrom escuro.

- ³Textura → (1) fina (bem picado);
 (2) muito fina;
 (3) média (+grosseira);
 (4) grosseira (toletes).

- ⁴Mofo → (1) baixa quantidade ou ausente;
 (2) média quantidade;
 (3) alta quantidade.

- ⁵Umidade → (1) menor que 65% (<35% MS) - sob pressão ou torção da porção de silagem a superfície interna da mão tende a permanecer mais seca;
 (2) 70 a 65% de umidade (30 a 35% MS)Ao se torcer uma porção de silagem a superfície interna da mão torna-se ligeiramente úmida;
 (3) 75 a 70% de umidade (25 a 30% MS) - ao se abrir a mão, após ter se exercido ligeira pressão, a porção de silagem continua apresentando formato arredondado. Não se consegue obter o fluido, mesmo exercendo pressão, apenas se a porção for torcida;
 (4) 75 a 80 % de umidade (20 a 25 % MS) - quando uma pequena porção de silagem é submetida pressão moderada → a superfície interna da mão apresenta-se úmida, mas quando submetida a pressão vigorosa observa-se fluido;
 (5) Maior que 80% (>20% MS) - quando uma porção de silagem é submetida à pressão nas mãos → Fluido escorre entre os dedos.