



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA COM
INCLUSÃO DE PALMA FORRAGEIRA INOCULADA
COM *LACTOBACILLUS BUCHNERI***

Autor: Brenda Emilly Ferreira dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA-BRASIL
Julho de 2024

BRENDA EMILLY FERREIRA DOS SANTOS

**SILAGEM DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA COM INCLUSÃO
DE PALMA FORRAGEIRA INOCULADA COM *LACTOBACILLUS*
*BUCHNERI***

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co-orientadores: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires
Dr^a. Renata Rodrigues Jardim

ITAPETINGA
BAHIA- BRASIL
Julho de 2024

636.085 SANTOS, Brenda Emilly Ferreira dos.

S233s Silagem da parte aérea da mandioca com inclusão de palma forrageira inoculada com *Lactobacillus buchneri*. / Brenda Emilly Ferreira dos Santos. Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB / Curso de Pós-graduação em Zootecnia, 2024.

82p.

Dissertação do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) - *Campus* de Itapetinga. Sob a orientação do Prof^o. Dr. Fábio Andrade Teixeira e Co-orientadores: Prof^o. Dr. Aureliano José Vieira Pires e Prof^a. Dra. Renata Rodrigues Jardim.

1. Ensilagem – Mandioca – Palma forrageira – *Lactobacillus buchneri*.
2. Alimentação animal - Produção de forragem. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Teixeira, Fábio Andrade (Orient.). III. Pires, Aureliano José Vieira (Co-orient.). IV. Jardim, Renata Rodrigues. V. Título.

CDD(21): 636.085

Catálogo na Fonte:

Rogério Pinto de Paula – CRB5-1654

Diretor da Bibliotecária Regina Celia Ferreira Silva (BIRCEFS)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Campus de Itapetinga-
BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Ensilagem – Mandioca – Palma forrageira – *Lactobacillus buchneri*;
2. Alimentação animal - Produção de forragem.




Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Silagem da parte aérea da mandioca com inclusão de palma forrageira inoculada com *Lactobacillus buchneri*"

Autora: Brenda Emily Ferreira dos Santos
Orientador (a): Fábio Andrade Teixeira
Coorientador (a): Prof. Dr. Aureliano Jose Vieira Pires

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira - UESB
Orientador



Prof. Dr. Daniel Lucas Santos Dias - UEFS



Dra. Aracele Vieira Santos – UESB

Data de realização: 25 de julho de 2024.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9

Às minhas mães

Carla da Luz e Marly Ferreira, que sempre foram meu alicerce, no qual sempre acreditaram e apoiaram em tudo que eu faço na minha vida e, em meu crescimento pessoal e profissional. Sem a vida e a força de vocês, eu nada seria.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus pelo dom da vida e por não me deixar desamparada mesmo nos momentos de dificuldade, concedendo bênçãos em minha vida e, principalmente, nesse momento tão importante.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo apoio proporcionado, para poder desempenhar toda a minha pesquisa, em destaque ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores, Fábio Andrade Teixeira, Aureliano José Vieira, Renata Jardim, Fabiano Ferreira, Lígia Miranda, José Augusto e Paulo Bonomo, pelas orientações e contribuições incessantes para a minha formação e produção desse estudo.

Às minhas mães, Carla Luz e Marly Ferreira, por serem o pilar da minha caminhada e existência.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa GPFT, aos ICs, colegas de Graduação e Pós-Graduação e ao Grupo GEPEF (Lara, Ulisses, Mateus, John, Mateus Pereira, Mateus Madeira, Tiago, Lázaro, Daniele, Maria, Jair, Maurício, Thatiane, Gabriel, Amanda, Jéssica, David, Bruna, Leinha, Virgínia, Solange, Luana e Ulisses), pelo apoio e troca de experiência durante toda essa trajetória que se finda.

A José Queiroz (Zé), Adailton (Dai), Maria (Lôra) (*in memoriam*), Sebastião (Tião), Jéssica e Cleiton, por toda amizade, suporte e ajuda que concederam a mim, para a realização desse trabalho.

A seu Pelé, Bira e Suia, pelo suporte e ajuda na condução dos trabalhos no setor da Bovino.

A seu Jacinto e Mateus, pelo fornecimento do material da parte aérea da mandioca, avaliado nesse trabalho.

A Messias por toda paciência, carinho e dedicação em me ajudar por todo esse processo, tornando-o mais leve e por vezes com mais clareza. A você meu muito obrigada!

Aos meus amigos incansáveis, Hackson, Ana Paula, Nadjane, Leonardo, Ingridy, Priscila, Natan, pelo apoio de sempre e por ser força constante em qualquer situação.

A todos que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho de Mestrado.

A todos de coração, meu MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

BRENDA EMILLY FERREIRA DOS SANTOS, filha de Carla Andrade da Luz, Marly Ferreira Santos e Edson Nunes dos Santos, nasceu em Itabuna, Bahia, no dia 04 de setembro de 1995.

Em dezembro de 2013, concluiu o Ensino Médio, no Colégio Galileu em Itabuna, Bahia.

Em setembro de 2019, concluiu o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia em Itapetinga, Bahia.

Em agosto de 2022, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de Forragicultura e Pastagem.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE GRÁFICOS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
I – REFERENCIAL TEÓRICO	12
1.1 Introdução	11
1.2 Mandioca	13
1.2.1 Características gerais da cultura da mandioca	13
1.2.2 Aspectos socioeconômicos, nutricionais e utilização da mandioca na alimentação de ruminantes	15
1.3 Palma forrageira	19
1.3.1 <i>Nopalea cochenilifera</i> Salm-Dyck	20
1.3.2 Palma forrageira na alimentação de animais ruminantes	21
1.4 Importância da silagem no setor agropecuário	23
1.4.1 Definição de ensilagem, etapas e sua importância	23
1.4.2 Fatores determinantes para a qualidade da silagem e suas perdas	25
1.4.3 Ensilagem de parte aérea da mandioca	28
1.4.4 Ensilagem de palma forrageira	30
1.5 O uso de aditivos na silagem	32
1.6 Referências Bibliográficas	35
II – OBJETIVO GERAL	48
2.1 Objetivos específicos	48
III – MATERIAL E MÉTODOS	49
IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
V – CONCLUSÃO	74
VI – REFERÊNCIAS	75

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 1 - Estabilidade aeróbia das silagens da parte aérea da mandioca sob inoculação da palma forrageira sem inoculação da <i>Lactobacillus buchneri</i>	72
GRÁFICO 2 - Estabilidade aeróbia das silagens da parte aérea da mandioca sob inoculação da palma forrageira com inoculação da <i>Lactobacillus buchneri</i>	72

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Composição química da mandioca, seus resíduos industriais e da parte aérea da mandioca	16
TABELA 2 - Composição química da raiz e da parte aérea da mandioca	18
TABELA 3 - Composição química da palma forrageira com base no percentual de matéria seca.....	21
TABELA 4 - Composição química da parte aérea da mandioca <i>in natura</i> e ensilada	24
TABELA 5 - Descrição dos tratamentos experimentais das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	50
TABELA 6 – Densidade e quantidade dos ingredientes nos tratamentos experimentais	51
TABELA 7 - Leitura da média do pH nos tratamentos antes do processamento da ensilagem da parte aérea da mandioca sob níveis de palma forrageira inoculada ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	52
TABELA 8 - Relação colmo:folha da parte aérea da mandioca	54
TABELA 9 - Composição química dos ingredientes utilizados nas silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	55
TABELA 10 - Composição química dos tratamentos das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	55
TABELA 11 - Potencial hidrogeniônico (pH) e nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	57
TABELA 12 - Perdas e Recuperação de matéria seca das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	59

TABELA 13 - Composição química dos tratamentos das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	62
TABELA 14 - Quantificação de ácidos orgânicos nas silagens experimentais da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	68
TABELA 15 - Efeito de interação em função aos níveis de inclusão de palma forrageira e inoculação com <i>Lactobacillus buchneri</i> sobre a contagem de BAL, ML e ENTERO nas silagens de parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com <i>Lactobacillus buchneri</i>	70

RESUMO

SANTOS, Brenda Emilly Ferreira dos. **Silagem da parte aérea da mandioca com inclusão de palma forrageira inoculada com *Lactobacillus buchneri***. Itapetinga, BA: UESB, 2024. 82 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

Objetivou-se avaliar as características qualitativas e fermentativas da silagem de parte aérea da mandioca com inclusão de palma forrageira inoculada com *Lactobacillus buchneri*. O estudo adotou o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, com e sem o uso de inoculante comercial contendo *Lactobacillus buchneri*, e de 4 níveis de inclusão de palma forrageira cv. Miúda (0%, 15%, 30% e 45%) com 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais sob a utilização de mini silos de PVC de 10 cm de diâmetro por 50 cm de altura. O pH ajustou-se a função quadrática ($P < 0,05$) para a inclusão de palma forrageira, enquanto o NNH_3 apresentou um efeito linear decrescente ($P = 0,0320$). Em relação às perdas e à recuperação de matéria seca, ajustaram-se ao efeito quadrático ($P < 0,05$). A variável matéria seca apresentou efeito de inoculação ($P < 0,05$). Para as demais variáveis como MM, CNF e NDT ajustaram-se ao efeito linear crescente ($P < 0,05$), enquanto PB, EE, FDN_{cp}, FDA_{cp}, LIG e CEL apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$). Não foram observados efeitos para HEM, NIDN e NIDA ($P > 0,05$). O ácido acético apresentou um efeito linear decrescente ($P < 0,05$) à medida com que foi aumentando o teor de palma forrageira. Houve efeito de interação entre inoculação e níveis de inclusão pra as populações bacterianas ($P < 0,05$), no qual observou-se que o nível de inclusão de 0% de palma forrageira, sem o inoculante microbiano comercial, apresentou melhores resultados para o crescimento de bactérias lácticas. A estabilidade aeróbica dos tratamentos que não tinham inoculante estabilizaram com 72h apresentando-se mais promissores para a preservação das características da forragem ensilada. A inclusão de palma forrageira até 30% aos tratamentos, apresentou melhores parâmetros qualitativos e fermentativos sobre os demais e a utilização do inoculante microbiano comercial não influenciou nessas características.

Palavras-chave: Aditivo; Bactéria ácido láctica; Ensilagem; *Manihot esculenta*; *Nopalea cochenillifera*

ABSTRACT

SANTOS, Brenda Emilly Ferreira dos. **Cassava aerial part silage with inclusion of cactus inoculated with *Lactobacillus buchneri***. Itapetinga, BA: UESB, 2024. 82 p. Dissertation. (Master's in Animal Science, Concentration Area in Ruminant Production).

*

The objective of this study was to evaluate the qualitative and fermentative characteristics of cassava aerial part silage with the inclusion of cactus inoculated with *Lactobacillus buchneri*. The study adopted a completely randomized design in a 2 x 4 factorial scheme, with and without the use of a commercial inoculant containing *Lactobacillus buchneri*, and 4 levels of inclusion of cactus cv. Small (0%, 15%, 30% and 45%), with 5 replications, totaling 40 experimental units using mini PVC silos measuring 10 cm in diameter and 50 cm in height. The pH was adjusted to a quadratic function ($P < 0.05$) for the inclusion of cactus, while NNH_3 showed a linear decreasing effect ($P = 0.0320$). In relation to DM losses and recovery, they adjusted to the quadratic effect ($P < 0.05$). The DM variable showed an inoculation effect ($P < 0.05$). For the other variables such as MM, NFC and TDN adjusted to an increasing linear effect ($P < 0.05$) while CP, EE, NDFcp, ADFcp, LIG and CEL showed a decreasing linear effect ($P < 0.05$). No effects were observed for HEM, INND and INAD ($P > 0.05$). Acetic acid showed a linear effect ($P < 0.05$) as the cactus content increased. There was an interaction effect between inoculation and inclusion levels for bacterial populations ($P < 0.05$) in which it was observed that the inclusion level of 0% cactus without the commercial microbial inoculant presented better results for the growth of bacteria lactic. The aerobic stability of the treatments that did not have an inoculant stabilized after 72 hours, presenting more promise for preserving the characteristics of the ensiled forage. The inclusion of forage cactus up to 30% in the treatments showed better qualitative and fermentative parameters over the others and the use of commercial microbial inoculant did not influence these characteristics.

Keywords: Additive; Lactic acid bacteria; Silage; *Manihot esculenta*; *Nopalea cochenillifera*

I REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

O rebanho brasileiro em sua maior parte é criado exclusivamente a pasto destacando a sua importância como a principal fonte de alimentação para os ruminantes, o qual oferta cerca de 90% dos nutrientes necessários para os animais, todavia, as condições edafoclimáticas, principalmente na região Nordeste durante o período de seca, dificultam a produção das gramíneas. Então, a utilização de técnicas de conservação de alimentos que visem preservar as características nutricionais é fundamental.

Com isso, a busca por alimentos para suprir as exigências nutricionais dos animais e que reduzam os custos de produção é cada vez mais frequente. Nesse contexto, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e a Palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) surgem como opções de plantas forrageiras, por apresentarem valor nutricional complementar, além de serem tolerantes a períodos de estiagem prolongados.

A parte aérea da mandioca apresenta um potencial produtivo equivalente a 8 toneladas/ha⁻¹ de matéria seca (Fernandes et al., 2016), um elevado teor de proteína bruta (9 - 12%) e carboidratos não fibrosos equivalente a 30%, porém, com baixo teor de energia, já a palma forrageira mesmo com baixo teor de proteína (4 - 9%), vem sendo utilizada como fonte de alimento energético em substituição ao milho barateando o custo da dieta.

Ainda, a palma forrageira apresenta uma boa palatabilidade e eficiente uso de água, além de apresentar características benéficas a baixa perda por efluentes pela presença da mucilagem que agrega o material diminuindo a água livre dentro do silo (Dall-Orsoletta et al. 2017). Consequentemente, essas alternativas alimentares podem vir a se destacar na época da escassez de pasto (Santos & Dos Santos, 2018), principalmente em forma de silagem.

A silagem que em meio anaeróbico contribui com o mínimo de perda do material, conservando-o por meio da ação de bactérias benéficas, como as produtoras de ácido láctico (BAL), a exemplo da *Lactobacillus buchneri* que possui ação antifúngica, inibi o crescimento de leveduras e melhora a estabilidade aeróbia da silagem (Ávila et al. 2012).

Logo, tornou-se uma forma de obtenção de alimento mais barata, tecnológica e visada por produtores rurais.

Desse modo, a utilização de aditivos microbianos comerciais na silagem, por exemplo, reduz a deterioração do material ensilado e isso viabiliza o valor nutricional do alimento e, em sequência, o alto consumo pelos animais. Diante disso, o mercado brasileiro de produção de alimentos para o setor agropecuário tem crescido com as transformações e necessidades dos produtores rurais com destaque para demanda de produtos de origem animal de qualidade e produzido em sistemas de produção sustentável.

Para tanto, faz-se necessário estudos que visem avaliar a ensilagem da palma forrageira e da parte aérea da mandioca, com o uso de inoculante microbiano comercial, para assim reduzir os custos de produção e suprir as exigências nutricionais dos animais no período da seca.

1.2 Mandioca

1.2.1 Características gerais da cultura da mandioca

Pertencente à família Euphorbiaceae e ao gênero *Manihot*, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também chamada popularmente no Brasil por aipim ou macaxeira (Gomes et al., 2020), compreende uma alta variabilidade genética equivalendo a mais de 4 mil variedades, assegurando a conservação das cultivares (Carrasco et al., 2016). Destas somente 98 espécies são reconhecidas nos bancos de germoplasma de mandioca do país. Dentre as espécies encontradas no Brasil estão a *M. anomala* Pohl, *M. caerulescens* Pohl, *M. fruticulosa*, *M. gracilis* Poh, *M. grahamii* Hook, *M. inflata* Müll, *M. jolyana* Cruz, *M. pilosa* Pohl, *M. procumbens* Müll, *M. Tripartita*, segundo Orlandini et al. (2013).

Encontrada amplamente na Ásia, Oceania, África e América Latina, a mandiocultura é uma cultura que nutre cerca de 600 milhões de pessoas por todo o mundo (Iyer et al., 2010). A mandioca é caracterizada por ser uma planta arbustiva, perene e possui folhas simples com coloração que pode variar da púrpura até o verde claro. O caule é lenhoso, ereto e com nós presentes por toda sua estrutura, propagando-se por meio de ramas chamadas manivas, facilitando o acesso do material pelos produtores, garantindo o sucesso do plantio das plantas que estão com 10 a 12 meses (Silva et al., 2018), no qual é realizado no início do período chuvoso garantindo melhor brotação e enraizamento.

Dentre outros aspectos, é uma planta muito rústica e de fácil adaptação, mas necessita de solos profundos e soltos, como o arenoso e de textura média facilitando o crescimento e colheita das raízes (Silva & Veloso, 2011), tolera a alta acidez, baixos níveis de fósforo (P) e consegue desempenhar seu desenvolvimento em regiões de déficit hídrico (Marx, 2018). Manifesta seu vigor com 1.000 a 1.500 mm/ano e até com pluviosidade em torno de 4.000 mm/ano, sendo necessário manejo bem adequado na drenagem do solo evitando apodrecimento das raízes (Mattos & Cardoso, 2003).

A cultura da mandioca apresenta 5 estágios fisiológicos de acordo com Alves (2006), sendo elas: 1) Fase de emergência: ocorre entre 5 a 15 dias após ser plantada, manifestando o aparecimento dos primeiros brotos e depois as folhas; 2) Fase do desenvolvimento foliar e sistema radicular: ocorre entre 15 a 90 dias; 3) Fase do desenvolvimento de ramos e folhas: ocorre entre 90 e 180 dias, é nesse estágio que há o estabelecimento da copa; 4) Fase da translocação de carboidratos que vão para as raízes: ocorre entre 180 a 300 dias após o plantio e 5) Fase da dormência: ocorre entre 300 dias em diante, estágio em que o volume de folhas decresce.

Sua colheita é feita a partir da maturidade de suas raízes, compreendendo entre 6 e 24 meses após o plantio a depender da variedade. Isso garante ao produtor obter reserva de alimento para ofertar aos animais em período de escassez, reduzindo os custos de produção e infraestrutura na propriedade (Albuquerque et al., 2008). A colheita é feita de forma manual e seu rendimento forrageiro compreende entre 16 a 30 t/MS/ha/ano, variando-se de acordo com a idade da planta, variedade e fatores ambientais (Silva & Veloso, 2011).

Segundo Hoppe et al. (2009), as cultivares da mandioca podem ser classificadas em mansas e bravas. As primeiras também chamadas de doces ou de “mesa”, possuem baixo teor de glicosídeo cianogênico (HCN) (menos de 100 ppm ou 100 mg de HCN/kg de polpa crua de raízes) e são normalmente utilizadas para consumo fresco humano e animal (Silva & Veloso, 2011). Já as cultivares bravas ou “amargas” possuem alto teor de glicosídeos cianogênicos (acima de 100 mg de HCN), sendo utilizadas por indústrias e consumidas só após algum processamento como por exemplo, a farinha e a fécula, também chamados de amido, tapioca ou goma (Valle et al., 2004).

A mandioca é comercialmente cultivada pelo mundo para a produção de suas raízes como fonte de alimento rico em amido (Sousa et al, 2011). Este polissacarídeo tem grande relevância durante a seleção da cultivar a ser implantada visto que fornece energia biológica e é fator de transformações de tecnologias dentro da indústria de alimentos (Diniyah et al., 2018), como a qualidade dos produtos devido a composição, morfologia, propriedades físico-químicas e térmicas do amido que ocorrem durante o processamento hidrotérmico ocasionando modificações na absorção de água e volume, devido as proporções de amilose e amilopectina que interferem no qualidade de cozimento da raiz, destacando sua grande relevância socioeconômica sobretudo aos países em desenvolvimento (Salcedo-Mendoza et al., 2016).

1.2.2 Aspectos socioeconômicos, nutricionais e utilização da mandioca na alimentação de ruminantes

Segundo a FAO (2020), a mandiocultura expressou um aumento da sua produção no mundo, contribuindo com o equivalente a 303,6 milhões de toneladas no ano de 2019, sendo considerada a quarta commodity de maior relevância mundial depois do arroz, trigo e milho, respectivamente, e teve o Brasil como o quinto maior produtor de mandioca, perdendo apenas para Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia e Indonésia. A produção brasileira equivale a 18.098.115 toneladas, com área plantada, calculado em 2021, correspondente a 1.212.284 hectares, com um ganho médio de 15.009 kg/há, de acordo com o IBGE (2022).

Os estados do Pará, Acre e Amazonas, no Norte do Brasil, têm uma produção equivalente a 4 milhões/toneladas, 1 milhão/toneladas e 856,9 mil/toneladas, respectivamente. Na região Sul, os estados que destacaram-se foram o Paraná com 3,3 milhões/toneladas e Rio Grande do Sul, com 710,0 mil/toneladas; na região Sudeste, São Paulo em média de 1,6 milhão/toneladas e Minas Gerais com 551,0 mil/toneladas, na região Centro-oeste, o estado de Mato Grosso do Sul com 1,1 milhão/toneladas e por fim, a região Nordeste destacou-se com a representação dos estados da Bahia, com produção em torno de 938,3 mil/toneladas e o Ceará com 721,9 mil toneladas (IBGE, 2023).

Dessa forma, confirma-se a importância da produção da mandioca e seus subprodutos tanto para alimentação humana quanto para animal, não apenas no cenário nacional, mas também no mundial. Nos países da América Latina, como Ásia e África, a mandiocultura é considerada como uma fonte de alimento de segurança alimentar por ser capaz de produzir um alto rendimento, mesmo em solos com baixa fertilidade (El-Sharkawy, 2012), garantindo sua utilização para a subsistência humana e processamento industrial, demandando como uma alternativa alimentar com o crescimento global (Howeler et al. 2013).

Em relação a oferta desse alimento aos animais, destaque-se a *in natura* na qual serve como substituição dos cereais nas rações, passando por um processo de pré-secagem, como também tem a forma de subprodutos como a casca, raspa e bagaço ou conservada como feno ou silagem, realizados com o terço superior da planta (Soares et al. 2016) (Tabela 1). O teor de HCN é reduzido pelo processamento da planta sem que haja intoxicação ao ser consumida pelos animais (Fluck et al. 2017).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da mandioca, seus resíduos industriais e da parte aérea da mandioca

	MS (%)	PB (%MS)	MM (%MS)	FDN (%MS)	Fonte
Raspa de mandioca	89,2	3,7	2,2	28,6	Marques et al. (2000)
Mandioca integral	87,6	2,5	3,6	11,7	Rostagno et al. (2011)
Casca de mandioca	89,2	3,7	2,2	28,6	Marques et al. (2000)
Caule da mandioca	89,9	5,4	3,7	65,5	Azevedo et al. (2011)
Silagem do terço superior	24,5	26,9	7,2	54,4	Modesto et al. (2009b)
Folha de mandioca	89,1	37,6	-	43,7	Veloso et al. (2006)

(Fonte: Menezes, 2011).

A parte aérea é constituída por folhas, pecíolos e pelas hastes (Fernandes et al., 2016) e no sistema tradicional de produção representa apenas 20% do seu aproveitamento e os outros 80% são descartados desvalorizando um potencial alimento de alto valor nutricional, principalmente para a alimentação animal, sendo uma alternativa de sustento para os animais ruminantes, por exemplo, nos períodos de escassez de alimentos. Sua produtividade de matéria seca equivale a mais de 8 toneladas/ha⁻¹, sendo rica em vitaminas A, C e do complexo B, minerais, principalmente como cálcio e ferro e, um expressivo teor de proteína bruta correspondendo a 18 – 20% (Almeida & Ferreira Filho, 2005).

A composição bromatológica da parte aérea da mandioca pode ser muito variável, a depender da proporção de cada componente morfológico da planta que fará parte da dieta dos animais. Quando se usa muita maniva, o teor de proteína bruta corresponde a 8%, porém, quando utiliza muito as folhas o teor equivale a 28 - 32% (Valadares Filho, 2006). Sua oferta pode ser na forma fresca (após seca ao sol), ensilada ou na forma de feno, variando a sua composição devida à proporção de estruturas da cultura como a quantidade de caule, folhas, idade de colheita do material. Além disso, apresenta menor teor de fibra em torno de 50% da matéria seca (MS) quando comparado à maioria das forrageiras tropicais (Modesto et al., 2004).

Por ser uma excelente alternativa na substituição de alimentos como o milho (Tabela 2), considera-se ainda que os resíduos industriais provenientes da cultura da mandioca apresentam uma melhor degradabilidade da matéria seca, em torno de 80 – 90% quando comparado ao milho, que equivale a 55 – 80%, proporcionando uma efetiva degradabilidade da proteína bruta, fator importante para os animais ruminantes (Zinn & De Peters, 1991).

Tabela 2 - Composição química da raiz e da parte aérea da mandioca

Alimento	MS	PB	EE	MO	FDN	FDA	NDT
	(%MS)						
Raiz fresca ¹	35,0	12,0	4,0	-	-	-	-
Parte aérea ¹	25,9	14,9	26,0	-	42,5	-	-
Silagem da parte aérea ^{1,5}	11,9	10,74	29,0	-	48,8	43,75	50,57
Silagem do terço superior da rama ^{2,3,5}	25,2	19,4	42,0	92,4	50,7	40,8	58,7
Feno terço superior ⁴	88,9	14,0	52,0	92,6	74,2	45,0	-

MS - matéria seca (g/kg MN); PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; MO - matéria orgânica; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; NDT - nutrientes digestíveis totais. Informações adaptadas de ¹Almeida & Ferreira Filho (2005); ²Modesto et al., (2004), ³Modesto et al., (2008); ⁴Valadares Filho (2000), ⁵Valadares Filho et al., (2006).

(Adaptado de Santos, 2013).

Observa-se, portanto, que a combinação de uma alternativa alimentar proteica, como a parte aérea da mandioca com outra de valor energético, como a raiz dessa mesma cultura, resulta em um alimento de alto valor nutricional, reduzindo o custo de produção nas propriedades (Faria et al., 2011), principalmente nos períodos de seca. Somado a isso, mostra-se eficiente a conservação desses alimentos em forma de silagem, pela substituição de culturas tradicionais como o milho e a soja, conservando as características fermentativas e mantendo os nutrientes semelhantes a forragem *in natura* através da fermentação anaeróbica e com maior estabilidade aeróbica (McDonald et al., 1991).

1.3 Palma forrageira

O semiárido baiano compreende cerca de 40% da área do semiárido brasileiro e 80% de todo o território baiano, de acordo com Ministério da Integração Nacional (Brasil, 2017). Sendo assim, as condições climáticas desse bioma requerem soluções estratégicas de sobrevivência para a população com o que lhes é ofertado em relação ao solo, clima e alimento (Gomes et al., 2018). No período da estiagem, principalmente os pequenos produtores se destinam a utilização de alimentos alternativos que tenham na região e que possam atender as necessidades nutricionais dos animais com menor custo (Aguiar et al., 2015). Com isso, a palma forrageira se apresenta como uma ótima opção alimentar sem onerar as despesas da propriedade.

A palma forrageira possui um aspecto fisiológico chamado de metabolismo fotossintético CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas). Essa característica dá a planta tolerância, resistência à seca compreendendo uma excelente eficiência do uso da água, abrindo seus estômatos durante à noite, diminuindo, portanto, a perda de água por evapotranspiração de acordo com Silva et al. (2015), isso torna 11 vezes superior à sua eficiência do uso da água em relação às plantas C3.

A palma tem particularidades nutricionais como sendo um alimento rico em energia, podendo ser incluída como substituto ao milho, barateando a dieta fornecida aos animais e de expressivo significado às regiões de seca por apresentar sua constituição de 90% de água, tornando-a suculência e de fácil aceitação na oferta (Dessimoni, Batista & Barbosa, 2014). É uma planta exigente e necessita de solos férteis com textura arenosa à argilosa, sendo indicado a sua implantação em solos argilo-arenosos e com boa drenagem, visto que o encharcamento prejudica a durabilidade do palmar, segundo Santos et al. (2006).

1.3.1 *Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck

As principais características bromatológicas da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) são alto conteúdo de água, minerais, ácidos orgânicos e de carboidratos e baixo teor de proteína. Alta porcentagem de água é uma característica positiva, quando se considera que em regiões áridas e semiáridas existe limitação desse nutriente para animais e humanos. Portanto, quando utilizada como forragem, a palma pode reduzir a necessidade do fornecimento de água aos animais, uma vez que bovinos reduzem ou suprimem a ingestão de água quando recebem rações contendo palma forrageira (De Lima et al., 2003).

A palma miúda apresenta dentre as suas principais características bromatológicas: 11,25% de matéria seca, 86,90% de matéria orgânica, 23,46% de fibra em detergente neutro, 58,95% de carboidratos não fibrosos, 12,53% de matéria mineral, 4,08% de proteína bruta, 2,61 de extrato etéreo e 14,13% de fibra em detergente ácido (Valadares Filho et al., 2018). É uma excelente fonte energética com NDT equivalente a 66,70%, que quando comparado ao milho, pode-se apresentar como uma alternativa alimentar barata, diminuindo os custos de produção da propriedade sobretudo nos períodos de escassez de alimento.

Em relação a sua produção, a palma miúda apresenta cerca de 68 t/ha⁻¹ de matéria verde, com uma densidade equivalente a 20 mil plantas por hectare (Santos et al., 2006). Outra característica importante da palma miúda, é que ela vem se tornando uma ótima alternativa de cultivar resistente à praga da Cochonilha do Carmim, perdurando assim a eficiência do palmal. Por fim, mesmo com essas vantagens de produtividade, a palma forrageira precisa ter uma cautela ao fornecimento animal, por apresentar teores baixos de fibra e proteína, que pode comprometer o desempenho animal, sendo, portanto, necessário a associação com alimentos volumosos com teores mais altos de fibra e fontes de nitrogênio não proteico e/ou proteína verdadeira (Ferreira et al. 2011).

1.3.2 Palma forrageira na alimentação de animais ruminantes

Nos períodos de seca, a palma forrageira é utilizada pelos produtores rurais como uma alternativa alimentar chegando a compor 80% das dietas (Oliveira et al. 2018), como um alimento volumoso compreendendo a palma miúda, por exemplo, um rendimento da biomassa equivalendo a 480,17 toneladas de matéria seca por hectare a cada dois anos. Essa planta apresenta alta eficiência do uso da água pelos animais, boa aceitabilidade e proporciona ao sistema de produção um baixo custo quando comparado a dietas contendo milho e soja (Macedo et al. 2017). Alguns autores agruparam valores médios da composição bromatológica da palma forrageira conforme observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição química da palma forrageira com base no percentual de matéria seca

Autores	MS	MO	MM	PB	EE	FDN	CT	CNF
Wanderley et al. (2012)	9,39	87,43	12,57	4,92	2,17	31,87*	84,13	50,05
Cavalcante et al. (2014)	6,37	84,07	15,94	5,42	2,98	22,05*	-	-
Nogueira et al. (2016)	12,92	-	-	5,82	-	31,60	-	47,10
Pessoa et al. (2020)	9,31	89,77	10,23	5,14	1,50	33,14	82,75	49,61
Pereira et al. (2021)	14,40	92,26	9,44	4,28	0,80	22,10	85,48	63,38
Média	10,26	87,87	12,47	5,01	1,84		82,98	53,03

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; CT - carboidratos totais; CNF - carboidratos não fibrosos;

*FDNcp - fibra em detergente neutro corrigida pra cinzas e proteína

(Adaptado de Sá et al., 2021).

Os gêneros que mais são utilizados para alimentação dos ruminantes são os *Opuntia* e *Nopalea*, no qual apresentam alta produção de matéria seca por área (Marques et al., 2017). Mesmo com baixos percentuais de PB e MS, possui alto teor de carboidratos totais (738 a 852 g/kg⁻¹/MS) tornando um alimento energético (Frota et al., 2015). No que refere-se às diferentes cultivares, a palma miúda ou doce apresenta um maior consumo de matéria seca quando comparada a redonda e a gigante (Valadares Filho et al., 2018). Em estudos realizados com essas cultivares, observou-se que o fornecimento *in natura* não se diferenciou quando associadas ao fornecimento com silagem de milho (Santos et al., 2001).

Em relação às dietas ofertadas às vacas lactantes de produção média 20 kg/dia, a palma forrageira cultivar miúda foi avaliada como substituta a variedade orelha de elefante com os níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%, e foi verificado que não houve efeito significativo entre as variedades para a produção de leite, sendo que a composição bromatológica dessas são semelhantes de acordo com Monteiro et al. (2019).

A inclusão da palma nos níveis 0, 14, 28, 42, 56% em substituição ao feno de capim elefante diminuiu o consumo de água pelos animais à proporção que aumentou o nível de substituição, sendo assim, observa-se que a associação dessa planta com alimentos fibrosos beneficia a eficiência do uso da água, melhora a atividade ruminal dos animais, bem como a movimentação ruminal, secreção salivar e homogeneização do conteúdo ruminal de acordo com Bispo et al. (2007).

Estudos realizados por Ferreira et al. (2008) evidenciaram que o fornecimento da ureia associada à palma forrageira para alimentação dos animais apresentou uma mucilagem no alimento, característica que está presente na palma forrageira, melhorando a aderência dos alimentos, conseqüentemente do consumo, porém, deve-se ressaltar que a adaptação dos animais a esses tipos de alimentos deve ser realizada com critério, sendo recomendado o fornecimento de um terço do total previsto nos primeiros cinco dias de adaptação, dois terços do total a partir do sexto ao décimo dia e o fornecimento total da quantidade total de ureia a partir do décimo primeiro dia.

Sendo assim, é notório que o uso da palma na dieta de ruminantes quando fornecida com alguma fonte de fibra possui uma importante melhoria no desempenho animal, evitando possíveis distúrbios nutricionais como diarreias, adequando assim as funções ruminais. É necessário, portanto, conhecer as características dos alimentos e suas formas de utilização garantindo um melhor aproveitamento dos alimentos quando assim ofertados aos animais (Rodrigues et al., 2016).

1.4 Importância da silagem no setor agropecuário

1.4.1 Definição de ensilagem, etapas e sua importância

Diante das características edafoclimáticas existentes na região Nordeste, principalmente os pequenos e médios produtores rurais veem como alternativa alimentar a silagem a fim de ofertar aos seus rebanhos devido à redução na oferta de alimento durante este período (Fernandes, 2016). Sendo assim, a ensilagem tem como finalidade fornecer nutrientes necessários para manutenção dos animais não somente nos períodos desfavoráveis na produção.

A técnica compreende em armazenar alimentos como a forragem em um local totalmente fechado, chamado de silo, sem a presença de oxigênio (anaeróbico), mantendo assim a composição química dos alimentos que foram ensilados com o mínimo de perdas possíveis durante o processo fermentativo (Marafon, 2015).

O procedimento da ensilagem é constituído de quatro fases, que de acordo com Weinberg & Muck (1996) consistem em: pré-enchimento, fermentação ativa, fermentação estável e abertura:

- Pré-enchimento: a forragem é retirada do campo, preparada com procedimento da picagem do material, depois transportada até o local onde ocorrerá o procedimento de enchimento do silo colocando-se sempre pequenas quantidades para que as mesmas possam ser bem compactadas reduzindo o risco de posterior contaminação com entrada de oxigênio no material. Um dos passos fundamentais nessa fase é o corte e a compactação do material ao ser ensilado, isso facilita a utilização pela microbiota epífita do conteúdo celular liberado.

- Fermentação ativa: o oxigênio que ficou no ambiente devido ao processo de ensilagem do material é reduzido devido a respiração da forragem dando início a fase fermentativa. Porém, nessa fase pode ocorrer perdas por efluentes devido ao rompimento das células da forragem podendo perder carboidratos solúveis e frações nitrogenadas. Esses compostos nutricionais são disputados por diversos microrganismos como enterobactérias, clostrídios, bactérias produtoras do ácido lático e leveduras, por exemplo.

Após a ação desses microrganismos em especial os benéficos, como as bactérias produtoras do ácido lático, a preservação do material ocorre com a diminuição do pH, variando de 3,8 – 4,2, sendo esse intervalo de valores ideal para a predominância de bactérias ácido lácticas, que contribuem com uma boa fermentação e qualidade da

silagem.

- Fermentação estável: Devido à produção de ácidos graxos voláteis predominantes com o ácido láctico, as bactérias promotoras do ácido láctico diminuem o pH até para 4,2 promovendo a redução da presença de oxigênio no meio e consequentemente microrganismos que ocasionem a deterioração do material ensilado.

- Abertura: O material no silo sofre exposição de oxigênio e a falta de manejo ao retirar partes do que foi ensilado pode ocasionar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Isso leva a instabilidade aeróbica e degradação da forragem, aquecendo-se assim o material e ocorrendo a liberação de água, reduzindo o valor nutritivo da silagem pela utilização do ácido láctico e açúcares, inviabilizando o alimento ao fornecimento animal.

Com isso, de acordo com Pereira & Reis (2001), é notório que a perda parcial de água através da pré-secagem do material, que irá ser ensilado é fundamental para que se possa elevar o teor de matéria seca acima de 30%, promovendo o funcionamento ideal do processo fermentativo no interior do silo e reduzindo o risco de perda do material por produção de efluente, com a produção de ácido butírico e amônia, prejudicando a qualidade da silagem. Contudo a pré-secagem não deve ser realizada por um período longo, pois pode acarretar o efeito contrário com a perda da matéria seca e dentre outros nutrientes como a proteína, carboidratos solúveis, segundo Chamberlain et al. (2000).

A pré-secagem em algumas plantas, como a mandioca atua com atenuador de substâncias tóxicas presentes em suas folhas como o ácido cianídrico. Com esse processo, ocorre a volatilização desse composto promovendo o aproveitamento dessa planta pelos animais (Pestana, 2015). Sendo assim, deve-se atentar aos diversos fatores que podem diminuir a qualidade do valor nutricional da silagem, entre esses meios de perda destacam-se a respiração, decomposição do material, efluentes e fermentação aeróbica (Van Soest, 1994).

1.4.2 Fatores determinantes para a qualidade da silagem e suas perdas

O processo de ensilagem não aumenta o teor de nutrientes do alimento e sim estimula a sua conservação através do processo de fermentação baseado em alguns parâmetros, como: pH, carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal, ácidos orgânicos, umidade e estabilidade aeróbica. O pH mensura a qualidade do processo da silagem, no qual a queda do valor de pH resulta em menor atividade de proteólise do material ensilado, bem como a redução na ação de microrganismos indesejáveis como enterobactérias e clostrídios.

De acordo com McDonald et al. (1991), o valor ideal do pH de uma silagem deve estar no intervalo de 3,8 – 4,2. Também, em seus estudos, Ítavo et al. (1988) verificaram que a diminuição do pH pode variar entre 3,8 – 4,5, intervalo que garantiu atividade adequada de bactérias lácticas no material ensilado.

Os teores de carboidratos na matéria seca no processo fermentativo da silagem variam entre 2,5 a 3,0% apresentando-se por frutose, galactose, glicose, frutose e sacarose. Valores acima desses relatados podem acarretar problemas no processo de fermentação produzindo álcool por meio de atividades de microrganismos, como as leveduras e, em consequência, haverá perda de matéria seca e decomposição do material de acordo com Woolford (1984). Ademais, um dos indicadores de perda de nitrogênio da silagem em forma de amônia é constatado pela concentração do nitrogênio amoniacal durante a abertura do silo em relação ao nitrogênio total, isso ocorre devido aos processos fermentativos.

Relata-se que quanto menor for a relação de N livre no interior da do material ensilado, melhor a qualidade da silagem em decorrência da menor disponibilidade para quebra de proteína da massa que foi ensilada por microrganismos indesejados, como os *Clostridium*. Estima-se que valores abaixo de 8% são ideais para uma silagem de boa qualidade (Valença, 2016). Benacchio (1965) constatou que silagens ótimas contém o teor de N-NH₃ variando entre 0 a 10% (%N total), silagens boas entre 10 a 15%, aceitáveis entre 15 a 20% e ruins são acima de 20%. Silagens realizadas com plantas forrageiras tropicais variam entre 1,9 a 28,7% de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total.

Em relação aos ácidos orgânicos presentes no interior do silo estão o lático, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico, tendo como destaque as bactérias que produzem o ácido lático (BAL), as quais conservam o material que foi ensilado (McDonald, 1991). Normalmente, em análises do processo qualitativo de uma silagem são estudados o ácido lático (AL), acético (AA), propiônico (AP) e butírico (AB).

O ácido lático tem relevância sobre o processo fermentativo da silagem visto que, sua alta concentração permite a queda do pH diminuindo a ação de bactérias decompositoras como as do gênero *Clostridium*, sendo de fundamental importância para a conservação do material ensilado (Macedo et al., 2017). Já o ácido acético (AA), sendo este produzido pelas bactérias produtoras de ácido lático em sua grande parte as heterofermentativas, pode manifestar sua ação sobre a silagem de forma antifúngica, contribuindo entre 20 e 30% de todos os ácidos que estão na silagem ocasionando melhorias na estabilidade aeróbica, inibindo a ação de leveduras e fungos (Carvalho et al., 2014).

O ácido propiônico (AP) possui a ação antifúngica na silagem desde a fase inicial até a fase final que antecede a abertura do silo, restringindo a ação de microrganismos indesejáveis como enterobactérias e clostrídios (Muck, 2010), com isso, proporciona melhor estabilidade aeróbica. O AP é um ácido importante, pois, consegue converter-se em propionato que será utilizado no ambiente ruminal, sendo então precursor da glicose em animais ruminantes (Ramos et al., 2017), porém, altas concentrações sobre outros ácidos na silagem, a exemplo do lático, o ácido propiônico pode ocasionar o desenvolvimento de microrganismos que decompõem a silagem devido a menor ação de dissociação da massa ensilada (Rutenberg et al., 2016).

Por fim, altas concentrações do ácido butírico (AB) indica que o processo fermentativo na silagem não foi eficiente e que ocorreu o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como os clostrídios, resultando, portanto, em perda de matéria seca, por efluentes do material que foi ensilado diminuindo a palatabilidade e conseqüentemente o consumo pelos animais (Muck & Bolsen, 1991).

No que se refere à umidade, valores acima de 80% no momento da ensilagem é indesejável, visto que promove alterações no processo fermentativo com maior produção de efluentes, ação de microrganismos indesejáveis com formação de ácido butírico, proteólise, decompondo, portanto, a silagem e comprometendo sua qualidade nutricional (Amaral & Nussio, 2011). Logo, os teores de matéria seca da forragem a ser ensilada deve variar entre 30 a 35% a fim de não comprometer a compactação do material e evitar fermentações indesejáveis (Van Soest, 1994).

Por fim, no que se refere a estabilidade aeróbica, mesma ao que ocorre quando o material presente no interior do silo atinge 2°C acima em relação à temperatura ambiental (Kung, 1998), após o momento da abertura do silo. A temperatura atua como um indicativo para o aparecimento da deterioração, pois a elevação muito brusca da temperatura causa a oxidação da matéria seca, podendo estar atrelado também a oxidação de ácido orgânicos dentre outros compostos (Neumann 2011).

A silagem ao ser exposta ao oxigênio condiciona a ação de microrganismos como clostrídios, mofo e leveduras que proporcionam maior produção de calor devido à utilização de produtos da fermentação oriundos do processo de ensilagem (Jobim et al., 2007). Sendo assim, ao ser metabolizado, o ácido lático e os carboidratos residuais vão ocasionar o aumento do pH bem como a temperatura e microrganismos que atuam sobre o oxigênio (Woolford et al., 1982).

Atrelado a esses fatores, o tempo de vedação no silo também é imprescindível visto que com maior a demora desse processo a ação de microrganismos indesejáveis pela entrada de umidade e oxigênio é acentuada. Enterobactérias e maior concentração de ácido acético são visualizados comprometendo a qualidade da silagem (Weiss et al., 2016). Por fim, a quantificação da perda de matéria seca pode ser mensurada pelos pesos do material original e após a abertura dos silos de acordo com Jobim et al. (2007).

O volume da produção de efluente varia conforme a quantidade de matéria seca antes e após ensilagem, o tipo de silo, a faixa de corte diária para o fornecimento animal, qualidade do material ao ser ensilado, tamanho da partícula e presença ou não de aditivos (Weinberg & Ashbell, 2003). Esta perda pode ser quantificada pela diferença de peso do material original e após a abertura dos silos de acordo com Jobim et al. (2007).

A perda por gases ocorre devido ao ambiente anaeróbico e fermentação de açúcares e ácidos orgânicos, produzindo assim dióxido de carbono (CO₂) proveniente da respiração da planta e consumo do oxigênio que ainda se encontra no silo (Fernandes et al., 2016), podendo chegar até 2 a 4% essa perda dentro do silo. De acordo com estudos

realizados por Balieiro Neto et al. (2009), a produção de gases interfere na perda de matéria seca em consequência da perda de carboidratos solúveis produzindo água.

Por fim, a produção de ácido lático reduz as perdas de gases, em virtude da não geração de gás carbônico proveniente da fermentação da glicose (Lorenzo & O'Kiely, 2008). A presença de uma maior quantidade de bactérias promotoras de ácido lático em relação a fungos, leveduras e clostrídios reduz as perdas por efluentes, sendo um indicativo relevante para a qualidade do processo de fermentação e atuação dos microrganismos na silagem.

1.4.3 Ensilagem de parte aérea da mandioca

Com a produção eficiente de alimentos para a produção do setor do agronegócio ao decorrer dos anos, é necessária uma contínua produtividade dos alimentos com qualidade atentando-se ainda por exemplo, aos períodos de entressafra bem como a sazonalidade que afetam a cadeia produtiva, alertando ainda aos produtores a implementarem formas de conservação de alimento como a ensilagem na qual preserva o valor nutritivo do alimento com o mínimo de perdas em relação a matéria-prima original (Cândido & Furtado, 2020), com o objetivo de nutrir seus animais nesses períodos. A utilização de subprodutos da mandioca, como a parte aérea, tem se tornado uma alternativa para dieta de ruminantes.

A ensilagem da parte aérea da mandioca de acordo com Man & Wiktorsson (2002) deve ser realizada antes das folhas caírem, concentrando o seu valor nutricional nesta parte da planta e garantindo aos produtores rurais uma opção de forrageira a ser escolhida para o processo de ensilagem. A parte aérea da mandioca *in natura* apresenta um teor de matéria seca (MS) em torno de 25% (Tabela 4), um teor proteico em torno de 15% de proteína, porém, é deficiente em energia (Fialho et al., 2013), sendo assim aconselha-se a sua utilização em associação a outros alimentos fibrosos como a raiz a fim de se obter MS próxima a 30% (Wanapat, 2018) e aproveitar o máximo das outras partes da planta que servem como descarte nas propriedades.

Tabela 4 - Composição química da parte aérea da mandioca *in natura* e ensilada

Variáveis	Parte aérea da mandioca	
	<i>In natura</i>	Ensilada
Matéria seca	25,95	11,99
Proteína bruta	14,99	11,50
Fibra em detergente neutro	42,53	48,85
Extrato etéreo	2,66	2,96
Cálcio	1,34	1,21
Fósforo	0,21	0,14

Fonte: Alves & Costa (2008)).

O corte da rama é o passo inicial para a silagem, seguido da picagem do material no desintegrador de forragem a fim de se obter partículas entre 20 - 30 mm, o que garante uma maior compactação do material, qualidade da fermentação e estabilidade da silagem, evitando consequentemente a perda por entrada de ar no silo (Lima et al. 2010). O bom processamento nessa etapa viabiliza a manutenção do teor de nitrogênio e baixa o teor de carboidratos solúveis em água (Oni et al. 2014). O corte a rama da mandioca deve ser realizado a 5 cm acima do solo que é onde se encontra um maior percentual de carboidratos solúveis para a fermentação láctica (Carvalho et al., 1983).

Valores de pH encontrados na silagem da parte aérea da mandioca variando entre 3,2 a 4,2, expressam valores ideais para conservação da forragem, inibindo a proliferação de microrganismos indesejáveis e deterioração do material ensilado de acordo com Kung et al. (2018). Foi verificado mediante estudo de Napisirth et al. (2015), que a presença de bactérias benéficas como as produtoras do ácido láctico na silagem da parte aérea da mandioca foi de 2,13 g/MS, ácido acético de 4,48 g/MS, ácido butírico foi de 0,03 g/kg/MS com o pH de 3,9.

Isso ressalta a importância da associação dos parâmetros fermentativos para a obtenção de uma silagem de boa qualidade devido a ação de microrganismos, que promovam a preservação e qualidade mesmo também após a abertura do silo.

1.4.4 Ensilagem de palma forrageira

O uso de técnicas de conservação eficientes dos alimentos tem sido fundamental, principalmente em regiões que apresentam recurso forrageiro escasso na época de seca do ano. Sendo assim, a produção de silagem de palma tem se mostrado uma ótima opção na potencialização do uso dessa forrageira, por diminuir os custos de produção da propriedade, melhorando o sistema operacional ao substituir alimentos considerados commodities como o milho. O processo da ensilagem permite que a colheita possa ser feita de todo palmal, quando assim bem manejado, contribuindo para melhor rebrota, produtividade ao longo do ano.

Para melhor eficiência do uso dessa planta, a forma de fornecimento, dentre fatores importantes, como a época de colheita da palma forrageira e a seleção de cladódios muito jovens para a produção da ensilagem, podem interferir em sua qualidade ocasionando em perdas, principalmente por efluentes de acordo com Çürek & Özen, (2004), beneficiando o aparecimento de microrganismos indesejáveis como os proteolíticos que vão degradar a proteína, reduzindo assim esse nutriente constituído na dieta ofertada. Ainda, o corte da palma forrageira em períodos de chuva não é recomendado, pois o alto teor de umidade pode comprometer o valor nutricional principalmente para o processamento da ensilagem (Nogueira et al. 2016).

Nogueira (2015), ao verificar os parâmetros fermentativos da ensilagem de palma forrageira, observou valores de pH equivalente a 3,7 e 4,2, que de acordo com McDonald et al. (1991) é uma característica favorável para uma silagem de boa qualidade. Já Gusha et al. (2015) verificaram que a associação da palma forrageira, com diferentes tipos de leguminosas, proporcionou valores de pH em torno e 3,9 a 4,2, sendo correlacionado aos teores de açúcares solúveis presentes nos cladódios da palma, reduzindo assim na silagem o pH de forma eficaz. Em estudo realizado por Macedo et al. (2017) a silagem de palma apresentou valores de pH entre 3,8 a 4,0, quando utilizada palma com níveis de capim-buffel (0%, 15%, 25%, 30%, 35%) colaborando também com a durabilidade do material ensilado.

A palma apresenta um teor e matéria seca em torno de 100 a 150 g/kg⁻¹, sendo assim, ao realizar a ensilagem da palma forrageira deve-se atentar a essa característica, pois pode inviabilizar a qualidade da silagem proporcionando um crescimento de microrganismos indesejados como as bactérias do gênero *Clostridium* (Jobim, 2002). Em relação aos carboidratos presentes na palma forrageira, estudo realizado com *Opuntia ficus indica*, Ribeiro et al. (2010) identificaram a presença de galactose, xilose, frutose nos cladódios de palma, sendo esses açúcares que permitem que o processo de fermentação pelas bactérias lácticas possa ser otimizado possibilitando uma fermentação ideal da massa ensilada (Nogueira et al. 2016).

É observado através de estudos que altos teores de ácido láctico presentes na silagem podem estar associados aos parâmetros químicos-bromatológicos que a palma forrageira possui. A palma apresenta elevada concentração de carboidratos solúveis que está presente na mucilagem variando entre 29 a 147 g/kg de matéria seca, que ao ser utilizado no interior do silo pelas bactérias ácido lácticas, aumenta a concentração de ácido láctico, favorecendo a preservação do material (Mokoboki et al. 2016).

Essa característica da palma forrageira é responsável pela diminuição das perdas presentes na silagem de palma, principalmente por efluentes, pois a mucilagem consegue aderir o material ensilado por ser rica em pectina com aspecto gelatinoso e por possuir fração mais hidrofílica impedindo que haja maior atividade de água livre no meio (Dall-Orsoletta et al. 2017).

Nogueira (2016) observou que a silagem da palma forrageira estabilizou após 24 horas de exposição ao ar. Foi indicado pelo autor uma boa estabilidade aeróbica, visto que os valores de pH variaram entre 3,74 e 3,86 durante este período. Porém, deve-se atentar para ambientes muito quentes onde a deterioração do material ocorre de forma mais rápida, favorecendo o aparecimento de microrganismos como leveduras que se tornam mais ativas no material ensilado, principalmente a temperaturas entre 20°C e 30°C, como também em silos e cochos que encontram restos de comida e não são limpos diariamente comprometendo assim a qualidade do alimento fornecido (Miranda, 2006).

Ademais, dentre outras características presentes na silagem de palma foi verificado por Matias et al. (2020) no qual avaliaram o perfil fermentativo da silagem de palma forrageira com níveis de maniçoba (0, 25, 50, 75, 100%). Constataram que houve um aumento linear para a quantidade da concentração principalmente de ácido butírico, porém, observaram que houve uma redução do pH e dos ácidos acético e láctico.

Mesmo com a diminuição do valor de pH e dos ácidos benéficos para a melhor qualidade e perfil fermentativo, o ácido lático é predominante na concentração de carboidratos solúveis presentes na mucilagem da palma, auxiliando no tamponamento do material ensilado.

Desse modo, a utilização da silagem de palma vem sendo cada vez mais usual e foco de estudos, não apenas no Brasil, usada como um avanço de tecnologias para a área de nutrição animal, principalmente por ser utilizada uma alternativa alimentar em comparação a muitos alimentos que oneram o preço da dieta como milho. Logo, o produtor rural deve ter seu planejamento alimentar feito adequadamente para que possa suprir as necessidades nutricionais de seus animais durante todo o ano aplicando tecnologias que somarão a sua produção de forma que garanta seus lucros, sendo a silagem da palma uma alternativa que vem garantindo esses resultados.

1.5 O uso de aditivos na silagem

O uso de aditivos na silagem vem sendo amplamente utilizado a fim de se obter uma melhor qualidade e fermentação do material ensilado, diminuir a deterioração aeróbica e de nutrientes, principalmente quando a planta forrageira a ser ensilada não apresenta condições ideais para o processo (Jobim, 2002).

Dentre as categorias que engloba essa técnica estão os estimulantes que controlam a fermentação láctica; inibidores que atuam na redução total ou parcial do crescimento microbiano; inibidores da deterioração aeróbica, atuando sobre o controle microbiano após a abertura do silo, a fim de evitar a contaminação; nutrientes que atuam sobre a melhoria do valor nutricional do material a ser ensilado e é adicionado no processamento de uniformização do material e por último o grupo dos absorventes que atuam sobre a forrageira de baixo teor de matéria seca, evitando maiores danos como perda por efluente (McDonald et al., 1991).

Nesse contexto, alguns microrganismos são utilizados como aditivos (estimulantes e inibidores da deterioração aeróbica), sendo assim, as bactérias promotoras de ácido lático, por exemplo, são usadas com o objetivo de produção do ácido lático e diminuição de microrganismos indesejáveis como fungos e leveduras, conforme Ávila et al. (2010).

Para Zopollatto et al. (2009), dentre essa diversidade, estão as bactérias homofermentativas como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Streptococcus faecium* e bactérias heterofermentativas como *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis* e *Propionibacterium*, mistura entre essas classificações de bactérias, inclusão de produtos comerciais incluindo enzimas como amilase, celulase, trazendo vantagens para o seu uso, pois não oferecem risco a saúde humana e de animais, não são corrosivos e nem poluem o meio ambiente (Pinheiro, 2008).

Para uma silagem de boa conservação e qualidade, a fermentação homofermentativa ao produzir uma grande quantidade de ácido láctico consegue proporcionar ao material ensilado uma redução do pH e evita a perda de matéria seca. Além disso, o uso de bactérias heterofermentativas também tem apresentado maiores benefícios na diminuição da ação de microrganismos como fungos e leveduras, evitando reduzir a estabilidade aeróbica do material ensilado sob baixo pH (Ranjit & Kung Jr., 2000).

Contudo, a obtenção da eficácia desses aditivos microbianos depende da aptidão da bactéria quando inoculada em crescer de forma rápida sobre o material ensilado, da população desse microrganismo inoculado sobre a população epífita da forrageira e a presença de um substrato bom para que o processo de fermentação ocorra de maneira correta (Zopollatto et al., 2009).

Porém, deve-se atentar quando há um baixo teor de açúcar na forrageira, como também, excesso de oxigênio no silo, alta umidade no material, que podem vir a comprometer a utilidade dos inoculantes na silagem (Kung Jr et al., 2003). Dentre as bactérias ácido lácticas mais utilizadas está a *Lactobacillus buchneri* atuando sobre a estabilidade aeróbica nas silagens (Basso, 2012).

Esse microrganismo tem a habilidade de converter a glicose e frutose presentes no material do silo em ácido láctico promovendo um melhor processo fermentativo e qualidade para o produto final (McDonald et al., 1991). O *Lactobacillus buchneri* consegue maior produção de ácido láctico em pH 3,8 além de converter também esse ácido ao acético e 1,2 propanodiol em pH 5,8, proporcionando menor ação de leveduras e fungos contribuindo com a integridade nutricional da silagem produzida (Oude Elferink et al., 2001). Portanto, o uso desses aditivos a base de microrganismos como as bactérias heteroláticas a exemplo do *Lactobacillus buchneri* tem ganhado notoriedade com o passar dos tempos, visando uma melhor qualidade e processo fermentativo (Kung et al., 2003).

Assim, ao estudar a ação de inoculantes bacterianos com cepas de *Lactobacillus buchneri* sobre a silagem de cana-de-açúcar, Mendes et al. (2008) verificaram que o teor de matéria seca sem o uso do inoculantes apresentou-se menor na silagem com uma redução de 6,4% em relação à silagem com o uso do aditivo. Foi constatado também por Pedroso et al. (2005), utilizando o mesmo aditivo sobre a silagem de cana de açúcar, que houve a redução de 9% no teor de matéria seca sem o uso do inoculante, no qual em 180 dias o teor passou de 34,5% para 25,5%. Mendes et al. (2008) observaram ainda, que a silagem com o *Lactobacillus* apresentou uma maior estabilidade aeróbica viabilizando o uso desse produto para a melhoria da qualidade da silagem de cana-de-açúcar.

Ainda observa-se que a relação entre a planta e a microflora epifítica em seu interior tem garantido estudos, que visam o isolamento e identificação dos grupos microbianos presentes no processo da ensilagem, verificando a atividade das bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) sob o processo de fermentação (Carvalho et al. 2014).

Então faz-se necessário a viabilização do uso de aditivos microbianos presentes nas silagens, em especial, palma forrageira e parte aérea da mandioca objetivando melhor conservação do material ensilado.

1.6 Referências Bibliográficas

AGUIAR, M.S.M.A.; SILVA, F.F.; DONATO, S.L.R.; SCHIO, A.R.; SOUZA, D.D.; MENESES, M.A.; LÉDO, A. A. Síntese de proteína microbiana e concentração de ureia em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira *Opuntia*. **Semina: Ciências Agrárias**, n.36, v.2, p.999-1012, 2015

ALBUQUERQUE, J.D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.D.; CARNEIRO, J.E.S.; CECON, P.R.; ALVES, J.M.A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta daninha**, Viçosa, v.26, n.2, p.279-289, 2008

ALMEIDA, J. A palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade. Tese (Doutorado Acadêmico em Ciências Agrárias), 95p, 2011

ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.7, n.1, p.50-56, 2005

ALVES, A.A.C.; SOUZA, L.S. Fisiologia da Mandioca. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. p.138-169, 2006

ALVES, J.R.; COSTA, E.P.S. **Importância do uso da rama de mandioca na alimentação do gado leiteiro**. Emater - Comunicado técnico, 2008

AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Fungos e micotoxinas em silagens: In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, **Anais...**, p.221- 250, 2011

ÁVILA, C.L.S.; VALERIANO, A.R.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; REZENDE, A.V.; SCHWAN, R.F. Chemical and microbiological characteristics of sugar cane silages treated with microbial inoculants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p. 25-32, 2010

BALIEIRO NETO, G.; FERRARI JUNIOR, E.; NOGUEIRA, J.R.; POSSENTI, R.; PAULINO, V.T.; BUENO, M.S. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.621–630, 2009

BASSO, F.C.; BERNARDES, T.F.; ROTH, A.P.T.P.; LODO, B.N.; BERCHIELLI, T.T.E.; REIS, R.A. Fermentation and aerobic stability of corn silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.41, p.1789-1794, 2012

BENACCHIO, S. Niveles de melaza em silo experimental de milho crioulo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, v.14, n.4, p.651-658, 1965

BISPO, S.V.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V.; PESSOA, R.A.S.; BLEUEL, M.P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Relatório Final. **Grupo de trabalho para delimitação do semiárido**. 345p, 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/conselhodeliberativo/regimento-e-documentos/resolucoes/103-a-109>. Acesso em 5 Març. 2024

BRITO, G.S.M.S.; SANTOS, E.M., ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; PERAZZO, A.F.; CAMPOS, F.S.; LIMA, A.G.V.O.; CAVALCANTI, H.S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.6834, 2020

CÂNDIDO, M.J.D.; FURTADO, R.N. Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da silagem. **Fortaleza: Imprensa Universitária**, 2020

CARRASCO, N.F.; OLER, J.R.L.; MARCHETTI, F.F.; CARNIELLO, M.A.; AMOROZO, M.C.M.; VALLE, T.L.; VEASEY, E.A. Growing Cassava (*Manihot esculenta*) in Mato Grosso, Brazil: Genetic Diversity Conservation in Small-Scale Agriculture. **Economic Botany**, v.70, n.1, p.15–28, 2016

CARVALHO, B.F.; ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; NERI, J.; SCHWAN, R.F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.195, p. 1-13, 2014

CARVALHO, F.A.L.D.; QUEIROZ, M.A.Á.; SILVA, J.G.D.; VOLTOLINI, T.V. Características fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar com maniçoba. **Ciência Rural**, v.44, n.11, p.2078-2083, 2014

CARVALHO, J.L.H. A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal. **Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1983

CHAMBERLAIN, A.T.; WILKINSON, J.M. **Feeding the dairy cow**. Lincoln: Chalcomb, 241p, 2000

ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkey Journal Veterinary Animal Science**, v.28, p.633- 639, 2004

DALL-ORSOLETTA, A.C.; REITER, T.; KOZLOSKI, G.V.; NIDERKORN, V.; RIBEIRO-FILHO, HMN. Efeitos associativos entre fenos de *Arachis pintoi* e capim-elfante-anão no valor nutricional de ovinos. **Animal Production Science**, v.58, n.5, p.894-899, 2017

DE LIMA, R.M.B.; DE ANDRADE FERREIRA, M.; DE ALBUQUERQUE BRASIL, L.H.; ARAÚJO, P.R.B.; VERÁS, A.S.C.; DOS SANTOS, D.C.; SOUZA, I.S. Substituição do milho por palma forrageira: comportamento ingestivo de vacas mestiças em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.2, p.347-353, 2003

DESSIMONI, G.V.; BATISTA, Â.G.; BARBOSA, C.D. Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.8, n.3, p.51-55, 2014

DINIYAH, N.; SUBAGIO, A.; SARI, R.N.L.; VINDY, P.G.; ROFIAH, A.A. Effect of Fermentation Time and Cassava Cultivars on Water Content and the Yield of Starch from Modified Cassava Flour (MOCAF). **Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology**, v.5, n.2, p.71–75, 2018

EL-SHARKAWY, M.A. Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-breeding research in crop improvement. **Open Journal Soil Science**, v.2, n.2, p.162-186, 2012

FAO. Banco de dados FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Roma, Itália: FAO, 2020

FARIA, P.B.; SILVA, J.N.; RODRIGUES, A.Q.; TEIXEIRA, P.D.; MELO, L.Q.D.; COSTA, S.D.F.; PEREIRA, A.D.A. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.29292937, 2011

FERNANDES, F.D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E.A.; FIALHO, J. de F.; MALAQUIAS, J.V. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.1-12, 2016

FERREIRA, M.A.; PESSOA, R.A.S.; SILVA, F.M. Produção e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. **Anais... I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal**, 2008

FERREIRA, M.A.; PESSOA, R.A.S.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V. Palma forrageira e Ureia na alimentação de vacas leiteiras. **Editora UFRPE, Recife**, 40p, 2011

FIALHO, J. de F.; ANDRADE, R.F.R. de; VIEIRA, E.A. **Mandioca no Cerrado: questões práticas**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 88p, 2013

FLUCK, A.C.; PARZIANELLO, R.R.; MAEDA, E.M.; PIRAN FILHO, F.A.; COSTA, O.A.D.; SIMIONATTO, M. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v.74, n.3, p.176-181, 2017

FROTA, M.N.L.; CARNEIRO, M.D.S.; CARVALHO, G.M.C.; DE ARAÚJO NETO, R.B.; MARIA SOCORRO DE SOUZA CARNEIRO, U.F.C. **Palma forrageira na alimentação animal**. Embrapa Meio - Norte, 47p, 2015

GOMES, D.A.; AMARAL, L.S; FERREIRA, D.S.A; MOREIRA, G.R.; GOMES-SILVA, F.; COSTA, M.L.L.; CUNHA FILHO, M.; SANTOS, A.L.P.; FIGUEIREDO, M.R.P.; PIMENTEL, P.G. Caracterização de genótipos de mandioca por técnicas multivariadas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.e252974181, 2020

GOMES, G.M.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; LOPES, M.N.; MARANHÃO, T.D.; ANDRADE, D.R.DE.; COSTA, J.F.M.; SILVEIRA, W.M.; NEIVA, J.N.M. Chemical composition of cactus pear cladodes under diferente fertilization and harvesting managements. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.2, p.221-228, 2018

GUSHA, J.; HALIMANI, T.E.; NGONGONI, N.T.; NCUBE, S. Effect of feeding cactus legume silages on nitrogen retention, digestibility and microbial protein synthesis in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v.206, p.1-7, 2015

HOPPE, S.; SHIKIDA, P.F.A.; SILVA, J.R.DA. Análise econômico-financeira da implantação de uma destilaria para produção de álcool carburante a partir da mandioca. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.1, n.2, p.245–257, 2009

HOWELER, R.; LUTALADIO, N.; THOMAS, G. Save and grow: cassava. A guide to sustainable production intensification. **Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO**, p.129, 2013

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes** - 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes** - 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.dos.; JOBIM, C.C. Efeito de aditivos nos parâmetros fermentativos da silagem de bagaço de laranja. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.385-387, 1998

IYER, S.; MATTINSON, D.S.; FELLMAN, J.K. Study of the early events leading to cassava root postharvest deterioration. **Tropical Plant Biology**, v.3, n.3, p.151-165, 2010

JARDIM, A.M.D.R.F.; SANTOS, H.R.B.; ALVES, H.K.M.N.; FERREIRA-SILVA, S.L; DE SOUZA, L.S.B.; ARAÚJO JÚNIOR, G.D.N.; SOUZA, M.D.S.; DE ARAÚJO, G.G.L.; DE SOUZA, C.A.A.; DA SILVA, T.G.F. Diferenças genotípicas relativas à atividade fotoquímica, solutos inorgânicos e orgânicos e desempenho produtivo em clones de palma forrageira em ambiente semiárido. **Fisiologia Vegetal. Bioquímica**, v.162, p.421–430, 2021

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

JOBIM, C.C. Produção e conservação de forragens. In: *I Curso de Atualização por Tutoria à Distância*. Atualização da produção de bovinos de corte, 2002. Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá/UEM, 2002. p.427-485

KUNG JR, L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. The effect of treating alfafa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic staility, and nutritive value for lactanting dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1 p.336-343, 2003

KUNG JUNIOR. L.; SHEPERD, A. C.; SMAGALA, A. M.; ENDRES, K. M.; BESSETT, C. A.; RANJIT, N. K.; GLANCEY, J. L. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v.81, n.5, p.1322-1330, 1998

KUNG, L.; SHAVER, R.D.; Grant, R.J.; SCHMIDT, R.J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4020–4033, 2018

LIMA, B.; CONEGLIAN, S.; SILVA, L.; LAZZARI, C.; SERRANO, R. Mandioca na alimentação animal: revisão de literatura. **PUBVET**, v.4, n.142, p.37, 2010

LIMA, G.F. da C.; REGO, M.M.T.; DANTAS, F.D.G.; LÔBO, R. N.B.; SILVA, J.G.M.da.; AGUIAR, E.M. de. Morpological chacteristics and forage productivity of irrigated. cactos pear under diffenrent cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.481-488, 2016

LORENZO, B.F.; O'KIELY, P. Alternatives to formic acid as a grass silage additive under two contrasting ensilability conditions. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.47, n.2, p.135-149, 2008

MACEDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.18, n.9, p.1-11, 2017

MACEDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.18, n.9, p.1-11, 2017

MAN, N.; WIKTORSSON, H. Effect of molasses on nutritional quality of cassava and Gliricidia tops silage. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.15, n.9, p.1294-1299, 2002

MARAFON, F.; NEUMANN, M.; CARLETTO, R.; WROBEL, F.de L.; MENDES, E. D.; SPADA, C.A.; FARIA, M.V. Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.2, 2015

MARQUES, O.F.C.; GOMES, L.S. P.; MOURTHÉ, M.H. F.; BRAZ, T.G.S.; PIRES NETO, O.S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cadernos de Ciência Agrária**, v.9, n.1, p.75-93, 2017

MARX, S. Cassava as feedstock for ethanol production: a global perspective. In: **Bioethanol production from food crops**. Londres: Academic Press, p.101-113, 2018

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

MATTOS, P.L. de.; CARDOSO, E.M.R. Cultivo da mandioca para o Estado do Pará. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2003

MC DONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. Ed. Marlow: Chalcomb Publications, 340p, 1991

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; PIRES, A.V.; RODRIGUES, G.H.; URANO, F.S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbica e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2191-2198, 2008

MENEZES, D.R.M. **Composição e parâmetros fermentativos da silagem da parte aérea da mandioca com adição de casca ou raiz.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 32p, 2011

MIRANDA, D.C.L. **Perda de matéria seca em silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos e microbiológicos.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 74p, 2006

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D.; SILVA, D.C.; FAUSTINO, J.O.; JOBIM, C.C.; DETMANN, E.; ZAMBOM, M.A.; MARQUES, J.A. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.37-146, 2004

MOKOBOKI, K.; SEBOLA, N.; MATLABE, G. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v.28, n.3, p.4488-4495, 2016

MONTEIRO, C.C.F.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; GUIDO, S.I.; ALMEIDA, M.P.; SILVA, R.C.; INÁCIO, J.G. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, n.3, p.479-485, 2019

MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.183-191, 2010

MUCK, R.E., BOLSEN, K.K. Silage preservation and additive products. **Field Guide and Silage Management in North America**, p.105-126, 1991

NAPASIRTH, V.; NAPASIRTH, P.; SULINTHONE, T.; PHOMMACHANH, K.; CAI, Y. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, v.86 n. 9, p.842–848, 2015

NEUMANN, M. Produção de silagem de milho de alta qualidade. Paraná: UNICENTRO, 2011

NOGUEIRA, M.S. **Perfil fermentativo e composição química de silagens de palma forrageira enriquecidas com fontes proteica, energética.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), 63p, 2015

NOGUEIRA, M.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L. Ensilagem de palma forrageira. In: SANTOS, E.M.; PARENTE, H.N.; OLIVEIRA, J.S.; PARENTE, M.O.M. **Ensilagem de plantas forrageiras para o semiárido**. São Luís: EDUFMA, cap.8, 2016

NUNES IRMÃO, J.; FIGUEIREDO, M.P.D.; PEREIRA, L.G.R.; FERREIRA, J.Q.; RECH, J. L; OLIVEIRA, B.M. Composição química do feno da parte aérea da mandioca em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.158-169, 2008

OLIVEIRA, J.P.F.; FERREIRA, M.A.; ALVES, A.M.S.V.; MELO, A.C.C.; ANDRADE, I.B.; URBANO, S.A.; SUASSUNA, J.M.A.; BARROS, L.J.A.; MELO, T.T.B. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v.31, p.529-536, 2018

OLIVEIRA, M.M.R.; PASSARINHO, J.A.; CANDEIAS, D. A espécie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. In: A cultura da Figueira-da-Índia e Valorização Agroindustrial do Fruto. **Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária**, p.13-21, 2016

ONI, A.O.; SOWANDE, O.S.; ONI, O.O.; ADERINBOYE, R.Y.; DELE, P.A.; OJO, V.O.A.; ONWUKA, C.F.I. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v.63, n.243, p.449-459, 2014

ORLANDINI, P.A; LIMA, L.R. de. Synopsis of the genus *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) in São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v.41, n.1, p.51-60, 2001

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.A.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.67, n.1, p.125-132, 2001

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 122p, 2003

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, p.64-86, 2001

PESTANA, T.C.; CASTRO, G.H.F.; Potencial da rama de mandioca para uso na alimentação de ruminantes: Revisão. **PubVet**, v.9, n.10, p.457-466, 2015

PINHEIRO, G.E.V. **Efeito do uso de diferentes inoculantes microbianos a fresco e liofilizados sobre a silagem de sorgo.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), 88p, 2008

RAMOS, J.P.D.F.; SOUSA, W.H.; SANTOS, E.M.; MEDEIROS, A.N.; MOURA, J.F.; LIMA JUNIOR, A.C.D.; SILVA, M.A. Fontes de volumoso em dieta para cabras anglo nubianas em lactação: consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.3, p.1-20, 2017

RANJIT, N.K.; KUNG JR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.3, p.526-535, 2000

RIBEIRO, E.M.D.O., SILVA, N.H.D., LIMA FILHO, J.L.D., BRITO, J.Z.D.; SILVA, M.D.P.C.D. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Food Science and Technology**, v.30, n.4, p.933-939, 2010

RODRIGUES, A.M.; PITACAS, F.I.; REIS, C.M.G.; BLASCO, M. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* cladodes from portuguese ecotypes. **Bulgarian Journal of Agricultural Sciences**, v.22, n.1, p.40-45, 2016

RUTENBERG, R.; GRANIT, R.; CHEN, Y.; POVERENOV, E.; WEINBERG, Z.G. Encapsulated propionic acid as a silage additive. **Israel Journal of Plant Sciences**, v.63, n.1, p.58-63, 2016

SALCEDO-MENDOZA, J.G.; RODRÍGUEZ-LORA, M.C.; FIGUEROA-FLÓREZ, J.A. Effect of Acetylation on Structural and Functional Properties. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v.15, n.3, p.787-796, 2016

SANTOS, D.C.dos.; SANTOS, M.V.F.dos.; FARIAS, I.; DIAS, F.M.; LIRA, M.deA. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.12-17, 2001

SANTOS, D.G.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P.A.; COELHO, R.S.B.; DIAS, F.M.; MELO, J.N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. **Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA**, v.30, 33p, 2006

SANTOS, D.G.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARRUDA, G.P.A.; COELHO, R.S.B.; DIAS, F.M.; MELO, J.N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. **Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA**, v.30, 33p, 2006

SANTOS, L.C. **Silagem de resíduos da cadeia produtiva da mandioca como fonte alimentar para ruminantes**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens), 80p, 2013

SANTOS, P.M.; VOLTOLINI, T.C.; CAVALCANTE, A.C.R.; PEZZOPANE, J.R.M.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; BETTIOL, G.M.; CRUZ, P.G. Global climatic changes and animal production: future scenarios for the Brazilian tropical semiarid. **Revista Caatinga**, v.4, p.1176–1196, 2011

SCHEINVAR, L. **Taxonomia das *Opuntias* utilizadas**. SEBRAE/PB, p.20-27, 2001

SILVA, B.E.L.; BARBOSA, S.K.J.; BARBOSA, F.P.J. Aspectos gerais e peculiaridades sobre mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Diversitas Journal**, v.3, n.1, p.13–23, 2018

SILVA, J.C.P.M.; VELOSO, C.M. Mandioca na alimentação do bovino leiteiro / José Carlos Peixoto Modesto da Silva, Cristina Mattos Veloso. – Viçosa, MG: **Aprenda fácil**, 111p. 2011

SILVA, R.F.; SAMPAIO, E.V.S.B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica e Nopalea cochenilifera*: sistemas de produção e usos. **Revista Geama**, v.2, n.1, p.131-141, 2015

SILVA, T.G.F.D.; PRIMO, J.T.A.; MOURA, M.S.B.D.; SILVA, S.M.S.E.; MORAIS, J.E.F.D.; PEREIRA, P.D.C.; SOUZA, C.A.A.D. Dinâmica da água no solo e evapotranspiração de clones de palma forrageira em condições de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.07, p.515-525, 2015

SOUZA, A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MOTA, A.D.S.; PALMA, M.N.N; FRANCO, M.O; DUTRA, E.S; SANTOS, C.C.R.; AGUIAR, A.C.R.; OLIVEIRA, C.R; ROCHA, W.J.B. Valornutricional de frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v.12, n.2, p.441-455, 2011.

SOUZA, L.S.B. DE; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F. DA; SOARES, J.M.; CARMO, J.F.A. DO.; BRANDÃO, E.O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia sp.*). Jornada de iniciação científica da Embrapa Semiárido. **Anais...**, p.23-28, 2008

VALADARES FILHO, S.C. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, 2006

VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S. A.; CHIZZOTTI, M.L.; BISSARO, L.Z. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes, 2018

VALENÇA, R.L.; FERREIRA, A.C.D.; SANTOS, A.C.P.; SILVA, B.C.D.; SANTOS, G.R.A.; OLIVEIRA, E.S. Composição química e perdas em silagem de bagaço de laranja pré-seco. **Boletim de Indústria Animal**, v.73, n.3, p.206-211, 2016

VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B., MÜHLEN, G.S.; VILLELA, O. V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de cultivares mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, p. 221-226, 2004

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p, 1994

WANAPAT, M.; PHESATCHA, K.; VIENNASAY, B.; PHESATCHA, B.; AMPAPON, T.; KANG, S. Strategic supplementation of cassava top silage to enhance rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows in the tropics. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, n.7, p.1539–1546, 2018

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G. Engineering aspects of ensiling. **Biochemical Engineering Journal**, v.13 n.2-3, p.181-188, 2003

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v.19, n.3, p.53-68, 1996

WEISS, K.; KROSCHEWSKI, B.; AUERBACH, H. Effects of air exposure, temperature and additives on fermentation characteristics, yeast count, aerobic stability and volatile organic compounds in corn silage. **Journal of dairy science**, v.99, n.10, p.8053-8069, 2016

WOOLFORD, M.K.; BOLSEN, K.K.; PEART, L.A. Studies on the aerobic deterioration of whole-crop cereal silages. **Journal Agriculture Science, Cambridge**, v.98, p.529-535, 1982

WOOLFORD, M.K. The silage fermentation. **Microbiology of fermented foods**, p.350, 1984

ZINN, R.A.; DePERTERS, E.J. Comparative feeding value of tapioca pelletes for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, n.12, p.4726-4733, 1991

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: Revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009

II OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar as características qualitativas e fermentativas da silagem de parte aérea da mandioca, com inclusão de palma forrageira inoculadas com *Lactobacillus buchneri*.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar as perdas por gases e efluentes, recuperação de matéria seca e composição química da silagem da parte aérea de mandioca, sob diferentes níveis de inclusão de palma forrageira cv. Miúda inoculada com *Lactobacillus buchneri*;
- Avaliar o pH, N-amoniaco, ácidos orgânicos e presença de microrganismos da silagem da parte aérea de mandioca sob diferentes níveis de inclusão de palma forrageira cv. Miúda inoculada com *Lactobacillus buchneri*;

III - MATERIAL E MÉTODOS

Local, período do experimento e forragem utilizada

O experimento foi conduzido entre setembro e outubro de 2023, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga - Bahia, no Laboratório de Sementes Forrageiras.

A parte aérea a mandioca, com idade média de 12 meses, foi coletada na Fazenda Novo Mundo, localizada na zona rural de Catolezinho, distrito de Itambé, Bahia. Os cladódios da palma miúda foram coletados no Campo Agrostológico, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Itapetinga, com idade de rebrota de dois anos, de um palmal já implantado.

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), composto por 8 tratamentos dispostos conforme Tabela 5, em um esquema fatorial 4 x 2, com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. O primeiro fator correspondeu a 4 níveis de palma miúda (0%, 15%, 30% e 45%), incluídos a parte área da mandioca e o segundo fator correspondeu a presença ou ausência da bactéria *Lactobacillus buchneri*. Foi utilizado o inoculante comercial contendo *Lactobacillus buchneri* ($2,0 \times 10^{11}$ ufc g⁻¹). Os tratamentos contendo a bactéria foram aplicados conforme a recomendação do fabricante.

Tabela 5 – Descrição dos tratamentos experimentais das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Tratamento	Descrição
1	0% palma com <i>buchneri</i>
2	0% palma sem <i>buchneri</i>
3	15% palma com <i>buchneri</i>
4	15% palma sem <i>buchneri</i>
5	30% palma com <i>buchneri</i>
6	30% palma sem <i>buchneri</i>
7	45% palma com <i>buchneri</i>
8	45% palma sem <i>buchneri</i>

Processo de ensilagem

Cada mini silo foi confeccionado com PVC de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Todos os minis silos experimentais foram adaptados com válvula tipo Bunsen para eliminação dos gases resultantes da fermentação. Foi adicionado no fundo de cada mini silo cerca de 10 cm de areia, que foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 105°C por 72 horas, coberta com tecido nailón para captação dos efluentes e evitar contaminação com o material ensilado.

A palma e parte aérea da mandioca foram colhidas manualmente, posteriormente, processadas em máquina forrageira estacionária (EN-6600), proporcionando partículas de aproximadamente 30 mm. Em seguida, o material foi homogeneizado de acordo com os percentuais de cada tratamento especificado, pesados (Tabela 6), inoculados ou não com a bactéria e compactados nos silos com auxílio de soquetes de concreto.

Por fim, os silos foram fechados, pesados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e arejado até os momentos de abertura, 40 dias após a ensilagem. Para todo o processo da ensilagem, foi considerado os pesos dos minis silos vazios, com material utilizado na ensilagem sem a tampa e com a tampa para determinação de perdas por efluentes e gases e recuperação de matéria seca.

Tabela 6 - Densidade e quantidade dos ingredientes nos tratamentos experimentais

Tratamento	Densidade (kg/m ³)	Quantidade (kg)	
		Palma miúda	Parte aérea da mandioca
1	650	0,00	2,10
2	650	0,00	2,10
3	840	0,40	2,24
4	840	0,40	2,24
5	860	0,81	1,89
6	860	0,81	1,89
7	930	1,31	1,61
8	930	1,31	1,61

Avaliações:**Perdas por gases, efluentes, recuperação de matéria seca, pH e N-amoniacal**

As perdas presentes no processo fermentativo nas formas de gases e efluentes, bem como a recuperação de matéria seca foram determinadas por meio da diferença de peso, conforme as equações descritas por Jobim et al. (2007), em que:

$$\mathbf{PG\ (\%) = (PCf - PCa)}$$

Onde: PG = perdas por gases (% da MN); PCf = peso do silo cheio no fechamento da ensilagem (kg); PCa = peso do silo cheio na abertura (kg).

$$\mathbf{PE\ (\%) = (PVa - PVf)}$$

Onde: PE = perdas por efluentes (% da MN); PVa = peso do silo vazio + peso da areia na abertura da ensilagem (kg); PVf = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento da ensilagem (kg).

$$\mathbf{RMS\ (\%MN) = (MFf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100}$$

Onde: RMS = recuperação de matéria seca em % de matéria natural; MFf = massa da forragem na abertura (kg); MSf = teor de matéria seca da forragem na abertura (%); MFi = massa da forragem no fechamento (kg); MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

A análise para avaliar o pH foi realizada antes do fechamento dos silos e após a abertura dos mesmos. Para isso foram retiradas de cada silo uma amostra de 25g para a determinação do pH, que foi diluída em 100mL de água destilada, conforme a metodologia de Cherney & Cherney (2003).

Para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi retirado o suco de uma amostra de 12,5g de silagem de cada mini silo, os quais foram posteriormente acondicionadas em 100mL de solução ácido sulfúrico a 0,2N nos potes de plástico com tampa e colocadas em refrigeração para solubilização no N-NH₃ por 48 horas, conforme metodologia descrita por Bolsen et al. (1992).

Para nível de comparação antes e após a ensilagem do material foram feitas inicialmente a média de cada tratamento para a variável pH descrita na Tabela 7.

Tabela 7 - Leitura da média do pH nos tratamentos antes do processamento das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Tratamento	Descrição	Leitura
1	0% palma com <i>buchneri</i>	6,10
2	0% palma sem <i>buchneri</i>	5,95
3	15% palma com <i>buchneri</i>	6,04
4	15% palma sem <i>buchneri</i>	5,92
5	30% palma com <i>buchneri</i>	5,77
6	30% palma sem <i>buchneri</i>	5,63
7	45% palma com <i>buchneri</i>	5,75
8	45% palma sem <i>buchneri</i>	5,63

Análise microbiológica

A avaliação microbiológica foi realizada mediante a metodologia de González e Rodrigues (2003), visando estimar as populações microbianas (bactérias produtoras do ácido láctico (BAL), mofo, levedura e enterobactérias), as quais foram quantificadas no Laboratório de Microbiologia de alimentos, na UESB *Campus* de Itapetinga, nas amostras da forragem antes do processo da ensilagem e após abertura dos silos, no qual foram utilizados meios de cultura seletivos para respectivo grupo microbiano.

Foi pesado 10g de cada amostra dos silos e adicionado 90mL de água destilada e homogeneizado manualmente durante 1 minuto, a fim de se obter uma diluição em série de 10⁻¹ a 10⁻⁸. Em seguida, foi realizado o emplacamento de cada tratamento experimental em duplicata com os meios de cultura preparados.

Os meios utilizados foram Man, Rogosa e Sharpe (MRS ágar) contendo 1,32mL/L de ácido acético usados para contagem de bactérias lácticas, ágar Batata Dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10% para mofos e leveduras e ágar Violet Red Bile para as enterobactérias. O cultivo foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis. Os tempos de incubação foram específicos para o respectivo grupo microbiano, no qual para bactérias lácticas foram utilizadas: 39°C durante 48 horas; mofos e leveduras: 30°C durante 48 horas e enterobactérias: 30°C durante 24 horas, todos incubados em Biochemical Oxygen Demand (BOD). Por fim, foram considerados para contagem das unidades formadoras de colônia (UFC) variando entre 30 a 300 (UFC/g de silagem) de acordo com Kung Jr. et al. (1996).

Análise de ácidos orgânicos

As análises para determinar os ácidos orgânicos (ácidos láctico, acético, propiônico e butírico) foram realizadas no Laboratório de Métodos de Separações Químicas (LABMESQ) da UESB, *Campus* Itapetinga. Foram utilizados 10g de amostra de cada silo diluído em 90mL de água destilada e, posteriormente, foram filtrados em papel filtro tipo Whatman, conforme metodologia descrita por Kung Jr. & Ranjit (2001). Do material filtrado (2mL) foi adicionado 1mL de solução de ácido metafosfórico 20% (p/v).

As amostras foram levadas para centrifugação a 13000 rpm por 15 minutos. Prontas, as amostras foram direcionadas para o CEDETEC na UESB *Campus* Itapetinga, no qual foram submetidas para leitura e identificação dos ácidos orgânicos. Foi utilizado o Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), da marca SHIMADZU, que foi acoplado ao detector ultravioleta (UV) do modelo SPD-10A VP com comprimento de ondas de 210nm.

Estabilidade aeróbica

Após os 40 dias da ensilagem, a estabilidade aeróbia das silagens foi verificada por meio do monitoramento das temperaturas superficial e interna das silagens expostas ao ar durante um período de 120 horas. As amostras foram colocadas sem compactação nos respectivos silos experimentais de PVC, sem a tampa e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C), sendo esta temperatura ambiente controlada por meio do aparelho refrigerador.

As temperaturas foram verificadas a cada 4 horas por meio de termômetros digitais posicionados no centro da massa de silagem (10 cm). Foi considerado o início da deterioração, quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (Kung Jr. et al., 2000).

Análises químico-bromatológica

Após o final do experimento, todas as amostras dos silos foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas e posteriormente moídas em moinho de facas com peneira de abertura de 1 mm e direcionadas para o Laboratório de Forragicultura e Pastagens, na UESB, *Campus* Itapetinga. Foram realizadas os procedimentos para obtenção dos teores de matéria seca (MS), (Método INCT G-003/1); matéria mineral (MM), (Método INCT M-001/2); proteína bruta (PB), (Método INCT N-001/2); extrato etéreo (EE), (Método INCT G-004/1); fibra em detergente neutro (FDN), (Método INCT F-002/2); e correções para proteína e cinzas (FDNcp), respectivamente, (Método INCT-CA N-004/1 e INCT-CA M-002/1); fibra em detergente ácido (FDA), (Método INCT F-004/2); correções para proteína e cinzas (FDAcp), (Método INCT-CA N-005/1 e INCT-CA M-003/1); lignina, (Método INCT F-005/2).

Para a análise de FDN, as amostras contendo palma foram tratadas com solução de ureia e posteriormente com α -amilase termoestável sem uso de sulfito de sódio, corrigidas para o resíduo de cinzas (CIDN; Método INCT M-002/2) e compostos nitrogenados (NIDN; Método INCT N-004/2, PIDN Método N-004/2), segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2021).

A relação colmo:folha da parte aérea utilizada como ingrediente nos tratamentos, composição química dos ingredientes e dos tratamentos experimentais utilizados nesse estudo estão presentes nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente.

Tabela 8 - Relação colmo:folha da parte aérea da mandioca

Amostras	Parte aérea da mandioca		
	Colmo (g)	Haste (g)	Folha (g)
Amostra 1	67,21	12,35	39,21
Amostra 2	85,50	8,42	31,08
Amostra 3	104,88	26,39	71,63

Tabela 9 - Composição química dos ingredientes utilizados nas silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Ingredientes	
	Parte aérea da mandioca	Palma miúda
MS %	33,40	10,20
MM (%MS)	5,70	18,60
PB (%MS)	7,80	2,50
NIDN (%NT)	11,30	8,90
NIDA (%NT)	11,20	8,80
EE (%MS)	3,20	2,50
FDNcp (%MS)	61,10	18,90
FDAcP (%MS)	50,80	10,30
CEL (%MS)	36,80	11,70
HEM (%MS)	10,80	8,40
LIG (%MS)	16,30	3,00
CNF (%MS)	29,00	76,10
NDT (%MS)	56,20	80,90

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = detergente insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigido para cinza e proteína; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; NDT = nutrientes digestíveis totais; CNF = carboidratos não fibrosos; %MS = percentagem da matéria seca; %NT = percentagem do nitrogênio total

Tabela 10 – Composição bromatológica dos tratamentos das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Tratamentos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
MS %	32,90	32,60	28,50	28,70	25,40	25,20	22,40	21,40
MM (%MS)	6,00	5,50	6,40	6,90	7,40	9,00	8,60	8,00
PB (%MS)	7,50	7,20	8,10	9,30	7,20	7,40	7,60	6,80
NIDN (%NT)	12,60	9,50	10,70	12,70	10,00	12,10	13,90	13,80
NIDA (%NT)	11,10	8,90	9,80	9,40	6,70	10,6	11,90	13,00
EE (%MS)	1,00	1,10	1,90	2,30	1,90	1,60	1,00	1,30
FDNcp (%MS)	55,60	58,00	59,30	55,50	52,40	49,50	48,50	45,40
FDAcP (%MS)	46,10	48,50	50,30	46,50	42,40	41,40	40,10	37,60
CEL (%MS)	32,30	34,70	36,40	34,70	30,90	30,70	29,10	27,70
HEM (%MS)	8,40	8,50	8,30	8,00	8,70	6,60	7,40	6,80
LIG (%MS)	15,20	14,80	15,30	12,80	11,90	12,20	11,20	8,40
CNF (%MS)	37,80	35,40	32,50	34,80	41,40	44,30	47,20	49,40
NDT (%MS)	54,90	54,30	54,20	59,10	61,80	61,70	62,60	67,30

T1 = 0% de palma com *L. buchneri*; T2 = 0% de palma sem *L. buchneri*; T3 = 15% de palma com *L. buchneri*; T4 = 15% de palma sem *L. buchneri*; T5 = 30% de palma com *L. buchneri*; T6 = 30% de palma sem *L. buchneri*; T7 = 45% de palma sem *L. buchneri*; T8 = 45% de palma com *L. buchneri*

Para a determinação do teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi adotado pela equação propostas por Sniffen et al., (1992):

$$\text{CNF} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDNcp})$$

Onde: CNF: carboidratos não fibrosos; PB: teor de proteína bruta; EE: teor de extrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, MM: teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % da MS.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado por meio da equação proposta por Weiss (1999):

$$\text{NDT} = (\text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFD}) + (2,25 \times \text{EED})$$

Onde: NDT: Nutrientes digestíveis totais; PBD: Proteína bruta digestível; FDNcpD: Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína digestível; CNFD: Carboidratos não fibrosos digestíveis; EED: extrato etéreo digestível.

Análise estatística

Os resultados experimentais foram submetidos às análise de variância pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade de erro, bem como a interação dos efeitos de tratamento. Para os níveis da palma foi analisado através de análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas pelo SISVAR, versão 5.8.

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 11 - Potencial hidrogeniônico (pH) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Inoculação		Níveis de palma (%)				P-valor			EPM
	Com	Sem	0	15	30	45	I	N	I*N	
pH	4,54	4,58	4,69	4,58	4,46	4,51	0,1610	0,0000 ¹	0,0558	0,03
N-NH ₃ (%NT) ³	4,78	4,85	5,46	4,90	4,83	4,07	0,8247	0,0320 ²	0,3470	0,31

EPM = erro padrão da média; N-NH₃ (%NT) = nitrogênio amoniacal com base no percentual de nitrogênio total; ³ = g/kg; I = inoculação; N = níveis de palma (%); I*N = interação inoculação e níveis de palma

Equações:

$$^1 \hat{Y} = 0,0002x^2 - 0,0127x + 4,6995; R^2 = 0,9375$$

$$^2 \hat{Y} = -0,0283x + 5,451; R^2 = 0,9186$$

Para as variáveis de potencial hidrogeniônico (pH) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) não foram observados efeito de tratamento para inoculação e interação (P>0,05) (Tabela 11). O pH ajustou-se a função quadrática (P<0,05), no qual observou-se um ponto de mínima de 31,8%, obtendo valor de pH correspondendo em torno de 4,27, sendo que a medida com que foi aumentando o teor de inclusão desse alimento até 30% houve o decréscimo dessa variável, a partir desse percentual de inclusão iniciou novamente um aumento dessa variável nos tratamentos.

Observa-se que os tratamentos desse estudo apresentaram-se fora do padrão recomendado por McDonald (1991), no qual estabelecem valores desejáveis para o pH da silagem em torno de 3,8 – 4,2, sendo que essa faixa impede a ação de microrganismos indesejáveis sobre a fermentação como as bactérias do gênero *Clostridium*, que são responsáveis pela produção de ácido butírico e, conseqüentemente, a deterioração do material final ensilado. Contudo, corroboram com os estudos realizados por Ítavo et al. (1988), ao estudarem os parâmetros fermentativos da silagem de bagaço de laranja, no qual verificaram que a diminuição do pH pode variar entre 3,8 a 4,5, garantindo uma atividade adequada de bactérias lácticas no material.

Sabe-se que ao ensilar, no material há uma prevalência de microrganismos indesejáveis como as enterobactérias e elas desempenham suas atividades no pH acima de 5,0. Abaixo desse valor começam a predominar bactérias produtoras do ácido lático, também conhecidas como BAL. Assim, é notório entre os tratamentos que à medida que foi incluindo palma, houve uma queda do pH não comprometendo a qualidade da silagem. Isso pode estar atribuído a uma característica importante presente na palma, que é a mucilagem que contém substâncias como glicoproteínas, açúcares e ácidos orgânicos que auxiliam na retenção de água presente no meio proporcionando melhor queda do pH, inibindo a ação de microrganismos indesejáveis como leveduras, clostrídios e enterobactérias (Toit et al. 2018).

Pode-se inferir, portanto, que níveis acima de 30% dessa inclusão pode ocasionar um alto teor de umidade no material, evitando a eficiência da diminuição do pH e com isso favorecer o crescimento de microrganismos que resultem na perda do valor nutricional e maiores perdas por efluentes (Wang et al., 2019).

O nitrogênio amoniacal (N-NH₃) apresentou efeito linear decrescente para os níveis de inclusão de palma (P=0,0320) e pode-se observar que para cada unidade de acréscimo na inclusão desse alimento, ocasionou um decréscimo dessa variável de 0,0283% do nitrogênio total dos tratamentos (Tabela 11).

Segundo McDonald et al. (1991), ao avaliar os parâmetros fermentativos de silagem, asseguraram que uma boa qualidade do produto ensilado deve conter um percentual de nitrogênio amoniacal inferior a 10% do nitrogênio total, esse valor determina que houve uma menor degradação da proteína em forma de amônia sendo resultado da ação dos processos fermentativos oriundos da atividade bacteriana em que quanto menor esse percentual, melhor a qualidade do material ensilado (Valença, 2016).

Observa-se que o valor de 0% de inclusão de palma forrageira apresentou um maior percentual de nitrogênio amoniacal, podendo-se inferir que esse resultado foi ocasionado pela presença em total da parte aérea da mandioca no qual apresenta um elevado teor de proteína bruta (Tabela 9), em comparação com a palma forrageira podendo, portanto, sofrer maior proteólise aumentando o teor de N-NH₃/NT de acordo com Pereira (2016), como também pode ser pelas proteólises vegetais e microrganismos principalmente do gênero *Clostridium* e enterobactérias (Restelatto, 2019).

O pH e o N-NH₃ estão indiretamente correlacionados, visto que uma silagem de boa qualidade apresenta a queda de pH rápida em função do tempo, podendo-se inferir que a atividade de microrganismos que são indesejáveis como clostrídios e fungos são menores devido a maior sensibilidade desses em pH mais ácido, sendo assim, há uma menor degradação proteica, apresentando menores teores de N-NH₃ (Owens et al., 2002).

Tabela 12 - Perdas e Recuperação de matéria seca das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Inoculação		Níveis de palma (%)				P-valor			EPM
	Com	Sem	0	15	30	45	I	N	I*N	
PE	21,60	21,67	10,84	20,93	28,00	26,79	0,9730	0,0000 ¹	0,0609	2,20
PG	4,21	4,37	3,62	3,70	4,30	5,56	0,5401	0,0000 ²	0,4334	0,26
RMS	94,40 b	97,65a	95,62	97,31	96,89	94,30	0,0012 ³	0,1050	0,2164	0,64

PE = perdas por efluente (kg/ton MN); PG = perdas por gases (%MS); RMS= recuperação de matéria seca (%MS); EPM = erro padrão da média; kg/ton/MN = quilograma por tonelada de matéria natural; %MS = percentual da matéria seca; I = inoculação; N = níveis; I*N = relação entre inoculação e níveis

Equações:

$$^1\hat{Y} = -0,0125x^2 + 0,9306x + 10,579; R^2 = 0,9926$$

$$^2\hat{Y} = 0,0013x^2 - 0,0162x + 3,627; R^2 = 0,9996$$

$$^3\hat{Y} = -0,0048x^2 + 0,1848x + 95,617; R^2 = 0,99$$

Para a variável perda por efluente, ajustou-se a função quadrática ($P < 0,05$) no qual observou-se ponto de máximo de 37,22 kg/ton MN, correspondendo a 27,89 kg/ton MN de perda por efluente, à medida com que foi aumentando o teor de inclusão de palma entre os tratamentos. Em relação a perda por gases, apresentou um ponto de mínima de 6,13% MS no qual equivale a 3,58 do percentual da matéria seca, à medida com que foi aumentando a inclusão de palma forrageira entre os tratamentos ($P < 0,05$). Já para recuperação de matéria seca apresentou efeito de inoculação entre os tratamentos ($P = 0,0012$) no qual obteve-se melhores valores para os tratamentos que não obtiveram

inoculação com média de 97,65% referente ao percentual da matéria seca (Tabela 12).

O aumento da perda por efluentes nos tratamentos pode estar relacionado ao teor de umidade da palma que varia em torno de 90% (Tabela 9). Estudos realizados por Sá et al. (2020), observaram valores de perda por efluente de 12 kg/toneladas na matéria verde quando analisado seu perfil fermentativo sob a silagem de palma forrageira.

Ainda, correlacionaram esse resultado a presença da mucilagem, uma substância gelatinosa que apresenta teores elevados em função da idade da planta forrageira no processamento da ensilagem, visto que no estudo realizado por esses autores, a palma tinha uma idade de 2 anos de rebrota, portanto, eles já esperaram uma menor quantidade da mucilagem e dessa forma maior quantidade de água livre sobre o material ensilado.

No presente estudo, foi utilizado cladódios com tempo de 1 ano e meio de rebrota, corroborando com os dados analisados pelos autores mencionados anteriormente. Além disso, a palma não consegue ser tão compactada em relação a outras plantas forrageiras devido ao seu alto teor de umidade, em torno de 90%, que pode facilitar a ação de microrganismos como enterobactérias e clostrídios originando em uma silagem mal fermentada, de acordo com Kung et al. (2018) contribuindo para perda de nutrientes ao não ser bem compactada. Contudo, apesar de apresentar altas perdas por efluentes, esse fator não afetou a recuperação de matéria seca contribuindo para uma silagem de bom valor nutricional.

Em relação a perda por gases, estudo realizados por Souza et al. (2018) observaram a inclusão de tamarindo na silagem de mandioca sob os níveis de 0%, 10%, 20% e 30%. Puderam observar, que à medida que foi aumentando a inclusão de tamarindo foi elevando a perda por gases, destacando os autores que este aumento ocorreu devido ao elevado teor de carboidratos não fibrosos presentes no material, analisando que 0% de inclusão correspondeu a 12,3% e com nível de 30% obtiveram um valor de 21,1%, valores esses abaixo do que foi observado nesse trabalho.

Conforme estudos realizados por Santos & Zanine (2006) verificaram que a produção de gases é oriunda pelo teor de umidade excessivo do material que foi ensilado, beneficiando a atividade de clostrídios, bactérias produtoras de dióxido de carbono (CO₂), como também em decorrência a fermentação realizada por microrganismos que consomem os açúcares e ácidos orgânicos. Isso foi observado com o aumento da inclusão da palma forrageira.

A produção de CO₂ é resultante da respiração da planta forrageira ensilada que usa o oxigênio residual que exerce fermentações indesejadas (Fernandes et al., 2016). De acordo com Zimmer (1980), essas perdas podem estar entre 2 - 4% e estão correlacionadas com a atividade no interior do silo, sendo assim, associando esses resultados com o presente estudo.

Os inoculantes microbianos têm como objetivo possibilitar um ambiente com menor atividade de microrganismos indesejáveis fazendo com que o material ensilado possa ser preservado e garantir uma boa qualidade nutricional com menores perdas possíveis, principalmente de matéria seca (Santos et al., 2018). Todavia, analisou-se nesse estudo que os tratamentos que não obtiveram inoculação apresentaram melhores resultados em relação aos tratamentos com inoculante microbiano.

Pode inferir, portanto, que embora houvesse a ausência do inoculante microbiano, o referido não comprometeu o perfil fermentativo da silagem, garantindo um material de boa qualidade. Sendo assim, Jobim et al. (2007), verificaram que valores altos de recuperação de matéria seca indicam que as perdas totais de matéria seca foram menores correlacionando a um eficiente processo de ensilagem e compactação como também a ação predominante de bactérias do ácido lático que estão naturalmente presentes na flora epifítica do material contribuindo para a maior preservação.

Tabela 13 - Composição química dos tratamentos das silagens da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Inoculação		Níveis de palma %				P-valor			
	Com	Sem	0	15	30	45	I	N	I*N	EPM
MS (%)	26,64b	27,48a	31,96	28,91	25,78	21,6	0,0008	0,0000 ¹	0,9644	0,19
MM (%MS)	7,91	7,99	6,84	6,96	8,22	9,78	0,6845	0,0000 ²	0,1865	0,22
PB (%MS)	7,57	7,77	7,64	7,46	7,40	7,35	0,2006	0,0004 ³	0,5705	0,15
NIDN (%NT)	12,09	11,65	12,58	11,60	12,09	11,20	0,3138	0,1343	0,9986	0,36
NIDA (%NT)	11,00	10,72	11,21	10,75	10,87	10,61	0,5721	0,8443	0,5760	0,42
EE (%MS)	3,87	3,67	4,30	4,04	3,44	3,30	0,2559	0,0009 ⁴	0,2858	0,17
FDNcp (%MS)	50,63	51,08	54,78	53,13	48,8	46,72	0,6237	0,0000 ⁵	0,8078	0,90
FDAcP (%MS)	43,35	43,38	47,10	45,2	41,86	39,32	0,9663	0,0000 ⁶	0,3579	0,70
CEL (%MS)	31,36	31,54	33,98	32,76	30,02	29,00	0,7289	0,0000 ⁷	0,9074	0,60
HEM (%MS)	8,76	9,10	8,73	9,32	8,64	9,04	0,3732	0,5599	0,0806	0,31
LIG (%MS)	11,85	12,11	13,57	12,72	11,07	10,57	0,3771	0,0000 ⁸	0,1061	0,28
CNF (%MS)	37,91	37,56	33,75	34,72	40,72	41,76	0,6701	0,0000 ⁹	0,6391	0,82
NDT (%MS)	65,91	65,52	62,51	63,91	67,91	68,34	0,6940	0,0040 ¹⁰	0,9519	1,24

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; NIDN = nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = nitrogênio insolúvel em nitrogênio ácido; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigido para cinza e proteína; CEL = celulose; HEM = hemicelulose; LIG = lignina; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais; EPM = erro padrão da média; I = inoculação; N = níveis de palma (%); I*N = interação inoculação e níveis de palma (%)

Equações:

$$^1\hat{Y} = -0,2281x + 32,194; R^2 = 0,9938$$

$$^2\hat{Y} = 0,0672x + 6,438; R^2 = 0,9017$$

$$^3\hat{Y} = -0,0062x + 7,602; R^2 = 0,8995$$

$$^4\hat{Y} = -0,024x + 4,31; R^2 = 0,9479$$

$$^5\hat{Y} = -0,1901x + 55,134; R^2 = 0,9699$$

$$^6\hat{Y} = -0,1779x + 47,372; R^2 = 0,9902$$

$$^7\hat{Y} = -0,1179x + 34,092; R^2 = 0,9669$$

$$^8\hat{Y} = -0,071x + 13,58; R^2 = 0,9625$$

$$^9\hat{Y} = 0,2002x + 33,233; R^2 = 0,9003$$

$$^{10}\hat{Y} = 0,1433x + 62,444; R^2 = 0,9152$$

Para a variável matéria seca houve efeito de tratamento para inoculação ($P < 0,05$), no qual os tratamentos que não tinham o inoculante microbiano comercial apresentaram melhores respostas com média de 27,48% de matéria seca para o material ensilado (Tabela 13). Já para fator inclusão da palma forrageira, apresentou um decréscimo linear ($P < 0,05$) no qual observou-se que a medida com que ocorria a inclusão de palma forrageira, para cada unidade de aumento desses níveis houve a diminuição de 0,23% de matéria seca.

Segundo McDonald et al. (1991), o percentual do teor de matéria seca adequado varia entre 28-34% a depender da forrageira utilizada para que ocorra no interior do silo a fermentação homofermentativa (Tabela 13). De acordo com Valadares et al. (2006), avaliando a silagem da parte aérea da mandioca, silagem da parte aérea emurchecida e o terço superior da mandioca obtiveram teores de 25,68%; 27,70% e 24,15% para o teor de matéria seca, respectivamente, valores estes inferiores ao que foi observado neste estudo.

Observa-se que a para o efeito de não inoculação esse percentual apresenta-se abaixo do recomendado. Isso não é interessante visto que possa favorecer maiores perdas por gases, efluentes através da atividade de microrganismos indesejáveis e consequentemente comprometendo o valor nutritivo do material.

Ao associar a inclusão da palma forrageira a diminuição do percentual de matéria seca pode-se inferir que o alto teor de água ligada ao conteúdo de hidrocoloides que tem como ação hidrofílica da mucilagem de palma forrageira aderindo-se a massa do material ensilado, umedecendo-o e bloqueando o fluxo de água permitindo assim a redução da matéria seca (Gusha et al. 2014).

Houve efeito de tratamento de níveis de inoculação para variável matéria mineral (MM) ($P < 0,05$). Observou-se que a concentração dessa variável apresentou um efeito linear crescente em relação ao nível de inclusão da palma forrageira, em que para cada unidade dessa inclusão foi aumentando 0,067% de matéria mineral em relação ao percentual da matéria seca (Tabela 13).

Fluck et al. (2017), analisando silagem da parte aérea da mandioca entre duas cultivares, obtiveram o teor de matéria mineral compreendendo entre 7,5%, já Souza et al. (2011) analisando a parte aérea e o terço superior da mandioca obtiveram 5,59% e 6,55%, respectivamente. Estes resultados corroboram com o do presente estudo apresentado valores semelhantes aos analisados por esses autores.

Sendo assim, a silagem da parte aérea da mandioca contém em sua composição bromatológica 4,52% de matéria mineral e a palma forrageira cultivar miúda apresenta um valor em torno de 12,53% de acordo com Valadares Filho et al. (2018). Então, evidencia-se que quando foi adicionando aos tratamentos os teores de palma forrageira, ela foi contribuindo para a elevação desse nutriente sobre as silagens, apresentando assim maiores valores.

A proteína bruta (PB) apresentou efeito linear decrescente para inclusão de palma ($P < 0,05$), no qual observou-se que para cada unidade que aumentava os níveis de inclusão de palma forrageira, a concentração dessa variável ia diminuindo 0,006% de PB no percentual da matéria seca (Tabela 13).

Apesar de ser fundamental à nutrição animal, a alta concentração de proteína pode ocasionar dificuldades no processo da ensilagem, caso não seja feita de maneira correta, pois impossibilita a queda rápida do pH proporcionando maior proteólise do material liberando amônia e favorecendo o aparecimento e ação de microrganismos indesejáveis, aumentando a perda e diminuindo a aceitabilidade pelos animais (Kung Jr, 2010).

Durante o processo de fermentação há a atividade proteolítica das plantas e microrganismos nos quais produzem nitrogênio amoniacal como produto da fermentação dos chamados compostos nitrogenados aumentando a temperatura e pH do material ensilado comprometendo a sua qualidade (Muck, 2010).

Sendo assim, quanto maior for o teor de N livre presente no interior do silo, maior a possibilidade de proteólise e presença de oxigênio no material ensilado (Amaral et al., 2008), portanto, isso corrobora com os resultados do presente estudo na associação da atividade conjunta do pH, N-NH₃ e teor de proteína bruta para a qualidade da silagem. Nogueira et al. (2021) ao avaliar a composição físico-química da silagem da parte aérea e resíduos do processamento da mandioca, obteve valores para proteína bruta variando entre 23,87% e 9,78%.

Andrade (2021), verificando a inclusão de milho moído na silagem de parte aérea da mandioca, obteve valores de 11,39% e 10, valores esses maiores ao que foi encontrado nesse estudo. Com a inclusão gradual da palma, promoveu uma redução do teor de proteína nos tratamentos com 30 a 45% de inclusão, 7,40 e 7,35%, respectivamente. Esses resultados podem estar atrelados ao baixo percentual proteico da palma forrageira que possui em torno de 4,08 segundo Valadares Filho et al. (2018).

Para as variáveis NIDN (nitrogênio insolúvel em detergente neutro) e NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido) não apresentaram efeito sobre o tratamento ($P>0,05$) (Tabela 13).

O extrato etéreo (EE) apresentou efeito linear decrescente para inclusão de palma ($P<0,05$) no qual observou-se que para cada unidade que aumentava os níveis de inclusão de palma forrageira, a concentração dessa variável ia diminuindo 0,024%MS (Tabela 13).

Segundo Modesto et al. (2004), também analisando silagem da parte aérea, verificou um valor do extrato etéreo equivalente a 4,25%, corroborando com os teores avaliados nesse estudo. Já Takaya et al. (2023), avaliando a silagem de parte aérea da mandioca, com inclusão de milho moído apresentou teores variando entre 2,13 a 2,73%, valores abaixo dos que foram obtidos.

Pode-se inferir, portanto, de acordo com os resultados apresentados que a diminuição do extrato etéreo provavelmente aconteceu em detrimento da maior inclusão da palma forrageira no qual essa apresenta um teor de extrato etéreo em menor quantidade do que na parte aérea da mandioca Valadares Filho et al. (2018) e, conseqüentemente, na composição dos tratamentos de 30 e 45% de inclusão nas silagens.

Em relação a fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDN_{cp}) e fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteínas (FDA_{cp}), apresentaram efeito linear decrescente para inclusão de palma ($P<0,05$), no qual observou-se que para cada unidade de aumento da dos níveis de inclusão a concentração dessas variáveis iam diminuindo 0,19% e 0,18% da matéria seca, respectivamente, para os tratamentos (Tabela 13). Ao comparar os tratamentos para teores de FDN_{cp} observa-se que dentre eles 15% de inclusão de palma forrageira apresentou melhores parâmetros para essa variável, já para FDA_{cp} os teores de 30 - 45% demonstraram melhores inclusões para o respectivo estudo.

Devido a palma miúda *in natura* ter baixos percentuais de FDN e FDA, pode-se inferir que à proporção com que foi aumentando a inclusão dessa planta nos tratamentos, foi influenciando os teores dessa planta forrageira no produto ensilado. Nesse estudo, os valores de FDN e FDA para os tratamentos contendo apenas silagem da parte aérea da mandioca corresponderam a 54,78% e 47,10%, respectivamente. Esses dados corroboram com os estudos verificados por Araújo (2019), no qual obteve como valores 51,50% para FDN e 45,60% para FDA avaliando silagem com 6 cultivares de mandioca com e sem a utilização da palma forrageira.

Van Soest e Mertens et al. (1994) preconizam a importância do conhecimento de FDN dos alimentos, pois o conteúdo da parede celular das plantas forrageiras é um fator limitante no consumo do animal, principalmente para ruminantes, visto que eles possuem uma capacidade de ingestão da FDN compreendendo até 1,2% do peso vivo. Sendo assim, a redução do teor de FDN nas dietas com proporções elevadas de volumoso pode vir a contribuir o aumento do consumo de matéria seca pelos animais (NRC, 2001).

No que diz respeito as variáveis celulose (CEL) e lignina (LIG), observou-se um efeito linear decrescente entre os tratamentos ($P < 0,05$), no qual verificou que para cada unidade de aumento da inclusão de palma forrageira houve uma diminuição de 0,11% e 0,07%, respectivamente (Tabela 13). Em comparação aos tratamentos analisados, resultados melhores para celulose e lignina foram observados nos níveis entre 30 - 45% de palma forrageira.

Araújo (2019) verificando cultivares de mandioca obteve valores de 32,5% e 27,8% com a inclusão ou não de palma forrageira, respectivamente, para teores de celulose. Para os teores de lignina, Modesto et al. (2004) verificaram um teor de 12,43% avaliando silagem do terço superior da mandioca, teores estes semelhantes aos encontrados nesse estudo. Sendo assim, pode-se inferir que isso ocorreu devido a palma forrageira apresentar baixos percentuais dessas frações na sua composição, 11,70% e 3,00%, respectivamente, (Tabela 9).

Esses resultados tornam-se eficientes devido ao teor baixo de lignina, tornando o alimento mais aproveitado pelo animal, desse modo a inclusão da palma forrageira a parte aérea da mandioca pode vir a contribuir com melhor ingestão e aproveitamento da fibra pelo animal (Mnich et al. 2017).

Já para hemicelulose (HEM) não houve efeito de tratamento ($P > 0,05$) (Tabela 13), isso pode estar atrelado ao processo de fermentação no qual ocorre hidrólise da hemicelulose por meio da hemicelulase e, conseqüentemente, ocasionou a diminuição da fração da fibra da silagem (McDonald, 1991).

Em relação aos carboidratos não fibrosos (CNF) houve efeito relação aos níveis de palma forrageira ($P < 0,05$), no qual para cada unidade de aumento nos teores de inclusão, houve um acréscimo de 0,20% e percentual da matéria seca (Tabela 13). Observou-se também, que em comparação aos tratamentos, os que apresentaram melhores resultados foram os de 30 - 45% de inclusão. De acordo com Hargreaves et al. (2009), os CNF é um fator de extrema importância para o valor nutricional presente na silagem.

Segundo estudo de Azevedo et al. (2006), com silagem de parte aérea da mandioca encontram valor médio dessa variável equivalente a 31,40%MS, valor este abaixo ao encontrado nos tratamentos com 0% de inclusão de palma. Araújo (2019), ao avaliar a silagem de parte aérea com e sem palma forrageira, obteve o teor com a inclusão de 31%MS abaixo do que encontrado nesse estudo.

O teor de carboidratos não fibrosos aumentou à medida que foi aumentando o nível de inclusão de palma, visto que essa planta apresenta teor elevado desse nutriente com cerca de 50 - 60%. Observa-se também que no processo de fermentação, essa variável é importante para a ocorrência da acidificação, no qual há a conversão dos carboidratos em ácido, principalmente o lático e a mucilagem presente na palma forrageira preservando o material ensilado (Sá et al. 2020).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) apresentou um efeito linear crescente para inclusão de palma ($P < 0,05$), no qual para cada unidade de aumento dos níveis houve um acréscimo de 0,14% em percentual de matéria seca (Tabela 13). Observou-se, que em comparação aos tratamentos analisados no presente estudo, os maiores teores de nutrientes digestíveis totais está entre os níveis de 30 - 45% de palma forrageira (Tabela 13). Isso pode estar associado pelo elevado teor de nutrientes digestíveis totais presente na palma (Tabela 9).

Mesmo apresentando um baixo teor de proteína, a palma forrageira apresenta uma elevada concentração de NDT, em torno de 60 - 65%, sendo considerada uma excelente fonte de energia, podendo até substituir o milho nas dietas, barateando o custo de produção, além de ser uma ótima alternativa para os períodos de escassez de água (Galvão et al. 2014).

Em estudos observados por Araújo (2019), constataram-se que a média observada de 6 cultivares de mandioca no qual apresentaram um valor de NDT correspondendo a 62,9%MS, valor abaixo do observado para 0% de palma forrageira. Wanapat et al. (2018), obteve um valor de 62% de NDT, com estudos avaliando silagem de mandioca para melhoria da fermentação ruminal em vacas leiteiras.

Já Pinto (2020), analisando os parâmetros qualitativos da silagem de milho moído reidratado com palma forrageira, obteve valores entre 71,4 e 83,5% com a inclusão de palma nos níveis de 25 e 58%, respectivamente, sendo assim, os resultados mencionados anteriormente por esses autores são próximos aos encontrados nesse estudo.

Tabela 14 – Quantificação de ácidos orgânicos nas silagens experimentais da parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Variáveis	Inoculação		Nível de palma (%)				P-valor			
	Com	Sem	0	15	30	45	I	N	I*N	EPM
Ác. Acético (%MS)	4,14	4,87	6,48	4,01	5,04	2,49	0,3842	0,0138 ¹	0,3933	0,83
Ác. Butírico (%MS)	0,28	0,53	0,64	0,21	0,76	0,02	0,4948	0,4528	0,4401	0,26
Ác. Propiônico (%MS)	0,01	0,45	0,00	0,05	0,87	0,00	0,3198	0,4220	0,4096	0,31
Ác. Láctico (%MS)	5,43	6,49	4,88	6,75	6,97	5,25	0,1242	0,0793	0,4186	0,57

Equação:

$$^1\hat{Y} = -0,0729x + 6,146; R^2 = 0,7047$$

Dentre os principais ácidos presentes no processo fermentativo da silagem, para o presente estudo somente o ácido acético apresentou efeito sendo ele linear decrescente ($P < 0,05$), no qual observou-se que para cada unidade de aumento dos níveis de inclusão de palma, houve uma diminuição de 0,07% em percentual da matéria seca (Tabela 14). Em comparação aos tratamentos analisados, o que apresentou menor teor de ácido acético foi para a inclusão de 45% de palma forrageira.

Estudos realizados por Oduguwa et al. (2013), avaliando silagem de cascas de mandioca com *Leucaena leucocephala* e *Gliricídia sepium*, verificaram valores de ácido acético de 1,13%MS e 1,42%MS, respectivamente para essas culturas, como também, Çürek & Özen (2004) avaliando silagem de palma encontraram valores de 1,53%MS e 1,25%MS para os cladódios jovens e maduros, podendo a baixa quantidade de mucilagem para os cladódios jovens ter intervindo na presença do ácido acético sobre o material ensilado. Os valores encontrados por esses autores foram inferiores ao encontrado no presente estudo.

Já Sá et al. (2020), analisando silagens de palma forrageira com ureia e *Lactobacillus Buchneri*, obtiveram valores de ácido láctico e ácido acético de 6,20% MS e 16,30% MS, respectivamente, durante um período de abertura do silo de 60 dias. Observa-se, que os valores obtidos nesse estudo para ácido láctico estão entre as médias do que foi encontrado pelos por esses autores, mas abaixo em relação ao ácido acético. Isso pode estar atrelado ao período de exposição do material ao ar livre.

Dessa forma, pode-se inferir que à medida que aumenta o período da fermentação presente no interior do silo ocorre a redução do pH (Tabela 11) e, conseqüentemente, os teores dos ácidos láctico e acético aumentam, elevando também a estabilidade aeróbia e proporcionando uma alteração da população microbiana garantindo uma silagem de qualidade corroborando os dados apresentados no presente trabalho.

Após o consumo de O₂ presente no interior do silo, principalmente as bactérias heterofermentativas começam a produzir o ácido acético, devendo este estar em menor proporção que o ácido láctico (Tomich et al. 2003), este por sua vez, começa a reduzir o pH tornando o ambiente ácido e assegurando a não proliferação de microrganismos indesejáveis e contribui para o aumento das bactérias lácticas ao longo do período de ensilagem (Penn State, 2004) fatores esses que ocorreram neste estudo (Tabela 14).

Por fim, as moderadas concentrações de ácido acético em silagens que contém palma forrageira podem estar relacionadas à presença de bactérias lácticas heterofermentativas, como a *Lactobacillus buchneri* tornando-se recorrente o potencial uso da palma forrageira que vem atuando como aditivo para silagens, a fim de garantir a atuação assertiva do ácido acético e láctico para assegurar a estabilidade aeróbia e qualidade das silagens verificando que o teor de 30% de inclusão de palma forrageira nesse estudo garantem esses padrões fermentativos.

Tabela 15 - Efeito de interação em função aos níveis de inclusão de palma forrageira e inoculação com *Lactobacillus buchneri* sobre a contagem de BAL, ML e ENTERO nas silagens de parte aérea da mandioca com níveis de palma inoculados ou não com *Lactobacillus buchneri*

Inoculação	Níveis de palma (%)				EPM	P - valor		
	0	15	30	45		I	N	I*N
Bactérias do ácido láctico (BAL) (Log10 UFC/g ⁻¹ de silagem)								
Com	0,95a	0,93a	0,81b	0,55c	0,0101	0,00*	0,00*	0,00*
Sem	1,12a	0,95b	0,86c	0,74d	0,0101	0,00*	0,00*	0,00*
Médias	1,03	0,94	0,83	0,64				
Mofo e Leveduras (ML) (Log10 UFC/g ⁻¹ de silagem)								
Com	0,00c	0,45a	0,00c	0,35b	0,0031	0,0011	0,00*	0,00*
Sem	0,77a	0,00b	0,00b	0,00b	0,0031	0,00*	0,00*	0,00*
Médias	0,39	0,22	0,00	0,17				
Enterobactérias (ENTERO) (Log10 UFC/g ⁻¹ de silagem)								
Com	0,56b	0,62a	0,48c	0,34d	0,0065	0,00*	0,00*	0,00*
Sem	0,65a	0,64a	0,57b	0,49c	0,0065	0,00*	0,00*	0,00*
Médias	0,61	0,63	0,53	0,42				

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão de palma forrageira e inoculação com *Lactobacillus buchneri* sobre as populações de bactérias produtores do ácido láctico, mofo e leveduras e enterobactérias (Tabela 15). As floras epífitas das forragens utilizadas no presente estudo, foram responsáveis pela atividade microbiana no início do processo da silagem, contudo, a quantidade presente dos grupos microbianos variou de acordo com o processo de fermentação e os fatores experimentais condicionados dentro do silo.

Dentre os grupos, constatou-se que a presença de mofo e levedura não apresentou unidades formadoras de colônia suficientes (teor máximo de 0,77 UFC/g⁻¹ de silagem) para a maioria dos tratamentos, valor este abaixo do que foi encontrado por Brito (2018) avaliando silagem de palma e gliricídia.

Pode-se inferir, que a ação efetiva do ácido acético presente nas silagens, conseguiu inibir ativamente a atividade desses microrganismos sobre a deterioração da silagem e comprometimento da sua qualidade (Tabela 14). As leveduras são consideradas os principais microrganismos deteriorantes da silagem sobretudo quando há a exposição aeróbica do material ensilado, proporcionando perda acentuada de MS e podem utilizar o ácido láctico promovendo o aumento do pH causando fermentação indesejadas (Muck, 2010).

No presente estudo, verificou-se que por apresentar baixos teores desses microrganismos na interação dos fatores eles não contribuíram para a perda de MS (Tabela 12), contudo, observou-se que houve uma resistência da queda do pH sobre as silagens (Tabela 11), porém, não comprometeu qualidade do material ensilado.

Em relação às enterobactérias, apesar de apresentarem baixas quantidades entre os fatores observado (Tabela 15), em comparação aos estudo realizados por Tinini (2018), com utilização da parte aérea da mandioca para vacas em lactação, deve-se atentar para a sua presença visto que são microrganismos responsáveis por promover a degradação da proteína, proporcionando uma maior liberação da amônia formada ao meio, também a redução de nitrato, garantindo ao material ensilado um aumento da capacidade tamponante (Mc Donald et al. 1991), reduzindo a atividade e redução de pH da massa ensilada (Tabela 11), porém, a atividade desses microrganismos não conseguiu afetar de modo negativo sobre qualidade das silagens.

Por fim, observou-se que de todos os grupos de microrganismos que foram avaliados nas silagens, as bactérias produtoras de ácido láctico (BAL) apresentaram quantidades de UFC suficientes para proporcionar uma boa fermentação durante o período de ensilagem. Atenta-se ainda, que os tratamentos que não obtiveram a inoculação do produto comercial contendo o *Lactobacillus buchneri* foram os que apresentaram melhores teores de UFC. O nível de inclusão de 0% de palma forrageira sem o inoculante comercial apresentou-se melhor tratamento em comparação aos demais observados no presente trabalho.

Gráfico 1 - Estabilidade aeróbia das silagens da parte aérea da mandioca sob inoculação da palma forrageira sem inoculação da *Lactobacillus buchneri*

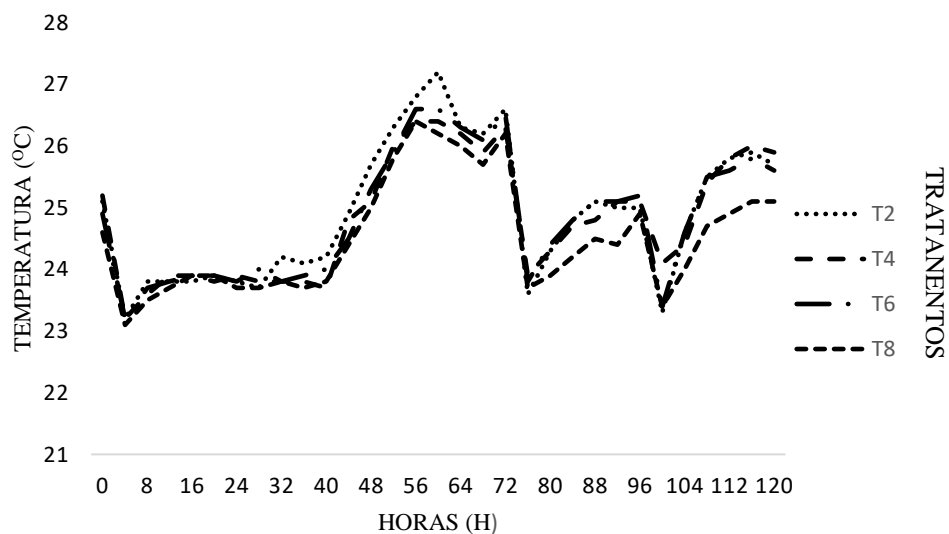
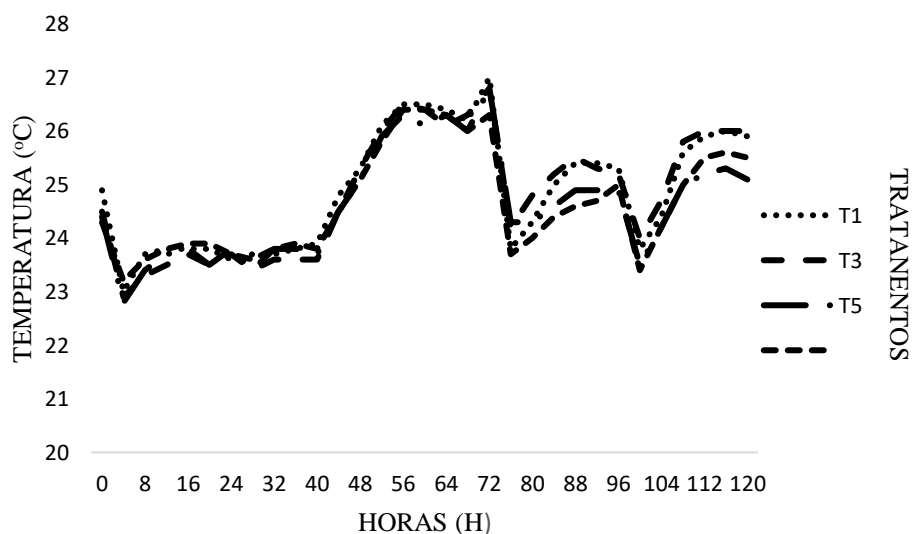


Gráfico 2- Estabilidade aeróbia das silagens da parte aérea da mandioca sob inoculação da palma forrageira com inoculação da *Lactobacillus buchneri*



E relação à estabilidade aeróbica, dentre os gráficos observados, pode-se inferir que a flora epífita do material ensilado garantiu o processo de fermentação sem a utilização do inoculante (Gráficos 1 e 2), no qual os tratamentos que não tiveram a inoculação apresentaram uma estabilidade aeróbica mais rápida, em torno de 56h, em relação aos tratamentos que utilizaram o inoculante, 72h visando assim a preservação as características da forragem ensilada por mais tempo.

Mediante Kung & Ranjit (2001), as silagens estáveis são aquelas que não ultrapassam 2°C acima da temperatura ambiente, sendo assim, o presente estudo corrobora com o autor, onde as silagens independentes do nível de inclusão de palma não ultrapassaram os 27°C (no qual adotou-se uma temperatura ambiente de 25 °C).

Observa-se também, que a inclusão da palma forrageira às silagens contribuiu para a estabilidade podendo estar associada à inibição de microrganismos como as leveduras, visto que a palma tem uma fermentação heterolática e, assim, consegue produzir ácido acético e mucilagem que são excelentes agentes antifúngicos (Brito et al. 2020). A constância da fermentação heterolática pode ser atribuída devido às substâncias tamponantes presentes na palma forrageira, na qual contribui para a queda menos acentuada do pH, facilitando a ação de estabilidade aeróbica e produzindo também ácido lático (Muck et al., 2018) (Tabela 13).

V – CONCLUSÃO

A inclusão de até 30% de palma forrageira na silagem de parte aérea da mandioca apresenta-se promissora por melhorar as características nutricionais e o perfil fermentativo do material ensilado. O uso do inoculante microbiano comercial não influenciou nas características qualitativas e fermentativas das silagens.

VI – REFERÊNCIAS

AMARAL, R. C. do.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.977–983, 2008

ANDRADE, I. B. **Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 97p, 2021

ARAÚJO, T.F.M. **Silagem da parte aérea de mandioca com e sem palma forrageira**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 72p, 2019

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J.E.; AIMUTIS, W.R. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.3066-3083, 1992

BRITO, G.S.M.D.S. **Características fermentativas e nutricionais de silagens compostas por Palma forrageira e Gliricídia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, 72p, 2018

BRITO, G.S.M.S.; SANTOS, E.M., ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; PERAZZO, A.F.; CAMPOS, F.S.; LIMA, A.G.V.O.; CAVALCANTI, H.S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.6834, 2020

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. **Silage science and technology**, v.42, p.141-198, 2003

ÇÜREK, M.; ÖZEN, N. Feed value of cactus and cactus silage. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. v.28, p.633-639, 2004

DE MORAES, F.M.C.; DOS SANTOS, A.P.M. Avaliação de perdas fermentativas e recuperação de matéria seca de diferentes silagens de ração total. **Revista Diversitas**, v.4, p.4152-4158, 2021

DETMANN, E.; SILVA, L.F.C.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. Métodos para análise de alimentos – **INCT – Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2ed, 2021

DONATO, P.E.; PIRES, A.J.; DONATO, S.L.; BONOMO, P.; SILVA, J.A.; AQUINO, A.A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014

DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.711-718, 2000

DU TOIT, A.; DE WIT, M.; HUGO, A. Cultivar e mês de colheita influenciam o teor de nutrientes dos extratos de mucilagem do cladódio da pera palma forrageira *Opuntia* spp. **Molecules**, v.23, n.4, p.916, 2018

FERNANDES, F.D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E.A.; FIALHO, J. de F.; MALAQUIAS, J.V. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.1-12, 2016

FERREIRA, D.F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, p.109-112, 2018

FLUCK, A.C.; PARZIANELLO, R.R.; MAEDA, E.M.; PIRAN FILHO, F.A.; COSTA, O.A.D.; SIMIONATTO, M. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v.74, n.3, p.176-181, 2017

GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; SILVA, J.B.A. da.; MORAIS, J.H.G.; LIMA, R.N. de. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014

GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.3, p.926–933, 2003

GUSHA, J.; HALIMANI, T.E.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P.I. Performance of goats fed on low quality veld hay supplemented with fresh spiny cactus (*Opuntia megacantha*) mixed with browse legumes hay in Zimbabwe. **Tropical animal health and production**, v.46, p.1257-1263, 2014

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.dos.; JOBIM, C.C. Efeito de aditivos nos parâmetros fermentativos da silagem de bagaço de laranja. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.385-387, 1998

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

KUNG Jr., L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure – 001 2.03.96. Warrilow: University of Delaware, **Ruminant Nutrition Laboratory**, p.309, 1996

KUNG Jr., L. Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. In: **Proceedings, 2010 California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference**, Visalia, December, 2010

KUNG Jr., L.; ROBINSON, J.R.; RANJIT, N.K.; CHEN, J.H.; GOLT, C.M.; PESEK, J.D. Microbial populations, fermentation end products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid based preservative. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1479-1486, 2000

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**, v.84, n.5, p.1149–1155, 2001

KUNG, L.; SHAVER, R.D.; GRANT, R.J.; SCHMIDT, R.J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4020–4033, 2018

MACÊDO, A.J.D.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.D.; EDVAN, R. L.; OLIVEIRA, J.S.D.; PERAZZO, A.F.; PEREIRA, D.M. Silages in the form of diet based on spineless cactus and buffelgrass. **African Journal of Range & Forage Science**, v.35, n.2, p.121-129, 2018

MC DONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. Ed. Marlow: Chalcomb Publications, 340p, 1991

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. Forage quality evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science. **Society of America/soil science society of America**, 1994

MNICH, E.; VANHOLME, R.; OYARCE, P.; LIU, S.; LU, F.; GOEMINNE, G.; HARHOLT, J. Degradation of lignin β -aryl ether units in *Arabidopsis thaliana* expressing LigD, LigF and LigG from *Sphingomonas paucimobilis* SYK-6. **Plant biotechnology journal**, v.15, n.5, p.581-593, 2017

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D.; SILVA, D.C.; FAUSTINO, J.O.; JOBIM, C.C.; DETMANN, E.; ZAMBOM, M.A.; MARQUES, J.A. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.26, n.1, p.37-146, 2004

MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.183-191, 2010

MUCK, R.E.; NADEAU, E.M.G.; MCALLISTER, T.A.; CONTRERAS-GOVEA, F.E.; SANTOS, M.C.; KUNG Jr, L. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of dairy science**, v.101, n.5, p.3980-4000, 2018

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p

NOGUEIRA, M.M.B.; BEBER, P.M.; SILVA, L.O.; DINIZ, J.V.A.; PEIXOTO, R.M.; SILVEIRA, É.S.; BEZERRA, S.A. Composição físico-química de silagem da parte aérea e resíduos do processamento da mandioca. **Revista Conexão na Amazônia**, v.2, n.2, p.142-155, 2021

ODUGUWA, B.O.; ONI, A.O.; ARIGBEDE, O.M.; ADESUNBOLA, J.O.; SUDEKUM, K.H. Feeding potential of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) peels ensiled with *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* assessed with West African dwarf goats. **Tropical animal health and production**, v.45, n.6, p.1363-1368, 2013

OWENS, V.N.; ALBRECHT, K.A.; MUCK, R.E. Protein degradation and fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. **Grass and Forage Science**, v.57, p.329- 341, 2002

PACHECO, C.C. Dieta total ensilada contendo palma forrageira em substituição ao farelo de sorgo. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 55p, 2018

PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY - PENN STATE. Understanding silage management. **State College: Pennsylvania State University** 1-40, 2004

PEREIRA, I.G.; VAGULA, J.M.; MARCHI, D.F. Easy Method for Removal of Cyanogens from Cassava Leaves with Retention of Vitamins and Omega-3 Fatty Acids. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.27, n.7, p.1290–1296, 2016

PINTO, M.D.S. **Parâmetros qualitativos e composição química de silagens de milho moído reidratado com palma forrageira (*Opuntia stricta*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência animal e pastagens), Universidade Federal do Agreste de Pernambuco 60p, 2020

RESTELATTO, R.; NOVINSKI, C.O.; PEREIRA, L.M.; SILVA, E.P.; VOLPI, D.; ZOPOLLATTO, M.; FACIOLA, A.P. Chemical composition, fermentative losses, and microbial counts of total mixed ration silages inoculated with different *Lactobacillus* species. **Journal of animal science**, v.97, n.4, p.1634-1644, 2019

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**, v.158, n.7, p.1-9, 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**, v.35, n.1, p.55–62, 2018

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.deM. Silagem De Gramíneas Tropicais. *Colloquium Agrariae*, v.2, n.1, p.32–45, 2006

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992

SOUZA, A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MOTA, A.D.S.; PALMA, M.N.N; FRANCO, M.O; DUTRA, E.S; SANTOS, C.C.R.; AGUIAR, A.C.R.; OLIVEIRA, C.R; ROCHA, W.J.B. Valor nutricional de frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista brasileira de saúde e produção animal**, v.12, n.2, p.441-455, 2011

SOUZA, C.M.; OLIVEIRA, R.L.; VOLTOLINI, T.V.; MENEZES, D.R.; DOS SANTOS, N.J.A.; BARBOSA, A.M.; BEZERRA, L.R. Lambs fed cassava silage with added tamarind residue: Silage quality, intake, digestibility, nitrogen balance, growth performance and carcass quality. **Animal Feed Science and Technology**, v.235, p.50–59, 2018

TAKAYA, É.; DA SILVA, F.S.; BOTELHO, L.F.R. Qualidade de silagem da parte aérea da mandioca com adição de diferentes concentrações de milho moído. **Perquirere**, v.20, n.2, p.78-89, 2023

TININI, R.C.D.R. **Parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 132p, 2018

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 20p, 2003

VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; CHIZZOTTI, M.L.; BISSARO, L.Z. CQBAL 4.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes**, 2018

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 329p, 2006

VALENÇA, R.L.; FERREIRA, A.C.D.; SANTOS, A.C.P.; SILVA, B.C.D.; SANTOS, G.R.A.; OLIVEIRA, E.S. Composição química e perdas em silagem de bagaço de laranja pré-seco. **Boletim de Indústria Animal**, v.73, n.3, p.206-211, 2016

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p, 1994

WANAPAT, M.; PHESATCHA, K.; VIENNASAY, B.; PHESATCHA, B.; AMPAPON, T.; KANG, S. Strategic supplementation of cassava top silage to enhance rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows in the tropics. **Tropical Animal Health and Production**, v.50, n.7, p.1539–1546, 2018

WANG, D.; ZHAO, C.; LIU, S.; ZHANG, T.; YAO, J.; CAO, Y. Effects of *Piromyces* sp. CN6 CGMCC 14449 on fermentation quality, nutrient composition and the in vitro degradation rate of whole crop maize silage. **AMB Express**, v.9, n.1, p.1-8, 2019

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers**, 61, 1999, Ithaca: Cornell University, p.176-185, 1999

ZIMMER, E. *Efficient silage systems*. In **Occasional symposium-British Grassland Society**. Reading, UK, 1980