



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL

YAMID ANDRES PERILLA MELO

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONSÓRCIOS DE PLANTAS FORRAGEIRAS
PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMAS INTEGRADOS

TERESINA

2024

YAMID ANDRES PERILLA MELO

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONSÓRCIO DE PLANTAS FORRAGEIRAS
PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMAS INTEGRADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical – PPGZT da Universidade Federal do Piauí – UFPI, na área de Produção Animal nos trópicos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan

Teresina

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação Temática da Informação

M528a Melo, Yamid Andres Perilla.
Avaliação de diferentes consórcio de plantas forrageiras para
produção de silagem em sistemas integrados. / Yamid Andres Perilla
Melo. -- 2024.
66 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Tropical, 2025.

“Orientador: Prof. Dr. “Ricardo Loiola Edvan.”

1. Fermentação. 2. Silagem. 3. Valor nutricional. I. Edvan,
Ricardo Loiola. II. Título.

CDD 633.21

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONSORCIOS DE PLANTAS
FORRAGEIRAS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM SISTEMAS
INTEGRADOS**

YAMID ANDRES PERILLA MELO

Dissertação aprovada em: 05/12/2024

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

RICARDO LOIOLA EDVAN
Data: 13/12/2024 10:26:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



Documento assinado digitalmente

SHIRLENNE FERREIRA SILVA
Data: 17/02/2025 09:02:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesq. Dra. Shirlenne Ferreira Silva (Interna) / DZO/CCA/UFPI



Documento assinado digitalmente

ALEXANDRE FERNANDES PERAZZO
Data: 06/12/2024 18:05:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo (Interno) / DPPA/CCA/UFPI



Documento assinado digitalmente

ANISIO FERREIRA LIMA NETO
Data: 09/12/2024 10:30:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesq. Dr. Anisio Ferreira Lima Neto (Externo) / EMBRAPA



Documento assinado digitalmente

HENRIQUE NUNES PARENTE
Data: 10/12/2024 11:54:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Henrique Nunes Parente (Externo) / UFMA

RESUMO

Os sistemas de integração têm benefícios na produção agropecuária devido à diversificação de produtos gerados através da utilização de espécies anuais de alto potencial produtivo quando são consorciadas com espécies perenes. A utilização de silagens provenientes de plantas com potencial para produção em volume, mas com características fermentativas limitadas, pode ser controlada com a produção de silagens mistas combinadas com plantas com boas características fermentativas, melhorando, assim, o valor nutricional e reduzindo perdas. Dessa forma, foram conduzidos dois experimentos com os objetivos de 1) avaliar o crescimento, produção e composição química de plantas forrageiras; 2) avaliar a qualidade de silagens mistas em um sistema integrado de produção de volumosos. No experimento 1 foram avaliados 6 consórcios forrageiros em delineamento em blocos casualizado com 4 repetições: Gliricídia + Milho, Gliricídia+ Sorgo, Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo, Sabiá + Milho. Os consórcios com Gliricidia apresentam maior ($P<0,01$) % de folhas e relação folha/caule, o consórcio Pornunça + Milho apresentaram o maior ($P<0,01$) diâmetro de caule, maior ($P<0,01$) massa de forragem verde e massa de forragem seca. O consórcio Sabiá + Milho apresentaram maior ($P<0,01$) teor de matéria seca e porcentagem de extrato etéreo. O consórcio Sabiá + Sorgo apresentaram os maiores ($P<0,01$) valores de FDA e FDN. Na avaliação das plantas anuais o consórcio Sabiá + Milho apresentaram maior ($P<0,01$) relação folha/caule e porcentagem de espigas. O consórcio Sabiá + Sorgo apresentaram maior ($P<0,01$) altura, produção de massa de forragem verde e massa de forragem seca. O consórcio Gliricídia + Milho apresentaram maior ($P<0,01$) teor de matéria seca e FDN. No experimento 2 foi utilizado um DIC com 5 repetições e silagens mistas com 40% de plantas perenes e 60% de plantas anuais com base na massa verde. Foram analisadas as silagens abertas após 150 dias e qualificadas com um índice, onde as menores pontuações são ideais e que tem em conta as variáveis com diferença estadística de composição química, perdas, estabilidade aeróbica e produção de ácidos orgânicos. Observou-se que as silagens mistas de Pornunça + Milho e Gliricídia + Milho, obtiveram as menores pontuações totais para a avaliação de qualidade da silagem, sendo 16 e 17 pontos para cada tratamento, respectivamente. As silagens de Pornunça + Sorgo e Sabiá + Sorgo, apresentaram maiores pontuações, sendo 23 e 22 pontos, respectivamente. Estes resultados corroboram que o milho apresenta

melhor potencial para melhorar a fermentação de silagem mistas, e destaca a importância do teor de matéria seca para melhorar a fermentação e reduzir perdas. Recomenda-se o uso do consórcio Pornunça + Milho para a conservação de forragem na forma de silagem mista por ter melhores características de qualidade.

Palavras-chave: fermentação, silagem, valor nutricional.

ABSTRACT

Integrated systems have benefits in agricultural production due to the diversification of products generated through the use of annual species with high production potential when intercropped with perennial species. The use of silages from plants with potential for volume production, but with limited fermentation characteristics, can be controlled by producing mixed silages combined with plants with good fermentation characteristics, thus improving nutritional value and reducing losses. Thus, two experiments were conducted with the objectives of 1) evaluating the growth, production and chemical composition of forage plants; 2) evaluating the quality of mixed silages in an integrated forage production system. In experiment 1, 6 forage consortia were evaluated in a randomized block design with 4 replications: Gliricidia + Corn, Gliricidia + Sorghum, Pornunça + Sorghum, Pornunça + Corn, Sabiá + Sorghum, Sabiá + Corn. The consortiums with Gliricidia presented a higher ($P<0.01$) % of leaves and leaf/stem ratio, the Pornunça + Corn consortium presented the largest ($P<0.01$) stem diameter, largest ($P<0.01$) green forage mass and dry forage mass. The Sabiá + Corn consortium presented a higher ($P<0.01$) dry matter content and percentage of ethereal extract. The Sabiá + Sorghum consortium presented the highest ($P<0.01$) values of ADF and NDF. In the evaluation of annual plants, the Sabiá + Corn consortium presented a higher ($P<0.01$) leaf/stem ratio and percentage of ears. The Sabiá + Sorghum consortium presented a higher ($P<0.01$) height, production of green forage mass and dry forage mass. The Gliricidia + Corn consortium presented the highest ($P<0.01$) dry matter and NDF content. In experiment 2, a DIC with 5 replicates and mixed silages with 40% perennial plants and 60% annual plants based on green mass were used. The silages opened after 150 days were analyzed and qualified with an index, where the lowest scores are ideal and which takes into account the variables with statistical difference in chemical composition, losses, aerobic stability and production of organic acids. It was observed that the mixed silages of Pornunça + Corn and Gliricidia + Corn obtained the lowest total scores for the evaluation of silage quality, being 16 and 17 points for each treatment, respectively. The silages of Pornunça + Sorghum and Sabiá + Sorghum presented the highest scores, being 23 and 22 points, respectively. These results corroborate that corn has the best

potential to improve the fermentation of mixed silages, and highlight the importance of dry matter content to improve fermentation and reduce losses.

The use of the Pornunça + Corn consortium is recommended for the conservation of forage in the form of mixed silage because it has better quality characteristics.

Keywords: fermentation, silage, nutritional value.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Espécies forrageiras para alimentação animal	11
2.1.1	O sorgo	12
2.1.2	O milho.....	12
2.1.3	Gliricídia	13
2.1.4	Pornunça.....	14
2.1.5	Sabiá.....	14
2.2	Sistemas integrados	15
2.3	Qualidade de silagem	16
3	METODOLOGIA	20
3.1	Local e condições experimentais	20
3.2	Avaliação de crescimento	23
3.3	Composição química	24
3.4	Análise da qualidade da silagem	24
3.5	Avaliação de escores de qualidade das silagens	29
3.6	Análise estatística	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	Características agronômicas das plantas forrageiras	32
4.2	Análises da qualidade da silagem	39
5	CONCLUSÕES	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção agrícola consistem na diversificação da produção, em que as atividades agrícolas, pecuárias e florestais passaram a fazer parte de um mesmo sistema, na mesma área, visando aumentar a eficiência da utilização dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente, resultando no incremento da produção e promovendo a estabilidade financeira do produtor. Cumprindo assim as premissas de ser ambientalmente sustentável, economicamente rentável, tecnicamente produtivo e socialmente aceitável. O sistema integrado baseia-se no consórcio, sucessão ou rotação de culturas anuais, com diferentes espécies forrageiras e arbóreas, em áreas de lavoura ou de pastagens degradadas (TEIXEIRA et al., 2019)

As investigações sobre sistemas integrados no Nordeste do Brasil são ainda recentes, mas tiveram resultados muito satisfatórios. A adoção desses sistemas, por outro lado, é muito recente e requer estratégias mais eficazes para os produtores. Uma exceção a esta afirmação são os modelos tradicionais de muitos produtores nas Zonas de Mata e Agreste de deixar espécies de árvores selecionadas e remanescentes de bosque no pasto para dar sombra aos animais em pontos estratégicos do pasto (DE ALBUQUERQUE et al., 2019).

Grande parte do impulso na produtividade de grãos se deve ao acesso às tecnologias hoje empregadas, como o uso de híbridos e cultivares adaptados às condições edafoclimáticas, além de boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes, corretivos e defensivos e sistemas conservacionistas de manejo como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta. Mesmo com este grande salto na produtividade das culturas da soja e do milho, a região ainda enfrenta grandes desafios no manejo e conservação do solo e na implantação de sistemas integrados de produção (VON PINHO et al., 2007).

O estudo de espécies nativas como maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & hofman), mandioca (*Manihot sculenta* Crantz), pornunça (*Manihot* sp), mamãozinho-de-veado (*Jacarta corumbensis* O. Kuntz), postumeira (*Gonphrena elegans* Mart. Var. *elegans*), mandacaru sem espinho (*Cereus hildemanianus* K Schum), camaratuba (*Cratylia argentea* desv. Kuntze), umbuzeiro (*Spondia tuberosa* Arr. Cam.), mororo (*Bauhinia* sp), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth),

visam seus aproveitamentos em sistemas isolados ou em consórcio com outras forrageiras herbáceas e arbóreas (VOLTOLINI et al., 2010). Além das forrageiras nativas, espécies exóticas também apresentam potencial para esses tipos de sistemas. Entre essas espécies as mais estudadas estão o capim-Buffel (*Cenchrus spp*), capim-Urocloa (*Urochloa masambicensis*), palmas forrageiras (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dick), leucena (*Leucaena leucocephala* L.), Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq)), algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.). Quanto aos modelos produtivos o foco tem sido a integração dos elementos nativos ou exóticos adaptados, dando origem a modelos capazes de aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos (DE ARAUJO FILHO et al, 2017; VOLTOLINI et al., 2010), os modelos podem variar de acordo com questões edafoclimáticas e socioambientais.

Espécies arbóreas-arbustiva adaptadas a região apresentam sistema radicular desenvolvido aumentando a zona de absorção de água e nutrientes do solo, permitindo maior capacidade regular de crescimento vegetativo e produtivo nas condições de variabilidade pluviométrica da região. O estrato arbórea-arbustivo deve ser implantado nos sistemas de produção animal visando o controle da matéria orgânica e microbiota do solo, ciclagem de nutrientes, sombreamento para animais, oferta de forragem para animais, uso sustentável da terra, produção dos serviços ambientais conscientes e renda para produtor rural (LUSTOSA, 2008).

A utilização de espécies forrageiras adaptadas ao déficit hídrico é a estratégia importante para o Nordeste do Brasil, pois contribui para o manejo da ensilagem e com uma produção de forragem menos susceptível às condições edafoclimáticas. É importante ressaltar que apenas 1,4% da área agrícola total é irrigada (730 mil hectares) no Semiárido (IBGE/SIDRA, 2019). A quantidade de volumosos de qualidade e o manejo inadequado dos recursos forrageiros existentes, constituem os principais impedimentos à viabilização de sistemas pecuários nesta região. A combinação desses recursos forrageiros, associados a práticas de conservação de forragens, representa uma base concreta para a construção de sistemas de produção. Desta forma, torna-se imprescindível a conservação de forragem de alta qualidade produzida na época das chuvas para serem utilizadas no período de seca, sendo a silagem uma das maneiras de conservar a forragem (SILVA et al., 2015).

A elaboração de silagem mista de duas ou mais espécies pode melhorar a

capacidade fermentativa e o valor nutricional (BRITO et al., 2020). Segundo Oliveira (2022) quando é usada uma leguminosa como feijão caupi na ensilagem de milho, tem a capacidade de reduzir os teores de EE, DIVMS e NDT, entretanto, promove o incremento nos teores de PB, FDN, FDA e Lignina. Também recomenda o uso de até 60% da leguminosa sem comprometer a qualidade da silagem. A adição de 20 a 40% de leucena na silagem de capim elefante tem a capacidade de aumentar até 88% a proteína bruta da silagem solteira do capim (MAGALHÃES et al., 2011). O cultivo de milho intercalado com soja pode obter rendimentos similares ao milho solteiro e uma alternativa para as silagens mistas onde já se tem reportes da diminuição da FDA e aumentos do conteúdo de PB, NDT e hemicelulose de acordo com os arranjos das espécies e variedades utilizadas, além de recalcar a importância de ter um bom teor de matéria seca da silagem mista para evitar as perdas (MARQUES et al., 2019).

Silagens mistas de milho com feijão guandu ou capim elefante e leucena, combinadas com níveis adequados, tornam-se alternativas viáveis para incrementar o valor nutritivo da silagem e contribuir para redução do custo com aquisição de sais proteinados e/ou concentrados, visando o fornecimento de proteína na alimentação de ruminantes. Levanta-se a hipótese de que os consórcios melhorarão a massa de forragem verde, a composição química e a qualidade de silagem mistas. Desse modo, o objetivo com esta pesquisa foi avaliar o crescimento, produção e composição química de plantas forrageiras, e a qualidade de silagens mistas em um sistema integrado de produção de volumosos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécies forrageiras para alimentação animal

As plantas forrageiras usadas na alimentação animal constituem a principal fonte de alimentação dos ruminantes de produção no trópico, mas as plantas respondem a fatores climáticos que mudam ao longo do ano, principalmente a irregularidade das chuvas como acontece na região Nordeste do Brasil. A região Nordeste do Brasil compreende 1,56 milhão de km², dos quais o Semiárido ocupa 0,98 milhão, sendo o 0,58 milhão restante ocupado pela Zona da Mata e áreas costeiras. O rebanho da região Nordeste em 2022 era composto de 44,8 milhões de bovinos, 12,1 milhões de caprinos, 14,7 milhões de ovinos (IBGE, 2022). Os rebanhos têm na pastagem sua fonte quase exclusiva de alimento e encontram-se espalhados nas diversas sub-regiões do Nordeste, em maiores concentrações nas Zonas da Mata e do Agreste, aonde a capacidade de suporte é mais alta, e em menor concentração no Semiárido, onde o clima limita o crescimento das forrageiras. (ALBUQUERQUE et al., 2019).

As características mais desejáveis em uma cultura destinada à produção de silagem são: elevadas produções de matéria seca, elevado teor de carboidratos solúveis, que apresentem alta digestibilidade, e que possuam baixa concentração de fibra no período da colheita; características são atendidas pelas culturas de sorgo e milho as quais apresentam alta concentração de carboidratos solúveis e baixo poder tamponante no momento do corte, o que favorece a fermentação da silagem (DE PAULA et al., 2021, PAZIANI et al., 2009). Desta forma, a colheita do material a ser ensilado deve ter um teor de matéria seca (MS) entre 28 e 40%, valores abaixo de 28% proporcionará fermentações indesejáveis e acima de 40%, haverá uma compactação inadequada (JOBIM & NUSSIO, 2013).

Segundo Oliveira (2010) as forragens com maior teor de EE (gordura) tendem a ter valores mais altos de nutrientes digestíveis totais, pelo fato de a gordura fornecer 2,25 vezes mais energia do que os carboidratos. De acordo com o NRC (2001), na maioria das situações, o total de gordura na dieta para ruminantes não deve ultrapassar de 6 a 7% na MS e 7% é o limite mínimo de proteína (PB) para garantir bom funcionamento da microbiota do rúmen, favorecendo a fermentação ruminal, a digestibilidade da fibra e a taxa de passagem (VON PINHO, 2007). O teor de

proteína pode ser aumentado na mediada em que aumenta a proporção tanto de panículas quanto de espigas na matéria seca, indicativo de que a PB está presente em maior quantidade nos grãos (RESENDE 2001). A concentração de fibra na dieta tem sido relacionada à regulação do consumo, digestibilidade, taxa de passagem e atividade de mastigação. A fração fibrosa é formada pelos componentes da parede celular (FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina), e sua caracterização em forragens é de suma importância, uma vez que sua digestibilidade varia conforme as diferenças na sua composição química. A FDN está diretamente relacionada à capacidade de consumo, e a FDA à digestibilidade da forragem, pois contém a maior proporção indigestível, a lignina (OLIVEIRA et al., 2010).

2.1.1 O sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), é uma planta da Família Poaceae, apresenta uma variedade de tipos, tais como granífero, forrageiro, sacarino e vassoura, cada um com suas características distintas. O sorgo variedade BRS Ponta Negra é um sorgo forrageiro que tem as diferentes avaliações agrônomicas pela Embrapa na região Nordeste, onde foram obtidas produções de matéria verde de 48-51 t/ha, matéria seca de 37 t/ha atingindo alturas médias de planta inteira de 220cm, incluso com 150 mm de chuva durante o ciclo de cultivo (DOS SANTOS, 2007).

Diferentes cultivares de sorgo forrageiro apresentam produção média entre 10 e 17 t/ha de massa seca e o sorgo duplo propósito apresenta produção de 13 t/ha de massa seca quando foi avaliada sua produção e caracterização fermentativa (SKONIESKI et al. 2010, OLIVEIRA et al. 2017, LUDKIEWICZ et al. 2016).

O sorgo forrageiro é uma planta caracterizada por teor alta produção de biomassa, chegando a obter produções que superam as 100 t/ha de massa verde (MONTANARI et al., 2013 & TABOSA et al., 2010), tolerância a déficit hídrico, bom perfil nutricional, com adaptabilidade a diferentes tipos de solo, porém também tem algumas limitações como o teor de taninos dependendo da variedade, maturação rápida dificultando o momento a colheita e precisa de cuidados principalmente do teor de umidade para obter fomentações adequadas.

2.1.2 O milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta membro da família Poaceae, desempenha papel fundamental na agricultura e economia do mundo, que pode ser usado na alimentação humana e na alimentação de animais de produção na forma de milho seco ou em forma de volumosos conservado. As variedades cultivadas na atualidade não somente devem ter alta produção de matéria seca e qualidade nutricional, também devem ter resistência a doenças e adaptabilidade a diferentes climas e solos.

O milho saboroso (BRS 3046) é uma variedade de milho de ciclo semiprecoce e com tipo de grão dentado que foi desenvolvido pela Embrapa, com produção de matéria verde de 67 ton/ha, 20 ton de matéria seca quando foi plantado com uma densidade de 63000 plantas/ha em Minas Gerais (CONTIJO, 2020).

O milho é uma planta que normalmente no momento da colheita para silagem tem um teor de matéria seca superior a 30% e carboidratos solúveis superior a 3% na matéria original, fazendo esta espécie ideal para conservação de volumoso na forma de silagem, e atualmente as cultivares são desenvolvidas para produzir grande quantidade de grãos devido à sua melhor digestibilidade em relação às folhas e produzindo entre 10 e 15 t/ha de massa seca (SOARES NETO et al., 2017 & OLIVEIRA ET AL., 2022)

Resende (2016) avaliando diferentes cultivares de milho para silagem relata proporções de espiga entre 50 e 55%, proporções de folhas em entre 14 e 18% e proporções de colmos entre 25 e 33%. Além de tenores de proteína bruta de 7%, FDN 40% e 25% de FDA, valores que concordam com Neumann (2011) em relação aos parâmetros ideais do milho para silagem, onde também são indicadas alturas de plantas entre 1,9 e 2,6 metros, com uma produção superior a 18.000 kg de MS/ha e superior a 55.000 kg de MV/ha.

2.1.3 Gliricídia

A Gliricídia (*Gliricidia sepium*) é uma leguminosa arbórea, pertencente à família Fabaceae, resistente à seca, que vem sendo cultivada como fonte de forragem em propriedades rurais no Nordeste (PÉREZ MARIN et al., 2007), devido sua capacidade de rebrota, elevada produtividade em banco de proteína, e por suportar cortes periódicos, tem apresentado grande importância na produção de volumoso de qualidade. A Gliricídia possui alto teor de proteína bruta, principalmente nas

folhas, sendo normalmente acima de 20% (CABRA JUNIOR 2007). Porém, pode apresentar baixo consumo *in natura* em animais não habituados, pois possui odor da liberação de compostos voláteis de suas folhas e possível toxidez, mas que com processos como a ensilagem podem melhorar o consumo. A Gliricídia apresentou entre 3 e 6 t/ha de produção de massa seca com intervalos de corte entre 2 e 4 meses em Presidente Prudente com densidade de 20.000 plantas /ha (SILVA et al., 2022).

2.1.4 Pornunça

Entre as euforbiáceas destacam-se as espécies do gênero *Manihot*, as quais apresentam resistência à seca e tolerância a solos de baixa fertilidade e ácidos, capacidade de brotação, apresenta elevado valor nutricional e potencial produtivo, além de ter boa aceitabilidade pelos animais. A pornunça (*Manihot spp*), também conhecida como pornúncia, prinunça, pornona, mandioca de sete anos ou maniçoba de jardim, é uma espécie arbustiva da família Euforbiaceae, híbrido natural da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e da maniçoba (*Manihot glaziovii* Meull). Apresenta características intermediárias entre as duas espécies, folhas e frutos semelhantes aos da mandioca e caules similares aos da maniçoba e para alimentação animal, sua parte aérea é utilizada principalmente na silagem ou picada *in natura* (FERREIRA et al., 2009, VOLTOLINI et al., 2010).

A pornunça apresentou produção média de 1433 kg de forragem verde e 222 kg de matéria seca quando avaliada com diferentes fontes de adubação orgânica em espaçamento de 2m x 2m (VASCONCELOS et al., 2010). Já quando comparada com a Maniçoba e Mandioca, apresentou produção de 1229 kg de forragem verde e 468 kg de matéria seca em espaçamento de 3m x 3m (FERREIRA et al., 2009).

2.1.5 Sabiá

O Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) é uma leguminosa arbórea endêmica do Nordeste brasileiro, além de ser comum em regiões da Amazônia e da Mata Atlântica, sendo reconhecida pelo seu grande potencial madeireiro, apícola e forrageiro para sistemas agroflorestais (LORENZI, 2008).

Emerge como uma das espécies mais promissoras para a recuperação de áreas

degradadas, além de possuir múltiplos usos, sendo considerada uma das espécies mais importantes do bioma Caatinga (Barbosa, 2008). Esta leguminosa tem ampla distribuição geográfica, ocorrendo naturalmente em regiões com precipitação pluviométrica entre 600 e 1.000mm, podendo ser encontrada até mesmo em áreas mais secas, com temperaturas médias variando de 20 a 28° C. A Sabiá é caracterizado por seu rápido crescimento, especialmente em condições adversas do Semiárido brasileiro (RIBASKI, 2003)

2.2 Sistemas integrados

O Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) existe em muitas regiões do mundo e são considerados de vital importância para segurança alimentar (BELL & MOORE, 2012). O SIPA foi reconhecido como alternativa para intensificação sustentável (FAO, 2010), pois reúne diversos benefícios na produção de alimentos. Os sistemas integrados são mais eficientes no uso dos recursos naturais (WRIGHT et al., 2011); promove ciclagem de nutrientes e melhoria do solo (SALTON et al., 2014); reduz os custos de produção (RYSCHAWY et al., 2012), mantendo níveis de produtividade elevados (BALBINOT JR et al., 2009); e ainda produz inúmeros serviços ecossistêmicos (SANDERSON et al., 2013). Resulta que tal sistema retomou sua importância, após décadas de predomínio de sistemas intensivos, os quais se caracterizam por pouca diversidade e pelo elevado uso de insumos (LEMAIRE et al., 2014).

A inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem representa avanço inovador da integração lavoura pecuária (ILP), com evolução para o conceito de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrosilvipastoril, que é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação. Os efeitos sinérgicos entre os componentes incluem a adequação ambiental e a viabilidade econômica da atividade agropecuária (BALBINO, 2011).

Sistemas integrados podem aumentar a resiliência do sistema de produção ao ter espécies com diferentes hábitos de crescimento explorando diferentes profundidades do solo em busca de nutrientes e água. Espécies arbóreas se beneficiam dos tratamentos culturais de gramíneas, reduzindo custos de produção

e aumentando a eficiência do uso de fertilizantes. Quando o sistema integrado tem o componente animal é favorecido o desempenho produtivo e reprodutivo, dado pela condição mais saudável do ambiente, pelos ganhos relativos ao bem-estar e pelo conforto provido pelas árvores (SKORUPA et al., 2021).

Nos sistemas integrados é relatado em numerosas ocasiões que as gramíneas como o sorgo e o milho plantadas a distâncias menores a 4 metros das espécies arbóreas exerce influência na produção de matéria seca, a altura da planta, o teor de matéria seca e a produção de grãos, entre outras variáveis. Esta influência ocorre principalmente pelo sombreamento que interfere na interceptação luminosa do sob-bosque, e pela competição por água e nutrientes. Situação que aumenta quando as linhas das espécies arbóreas são plantadas em direção norte sul (DOMINGUES et al., 2017).

É reportada por vários autores a influência da radiação solar e o efeito do sombreamento sobre as características agronômicas e as produtividades de milho, soja e sorgo exploradas em sistemas agroflorestais, sob diversos arranjos (CARVALHO et al., 2017; PACIULLO et al., 2011; VIANA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2007; MACEDO et al., 2006)

O espaçamento das plantas arbóreas de 3 m x 2 m em sistemas integrados promove o crescimento em altura das plantas pela competição intraespecífica da espécie na busca dos nutrientes e de luz, é um espaçamento recomendado quando o objetivo da plantação é obter maior produção de madeira ou biomassa em termos quantitativos; pelo contrário, o uso de linhas simples ou arranjos com maiores espaçamentos são indicados para produção de madeira com maiores dimensões, beneficiando as gramíneas implantadas no sistema (DE OLIVEIRA et al., 2009).

2.3 Qualidade de silagem

A silagem é o produto resultante da fermentação da planta forrageira na ausência de ar, conservando o volumoso para ser utilizado no período crítico de produção dos pastos. Nesse método, carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos através da proliferação de microrganismos que geram condições favoráveis à estabilidade anaeróbia, causando a conservação da forragem, para ser usada em períodos de escassez forrageira ou na suplementação dos animais para obter melhor desempenho zootécnico e econômico nos sistemas de produção

(CÂNDIDO, 2020). Uma vantagem das silagens é a exigência de uma tecnologia simples e eficiente, embora não necessite de tecnologias complexas para o processo de ensilagem, esta técnica tem que ser feita com alguns cuidados, visando manter o valor nutritivo da forragem (TEIXEIRA et al., 2009).

O processo de fermentação da silagem é dividido em quatro principais fases (fase aeróbia inicial, fase de fermentação, fase estável e fase de retirada) de diferentes durações e intensidades, que não podem ser precisamente separadas uma das outras (LIMA JÚNIOR et al., 2013, RAMOS et al., 2016). Os processos de conservação causam alterações acentuadas na composição química da forragem e podem afetar a qualidade. A presença de microrganismos deterioradores na forragem atrasa a fermentação, tem competição com as bactérias ácido-láticas por substrato e gera perdas, o que diminui o valor nutritivo do material (PEREIRA et al., 2014).

As leguminosas, até recentemente, eram tidas como não indicadas para ensilagem por sua fermentação predominantemente realizada por *clostridium*, levando a uma silagem com altos teores de ácido butírico e nitrogênio amoniacal (N-NH₃). O nitrogênio amoniacal para silagem bem conservadas possuem baixas concentrações (<10% de N-NH₃/NT) segundo Van Soest, 1994. Isso é atribuído a três fatores: o alto poder tampão, o baixo teor de carboidratos solúveis em água e, finalmente, o baixo teor de matéria seca (MARI & NUSSIO, 2005).

A Gliricídia pode ser misturada com outras espécies forrageiras tropicais na conservação de volumosos sem afetar a qualidade do material, pelo contrário, melhora a qualidade nutricional e o processo de fermentação como foi relatado por Pacheco et al. (2013) e Massafera et al. (2015), na silagem mista de capim elefante com Gliricídia e capim Aruana com Gliricídia.

Modesto et al. (2008) verificou que as silagens de mandioca, família direta da Pornunça apresentam boas características de fermentação e cheiro agradável, além de apresentar pH de 3,6 na silagem conservada por 100 dias (VOLTOLINI et al., 2019). A silagem de Pornunça também apresentou boas características de carcaça em cordeiros terminados em confinamento (CAMPOS et al., 2017).

Deve-se garantir a fermentação de silagens direcionadas para o crescimento de bactérias lácticas de culturas forrageiras convencionais ou não, conforme a estratégia de utilização dessas plantas que poderão ter capacidade de fermentação limitada. Desta forma, outros ingredientes poderão estrategicamente ser utilizados

visando melhorias na qualidade das silagens como: aplicação de inoculantes (HEINRITZ et al., 2012), adição de duas ou mais culturas forrageiras para formação de silagens mistas (SANTOS et al., 2020), utilização de farelos visando a retenção da umidade de forrageiras úmidas e a associação de ingredientes, originando a silagem na forma de ração (MACÊDO et al., 2018), visando a fermentação de uma dieta à base de volumosos balanceada com os farelos buscando atender nutricionalmente determinada exigência animal.

Segundo Van Soest (1994) quando as silagens têm baixo teor de nitrogênio amoniacal, ou seja, inferior a 10% do nitrogênio total, indica que o processo de fermentação não resulto em hidrólise excessiva da proteína, MAGALHÃES (2014) também indica que uma boa fermentação deve apresentar entre 6 -16% de carboidratos, onde a maior parte da produção é de ácido láctico em detrimento do ácido butírico.

Segundo Jobim et al. (2007), a estabilidade aeróbia da silagem pode ser conceituada como a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar. Oude Elferink et al. (2000) definiram estabilidade aeróbia como a resistência ao aumento da temperatura da silagem no painel do silo durante a oferta aos animais no cocho. Outros autores definiram a elevação em 2 °C na temperatura da silagem exposta ao ar, em relação ao ambiente, como medida de rompimento da estabilidade aeróbia (O'KIELY et al., 2001).

A temperatura, a concentração de carboidratos solúveis, a população de fungos e a concentração de ácidos orgânicos, em interação com o pH, representam os principais parâmetros que influenciam a estabilidade das silagens (PITT et al., 1991). Segundo Bernardes et al. (2005) os fungos não são os únicos microrganismos que colaboram para a deterioração da silagem. A deterioração aeróbia em silagens de capins tropicais está predominantemente associada a bactérias aeróbias, em oposição a fungos e leveduras. Isso ocorre devido à alta umidade, baixa acidez e escassa disponibilidade de nutrientes na massa ensilada. McCullough (1977) relata que para um bom processo fermentativo o pH tem que reduzir para valores entre 3,8 e 4,0. Segundo Keplin & Santos (1996) uma silagem, para ser considerada de boa qualidade, deve ter de 7,1% a 8,0% de PB. De igual forma Flaresso (2000) e colaboradores, relatam teores de PB para milho variáveis de 7,7% a 8,9% e, para sorgo, entre 6,3% e 7,7%.

Uma característica de muita importância no processo de ensilagem é a compactação da forragem e que pode ser mensurado com a densidade em kg/m³, sendo valores superiores a 750 kg de MV/m³ os recomendados (RUPPEL et al., 1995). A densidade tem influência na quantidade de oxigênio no silo e pode ser afetado pelo tamanho da partícula no momento da picagem e o teor de matéria seca do material (PAZIANI, 2004), além dos problemas que podem apresentar os animais (acidoses com partícula muito pequena e seleção da dieta quando é muito grande, diminuindo o consumo e a taxa de passagem) quando o tamanho médio não é o adequado (HEINRICHS et al., 1999; COLLAO SAENS, 2005).

Silagem com pouca compactação tem maior respiração e perda de MS, maior consumo de carboidratos solúveis, redução na velocidade de produção de ácidos orgânicos e maior valor final de pH da silagem (MACDONALD et al., 1991), além de menor estabilidade aeróbica.

Por outro lado, o material compactado excessivamente no silo está predisposto à maior produção de efluentes, o que acarreta perdas qualitativas e quantitativas, além de reduzir o pool de carboidratos solúveis essenciais à boa fermentação. Esse processo é mais crítico em volumosos úmidos, como as gramíneas tropicais (JOBIM, 2007).

Cada espécie tem teores de perda de matéria seca diferentes, por exemplo, no milho pode ser observado teores entre 17,59% para silagem com grão pastoso e 5,77% para silagem do grão duro (MARAFON et al., 2015). Para cana de açúcar observa-se uma perda média de 13,9 e 12,6% (AMARAL et al., 2009; SCHMIDT et al., 2011), já em silagens feitas com capim as perdas variam de acordo com a espécie, variando entre 9 e 14%, para o tifton e a estrela africana branca, respectivamente (QUARESMA et al., 2010).

O percentual de MS da silagem é importante também, pois o conhecimento da ingestão de nutrientes no alimento se dá por meio deste percentual, além disso é sabido que a redução do teor de fibra na forragem aumenta a disponibilidade de carboidratos solúveis, os quais são prontamente convertidos em energia pelo animal. Por outro lado, elevados níveis de FDN resultam em menores concentrações de carboidratos solúveis e reduzem a ingestão de matéria seca (PASTOR, 2022). Segundo Van Soest (1994), os carboidratos totais constituem de 50 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras.

O conteúdo de NDT é importante, uma vez que a energia e proteína são frequentemente os fatores mais limitantes para ruminantes (OLIVEIRA et al., 2010). Os valores de NDT recomendado por Keplin (1992), são de 64 a 70% como valores ideais para silagens de boa qualidade e Cappelle et al. (2001), revisando os teores de NDT de silagem de milho na literatura brasileira, verificaram valores mínimos de 55,47% e máximo de 63,87%.

3 METODOLOGIA

3.1 Local e condições experimentais

O experimento de campo foi realizado de dezembro de 2022 a junho de 2023 na área experimental do departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí (latitude 5° 2'33.49"S; longitude 42°46'49.57"O) em Teresina, Piauí, Brasil, com uma área total de 1300 m². O clima da região é Aw segundo a classificação de Köppen, tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão e com temperatura média de 28 °C (MEDEIROS, 2019).

A região de Teresina apresenta solos de média a baixa fertilidade, alta intensidade solar e chuvas mal distribuídas no espaço e no tempo, características que podem interferir na relação solo/planta, influenciando na produtividade das culturas lavouras principalmente (ROCHA, 2010).

Antes do plantio foi realizado uma amostragem de solo para análise das condições químicas e físicas, onde foram enviadas para o laboratório de solos do CPCE/UFPI, em Bom Jesus, cujos resultados foram os seguintes: pH – 6,64; P – 35 mg dm⁻³; K – 28 mg dm⁻³; Ca - 2,76 cmol dm⁻³; Mg – 0,70 cmol dm⁻³; Al – 0 cmol dm⁻³; H+Al -0,67 cmol dm⁻³; SB 3,53 cmol dm⁻³; CTC – 4,20 cmol dm⁻³; Cu – 0,02 mg dm⁻³; Mn - 83 mg dm⁻³; Fe – 25 mg dm⁻³; Zn 4,95 mg dm⁻³; V% 84,1 %; M.O – 11,6 g/kg; Argila - 83 g/kg; Silte - 60 g/kg; Areia - 858 g/kg. Onde: P, Na, K, Cu, Fe, Mn e Zn foram obtidos pelo método Extrator Mehlich1; já Ca, Mg e Al foram obtidos pelo método Extrator KCl-1 mol/L; H+Al, Extrator Acetato de Calcio a pH 7,0; Mat. Org.(MO), método Walkley-Black; Enxofre (S) -Ca (H₂PO₄)₂; Boro (B) - Água quente; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca

Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V =Índice de Saturação de Bases; m = Índice de saturação de Alumínio.

O preparo do solo foi realizado com duas passadas de grade para controlar as plantas invasoras e poder fazer um plantio adequado, conforme a análise de solo, não foi necessário fazer correção nem adubação com P, situação que pode ser explicada pelas correções efetuadas anteriormente na área por se tratar de uma área dedicada ao pastoreio durante vários anos (VILELA et al., 2020). Optou-se por não adubar com N, pois as espécies arbóreas foram beneficiadas pela adubação das culturas anuais. Adubação com K de 30 Kg/ha conforme a análise de solo, foi utilizado cloreto de potássio, aplicado nas covas das plantas arbóreas. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina manual utilizando a enxada.

A precipitação e distribuição das chuvas durante o ciclo de cultivo das gramíneas foi de 86 dias (Figura 1).

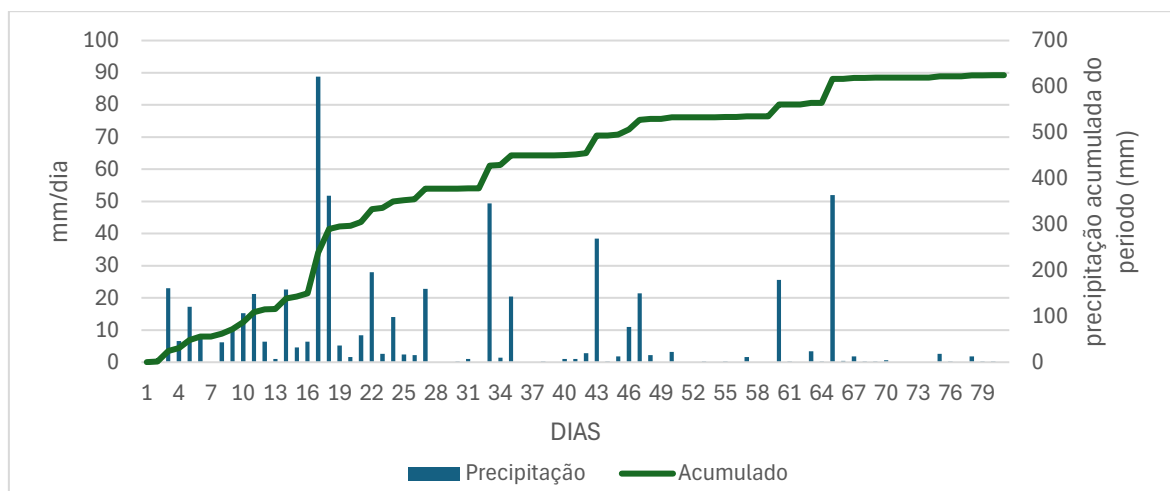


Figura 1. Precipitação diária e acumulada em Teresina durante o experimento. (Fonte IMET, estação meteorológica 312)

No início do período chuvoso (dezembro de 2022) as espécies arbóreas *Gliricídia* (*Gliricidia sepium*), *Sabiá* (*Mimosa Caesalpinifolia*) e *Pornunça* (*Manihot sp.*) foram plantadas com 30 cm de altura com espaçamento de 2,0 m (plantas) x 3,5 m (linhas) em covas de 30 x 30 x 30 cm para uma densidade de 1428 árvores por hectare e semeados nas entrelinhas com as culturas anuais. As forrageiras perenes foram consorciadas com Sorgo BRS Ponta Negra (*Sorghum bicolor* L) e Milho variedade Saboroso (*Zea mays*) plantadas em março de 2024 de forma manual com

espaçamento de 0,5m x 0,16m para consorciação com sorgo e 0,5m x 0,25m para consorciação do milho (DA SILVA JUNIOR, 2017). De acordo com a análise do solo, as gramíneas foram fertilizadas com 30 kg/ha de K, 150 kg de N no plantio e 85 kg/ha de N na cultura de cobertura e o controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina manual utilizando a enxada.



Figura 2. Foto aérea da área experimental no dia da colheita das plantas forrageiras (Vitor Sousa Drone Fimi X8 SE 2022)

Foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento avaliou as características agronômicas dos sistemas integrados, utilizando o delineamento em blocos casualizado com quatro repetições e seis consórcios forrageiros (tratamentos), sendo estes: Gliricídia + Milho, Gliricídia + Sorgo, Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo e Sabiá + Milho. No segundo experimento foi avaliado a qualidade da silagem obtida da mistura das espécies forrageiras, utilizando o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, onde os tratamentos consistiram em silagens mistas dos consórcios contendo 40% de espécies perenes e 60% de anuais, com base na matéria verde.

As plantas perenes foram cortadas até 1 metro de altura e apenas caules com menos de um centímetro de diâmetro foram utilizados para silagem. As plantas anuais foram utilizadas para silagem de plantas inteiras cortadas a 20 centímetros do solo.

As forragens foram alocadas em silos de plásticos de 4 litros com 21 centímetros de diâmetro e 18 centímetros de altura, sendo hermeticamente fechados, para ensilar o material de estudo, com válvula tipo Bunsen adaptada em sua tampa, para

permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. No fundo de cada balde foi depositado 1kg de areia, separados da forragem por uma lâmina de TNT (tecido não tecido), sendo possível medir a quantidade de efluentes retida. Os silos foram abertos aos 150 dias após a ensilagem, a parte superior foi descartada caso apresente fungos, a porção central da silagem foi homogeneizada e foi retirada uma amostra de 25 g em duplicata para análise laboratorial.



Figura 3. Silos experimentais no DZO/UFPI.

3.2 Avaliação de crescimento

Os dados biométricos, ou seja, as características morfogênicas foram coletadas, em todos os tratamentos experimentais, prévio ao corte para silagem aos 86 dias após o plantio das culturas anuais, onde foram registrados os valores da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC), proporção de lâmina foliar (%folhas), colmo (%colmo) e panícula (no sorgo) a espiga (no milho) (%panícula/espiga), produção de massa verde (PMV). Para a obtenção destas variáveis foram selecionadas oito plantas por tratamento. A AP foi obtida por meio de uma trena, o DC foi medido utilizando um paquímetro, a %folhas, %colmo e %panícula/espiga, PMV foram quantificados com uso de uma balança de precisão.

A biomassa das culturas perenes foi obtida por meio da amostragem da parte aérea cortadas a 1 m sobre o nível do solo para obtenção da massa verde, por meio de uma balança de precisão, fraccionados e acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados, foram conduzidos a uma estufa de ventilação forçada a 65°C, até obter peso seco constante (biomassa seca). Adicionalmente, com os dados de biomassa seca foram determinadas a composição química da planta e a qualidade da forragem, por meio do envio das amostras aos Laboratório de

Pesquisa em Nutrição Animal (DZOO) do CCA/UFPI.

3.3 Composição química

As análises de composição química e estabilidade anaeróbica foram realizadas no laboratório de Pesquisa em Nutrição Animal da Universidade Federal do Piauí em Teresina.

Para a coleta das amostras para realização das análises químicas da forragem, foram escolhidas aleatoriamente oito plantas em cada repetição no momento das avaliações de crescimento, posteriormente foram identificadas, pesadas, secadas e trituradas no moinho de facas (DeLeo tipo Willey de 1CV) com uma peneira de 1mm de diâmetro para logo ser analisada sua composição química no laboratório de nutrição animal.

A composição química foi avaliada seguindo a metodologia do Instituto de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT), onde foram realizadas as determinações de matéria seca (MS) em estufa sem ventilação forçada de ar (Método G-003/1), proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl (Método N-001/2), gordura bruta (GB) pelo método de Randall (Método G-005/2), matéria mineral pelo método da queima em mufla (Método M-001/2), fibra em detergente neutro (FDN) utilizando autoclave, pelo método INCT-CA F-002/2, fibra em detergente ácido (FDA) utilizando autoclave, pelo método INCT-CA F-004/2, segundo metodologias descritas por DETMANN et al (2012).



Figura 4. Processamento das amostras no Laboratório de Nutrição Animal da UFPI.

3.4 Análise da qualidade da silagem

A produção de silagem por hectare e as sobras foram calculadas utilizando a

mesma proporção de 40%-60% das silagens mistas, onde a forragem que não foi ensilada foi pesada e transformada em toneladas de matéria seca e no caso da silagem foi multiplicada por a porcentagem de recuperação de matéria seca.

Para a composição química da silagem foi coletada uma amostra no momento da abertura da silagem, identificada, pesada, secadas e trituradas no moinho de facas com uma peneira de 1mm de diâmetro para logo ser analisada sua composição química no laboratório de nutrição animal da mesma forma como foi analisada a forragem seguindo as metodologias de Instituto de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT).

Também foram coletadas duas amostras frescas de silagem, uma como contra amostra, identificada e armazenada em freezer para preservar suas características e a outra amostra para realizar análises em fresco como pH, capacidade tampão e análises microbiológicas.

Os silos experimentais foram pesados no fechamento e na abertura, para determinação das perdas de matéria seca (MS) na forma de gases e efluentes, e a recuperação de matéria seca (RMS), segundo equação descrita por Mari 2003, para perdas por gases:

$$PG = \frac{(PSf - PSa)}{(MFf * MSf)} * 100$$

onde: PG = perda de gases durante o armazenamento (% da MS inicial); PSf = peso do silo na ensilagem; PSa = peso do silo na abertura; MFf = massa de forragem na ensilagem; MSf = teor de MS da forragem na ensilagem.



Figura 5. Pesagem dos silos experimentais cheios e vazios na abertura para avaliar perdas de matéria seca.

As perdas por efluente foram calculadas seguindo a equação proposta por Schmidt, 2006:

$$E = \frac{(Pab - Pen)}{MVfe} * 1000$$

onde: E = Produção de efluente (kg/t de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo + areia + pano + tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo + areia + pano + tela) na ensilagem (kg); $MVfe$ = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Para estimar a recuperação de matéria seca, foi utilizada a equação:

$$RMS = \frac{(MFa * MSa)}{(MFf * MSf)} * 100$$

onde: RMS: taxa de recuperação de matéria seca (%); MFa : massa de forragem na abertura (kg); MSa : teor de matéria seca da forragem na abertura (%); MFf : massa de forragem no fechamento (kg); MSf : teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Para determinar a densidade foi utilizada a fórmula:

$$D = \frac{MV}{V}$$

Onde D = densidade de massa verde no fechamento (kg de MV/m³); MV = Massa de forragem verde no fechamento (g); V = volume ocupado pela forragem (L).

Na abertura dos silos, foi realizada a avaliação da estabilidade aeróbica. A temperatura do material foi aferida a cada 2 horas, por um período 96 horas, sendo a temperatura interna mensurada por meio de termômetro digital tipo espeto INCOTERM®, inserindo-se a ponta de inox no centro do material, enquanto a temperatura superficial foi mensurada através de termômetro digital infravermelho com Mira Laser (-50 °C a 420 °C) BENETECH®.



Figura 6. Mensuração da temperatura na estabilidade aeróbica.

A determinação de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram realizadas segundo metodologia descrita por Bolsen et al., (1992). Em 90 mL de água destilada foram adicionados 10 g de silagem, permanecendo em repouso por 1 h, e para leitura de pH, foi utilizado um potenciômetro. Quanto à avaliação do N-NH₃, em 60 mL de água destilada foram adicionados 10 gramas de silagem, dessa mistura aquosa obtida foram retirados 10 mL em um tubo que foram submetidos a centrifugação por 20 minutos. Do sobrenadante centrifugado, são retirados 2 mL e transferidos um para tubo de ensaio (Kjeldahl). Em seguida, foi adicionada 2 mL da solução de KOH e 5 mL de água destilada e assim procedi-o com a destilação em aparelho Micro-Kjeldahl, seguindo os passos para determinação de proteína, a partir da destilação, continuo a titulação com solução de H₂SO₄ 0,2N.

A capacidade tampão foi avaliada seguindo a metodologia de Mizubuti et al. (2009), onde foram pesados 15 gramas de amostra de silagem, maceradas e processadas em liquidificador com 250mL de água destilada, transferidos para recipientes plásticos e feita aferição com pHmetro.

O cálculo da capacidade tampão foi efetuado pela equação:

$$CATP = \frac{0,1 * (Va - Vb)}{Pa} * 100$$

Onde CATP: capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g MS; 0,1 = Normalidade do NaOH; Va = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para

6,0; Vb = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0; PA = peso da amostra seca = [(peso da amostra × MS) ÷ 100].

A concentração de carboidratos solúveis totais (CST), foi obtida pelo método do ácido sulfúrico concentrado, descrito por Dubois et al. (1956), com adaptações de Corsato et al. (2008). Os compostos orgânicos foram extraídos em solução de etanol. As concentrações de carboidratos solúveis foram medidas pela leitura de absorbância a 490 nm usando D-glucose como padrão (Dubois et al., 1956), usando o espectrofotômetro digital. A proporção de CST, em g/100 mL, foi calculada com base na solução e posteriormente ajustada com base na matéria seca de cada amostra utilizada.

Foram feitos os carboidratos solúveis da forragem mista antes da ensilagem obtendo os seguintes valores: 15.24, 11.58, 18.94, 15.58, 13.48, 16.20 para Gliricidia + Sorgo, Gliricidia + Milho, Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo, Sabiá + Sorgo.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados conforme descrito por Cappelle et al. (2001) para alimentos volumosos pela equação:

$$\% \text{NDT} = 91,6086 - 0,669233(\text{FDN}) + 0,437932(\text{PB})$$

Onde FDN: Fibra em detergente neutro e PB: Proteína Bruta.

Uma porção de cada amostra coletada foi destinada para análise de ácidos orgânicos, através do método citados por Kung Jr e Ranjit (2001), onde: 10 mL de amostra foram diluídas a 10% em água destilada, acidificada com H₂SO₄ a 50% e filtradas em papel de filtro tipo Whatman. Em 2 mL do material filtrado, foi adicionado 1 mL de ácido metafosfórico a 20% e 0,2 mL de ácido fênico a 0,1%. As amostras foram centrifugadas e então analisadas quanto à presença de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico) por cromatografia líquida de alta resolução em cromatógrafo líquido de alto desempenho (Equipamento: Shimadzu LCMS2020, Modelo UFLC, Amostrador automático SIL-20A., Fornecimento de solventes LC-20AD) em Bom Jesus, PI.

Foram realizadas as análises microbiológicas, com o preparo prévio e esterilização dos meios de crescimento (para mofos e leveduras, bactérias ácido lácticas) e vidrarias a serem utilizados através da técnica de autoclave. Foi adicionada água destilada às garrafas plásticas autoclaváveis providas de tampas, com auxílio de balões volumétricos de 100 mL e de pipetas de vidro de 1 e 10 mL. Para as diluições (1 a 6) foi utilizada uma garrafa de um litro contendo água destilada que foi

autoclavada a 120°C durante 15 minutos. Foram adicionadas 10 gramas da amostra da silagem fresca, quando a temperatura de água destilada estava morna ou fria, com adaptações da metodologia descrita por González e Rodrigues (2003).

A partir disso que, foi pipetado 1 mL desse material realizadas as diluições necessárias nas demais garrafas. Portanto, após a pipetagem de 1mL da diluição anterior, a alíquota foi introduzida na garrafa com diluição seguinte, sempre realizando homogeneização prévia (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}). Dessa forma, o material foi submetido à agitação manual de modo que o extrato se torne homogêneo. As placas de Petri foram distribuídas em duplicata por diluição e identificadas pelas seguintes denominações: bactérias ácido lácticas (BAL), mofo e levedura (ML). Após a adição da alíquota de amostra retirada dos erlenmeyer foi feita uma homogeneização manual da placa em cima da bancada (em formato de “8”). Assim, placas com diluição ímpar devem ser pipetado 1 mL de amostra, e, placas com diluição par, foram adicionados somente 0,1 mL, independentemente da cultura que estava sendo analisada. Posteriormente, foi realizada a adição de uma fina camada do meio de cultura em cada placa, e distribuição do material. Todas as placas foram armazenadas na estufa bacteriológica viradas de cabeça para baixo na temperatura de 35°C. Após esse período foi feita a contagem para cada grupo de microrganismo.

As populações foram determinadas pela técnica seletiva de culturas utilizando os seguintes meios:

- Contagem de bactérias ácido lácticas: Ágar Rogosa (adicionar ácido acético ou nistatina) com leitura das placas após incubação de 48 horas.
- Contagem de mofos e leveduras: Ágar BDA (Batata Dextrose Ágar) acidificado com ácido tartárico a 1% com leitura das placas após incubação de 48 horas.

3.5 Avaliação de escores de qualidade das silagens

Na avaliação de qualidade das silagens utilizou-se o sistema de escores proposto no trabalho de Ribeiro et al. (2023). Os valores variaram de 1 a 4, onde as silagens com o melhor desempenho para uma característica específica de qualidade receberam a pontuação de 1, já o segundo melhor desempenho recebeu uma

pontuação de 2, e assim por diante, considerando, como melhor tratamento aquele que obteve a menor soma. Os tratamentos que não diferiram entre si, receberam a mesma pontuação. Foram avaliados os parâmetros que apresentaram diferença significativa ($P < 0,01$) entre os tratamentos, e que desempenham maior influência na qualidade da silagem, sendo eles: matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, recuperação de matéria seca, kg silagem/ha, potencial hidrogeniônico na abertura, ácido láctico, estabilidade aeróbica, potencial hidrogeniônico na quebra da estabilidade, densidade.

Para efluentes, McDonald (1991) relata que uma maior perda de efluentes na produção de silagem pode indicar menor qualidade, dessa forma, o tratamento com maior perda por efluentes, recebeu a maior nota. De acordo com Pacheco et al. (2014), maiores recuperações de matéria seca, estão associadas a menores perdas por gases e efluentes, portanto, o tratamento que obteve a menor pontuação, foi o que obteve maior recuperação de matéria seca. Segundo McDonald (1981), silagens com boa conservação devem apresentar pH de 3,8 a 4,2, os tratamentos que mais se aproximaram desta faixa, receberam a menor nota. Segundo Ferrari Júnior et al., 2001 e Ferreira et al., 2009 o teor de matéria seca em silagens deve estar entre 28 e 34% para proporcionar condições de umidade adequada para uma boa fermentação, dessa forma, os tratamentos que obtiveram resultados de matéria seca dentro desta faixa, receberam a menor nota.

Pahlow (2003) recomenda que silagens com boa fermentação devam apresentar no mínimo 5 log/UFC/g de bactérias do ácido láctico, os tratamentos que apresentaram essa quantidade mínima receberam a menor pontuação. Para Roth & Undersander (1995) os teores de ácido láctico para uma silagem de qualidade deve estar entre 4 e 6 %MS, os tratamentos que ficaram mais próximos da faixa relatada por estes autores, receberam as menores notas. De acordo com Coutinho et al. (2020), é importante que as silagens apresentem alta estabilidade aeróbia, pois a estabilidade aeróbia pode ser conceituada como a resistência da massa ensilada à deterioração após a exposição ao ar, os tratamentos que apresentaram maiores estabilidades, receberam menor pontuação.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, para significância de $P < 0,05$. Foram testadas normalidade com o teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias com teste de Bartlett. Os dados de crescimento, produção e composição química foram analisados com um delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Sendo: Y_{ij} = valor observado na parcela do i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ = média geral de todas as unidades experimentais; T_i = efeito devido ao i -ésimo tratamento na parcela experimental; B_j = efeito devido ao j -ésimo bloco na parcela experimental e_{ij} = erro aleatório não controlado na parcela do i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco.

As médias dos dados foram analisados pelo comando `lsmeans`, do procedimento GLM do programa SAS, realizado o teste de médias de Tukey e comparadas com significância de $P < 0,05$.

Para o segundo experimento onde foi avaliado a composição química, a estabilidade aeróbica e a qualidade da silagem, foram utilizado delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições. As médias dos dados analisados pelo comando `lsmeans`, também do procedimento GLM do programa SAS, de acordo com o seguinte modelo

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

Sendo: Y_{ij} = observação referente às diferentes combinações de plantas forrageiras; μ = média geral de todas as unidades experimentais; T_i = efeito das diferentes silagens mistas i , i = Gliricídia + Milho, Gliricídia+ Sorgo, Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo, Sabiá + Milho; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada silagem mista.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características agronômicas das plantas forrageiras

Houve efeito dos consórcios ($P < 0,01$) para as variáveis porcentagem de folhas, porcentagem de caules e relação folha/caule das plantas perenes.

Tabela 1. Características morfológicas das plantas perenes em sistema integrado de plantas forrageiras.

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
Folhas %	78,94a	77,06ab	65,12c	66,02bc	63,20c	64,64c	69,16	<0,01**	0,02
Caule %	21,05c	22,93bc	34,87a	33,97ab	36,79a	35,35a	30,83	<0,01**	0,02
Folha/Caule	4,07a	3,59ab	1,87b	1,94b	1,72b	1,90b	2,51	<0,01**	0,43

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

Para as variáveis analisadas, com base na matéria verde, os consórcios Gliricídia + Milho e Gliricídia + Sorgo apresentaram maior ($P < 0,01$) participação de folhas (77% e 78% contra 65%, 66%, 63% e 64% de Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo e Sabiá + Milho), característica importante para forrageiras, onde se encontram os nutrientes mais facilmente digeríveis pelos ruminantes, os consórcios Sabiá + Sorgo e Sabiá + Milho apresentaram maior ($P < 0,01$) participação de caule (36% e 35%), e os consórcios Gliricídia + Milho e Gliricídia + Sorgo tem maior relação folha/caule ($P < 0,01$). No entanto, essa maior proporção de caules, embora possa ser uma estratégia de sobrevivência da planta para captar luz, não é desejável, pois os caules contêm fibra insolúvel em detergente neutro, que não é digerida pelas bactérias do rúmen.

De forma geral a relação folha/caule, porcentagem de folhas, porcentagem de caules da Pornunça e Sabiá apresentam valores muito similares mais sendo inferiores aos da Gliricídia que apresentou os maiores valores. A relação folha/caule encontrada no experimento para Gliricídia foi superior a 1,0 reportada por Bayão et al. (2016); a Pornunça foi superior a 1,36 que foi reportada por Oliveira et al. (2022) e Sabiá foi inferior a 3,40 reportada por Moura et al., (2008). Esta relação é crucial para a qualidade da forragem, pois plantas com maior relação folha/caule tendem a apresentar menos fibra de baixa digestibilidade e maior teor de proteína,

conforme descrito por Van Soest, (1994). Assim plantas com menor proporção de caules podem apresentar-se como forrageira com melhor valor nutritivo e indicada para conservação de forragem.

A melhor relação folha/caule das plantas perenes foi no consórcio de Gliricídia + Sorgo com 4,97 seguido do consórcio Gliricídia + Milho com 3,59. Valores que indicam mudanças na morfologia da Gliricídia quando é consorciada com duas espécies anuais como milho e sorgo, diferença que pode ser atribuída pela competição do Sorgo no consórcio e que não foi evidente nas outras espécies perenes dos consórcios por seu rápido crescimento nas condições ambientais da região. Essa uniformidade dos consórcios Pornunça + Sorgo, Pornunça + Milho, Sabiá + Sorgo e Sabiá + Milho sugere que as gramíneas milho e sorgo não influenciam as características morfológicas da Pornunça e Sabiá, tornando-as opções viáveis e com potencial para serem adotadas nesses sistemas de cultivo integrado.

Com base na matéria verde, não houve efeito ($P > 0,05$) na porcentagem de folhas das espécies anuais nos consórcios avaliados, onde se obteve média de 15,47% (Tabela 2).

Tabela 2. Características morfológicas de plantas anuais em sistema integrado de plantas forrageiras

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
Folhas %	15,59a	15,32a	15,77a	17,58a	14,11a	14,47a	15,47	0,189	0,00
Colmo %	75,56a	32,11b	76,48a	33,71b	76,24a	31,29b	54,23	<0,01**	0,02
Folha/Colmo	0,20b	0,47a	0,20b	0,53a	0,18b	0,46a	0,34	<0,01**	0,02
Panícula/espiga %	8,83b	52,55a	7,74b	48,69a	9,64b	54,23a	30,28	<0,01**	0,02

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

Houve efeito ($P < 0,01$) para as variáveis de porcentagem de colmo, relação folha/colmo e porcentagem de panícula/espiga. De forma geral, os consórcios com sorgo (G+S, P+S, Sa+S) apresentaram maior ($P < 0,01$) participação de colmo (76% contra 32%), menor ($P < 0,01$) participação de panícula ou espiga (8% contra 51%) em relação aos consórcios com milho (G+M, P+M, Sa+M).

Na relação folha/colmo das plantas anuais houve diferença ($P < 0,01$) das duas

espécies utilizadas onde o consórcio Pornunça + Milho obteve o maior valor com 0,53 e o menor valor no consórcio Sabiá + sorgo com 0,18. A baixa participação da panícula de sorgo no momento do corte pode ser explicada por ser um sorgo forrageiro e por ter sido colhido de forma precoce, com baixo teor de MS, as plantas arbóreas não influenciaram nesta variável. Para altura das plantas perenes não houve diferença ($P>0,05$), sendo evidente só um menor crescimento da Gliricídia, quando consorciada com o milho (Tabela 3).

Tabela 3. Características de produção das plantas perenes em sistema integrado de plantas forrageiras

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
Altura (m)	1,92	1,70	2,26	2,41	2,50	1,97	2,13	0,051	0,18
Diâmetro de caule (mm)	37,2ab	25,25b	35,0ab	52,5a	41,25ab	32,00ab	37,20	0,017*	4,64
PMVF (ton/ha)	2,17b	1,80b	6,61ab	22,90a	7,67ab	2,83b	7,33	0,021*	4,13
PMSF (ton/ha)	0,42b	0,40b	1,43ab	4,52a	2,68ab	1,11ab	1,76	0,026*	0,84

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. PMVF: Produção de massa verde de forragem; PMSF: Produção de massa seca de forragem; μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P<0,05$.

O consórcio com Pornunça + Milho apresentou maior diâmetro ($P<0,05$) de caule para Pornunça com 52,50mm, e o menor diâmetro de caule das arbóreas foi no consorcio Gliricídia + Milho com 25,25mm.

O consórcio com Pornunça + Milho apresentou a maior produção de massa verde de forragem ($P<0,05$) para Pornunça com 22,90 ton/ha, e o menor produção de massa verde de forragem das arbóreas foi no consórcio Gliricídia + Milho com 1,80 ton/ha.

O consórcio com Pornunça + Milho apresentou a maior produção de massa seca de forragem ($P<0,05$) para Pornunça com 4,52 ton/ha, e o menor produção de massa seca de forragem das arbóreas foi no consórcio Gliricídia + Milho com 0,40 ton/ha.

A produção de massa verde e seca de forragem da Gliricídia e Sabia é maior nos consórcios com Sorgo, a diferença da Pornunça onde a maior produção é no consórcio Pornunça + Milho, que pode estar explicado pela maior competência do sorgo por ter uma alta taxa de crescimento.

Houve diferencia na altura das plantas ($P<0,01$), onde os consórcios com milho

apresentaram menor altura com 1,96 m e os consórcios com sorgo 3,01 m; valores que podem estar relacionados com o porte da planta, condicionando-se menor produtividade de massa seca nos materiais mais baixos e precoces como é o caso do milho que foi utilizado neste experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Características de produção das plantas anuais em sistema integrado de plantas forrageiras.

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
Altura (m)	3,07a	1,87b	2,87a	1,98b	3,11a	2,03b	2,49	<0,01**	0,09
PMVF (ton/ha)	51,89a	10,63c	35,18b	12,09c	55,06a	12,25c	29,52	<0,01**	3,56
PMSF (ton/ha)	9,46a	4,18b	6,63b	4,07b	11,14a	4,58b	6,68	<0,01**	0,58

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho; PMVF: Produção de massa verde de forragem; PMSF: Produção de massa seca de forragem; μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

O consórcio com Sabiá + Sorgo apresentou a maior altura ($P < 0,01$) para Sorgo com 3,11 m, e o menor altura das plantas anuais foi no consorcio Gliricídia + Milho com 1,87 m.

O consórcio com Sabiá + Sorgo apresentou a maior produção de massa verde de forragem ($P < 0,01$) para Sorgo com 55,06 ton/ha, e o menor produção das plantas anuais foi no consórcio Pornunça + Milho com 10,63 ton/ha.

O consórcio com Sabiá + Sorgo apresentou a maior produção de massa seca de forragem ($P < 0,01$) para Sorgo com 11,44 ton/ha, e o menor produção das plantas anuais foi no consórcio Pornunça + Milho com 4,07 ton /ha. Os valores de produtividade do milho são inferiores aos reportados por Von Pinho (2007) em Minas Gerais, onde indica produções de 12 a 20 t/ha em milho solteiro com 60.000 plantas/ha em cultivo solteiro no milho e Cotijo (2020) também reporta 20 ton/ha de matéria seca com densidade de 63000 plantas/ha com a mesma variedade de milho (BRS3046).

A produção de matéria seca do sorgo Ponta Negra consorciado com Gliricídia e Sabiá obteve produções semelhantes a Von Pinho, onde reporta produções de 10 a 21 t/ha para sorgo forrageiro com 120.000 plantas/ha, sim embargo foi inferior no consórcio com Pornunça, onde apresentou 6,63 t/ha.

Houve diferença no teor de MS ($P < 0,01$) entre as plantas arbóreas, sendo o consórcio Sabiá + Milho quem apresenta o maior valor com 38,47% e o consórcio Gliricídia + Sorgo o menor valor com 19,77% (Tabela 5), valores inferiores a 25% e 23% encontrados por Voltolini et al. (2019) para Gliricídia e Pornunça respectivamente.

Tabela 5. Composição química das plantas perenes no sistema integrado de plantas forrageiras.

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
% MS	19,77b	22,18b	22,27b	20,16b	36,62a	38,47a	26,58	<0,01**	0,01
% PB	18,78	15,96	16,46	20,01	13,69	15,15	16,67	0,072	1,45
% EE	3,13bc	2,89c	4,16abc	5,13ab	4,38abc	5,46a	4,19	<0,01**	0,46
% FDN	58,6abc	53,10c	57,94bc	56,09bc	66,26a	62,06ab	59,01	<0,01**	1,76
% FDA	29,74bc	25,64c	34,54abc	33,39abc	45,50a	40,01ab	34,80	<0,01**	2,93
% Cinzas	3,94a	3,18a	2,97ab	3,35a	2,16bc	1,79c	2,90	<0,01**	0,21

% MS: Teor de Matéria Seca, %PB: Proteína Bruta; %EE: Extrato Etéreo; %FDN: Fibra em Detergente Neutro; %FDA: Fibra em Detergente Acido. G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

Não houve diferença ($P > 0,05$) na variável proteína bruta das plantas perenes, obtendo um valor médio de 16,67% para a forragem das diferentes plantas. A Pornunça consorciada com milho apresentou o maior valor com 20,01%, seguido da Gliricídia consorciada com sorgo com 18,78%, valores superiores ao encontrado por Voltolini et al. (2019), onde obtiveram 16,6% e 15,6% respectivamente, e Sabiá apresentou o menor valor como 13,69% quando é consorciada com sorgo.

Para o Extrato etéreo houve diferença ($P < 0,05$), onde a Sabiá com Milho apresentou maior valor com 5,46% e a Gliricídia com Milho foi o menor valor com 2,89%, valor quantitativamente inferior ao encontrado na tabela brasileira de composição de alimentos para ruminantes (VALADARES FILHO et al., 2018), Van Soest (1994) descreve que teores médios de 3% de gordura em alimentos, são naturalmente baixos.

Para as variáveis FDN ($P < 0,01$) e FDA ($P < 0,01$) a Sabiá + Sorgo apresentou valores de 66,26 e 45,50%, sendo os mais altos em comparação com os outros consórcios. Segundo Velasquez (2013) existe uma correlação entre os teores de

FDN com a velocidade de ingestão de alimentos para os ruminantes e o teor de FDA interagindo no processo de digestibilidade. Comparando os valores encontrados para FDN com os encontrados por Voltolini et al. (2019) os consórcios com Gliricídia e com Pornunça apresentam valores similares, pelo contrário o conteúdo de FDA apresenta valores inferiores entre 13% e 22%.

Houve diferença no conteúdo de cinzas ($P < 0,01$), onde os consórcios com Sabiá foram inferiores aos consórcios com Gliricídia e Pornunça. De acordo com Van Soest (1994) a porção mineral do alimento é essencial para a determinação da matéria orgânica. Portanto, quanto maior a matéria mineral, menor a qualidade do alimento, atendendo a esse critério a Sabiá possui qualidade mais elevada em matéria orgânica, por ter menor valor de matéria mineral.

Nas variáveis de composição química das plantas anuais em sistema integrado de plantas forrageiras (Tabela 6) não houve diferença ($P > 0,05$) para as variáveis % PB, %EE e % de cinzas. Onde os consórcios Gliricídia + Sorgo, Pornunça + Sorgo e Sabiá + Sorgo apresentaram os maiores valores de PB em comparação com Gliricídia + Milho, Pornunça + Milho, Sabiá + Milho, valores que estão diretamente relacionados com as características de cada espécie, neste caso sorgo e milho. Segundo Pereira et al. (2019) é necessário o mínimo de 7% de Proteína Bruta (PB) para a fermentação adequada dos carboidratos no rúmen e para atender às necessidades proteicas dos animais, confirmando o sorgo e o milho como plantas de interesse na nutrição de ruminantes (NRC, 2001 & VON PINHO, 2007); já o extrato etéreo onde a espécie anual consorciada com Gliricídia tem os menores valores com 2,16% e 2,34 para milho e sorgo respectivamente. O extrato etéreo, que indica a quantidade de óleo no alimento e tem maior valor energético que a proteína, foi encontrado em teores similares (2,16% a 2,89%) do que os valores reportados por Martin et al. (2012), que variam entre 1,7% e 2,4%.

Tabela 6. Composição química das plantas anuais em sistema integrado de plantas forrageiras

Variável	Consórcios						μ	Valor P	EPM
	G+S	G+M	P+S	P+M	Sa+S	Sa+M			
% MS	18,19b	40,02a	19,32b	33,52a	20,37b	37,75a	28,19	<0,01**	0,02
% PB	10,10	7,34	7,86	7,85	8,02	6,72	7,98	0,057	0,68
% EE	2,34	2,16	2,88	2,89	2,66	2,73	2,61	0,234	0,23
% FDN	62,97 ^a	67,35a	65,24a	50,06b	62,17a	63,80a	61,93	<0,01**	2,29

% FDA	32,07abc	24,93bc	33,16ab	22,96c	34,96a	26,63abc	29,12	<0,01**	2,05
% Cinzas	2,29	2,17	2,38	2,290	2,10	2,26	2,35	0,111	0,19

%MS: Teor de Matéria Seca; %PB: Proteína Bruta; %EE: Extrato Etéreo; %FDN: Fibra em Detergente Neutro; %FDA: Fibra em Detergente Acido. G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. μ : Média; EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

Houve diferença no teor de matéria seca ($P < 0,01$) dos consórcios, onde os tratamentos com milho, apresentam maior teor de MS ($P < 0,01$), onde o valor mais alto foi do consórcio Gliricídia + Milho com 40,02% e o mais baixo, o consórcio de Gliricídia + Sorgo com 18,19%. O menor teor de MS do milho foi no consórcio Pornunça + Milho com 33% e o maior foi no consórcio Gliricídia + Milho com 40,02%, valores que podem estar relacionados com o sombreamento das arbóreas do consórcio.

Houve efeito ($P < 0,05$) dos consórcios nas variáveis %FDN e %FDA. Onde o milho consorciado com Pornunça apresentou menor valor de %FDN com 50,06 o maior no consórcio de Milho com Gliricídia com 67,35%. Os valores podem ser causados por efeito do sombreamento das espécies perenes, que aumenta a competição por luz, influenciando a fibra das plantas. Em contraste, o milho cresceu mais rapidamente que a Gliricídia, que tem crescimento mais lento. Segundo Silva et al. (2010), é interessante destacar que quanto maior a capacidade competitiva por água, luz e nutrientes entre as espécies de gramíneas forrageiras, maior será a redução da produtividade dos grãos, sendo a capacidade competitiva de uma planta alterada pelo regime hídrico, fertilidade do solo, espaçamento, população de plantas, além de características fisiológicas e morfológicas da própria espécie.

Nos maiores teores de FDA foram observados na planta de sorgo, pois à medida que o sorgo amadurece, suas paredes celulares se tornaram mais espessas, tornando-se mais fibrosa. Isso ocorre porque há aumento da deposição de celulose e lignina, contribuindo para o aumento dos teores de FDN e FDA. Conforme Silva e Queiroz (2002), a celulose é o principal componente do FDA, enquanto a hemicelulose faz parte da FDN e é mais digestível que a celulose.

Os consórcios forrageiros avaliados não apresentaram diferença ($P > 0,05$) no conteúdo de cinzas das gramíneas. Assim é necessário entender que a porcentagem de cinzas fornece indicação da riqueza em minerais da amostra. Alguns alimentos de origem vegetal são, ainda, ricos em sílica, o que resulta em

teor elevado de cinza, todavia, esse teor não apresenta nenhum valor nutritivo para os animais (SILVA, 2002).

4.2 Análises da qualidade da silagem

A silagem foi produzida com 40% de espécie arbórea e 60% da gramínea em base verde. Houve diferença ($P < 0,01$) na quantidade de silagem produzida por hectare, onde a produção nos consórcios Gliricídia + Milho e Gliricídia + Sorgo foi baixa devido à Gliricídia limitar a produção de silagem total, por apresentar velocidade de crescimento inferior à Pornunça e Sabiá.

Tabela 7. Produção de silagem e sobra por hectare em sistema integrado de produção de forragem.

Tratamento	Produção de silagem* t MS/ha	% NDT	Sobras** t MS/ha
G+S	1,04b	59,19b	8,81±1,96
G+M	1,00b	66,43a	3,57±0,82
P+S	3,42ab	58,69b	4,48±0,30
P+M	6,53a	67,27a	1,80±1,45
Sa+S	6,65a	51,76c	7,12±2,76
Sa+M	2,76ab	62,59ab	2,90±0,97
Média	3,56	60,97	
EPM	0,98	1,14	
<i>P-Valor</i>	<0,01	<0,01	

*Silagem com proporção de 60% gramínea e 40% arbórea.

**Sobra: Excedente de material não ensilado fora da proporção 60-40.

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. EPM: Erro padrão médio. %NDT: Nutrientes digestíveis totais. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey $P < 0,05$.

O consórcio Pornunça + Milho, apresentou as menores sobras de forragem verde para ensilar porque foi o único tratamento onde foi utilizado 100% das espécies anuais produzidas, diferente dos outros tratamentos onde o limitante foi a espécie perene e as sobras são da espécie anual.

Houve diferença ($P < 0,01$) nos valores de NDT encontrados para silagem mistas, onde o valor mais alto foi no consórcio Pornunça + Milho com 67,27% e o mais baixo no consórcio de Sabiá + Sorgo com 51,76%, entretanto o consórcio de

Gliricídia + Milho também superou o 64% de NDT quando se tem com referência valores recomendados por Keplin (1992) entre 64 e 70% como valores ideais para silagem de milho ou sorgo de boa qualidade.

Para as perdas de gases houve diferença ($P < 0,01$) entre as silagens mistas, com valor médio 3,84%, onde os valores mais baixos foram nas silagens com sorgo (G+S, P+S, Sa+S) que coincidem com os valores mais altos para a variável densidade ($P < 0,01$), com valor médio 567,70 kg de MV/m³, sendo o recomendado valores perto de 750 kg de MV/m³. Por tanto, a elevada matéria seca que apresentou o milho no momento da ensilagem influenciou a compactação final (Tabela 8). Segundo Ramos (2021), perdas por gases entre 2 e 4% estão associadas com o ambiente dentro do silo.

Tabela 8. Perdas e recuperação de matéria seca de silagens mistas.

Tratamento	Perdas por gases % MS	Efluentes Kg/t MV	RMS %	Densidade Kg/m ³
G+S	4,92a	17,42b	97,06b	668,00a
G+M	2,50b	0,41c	98,94a	479,52c
P+S	4,89a	42,31a	94,76c	653,97a
P+M	3,13ab	17,43b	99,08a	449,79c
Sa+S	4,80a	0,00c	98,68a	565,31b
Sa+M	2,78b	0,00c	98,93a	469,61c
Média	3,84	10,02	97,91	567,70
EPM	0,41	1,28	0,16	14,30
<i>P-Valor</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. EPM: Erro padrão médio, RMS: Recuperação de Matéria seca. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

Houve diferença na RMS ($P < 0,01$), com as silagens de menor recuperação de matéria seca (G+S e P+S) sendo as que também tem menor matéria seca no momento da abertura, valores fora do recomendado para silagem de boa qualidade, sim embargo apresentou o melhor crescimento de bactérias ácido lácticas com 2,16 e 2,19 log/UFC para a silagem de Gliricídia com Sorgo e silagem de Pornunça com milho respectivamente.

Houve diferença ($P < 0,01$) nas perdas por efluentes, foi observado que os tratamentos com Sabiá não apresentaram perdas por efluentes e a silagem de Pornunça + Sorgo apresentaram a maior perda por efluente, causada pelo baixo teor de matéria seca.

Houve diferencia (P<0,01) na matéria seca, onde o consorcio Sabiá + Milho apresentaram o maior valor com 42,89% de matéria seca (Tabela 9), valor acima do recomendado de 25% a 40% MACEDO et al. (2019), entretanto apresentou bom pH indicando boa fermentação, que é evidente na Tabela 11 onde tem boa recuperação de matéria seca (P<0,01), baixas perdas por efluentes (P<0,01) e por gases (P<0,01).

Tabela 9. Composição químicas da silagens mistas de plantas forrageiras em sistema integrado de produção.

TRAT	%MS	%PB	%EE	%FDN	%FDA	%CINZAS	% N-NH ₃	pH	%CST
G+S	22,69d	9,97a	3,83ab	54,95b	34,85b	2,17bc	1,25a	3,52bc	11,69b
G+M	31,20c	9,89a	4,53a	44,08c	25,68cd	1,92bc	1,82a	3,68a	11,33b
P+S	21,46e	10,60a	4,76a	56,26b	34,55b	2,86a	1,63a	3,40c	14,97a
P+M	33,65b	8,05b	3,80ab	41,62c	23,55d	2,23b	0,99a	3,58ab	12,67ab
Sa+S	33,24b	7,80b	3,32b	64,38a	43,40a	2,08bc	1,31a	3,58ab	10,55b
Sa+M	42,89a	7,32b	3,49b	48,14c	28,97c	1,77c	1,74a	3,66ab	10,60b
Média	30,86	8,94	3,95	51,62	31,83	2,17	1,46	3,57	11,97
EPM	0,23	0,34	0,22	1,68	1,19	0,08	0,19	0,32	0,58
P-Valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01

MS: Matéria seca, PB: Proteína bruta, EE: Extrato etéreo, FDN: Fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, N-NH₃: Nitrogênio amoniacal, pH: Potencial Hidrogeniônico, CST: Carboidratos solúveis totais. G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey P<0,05.

O resultado desta produção demonstrou que o nível de matéria seca se elevou quando houve a mistura de espécies arbóreas com a gramínea milho e redução do teor de matéria seca quando há mistura de arbórea com a gramínea sorgo. Há a presença de níveis muito baixos de matéria seca com o consórcio com Sorgo, como é o caso dos tratamentos Gliricídia + Sorgo e Pornunça + Sorgo.

Houve diferença (P<0,01) no teor de proteína bruta, onde o maior valor foi observado para a silagem composta de Pornunça + Sorgo com 10,60% e o menor para silagem de Sabiá +Milho com 7,32%. Keplin & Santos (1996) afirmam que, uma silagem para ser considerada de boa qualidade, deve ter de 7,1% a 8,0% de PB, todas as silagens mistas podem ser consideradas boas por serem iguais ou superiores aos valores mínimos de proteína bruta.

Houve diferença (P<0,01) no extrato etéreo, onde os maiores teores foram para silagem contendo Pornunça + Sorgo com 4,76%, seguido de Gliricídia + Milho, com 4,53%. Segundo Oliveira (2010) as forragens com maior teor de EE (gordura)

possuem valores mais altos de nutrientes digestíveis totais, pelo fato de a gordura fornecer 2,25 vezes mais energia do que os carboidratos, isto é benéfico e melhora o desempenho do animal. De acordo com o NRC (2001), na maioria das situações, o total de gordura na dieta para ruminantes não deve ultrapassar de 6 a 7% na MS, em razão de poder determinar reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de passagem. Dessa forma, as silagens mistas avaliadas estão dentro dos valores recomendados para alimentos volumosos.

O teor de FDN e FDA diferiu ($P < 0,01$) entre as silagens mistas e as que contêm sorgo apresentarão os maiores valores. A silagem de Sabiá + Sorgo apresentou o mais elevado teor de FDN (64,38%) e FDA (43,40%), provavelmente porque o sorgo tem menor proporção de grãos em relação ao milho e ao Sabiá ser uma planta leguminosa e adaptada ao clima quente e seco do Nordeste brasileiro, possuir o caule bastante lignificado, além de apresentar acúleos, que são estruturas de defesa e adaptação dessa planta ao ambiente (ANDRADE et al., 2000).

Segundo Cruz et al. (2001), os valores de referência de FDN fica em torno de 50% para silagens de milho. Na nutrição de ruminantes, é indispensável a presença da fibra, dentro de limites mínimos estabelecidos no NRC (2001) de 25 a 33% de FDN e 17 a 21% de FDA, visando promover a mastigação, ruminação e manter as condições do ambiente ruminal normais evitando, assim, distúrbios metabólicos (BIANCHINI et al., 2007). O teor mínimo de FDN deve ser mantido na dieta de animais ruminantes, pois tem o objetivo de manter a saúde ruminal; além de estar relacionada com o consumo, a densidade do alimento, a atividade mastigatória exercida pelos animais, a digestibilidade da dieta e a taxa de digestão (OLIVEIRA et al., 2001).

O nitrogênio amoniacal ($P < 0,05$) não apresentou diferença entre os tratamentos e está dentro dos valores recomendados para silagem bem conservadas, as espécies gramíneas cumpriram seu papel em reduzir a presença de tal substância. As leguminosas forrageiras, que até recentemente, eram tidas como não indicadas para ensilagem por sua fermentação predominantemente realizada por *clostrídios*, resultando em silagens com altos teores de ácido butírico e nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), foram manejadas adequadamente no processo de ensilagem com gramíneas visando a mitigação desses efeitos negativos.

O pH da silagem foi diferente ($P < 0,01$) para as silagens mistas, sendo observado valor médio de 3,57 (Tabela 8), sendo este valor baixo por causa da baixa matéria

seca da maioria das silagens mistas. Levando-se em conta que uma silagem de boa qualidade deve apresentar pH de 3,8 a 4,2 (JOBIM et al., 2007), os valores obtidos podem ser considerados baixos para uma boa fermentação.

Houve diferença nos carboidratos solúveis totais ($P < 0,01$), onde o maior valor foi para a silagem mista de Pornunça +Sorgo com 14,97% e a menor com 10,55% para a silagem mista de Sabiá + Sorgo. As silagens com concentrações mais altas de CST apresentam condições mais favoráveis para o crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, que é corroborada com as maiores produções de ácido láctico (Tabela 10), e as silagem de menor concentração de CST apresentam as menores concentrações de ácido láctico e as quebras de estabilidade aeróbica mais rápidas (Tabela 12).

Houve relação do valor de pH da silagem (na abertura e na quebra da estabilidade aeróbica) com teor de matéria seca da silagem (Figura 7), sendo que o pH aumentou à medida que aumentou a percentual de matéria seca da silagem, o que pode estar relacionado com a redução do teor de carboidratos solúveis da silagem. De acordo com Santos et al. (2010) os níveis de pH estão intimamente ligados às concentrações de carboidratos solúveis presentes na forragem a ser ensilada, isso se deve ao fato que os carboidratos desempenham papel fundamental na produção de ácidos orgânicos, especialmente o ácido láctico, que desempenha papel crucial na obtenção de uma silagem de alta qualidade. No momento da quebra da estabilidade aeróbia todas a silagens mistas aumentaram em média 0,28 o pH.

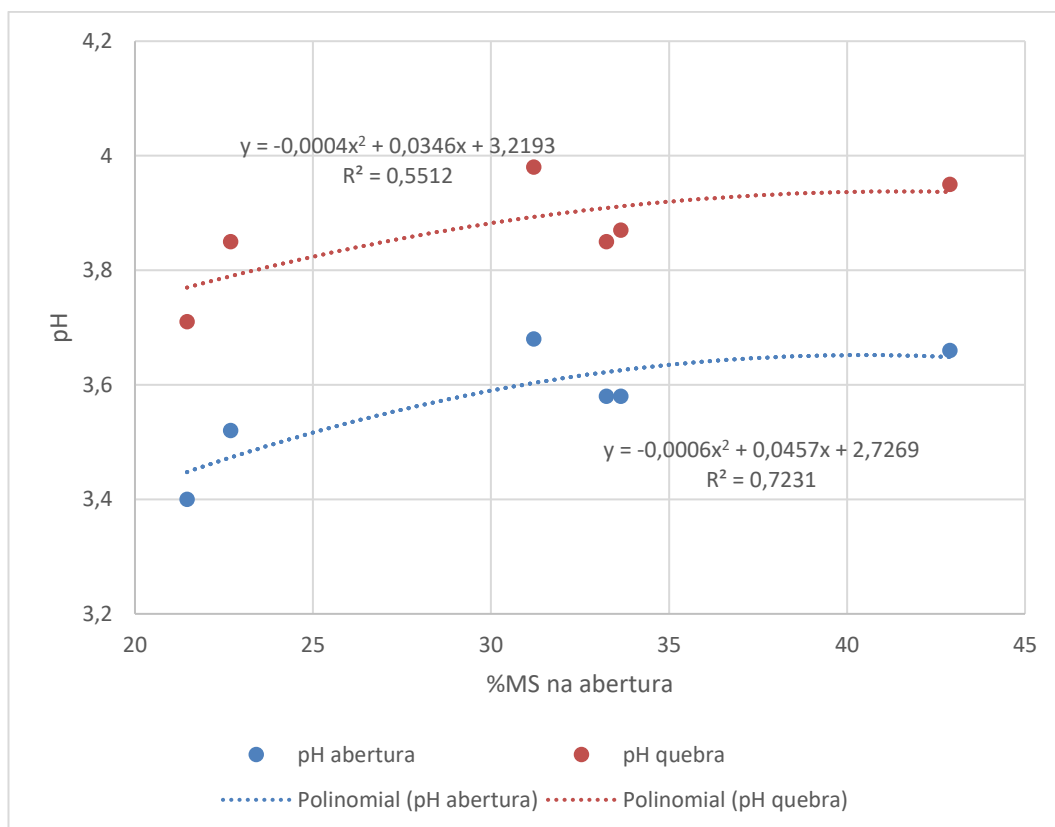


Figura 7. Relação do pH em função do teor de matéria seca da silagem.

Houve diferença ($P < 0,01$) para a concentração de ácido láctico, onde as silagens de Sabiá + Milho e Sabiá + Sorgo apresentam os menores valores (Tabela 10) e coincidem com as quebras mais rápidas (Tabela 12). A silagem de Pornunça + Milho apresentou fermentação desejável devido a maior quantidade de ácido láctico ($P < 0,01$) e baixo ácido butírico. Os ácidos orgânicos são considerados grandes determinantes da qualidade da silagem produzida. O ácido láctico, por exemplo, é caracterizado como um ácido forte, capaz de reduzir o crescimento e desenvolvimento das próprias BAL e de outros microrganismos existentes, sendo a sua presença indicativo que o material ensilado foi bem fermentado.

Tabela 10. Ácidos orgânicos das silagens mistas de plantas forrageiras em sistema integrado de produção.

Tratamento	Ácido láctico	Ácido acético	Ácido propiônico	Ácido butírico
	g/kg de MS			
G+S	11,88ab	5,23a	1,01ab	1,54
G+M	11,36b	5,07a	0,66c	1,67
P+S	10,24bc	3,70b	0,78abc	1,78

P+M	13,77a	3,36bc	0,70bc	1,57
Sa+S	9,27c	2,47c	1,09a	1,67
Sa+M	9,02c	2,83bc	0,75bc	1,20
Média	10,92	3,78	0,83	1,57
EPM	0,43	0,23	0,07	0,19
<i>P-Valor</i>	<0,01	<0,01	<0,01	>0,05

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. EPM: Erro padrão médio. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Houve diferencia ($P < 0,01$) no teor de ácido acético onde a silagem de Gliricídia + Sorgo apresentou o maior valor, favorecendo uma boa estabilidade aeróbia ($P < 0,01$) como se pode evidenciar na Tabela 12. O ácido acético apresenta características como o aumento do pH e presença de clostrídios, mas, por outro lado é capaz de reduzir fungos filamentosos e leveduras que são indesejados em silagens e com isso o indicativo de sua presença no material pode indicar melhoria na estabilidade aeróbia (TOMICH et al., 2003; MACÊDO et al., 2017).

Em relação ao ácido propiônico houve diferença ($P < 0,01$) é apresentou os teores de 1,09 g/kg de MS no tratamento com Sabiá + Sorgo e 0,66 g/kg de MS no tratamento com Gliricídia + Milho. Este ácido é produzido por BAL heterofermentativas e bactérias propiônicas, caracterizado como antifúngico principalmente na fase final do preparo de silagens onde ele reduz a atividade microbiana de microrganismos indesejáveis (TOMICH et al., 2003).

A relação entre o ácido láctico e o ácido acético nas silagens mistas avaliadas está entre 2,24 para o consórcio de Gliricídia + Milho até 4,09 para o consórcio de Pornunça + Milho, sendo valores encontrados usualmente em silagem com boas fermentações (KUNG JR et al., 2018).

No teor de ácido butírico não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Esse ácido se caracteriza fortemente como indicativo da presença de clostrídios e aumento de pH, acarretando perdas de matéria seca e de energia durante o processo fermentativo, isso leva o material a apresentar características de baixa palatabilidade para os animais aos quais se destinam (MACÊDO et al., 2017).

A contagem de microrganismos pode ser dividida em dois grupos segundo Santos & Kung (2011), onde o primeiro grupo são os organismos desejáveis como bactérias lácticas e aqueles que causam fermentações indesejáveis como

clostrídios, enterobactérias, fungos e leveduras. Contudo, nos resultados da contagem microbiológica (Tabela 11) as bactérias lácticas não apresentaram os valores mais elevados, situação que contrasta com a produção de ácido láctico foi maior aos demais ácidos orgânicos da fermentação (Tabela 10), confirmando uma boa fermentação.

Tabela 11. Análise microbiológica das silagens mistas de um sistema de integrado de plantas forrageiras.

Tratamento	BAL log/UFC/g	Leveduras log/UFC/g	Mofos log/UFC/g
G+S	2,16a	5,03a	4,63a
G+M	1,45a	3,53b	1,92b
P+S	2,19a	5,60a	2,66b
P+M	0,00b	4,64a	2,66b
Sa+S	1,61a	5,43a	3,56a
Sa+M	1,02b	5,09a	2,80b
Média	1,40	4,88	3,04
EPM	0,39	0,36	0,56
<i>P-Valor</i>	<0,01	<0,05	<0,05

G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. EPM: Erro padrão médio. BAL: Bactérias ácido lácticas. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott $P < 0,05$.

Houve diferença no crescimento de bactérias ácido lácticas ($P < 0,01$), onde as silagens mistas de Gliricídia + Sorgo e Pornunça + Sorgo apresentam maior valor com 2,16 log/UFC/g e 2,29 log/UFC/g respectivamente.

Houve diferença no crescimento de leveduras ($P < 0,05$) em que o menor valor foi na silagem mista de Gliricídia + Milho com 3,53 log/UFC/g e o maior valor na silagem mista de Pornunça + Sorgo com 5,60 log/UFC/g. As populações de leveduras em silagens com fermentação adequada não devem ultrapassar 5 Log/UFC/g, de acordo com Neres et al. (2013). Os consórcios Gliricidia + Milho e Pornunça + Milho não ultrapassaram a faixa recomendada por estes autores.

Houve diferença ($P < 0,05$) no crescimento de mofos, onde o valor mais alto foi para a silagem de Gliricídia + Sorgo com 4,63 log/UFC/g, valor que pode estar relacionado com o baixo teor de matéria seca no momento da abertura. É reportado por Ribeiro et al. (2020) o aumento da população de fungos e leveduras na silagem mista de 70% de capim elefante e 30% de estilosantes, porém, produz silagem com melhor composição química e menor produção de efluentes.

Houve diferença ($P < 0,05$) na quebra da estabilidade aeróbica, onde a mais rápida foi aquela que tem Sabiá com sorgo e milho, com 3,0 e 3,5 horas respectivamente. As silagens de Glirícia + Milho e Pornunça + Milho apresentaram valores médios compatíveis com outras silagens e o melhor tratamento foi o composto por Glirícidia + Sorgo com 74,4 horas (Tabela 12). Os valores encontrados em esta pesquisa para para quebra da estabilidade coincidem com os valores de Zopollatto et al. (2009) onde encontraram média de 33 horas para silagem de milho.

Tabela 12. Quebra da estabilidade aeróbica de silagens mistas em sistema integrado de plantas forrageiras.

Tratamento	Hora ¹	T ^a interna ² (°C)	pH ³
G+S	74,4a	27,0a	3,85b
G+M	44,0ab	27,4a	3,98a
P+S	12,4bc	27,0a	3,71c
P+M	32,6bc	27,0a	3,87ab
Sa+S	3,0c	27,0a	3,85b
Sa+M	3,5c	27,0a	3,95ab
Média	29,0	27,0	3,87
EPM	9,0	0,1	0,02
<i>P-Valor</i>	<0,01	<0,05	<0,01

G+M: Glirícidia + Milho; G+S: Glirícidia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho. ¹Hora da quebra da estabilidade aeróbica, ²T^a Interna: Temperatura interna, ³ph. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey $P < 0,05$.

A temperatura interna ($P < 0,05$) no momento da quebra da estabilidade aeróbica de silagem mistas não apresentou diferença entre os tratamentos. O pH no momento da quebra apresentou diferença ($P < 0,01$), onde o consórcio Glirícidia + Milho apresentou o maior valor com 3,68 e o menor valor foi no consórcio Pornunça + Sorgo com 3,40. De forma geral todos os tratamentos tiveram aumento de 0,3 para o pH do momento da abertura até a quebra da estabilidade. .

O consórcio com Sabiá + Sorgo apresentou a maior produção de massa verde de forragem ($P < 0,01$) para Sorgo com 55,06 ton/ha, e menor produção das plantas anuais foi no consórcio Pornunça + Milho com 10,63 ton/ha.

Os valores de qualidade da silagem variaram de 1 a 4, já o segundo melhor desempenho recebeu uma pontuação de 2, e assim por diante, considerando, como melhor tratamento aquele que obteve a menor soma. Observou-se que as silagens mistas de Pornunça + Milho e Glirícidia + Milho, obtiveram as menores pontuações

totais para a avaliação de qualidade da silagem (Tabela 13), sendo 16 e 17 pontos para cada tratamento respectivamente. As silagens de Pornunça + Sorgo e Sabiá + Sorgo, apresentaram maiores pontuações, sendo 23 e 22 pontos, respectivamente. Estes resultados corroboram que milho apresenta melhor potencial para melhorar fermentação de silagem mistas, por conter maior quantidade de amido.

Tabela 13. Escores dos parâmetros de avaliação da qualidade da silagem mistas de um sistema integrado de plantas forrageiras.

TRAT	MS	PB	FDN	REC	SILha	Ph ab	ALAC	EST	PH queb	DEN	TOTAL
Escore da silagem (1 a 4)											
G+S	3	1	2	2	3	3	2	1	2	1	20
G+M	2	1	1	1	3	1	2	2	1	3	17
P+S	3	1	2	3	2	4	3	2	3	1	23
P+M	1	2	1	1	1	2	1	2	2	3	16
Sa+S	1	2	3	1	2	2	4	3	2	2	22
Sa+M	2	2	1	1	1	2	4	3	2	3	21

MS: Matéria seca, PB: Proteína Bruta, FDN: Fibra em Detergente Neutro, REC: recuperação de matéria seca, SILha: Produção de silagem/ha, pH ab: potencial hidrogeniônico na abertura da silagem, ALAC: Ácido lático, EST: Hora da quebra da estabilidade aeróbica, pH queb: potencial hidrogeniônico na quebra da estabilidade aeróbica, DEN: Densidade. G+M: Gliricídia + Milho; G+S: Gliricídia + Sorgo; P+S: Pornunça + Milho; P+M: Pornunça + Sorgo; Sa+S: Sabiá + Sorgo; Sa+M: Sabiá + Milho.

A pontuação obtida pela silagem de Pornunça + Sorgo, corrobora com a afirmação de McDonald. (1991), que relatou que maiores perdas de efluentes na produção de silagem pode indicar menor qualidade em silagens.

Este fato foi observado neste trabalho, pois este tratamento apresentou maior perda por efluentes e, conseqüentemente, alta pontuação na avaliação de qualidade das silagens, o que indica que as silagens produzidas com esta silagem são de menor qualidade quando comparadas à silagem com maior matéria seca.

5 CONCLUSÕES

Os consórcios Pornunça + Milho e Sabiá + Sorgo apresentaram as maiores produções de forragem.

As silagens mistas de Glicídia + Milho e Pornunça + Milho apresentaram as melhores características de qualidade da silagem, tornando-se viável para o preparo de silagem mista de plantas arbóreas e plantas anuais.

Recomenda-se o uso do consórcio Pornunça + Milho para a conservação de forragem na forma de silagem por ter melhor característica de qualidade e boa produção de biomassa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. C. D., PIRES, A. V., SUSIN, I., NUSSIO, L. G., FERREIRA, E. M., & GENTIL, R. S. Cana-de-açúcar in natura ou ensilada com e sem aditivos químicos: estabilidade aeróbia dos volumosos e das rações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1857-1864, 2009. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000001>

ANDRADE, A. G., COSTA, G. S., FARIA, S. M. Deposição e decomposição de serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Accia mangium* e *Acácia holosericea*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.777- 785, 2000.

ARDYNSKI, F.A., RUST, S.R., YOKOYAMA, M.T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn in fermentation characteristics, aerobic stability, and cattle performance. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2246-2252, 1993.

BALBINOT JUNIOR, A. A., MORAES, A. D., VEIGA, M. D., PELISSARI, A., & DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, p.1925-1933, 2009.

BAYÃO, G. F. V., EDVAN, R. L., CARNEIRO, M. S. D. S., FREITAS, N. E., PEREIRA, E. S., FILGUEIRA, P. A. C. H. E. C. O., ... & ARAÚJO, M. J. D. Desidratação e composição química do feno de *Leucena* (*Leucena leucocephala*) e *Gliricídia* (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, p.365-373, 2016.

BELL, L. W., MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v.111, p.1-12, 2012.

BERNARDES, T. F., REIS, R. A., & MOREIRA, A. L. Fermentative and microbiological profile of marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, p.214-220, 2005.

BIANCHINI, W., RODRIGUES, É., JORGE, A. M., & ANDRIGHETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v.8, n.2, p.1-14, 2007.

BORGHI, E., BORTOLON, L., AVANZI, J. C., BORTOLON, E. S. O., UMMUS, M. E., GONTIJO NETO, M. M., & COSTA, R. D. Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil: desafios da região do

MATOPIBA. In **Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo-Eficiência nas cadeias produtivas e abastecimento global**. Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2014.

BRANCO, A. F., VILELA, D. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Rev. Bras. Zootec.** v.37, n.5, p.944-950, 2008.

BRITO, G. S. M. D. S. Características fermentativas e nutricionais de silagem compostas por Palma forrageira e Gliricídia. (2018).

BUNGENSTAB, D. J., DE ALMEIDA, R. G., LAURA, V. A., BALBINO, L. C., & FERREIRA, A. D. ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**. 2019.

CABRAL JR., E.C., MIRANDA, C.R., PINHEIRO, D.M., GUIMARÃES, I.G., ANDRADE, M.V.M., PINTO, M.S.C. Dinâmica fermentativa de silagens de gliricidia sepium. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.214, p.249-252, 2007.

CAMPOS, F. S., CARVALHO, G. G. P., SANTOS, E. M., ARAÚJO, G. G. L., REBOUÇAS, R. A., LEÃO, A. G., SANTOS, S. A., LEITE, L. C., ARAÚJO, M. L. G. M. L., CIRNE, L. G. A., SILVA, R. R., CARVALHO, B. M. B. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes, v. 124, p. 61-68, 2017.

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

CAPPELLE, E.R., VALADARES FILHO, S.C., SILVA, J.F.C. D., & CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, G. D., FERREIRA, M. J., GONÇALVES, V. D. S., CAMARGO, D.,

GREGOLIN, F. S., & BEHLING, M. Produtividade da soja em sistemas integrado de produção e exclusivo. (2017).

COLLAO SAENZ, E.A. Modelagem da redução do tamanho de partículas na alimentação de ruminantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.4, p.886-893, 2005.

CONCEIÇÃO, J. M. Gliricidia sepium: produtividade, composição químico-bromatológica e características de fermentação da silagem. 2017.

COSTA, B.M.; SANTOS, I.C.V.; OLIVEIRA, G.J.C.; PEREIRA, I.G. Avaliação de folhas de gliricidia sepium (Jacq.) Walp por ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.33-41, 2009.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.

DA SILVA BRITO, G. S. M., SANTOS, E. M., DE ARAÚJO, G. G. L., DE OLIVEIRA, J. S., ZANINE, A. D. M., PERAZZO, A. F., ... & CAVALCANTI, H. S. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p 6834. 2020.

DA SILVA JÚNIOR, A. B., FERREIRA, P. V., CUNHA, J. L. X. L., LIRA, R. C., & DE CARVALHO, I. D. E. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob diferentes espaçamentos para a produção de silagem. **Revista Ciência Agrícola**, v.15, n.2, p.1-10, 2017.

DA SILVA MACÊDO, A. J., SANTOS, E. M., DE OLIVEIRA, J. S., & PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.9, p.1-11, 2017.

DA SILVA MACÊDO, A. J., SANTOS, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.22, n.4, 2019.

DA SILVA, W. W. A., SILVA, A. L. J., DOS SANTOS, K. L. DE L. Silagem de sorgo cultivar ig100 e xs9454 após a colheita do grão: perfil fermentativo e estabilidade aeróbica. **International Journal of Agrarian Sciences-PDVAGRO**, v.3, n.1, p. 170-187, 2024.

DE ALBUQUERQUE RANGEL, J. H., DOS SANTOS, R. D., DE SOUZA, S. F., PIOVEZAN, U., & MUNIZ, E. N. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta para o Semiárido. Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas, Brasília, DF: **Embrapa**, PDF (256 p.) 2022.

DE ARAUJO FILHO, J. A., BARBOSA, T., & de CARVALHO, F. C. Sistema de produção silvopastoril para o semi-árido nordestino. **Embrapa**, 2017

DE CARVALHO, D. T. Q. Características de silagens de pornunça adicionadas de níveis de tanino comercial e seu uso em dietas para cabras leiteiras. 2015.

DE MEDEIROS, R. M. Sensações térmicas do período de 1977-2016 em Teresina-PI, Brasil. *Formação (Online)*, v.26, n.49. 2019

DE OLIVEIRA, F. T., Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, 2010.

DE OLIVEIRA, T. K., MACEDO, R. L. G., VENTURIN, N., & HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.01-01, 2009.

DE PAULA, T. A. Produção de silagem: aspectos agronômicos e valor nutricional em regiões semiáridas-revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v.25, n.2, p.127-154, 2021.

DE RESENDE, A. V. et al. Requerimentos nutricionais do milho para a produção de silagem. 2016.

DETMANN, E., SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C., QUEIROZ, A. C., BERCHIELLI, T. T., SALIBA, E. O. S., ... & AZEVEDO, J. A. G. Metodos para analise de alimentos do Instituto Nacional de Ciencia e Tecnologia de Ciencia Animal [Methods for food analysis of the National Institute of Science and Technology of Animal Science]. Visconde do Rio Branco, Brazil: Producao Independente. 2012

DOMINGUES, M.S., ANDRIGHETTO, C., LUPATINI, G. C., MATEUS, G. P., ARANHA, A. S., ONO, R. K., SHIGUEMATSU, M. M dos S., GIACOMINI, P. V., SEKIYA, B. M. S. Desenvolvimento e produtividade da forragem do milho consorciado com capim-marandu em sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v.38, n.6, p.3669–3680, 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n6p3669. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/21336>. Acesso em: 19 ago. 2024.

DOS SANTOS, F. G., RODRIGUES, J. A. S., SCHAFFERT, R. E., DE LIMA, J. M. P., PITTA, G. V. E., CASELA, C. R., & FERREIRA, A. D. S. BRS Ponta Negra variedade de sorgo forrageiro, 2007.

FERRARI JÚNIOR, E., LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1424-1431, 2001.

FERREIRA, A. L., SILVA, A. F., PEREIRA, L. G. R., BRAGA, L. G. T., DE MORAES, S. A., & DE ARAUJO, G. G. L. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal.**, v.10, n.1, p.983/990, 2019.

FERREIRA, M. A., LIRA, M. A., SAMPAIO, I. B. M. Efeito do Estádio Vegetativo do Sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a Composição Química da Silagem, Consumo, Produção e Teor de Gordura do Leite para Vacas em lactação, em Comparação à Silagem de Milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de**

Zootecnia, v.30, n.6, p.2086–2092, 2001.

FERREIRA, M.A., SILVA, F.M. DA, BISPO, S.V., & AZEVEDO, M. D. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.

GONTIJO NETO, M. M., ABREU, S., BORGHI, E., de RESENDE, A. V., PEREIRA FILHO, I. A., & COELHO, R. Cultivar de milho BRS 3046: produtividade e qualidade de forragem para silagem de planta inteira. **EMBRAPA**. 2020.

GUIM, A., ANDRADE, P. D., ITURRINO-SCHOCKEN, R. P., FRANCO, G. L., RUGGIERI, A. C., & MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2176-2185, 2002.

HEINRICH, A.J., BUCKMASTER, D. R., & LAMMERS, B. P. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, n.77, p.180- 186, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Estatísticos e Censo Agropecuário. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 nov. 2023.

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., & SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. **Forragicultura–Ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. Jaboticabal: Editora FUNEP, 2013.

KEPLIN, L. DA A. S., SANTOS, I. R. DOS. Silagem de milho. Campinas: Fundação ABC, 1996.

KUNG JR, 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.

LEMAIRE, G., FRANZLUEBBERS, A., DE FACCIO CARVALHO, P. C., & DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.4-8, 2014.

LIMA JÚNIOR, D. M., RANGEL, A. H. N., URBANO, S. A., OLIVEIRA, J. P. F., ARAÚJO, T. L. A. C. Silagem para vacas leiteiras no semiárido. **ACSA**. v.9, n.2, p.33- 42, 2013.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arvóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, **Editora Plantarum**, 2008.

LUSTOSA, A. A. Sistema silvipastoril-propostas e desafios. Revista Eletrônica LatoSensu–Ano, v.3, 2008.

LUDKIEWICZ, M. G. Z., DE ARAÚJO, L. C., GALINDO, F. S., ZAGATO, L. Q. S. D., Oliveira, A. R. F., & PINHEIRO, R. S. B. Sorgo forrageiro na integração lavoura-pecuária no cerrado: produtividade e composição químico-bromatológica da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p.251-261, 2016.

MACÊDO, A. J. S., SANTOS, E. M. PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, [S. l.], v.22, n.4,2019. DOI: 10.25110/arqvet.v22i4.6948.

MACEDO, R. L. G., BEZERRA, R. G., VENTURIN, N., VALE, R. S. do, OLIVEIRA, T. K. de. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

MAGALHÃES AM. Composição bromatológica da silagem de sorgo aditivada com a parte aérea do feijão catador (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Universidade Federal

da Bahia, Salvador, Brasil. 2014.

MAGALHÃES, J. A., RODRIGUES, B. H. N., COSTA, N. D. L., TOWNSEND, C. R., PEREIRA, R. D. A., PEIXOTO, M. J. A., & COSTA, M. R. G. F. Silagem mista de capim-elefante e leucena: proteína bruta e minerais, 2011.

MARAFON, F., NEUMANN, M., CARLETTO, R., DE LIMA WROBEL, F., 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, p.917-931, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n2p917.

MARCONDES, M. M. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 2, p. 173-192, 2012.

MARQUES, K. O., JAKELAITIS, A., GUIMARÃES, K. C., PEREIRA, L. S., CARDOSO, I. S., & LIMA, S. F. Production, fermentation profile, and nutritional quality of silage from corn and soybean intercropping. 2019

MARTIN, T. N., VIEIRA, V. C., MENEZES, L. F. G., ORTIZ, S., BERTONCELLI, P., STORCK, L. Bromatological characterization of maize genotypes for silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, PR, v.34, p.363-370, 2012.

MASSAFERA, D.A., FLORENTINO, L.A., RABELO, C.H.S., HÄRTER, C.J., REZENDE, A.V., REIS, R.A. Replacement of aruana grass by Gliricídia (*Gliricidia sepium*) on silage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.44, n.7, p.231-239, 2015.

McCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. *Feddstuffs*, v.49, p.49-52, 1977.

McDONALD P. The biochemistry of silage. New York: John Willey & Sons. p.226, 1981.

MEDEIROS, R. M., MENEZES, H. E. A., SANTOS, J. L. G. Climatologia da pluviometria do município de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, 2016.

MODESTO, E. C., SANTOS, G. T. D., ZAMBOM, M. A., DAMASCENO, J. C., BRANCO, A. F., & VILELA, D. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.944-950, 2008.

MORAN, J. P., WEINBERG, Z. G., ASHBELL, G., HEN, Y., & OWEN, T. R. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: **INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE**, v.11, p.162-163, 1996.

MONTANARI, R., PANACHUKI, E., LOVERA, L. H., OLIVEIRA, I. S., & BONINI, C. D. S. B. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. **Revista Agro@ambiente**. v.7, n.3, 252-261, 2013.

DE MOURA, R. L., NASCIMENTO, M., & ROCHA, S. Produção de fitomassa aérea de oito espécies arbustivas e arbóreas para uso em sistema silvipastoril. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 11.; SIMPÓSIO SERGIPANO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008.

NASCIMENTO, D. M., CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V., SILVA, A. H., FAVARETTO, N., PARRO, N. L. M. Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. **Soil and Tillage Research**, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle 7.ed. Washington: **National Academy Press**, p.362, 2001.

NERES, M.A., ZAMBOM, M.A., FERNANDES, T., CASTAGNARA, D.D., RODRIGUES, J.F.H., TAFFAREL, L.E., JAVORSKI, C.R., POZZA, M.S.D.S. Perfil

microbiológico e estabilidade aeróbica da silagem de capim-tifo 85 com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.381-387, 2013.

NEUMANN, M., VENANCIO, B. J., HORST, E. H., CRISTO, F. B., PETKOWICZ, K., PONTAROLO, G. B., MENDES, M. C., MARTINS, M. B. A. Qualidade da silagem de híbridos de milho em função do ponto de colheita. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 369–382, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n2p369.

NEUMANN, M., OST, P.R., PELLEGRINI, L.G., DEFAVERI, F.J. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Paraná. **Ambiência**, v.4, n.2, p.237-250, 2008.

OLIVEIRA, A. R. F., DE ARAUJO, L. C., LUDKIEWICZ, M. G. Z., ZAGATO, L. Q. S. D., GALINDO, F. S., & MARUNO, T. C. Produtividade, composição morfológica e químico-bromatológica do capim-marandu consorciado com sorgo forrageiro para renovação de pastagem degradada no Cerrado. **Revista Cultura Agrônômica**, v.26, n.1, p.69-81, 2017.

OLIVEIRA, A., TORRES, F., RODRIGUES, A., SANTOS, E., SILVA, R., SILVA, G., & GARCIA, F. Corn for silage in succession to coverage plants and *Azospirillum brasilense* in sandy soil. **Research, Society and Development**, v.11, n.13, e579111336057, 2022.

OLIVEIRA, D. E., MANELA, M. Q., GAMA, M. A. S. Associações de ingredientes e efetividade de fibra. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, L. B. de., PIRES, A. J. V., VIANA, A. E. S., MATSUMOTO, S. N., CARVALHO, G. G. P. de., RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.

OLIVEIRA, K. J. Valor nutritivo da silagem mista de milho e feijão guandu. 2022.

OLIVEIRA, T. K. de., MACEDO, R. L. C., VENTURIN, N., BOTELHO, S. A.; HIGASHIKAWA, E. M., MAGALHÃES, W. M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, n.1, p.40-50, 2007.

PACHECO, W. F., DE SOUZA CARNEIRO, M. S., PINTO, A. P., EDVAN, R. L., DE ARRUDA, P. C. L., & DO CARMO, A. B. R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.155-162, 2014.

PACHECO, W.F., CARNEIRO, M.S.S.PINTO, A.P., EDVAN, R.L., ARRUDA, P.C.L., CARMO, A.B.R. Composição químico-bromatológica de silagens de capim-elefante com níveis crescentes de feno de gliricídia. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.3, p.45-50, 2013.

PACIULLO, D.S.C., GOMIDE, C.A.M., CASTRO, C.R.T., FERNANDES, P.B. MÜLLER, M.C., PIRES, M.F.A., FERNANDES, E.N., XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1176-1183. 2011.

PASTOR, T. D. S. Avaliação bromatológica de diferentes genótipos de sorgo silageiro. 2022.

PAZIANI, S. D. F., DUARTE, A. P., NUSSIO, L. G., GALLO, P. B., BITTAR, C. M. M., ZOPOLLATTO, M., & RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 411-417, 2009.

PEDROTTI, A., CHAGAS, R. M., RAMOS, V. C., PRATA, A. P. N., LUCAS, A. A. T., SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p.1308-1324, 2015.

PEREIRA, O.G., SILVA, T.C., LEANDRO, E.S. Práticas na ensilagem versus qualidade higiênica da silagem. p.157-210. In: **V SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS**. Anais... Maringá, 2014.

PEREIRA, D. S., LANA, R. D. P., CARMO, D. L. D., & COSTA, Y. K. S. D. Chemical composition and fermentative losses of mixed sugarcane and pigeon pea silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, e43709, 2019.

PITT, R. E., MUCK, R. E., PICKERING, N. B. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, n.3, p.301-312, 1991.

QUARESMA, J. P. S., ABREU, J. G. D., ALMEIDA, R. G. D., CABRAL, L. D. S., OLIVEIRA, M. A. D., & RODRIGUES, R. C. Recuperação de matéria seca e composição química de silagens de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas a períodos de pré-emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.5, p.1232-1237, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000500022>.

QUEIROZ, M. A. A., GOEDERT, C. O., RAMOS, S. R. R. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

RAMOS, J. P. F., SANTOS, E. M., & SANTOS, A. P. M. Ensiling of Forage Crops in Semiarid Regions. InTech. 2016. DOI: 10.5772/65446.

RESENDE, J. A. Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo 2001. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

RIBASKI, J. et al. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. 2003.

RIBEIRO, A., EDVAN, R.L., VIEIRA, L.D.S., RODER, K.T.B., BARROS, D.M.A., BATISTA, A.P., SOUZA, R.M.D., PARAGUAI, V., MORAES, E.N.D., FERRAZ

FILHO, A.C. Preliminary Evaluation of Four Legume and Grass Species to Compose Roadside Revegetation in Piauí, Brazil. **Agronomy**, v.13, p.2283, 2023.

RIBEIRO, K. G., SOUZA, I. A., RIGUEIRA, J. P. S., CEZÁRIO, A. S., VALADARES FILHO, S. C., PEREIRA, O. G. Campo Grande style mixed silages and elephant grass treated with microbial inoculant. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.5, p.1729-1738, 2020.

RUPPEL, K. A., PITT, R. E., CHASE, L. E., & GALTON, D. M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.141-153, 1995.

RYSCHAWY, J., CHOISIS, N., CHOISIS, J. P., JOANNON, A., & GIBON, A. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming?. **Animal**, v.6, n.10, p.1722-1730, 2012.

SALTON, J. C., MERCANTE, F. M., TOMAZI, M., ZANATTA, J. A., CONCENÇO, G., SILVA, W. M., & RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.70-79, 2014.

SANDERSON, M. A., ARCHER, D., HENDRICKSON, J., KRONBERG, S., LIEBIG, M., NICHOLS, K., ... & AGUILAR, J. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. **Renewable agriculture and food systems**, v.28, n.2, p.129-144, 2013.

SANTOS, M. V. F., CASTRO, A. G., PEREA, J. M., GARCÍA, A., GUIM, A., & HERNÁNDEZ, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.232, p.25-43, 2010.

SANTOS, M. C. & KUNG L. "Effects of spoiled silages on animal performance." **2rd International Symposium on Forage Quality and Conservation Proceedings**. 2011.

SCHMIDT, P., ROSSI JUNIOR, P., JUNGES, D., DIAS, L. T., ALMEIDA, R. D., & MARI, L. J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.543-549, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000300011>.

SILVA, D.J. AND QUEIROZ, A.C. *Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)*. 3rd Edition, Imprensa. Universitária da UFV, Viçosa. 2002.

SILVA, H. W. D., SANTOS, A. T. D., BERTONCELLO, A., & GODINHO, A. M. M. Produtividade e valor nutritivo em diferentes intervalos entre cortes da gliricídia (Productivity and Nutritional Value at Different Intervals Between Gliricidia Cuttings). **Research, Society and Development**, v.11, n.1, 2022.

SILVA, M. D. A., DE SOUZA CARNEIRO, M. S., PINTO, A. P., POMPEU, R. C. F. F., SILVA, D. S., COUTINHO, M. J. F., & FONTENELE, R. M. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.571-578, 2015.

SILVA, N. G., SILVA, C. V. Percepção dos produtores rurais sobre os sistemas integrados na produção agropecuária (SIPAs). **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.14, n.2, p.172-186, 2020.

SILVA, T. S. Potencial do uso de palma forrageira e espécies tropicais na forma de silagem em dietas para ovinos. 2019.

SKONIESKI, F. R., NORNBORG, J. L., DE AZEVEDO, E. B., DE DAVID, D. B., KESSLER, J. D., & MENEGAZ, A. L. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.27-32, 2010.

SKORUPA, L. A., BEHLING, M., & PORFIRIO-DA-SILVA, V. O eucalipto e os desafios para a transferência de tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) 2021.

TABOSA, J. N., DOS REIS, O. V., NASCIMENTO, M. M., DE LIMA, J. M., DA SILVA, F. G., SILVA FILHO, J. G. & RODRIGUES, J. O sorgo sacarino no semi-árido brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos... Sete Lagoas: ABMS, 2010.

TEIXEIRA NETO, M. L., CARVALHO, G., de ARAUJO NETO, R. B., de AZEVEDO, D. M. P., da FROTA, M. N. L., MONTEIRO, F. D. C., ... & RIBEIRO, M. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) nos cerrados do Piauí e do Maranhão: estratégia de produção para quatro safras ao ano só com chuvas. 2019.

TEIXEIRA, F.A., AMIN, W.G., PAULA, M.S. Avaliação da produtividade das silagens de girassol, milho, sorgo e milheto em diferentes espaçamentos. **Nucleus**, v.6, p.1-14, 2009.

TOMICH, T. R., PEREIRA, L. G. R., Gonçalves, L. C., TOMICH, R. G. P., & BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação, 2003.

VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A. et al., CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. 2018. Disponível em: www.cqbal.com.br

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VASCONCELOS, W., SANTOS, E., EDVAN, R., SILVA, T., & MEDEIROS, G. Morfometria, produção e composição bromatológica da Maniçoba e Pornunça, em resposta a diferentes fontes de adubação. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, 4(2), 2010.

VELASQUEZ, A. V. Comparação dos métodos lignina detergente ácido (LDA),

lignina permanganato de potássio (LPer), lignina Klason (LK) e lignina brometo de acetila (LBA) na determinação do teor de lignina em plantas forrageiras e correlação com digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS). 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VIANA, M. C. M., GUIMARÃES, C. G., ALBERNAZ, W. M., MASCARENHAS, M., GONTIJO NETO, M. M., MACEDO, G., & FONSECA, R. Produção de forragem de sorgo, sob diferentes arranjos do eucalipto, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, Goiânia. 2010.

VIANA, M. C. M.; GUIMARAES, C. G.; ALBERNAZ, W. M.; MASCARENHAS, M.H.T.; GONTIJO NETO, M. M.; MACEDO, G.A.R.; MACÊDO, G.A.R.; FONSECA, R.F. Produção de forragem de sorgo, sob diferentes arranjos do eucalipto, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010b, Goiânia.

VIANA, P. T., PIRES, A. J. V., OLIVEIRA, L. B. D., CARVALHO, G. G. P. D., RIBEIRO, L. S. O., CHAGAS, D. M. T., ... & CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.292-297, 2012.

VILELA, L., MARTHA JUNIOR, G. B., & DE SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens, 2020.

VOLTOLINI, T. V., BELEM, K. V. J., DE ARAÚJO, G. G. L., DE MORAES, S. A., GOIS, G. C., & CAMPOS, F. S. Qualidade de silagens de leucena, gliricídia e pornunça com diferentes níveis de erva sal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.5, Supl1, p. 2363-2374, 2019.

VOLTOLINI, T.V.; NEVES, A.L.A.; GUIMARÃES FILHO, C.; SA, C.O.; NOGUEIRA, D.M.; CAMPECHE, D.F.B.; ARAUJO, G.G.L.; SA, J.L.; MOREIRA, J.N.; VESCHI, J.L.A.; SANTOS, R.D.; MORAES, S.A. Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; GAMA, P.C.G. (Eds.)

Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, v.1, p.201-242, 2010.

VON PINHO, R. G., VASCONCELOS, R. C. D., BORGES, I. D., & RESENDE, A. V. D. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v.66, p.235-245, 2007.

WRIGHT, I. A., TARAWALI, S., BLÜMMEL, M., GERARD, B., TEUFEL, N., & HERRERO, M. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, n.5, p.1010-1015, 2012.

ZANINE, A. DE M. et al. Fermentative profile, losses and chemical composition of silage soybean genotypes amended with sugarcane levels. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.1–10, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-78217-1.

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.