

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ERCVANIA RODRIGUES COSTA

**FUBÁ DE MILHO COMO ADITIVO NA ENSILAGEM DE GENÓTIPOS DE CAPIM-
ELEFANTE [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] CONSORCIADOS COM
CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.)**

**RECIFE
2021**

ERCVANIA RODRIGUES COSTA

**FUBÁ DE MILHO COMO ADITIVO NA ENSILAGEM DE GENÓTIPOS
DE CAPIM-ELEFANTE [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone]
CONSORCIADOS COM CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Coorientadores: Profa. Dr^a. Adriana Guim; Dr^a. Suellen Brandão de Miranda Costa

**RECIFE
2021**

Dados Internacionais de Catalogação
na Publicação Universidade
Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas

Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

E65f

Costa, Ercvania Rodrigues Costa

Fubá de milho como aditivo na ensilagem de genótipos de capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] consorciados com cunhã (*Clitoria ternatea* L.) / Ercvania Rodrigues Costa Costa. - 2021.

49 f. : il.

Orientadora: Alexandre Carneiro Leao de Mello.
Coorientadora: Adriana Guim e Suellen Brandao de
Miranda Costa. Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2021.

1. Ácidos orgânicos. 2. Aditivo. 3. Leguminosa. 4. *Pennisetum purpureum*. 5. Perfil fermentativo. I. Mello, Alexandre Carneiro Leao de, orient. II. Costa, Adriana Guim e Suellen Brandao de Miranda, coorient. III. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**FUBÁ DE MILHO COMO ADITIVO NA ENSILAGEM DE GENÓTIPOS
DE CAPIM-ELEFANTE [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone]
CONSORCIADOS COM CUNHÃ (*Clitoria ternatea* L.)**

Dissertação elaborada por

ERCVANIA RODRIGUES COSTA

Aprovada em 30/ 07/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof: Dr. Edson Mauro Santos
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof: Dr. Valdson José da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

BIOGRAFIA

Ercvania Rodrigues Costa, filha de Astrogildo Ferreira Costa e Dionisia Rodrigues Costa, nasceu em 13 de dezembro de 1989, na cidade de João Lisboa, Maranhão. Em 1992, mudou-se juntamente com a família para a cidade de Barreirinha no estado do Amazonas, onde cursou a maior parte do ensino fundamental. Em 2005, com 15 anos, mudou-se para a cidade de Parintins/AM, onde finalizou o ensino fundamental e iniciou o ensino médio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, *campus* Parintins/AM, no qual cursou o ensino técnico em Recursos Pesqueiros e Agropecuária Subsequente.

Em 2010, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM, *campus* Parintins. Na caminhada acadêmica realizou monitoria voluntária pelas disciplinas, Forragicultura e Bubalinocultura. Foi bolsista pela FAPEAM durante quatro anos, desenvolvendo projeto de pesquisa e extensão na área de Forragicultura e Conservação de Volumoso e Nutrição de Ruminantes. Na busca por experiência, realizou o estágio extracurricular no Núcleo de Pesquisa e Transferência de Tecnologias Agropecuárias da Embrapa para o Baixo Amazonas - NAPTT/EMBRAPA, supervisionado por Jeferson Luiz Vasconcelos de Macêdo.

Em 2019, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na área de concentração em Forragicultura pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife, sob orientação do professor Alexandre Carneiro Leão de Mello, onde concluiu o curso no ano de 2021.

Dedico este trabalho de conclusão de curso, à toda minha família, em especial ao meu pai
Astrogildo Ferreira Costa (in memória) pelo apoio incondicional às minhas escolhas,
dedicação e incentivo aos meus estudos. Muito obrigada, Pai!

AGRADECIMENTO

Primeiramente sou grata à Deus, por toda força, sabedoria, saúde e por não ter deixado eu perder a fé diante de situações inusitadas;

À minha família, por todo apoio em minhas escolhas e incentivo para seguir os estudos, do qual tenho muito orgulho por ter tido essa oportunidade, pois é um caminho que nos transforma constantemente e que pode nos levar a lugares dos quais jamais imaginávamos;

Ao professor Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello, pela orientação e conselhos aplicáveis ao crescimento profissional e pessoal, muito obrigada por toda disposição e atenção no decorrer desta etapa;

Às minhas coordenadoras, professora Dra. Adriana Guim e Dra. Suellen Brandão de Miranda Costa;

A todos os professores da UFRPE dos quais tive oportunidade de conhecer e por todo o conhecimento repassado, foi uma grande honra cursar as disciplinas do mestrado com vocês, em especial as professoras Adriana Guim e Mércia Virginia Ferreira dos Santos, bem com os professores Alexandre Carneiro Leão de Mello, Márcio Vieira da Cunha, Levy Paes Barreto e José Carlos Batista Dubeux Junior;

Ao do professor Dr. Jorge do Laboratório de Engenharia Química de Alimento (DEQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), por todo o apoio e digníssima atenção ao mim receber e contribuir para a realização de algumas análises laboratoriais;

A todas as pessoas que contribuíram para que eu conseguisse concluir esta etapa, em particular minha amiga Rita Brito Vieira, que esteve comigo nos momentos mais difíceis. Agradeço por ter sempre uma palavra de incentivo e pela paciência durante esses dois anos e meio de convivência. Ao Pedro Henrique Ferreira da Silva pelo apoio, paciência e sua digníssima contribuição para a realização deste trabalho;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ter concedido a oportunidade e o apoio recebido durante a realização do curso de Mestrado em Zootecnia, bem como, pela estrutura oferecida pelo campus através de seu corpo docente e profissionais técnicos,

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição animal (LNA), Carlos e Vanessa que foram cruciais para a realização de etapas desta pesquisa;

Aos demais funcionários do Departamento de Zootecnia em nome do senhor José Pedro, por sempre me fortalecer com palavras de incentivo, apoio, acessibilidade e companheirismo;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro a pesquisa.

A todos meu muito Obrigada!

“Você ganha força, coragem e confiança através de cada experiência em que você realmente
para e encara o medo de frente”

Eleanor Roosevelt

RESUMO

A pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o efeito da adição de fubá de milho sobre as perdas por gases e efluentes, valor nutritivo e a estabilidade aeróbica de silagens de dois genótipos de capim elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] consorciados com cunhã (*Clitoria ternatea* L.). O experimento foi desenvolvido sob delineamento inteiramente casualizado, seguindo arranjo fatorial 2 x 2 composto por dois genótipos de capim-elefante (Taiwan A-146 2.37 e IRI-381), ambos consorciados com cunhã, colhidos aos 75 dias de rebrotação, com e sem aditivo, com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em silos experimentais de PVC, que permaneceram fechados por 60 dias. Maiores valores de perda por gases (1,2% MS) ocorreram nas silagens do genótipo Taiwan A-146 2.37. As silagens aditivadas apresentaram menor perda total de matéria seca (MS) e maior com recuperação de MS, com valores de 16,5% MS e de 83,5% respectivamente. A presença do aditivo também promoveu maior concentração de carboidratos solúveis em água remanescente (2,22 mg/g MS). Maiores valores de pH (4,2) e menor concentração de etanol foram observados nas silagens do Taiwan A-146 2.37. Embora não tenha sido observado diferença entre as concentrações de ácidos orgânicos, presume-se que todas as silagens apresentaram bom perfil fermentativo, tendo em vista a alta concentração de ácido láctico (103 g/Kg MS) e reduzida concentração de ácido butírico (0,3 g/Kg MS). Maiores teores de matéria mineral, menores teores de matéria orgânica e fibra insolúvel em detergente ácido foram observados nas silagens confeccionadas de Taiwan A-146 2.37. As silagens aditivadas apresentaram maiores teores de MS (221 g/Kg MS), digestibilidade in vitro da matéria seca, menores teores de fibra em detergente neutro (584 g/Kg MS), ácido (357 g/Kg MS), celulose (305 g/Kg MS) e hemicelulose (229 g/Kg MS). Houve interação ($P < 0,05$) genótipo \times aditivo para proteína bruta (PB), com maior valor para a silagem de Taiwan A-146 2.37 (116 g/Kg MS). Todas as silagens perderam a estabilidade aeróbica após 45 horas da abertura dos silos. A adição de fubá de milho não resultou em aumento nas concentrações de ácido láctico, porém observou-se melhoria no perfil fermentativo das silagens e baixas concentrações de ácido butírico. Outros parâmetros fermentativos (pH e nitrogênio amoniacal) também indicaram que não ocorreu fermentação secundária nas silagens. De maneira geral, não foram observadas diferenças relevantes no valor nutritivo das silagens dos genótipos avaliados. A presença da cunhã não influencia negativamente no perfil fermentativo de silagens de capim-elefante. A adição de 5% de fubá de milho promove menores perdas e maior recuperação de matéria seca e valor nutritivo de silagens de capim-elefante.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos; Aditivo; Leguminosa; *Pennisetum purpureum*, Perfil fermentativo; Silagem de gramínea.

ABSTRACT

The research was conducted to evaluate the effect of cornmeal addition on gas and effluent losses, nutritional value and aerobic stability of silages of two elephant grass genotypes [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] intercropped with butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). The experiment was carried out under a completely randomized design, following a 2 x 2 factorial arrangement composed of two elephant grass genotypes (Taiwan A-146 2.37 and IRI-381), both intercropped with butterfly pea and harvested at 75 days of regrowth, with and without additive on four repetitions. The silages were made in experimental PVC silos, which remained closed for 60 days. Higher gas loss values (1.2% DM) occurred in the Taiwan A-146 genotype silages 2.37. Additive silages showed lower total loss of dry matter (DM) and higher with DM recovery, with values of 16.5% DM and 83.5%, respectively. The presence of the additive also promoted a higher concentration of soluble carbohydrates in remaining water (2.22 mg/g DM). Higher pH values (4.2) and lower ethanol concentration were observed in Taiwan A-146 2.37 silages. Although no difference of organic acids concentration was observed it is assumed that all silages had good fermentative profile, considering the lactic acid high concentration (103 g/Kg MS) and low concentration of butyric acid (0.3 g/kg MS). Higher mineral matter content, lower organic matter content, and acid detergent insoluble fiber were observed in silages made from Taiwan A-146 2.37. The additive silages had higher DM contents (221 g/Kg DM), in vitro digestibility of dry matter, lower levels of fiber on neutral detergent (584 g/Kg DM), acid (357 g/Kg DM), cellulose (305 g/kg MS), and hemicellulose (229 g/kg MS). There was interaction ($P < 0.05$) genotype \times additive for crude protein (CP), with the highest value for the Taiwan A-146 2.37 silage (116 g/Kg MS). All silages lost aerobic stability 45 hours after opening the silos. The addition of cornmeal did not result in an increase in lactic acid concentrations, but there was an improvement in the fermentative profile of the silages and low concentrations of butyric acid. Other fermentative parameters (pH and ammonia nitrogen) also indicated that there was no secondary fermentation in the silages. In general, no relevant differences were observed in the nutritional value in the silages of the evaluated genotypes. The presence of butterfly pea does not negatively influence the fermentation profile of elephant grass silages. The addition of 5% cornmeal promotes lower losses and greater recovery of dry matter and nutritive value of elephant grass silages.

Keywords: Additive; Fermentation profile; Forage legume; Grass-based silage; Organic acids, *Pennisetum purpureum*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Precipitação mensal (■) e temperaturas máxima (—), média (—) e mínima (—) em 2020.

Fonte: EECAC/UFRPE e APAC (2020)

.....29

Figura 2: Variação da temperatura de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química-bromatológica, coeficiente de fermentação (CF), capacidade tampão (CT) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do fubá de milho e das misturas de forragem antes da ensilagem.....	32
Tabela 2. Perdas e recuperação da matéria seca de silagens de genótipos de capim-elefante consorciados com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.....	36
Tabela 3. Perfil fermentativo de silagens de genótipos de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.....	39
Tabela 4. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.....	43
Tabela 5. Interação genótipo × aditivo (fubá de milho) sobre os teores de proteína bruta (g kg ⁻¹) de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CSA – carboidratos solúveis em água
- CSAr– carboidratos solúveis em água remanescente
- CEL – celulose
- CIDA – cinzas insolúveis em detergente ácido
- CIDN – cinzas insolúveis em detergente neutro
- CF – coeficiente de fermentabilidade
- CHF – carboidrato não fibroso
- CT – capacidade tampão
- EE – extrato etéreo
- FBN- fixação biológica de nitrogênio
- FDA – fibra em detergente ácido
- FDN – fibra em detergente neutro
- HEM – hemicelulose
- LIG – lignina
- MM – matéria mineral
- MS – matéria seca
- N-NH₃/NT – nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total
- PB – proteína bruta
- PE – perdas por efluentes
- PG – perdas por gases
- pH – potencial hidrogeniônico
- PIDA – proteína insolúvel em detergente ácido
- PIDN – proteína insolúvel em detergente neutro
- RMS – recuperação de matéria seca

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Produção de ruminantes à pasto x estacionalidade da produção forrageira	14
2.3 Capim-elefante	18
2.5 Cunhã	20
2.6 Fubá de milho como aditivo na ensilagem de gramíneas tropicais	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira é representada principalmente pela produção de ruminantes com predominância na exploração de bovinos de corte e leite, mantidos à pasto. O pasto é predominante, como fonte de volumoso de menor custo de produção de matéria seca se comparados à outras fontes de alimentos. Entretanto, a produção de forragem apresenta variação estacional ao longo do ano, de maneira que, nas épocas desfavoráveis ao crescimento vegetal ocorre o déficit alimentar sendo necessária a suplementação dos animais.

Neste cenário, a produção de silagem surge como excelente alternativa para alimentação volumosa em épocas de baixo rendimento dos pastos (EPIFANIO et al., 2016), sendo amplamente utilizada dentre os métodos de conservação de forragem existentes (SANTOS A. et al., 2018).

Uma gramínea tropical exótica que vem se destacando na produção de silagem é o capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone]. Quando bem manejado e em época favorável esta gramínea pode apresentar alto potencial de produção de forragem e elevado valor nutritivo (MONÇÃO et al., 2020; LOPES et al., 2021), com respostas satisfatórias sob adubação nitrogenada (DOURADO et al., 2019) e aceitabilidade pelos animais (RIBEIRO et al., 2020).

Embora o capim-elefante apresente características produtivas favoráveis para a produção de silagem com razoável custo × benefício quando colhido na idade recomendada, esta apresenta limitações para a confecção de silagem de qualidade, como baixos teores de matéria seca (MS), carboidratos solúveis em água (CSA) e alta capacidade tampão (CT) (BEZERRA et al., 2019; SILVA et al., 2020). Tais características podem inibir a redução do pH, favorecendo a predominância de bactérias (*Clostridium*) responsáveis por fermentações secundárias (RIBAS et al., 2021), comprometendo o processo fermentativo e levando as perdas.

Contudo, o uso de aditivos podem melhorar o perfil fermentativo da massa ensilada e diminuir perdas, podendo proporcionar aumento no valor nutritivo da silagem de gramíneas tropicais (MONTEIRO et al., 2011; FERREIRA et al., 2013; NEGRÃO et al., 2016; ZANINE et al., 2018; BEZERRA et al., 2019). Além disso, a inclusão de outras espécies forrageiras, tais como as leguminosas podem servir como uma alternativa viável ao incremento do teor de MS, bem como o teor de proteína bruta (PB) da massa a ser ensilada (ANDRADE et al., 2019; RIBEIRO et al., 2020).

Dentre as leguminosas com potencial forrageiro, tem-se a Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) (JUMA et al., 2006; ABREU et al., 2014), com possibilidade de proporcionar melhoria do valor nutritivo da silagem, podendo ser utilizada através do cultivo consorciado com o capim-elefante

(LEMOS et al., 2021). A cunhã vem se destacando em cultivos na região nordeste, principalmente por sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (BARROS; ROSSETTI; CARVALHO, 2004). Merece destaque sua tolerância aos longos períodos de estiagem, bem como o incremento de nitrogênio ao sistema solo-planta-animal, mediante simbiose com bactérias do gênero *Rizhobium* que fixam nitrogênio atmosférico (NUNES et al., 2018).

Por outro lado, de maneira geral, as leguminosas apresentam alta CT, o que pode dificultar a redução do pH da massa ensilada e, portanto, reduzir sua capacidade fermentativa (LIU; DONG; SHAO, 2018), sendo imprescindível o aumento de fontes de CSA para evitar perdas de MS devido à má fermentação (BORREANI et al., 2018). Neste sentido o fubá de milho (*Zea mays* L.), pode ser utilizado como um excelente aditivo sequestrante de umidade, além de contribuir para elevar a concentração de CSA, principal substrato para as bactérias produtoras de ácidos orgânicos. Andrade et al. (2012) obteve elevação do teor de MS do capim-elefante de 21% para próximo de 29%, com a inclusão de 10% de fubá de milho.

O cultivo do capim-elefante em consórcio com a cunhã poderá contribuir com o teor de MS e o valor nutritivo das silagens desta gramínea, uma vez que a cunhã pode alcançar elevado teor de PB. Adicionalmente, o uso de aditivos como o fubá de milho pode favorecer o aumento do teor de MS e de CSA, contribuindo para um melhor padrão fermentativo e reduzindo a ocorrência de fermentações secundárias realizadas por bactérias do gênero *Clostridium*, além de contribuir para minimizar as perdas por gases e efluentes, aumentando a recuperação da MS e valor nutritivo das silagens.

Dessa forma, este trabalho pautou-se no objetivo de avaliar o efeito da adição de fubá de milho sobre as perdas por gases e efluentes, coeficiente de fermentabilidade, valor nutritivo e a estabilidade aeróbica de silagens de dois genótipos de capim-elefante, cultivados em consórcio com a cunhã, na Zona da Mata norte de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de ruminantes à pasto x estacionalidade da produção forrageira

As pastagens apresentam importante papel na pecuária mundial, isto porque são capazes de fornecer a maior parte dos nutrientes requeridos pelos animais, a um menor custo, quando comparados a outras fontes de alimentos. Além disso, podem fornecer diversos serviços ao

ecossistema, devido seu papel multifuncional para sistemas de cultivo de herbívoros (DUMONT et al., 2020).

No Brasil, a produção pecuária baseia-se, em sua grande maioria, na exploração do pasto como base da alimentação dos animais (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2013). Atualmente, no país há cerca de 158,6 milhões de hectares de pastagens, entre nativas e cultivadas (MAPA, 2019). Entretanto, a grande maioria dessas pastagens encontra-se em algum grau de degradação, resultante de diversos fatores de manejo (ZIMMER et al., 2012; DIAS-FILHO 2014; JANUSCKIEWICZ et al., 2015), sobretudo pela utilização de carga animal acima da capacidade de suporte, além de baixa reposição de nutrientes ao solo, via correção e adubação.

De maneira geral, investimentos insuficientes em tecnologias e insumos destinados à formação das pastagens, o manejo inadequado, a baixa fertilidade do solo e a falta de reposição de nutrientes, assim como os impactos das mudanças climáticas e as flutuações nas chuvas, que contribuem para estacionalidade da produção forragem, são considerados os principais gargalos na produção de animais à pasto (BARCELLOS et al., 2008; ZIMMER et al., 2012; SALGADO et al., 2020). Além disso, a escolha de espécies forrageiras não adaptadas ao clima ou ao sistema de produção, também contribui para a degradação das pastagens.

A estacionalidade da produção forrageira é um fator determinante na redução da oferta de forragem para os animais ao longo do ano (RODRIGUES et al., 2020). Este cenário resulta na produção de forragem insuficiente para suprir as demandas por alimento no período seco do ano, mediante o menor desenvolvimento das plantas neste período, afetando a oferta de forragem e, conseqüentemente, o desempenho animal (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2016; NEGRÃO et al., 2016).

Apesar dos suplementos concentrados resultarem em elevação do desempenho animal, sem a necessidade de terra adicional, os benefícios nem sempre superam os custos (ATES et al., 2017), visto que os principais ingredientes utilizados na suplementação animal (soja e milho) apresentam preços elevados (FURTADO et al., 2014), muitas vezes afetando a rentabilidade do sistema produtivo, além da necessidade de ingestão de fibra que os ruminantes apresentam.

O uso de técnicas que possibilitem a conservação do alimento volumoso produzido na época favorável ao crescimento das forrageiras para suprir a demanda alimentar na época desfavorável, pode minimizar os impactos negativos do déficit de forragem nesta época do ano, permitindo maior uniformidade na produção pecuária ao longo do ano (MONÇÃO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; RIBAS et al., 2021). Desta forma, a produção de silagem surge

como excelente alternativa para armazenamento de forragem de suplementação volumosa em épocas de baixa produção de forragem (EPIFANIO et al., 2016; NEGRÃO et al., 2016).

2.2 Ensilagem x valor nutritivo

A ensilagem é uma técnica de conservação de alimento em meio ácido através da fermentação anaeróbica. Durante esse processo, o alimento é conservado mediante a ação de microrganismos anaeróbicos que utilizam como substrato principal os CSA, que ajudam na produção de ácidos orgânicos necessários para promover a redução do pH da massa ensilada. O meio ácido e a ausência de oxigênio são cruciais para inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, permitindo a estabilização dos processos fermentativos e preservação do valor nutritivo do material ensilado (MUCK 2010; JOBIM; NUSSIO, 2013).

Mesmo sendo considerado um processo simples, durante a ensilagem existem muitos fatores que podem contribuir para perdas e afetar o valor nutritivo do produto final. As maiores perdas do valor nutritivo da silagem estão relacionadas as características inerentes a planta forrageira, bem como as práticas de manejo durante seu cultivo, confecção, armazenamento (ADESOGAN et al., 2003) e fornecimento da silagem aos animais (BORREANI et al., 2018).

A técnica de ensilagem não melhora a qualidade do material ensilado, pelo contrário, sempre ocorrem perdas quantitativa, como no valor nutricional resultantes da sequência de operações do processo que vai desde a colheita da forragem, passando pelo enchimento, compactação e vedação da forragem no silo. É recomendado que as perdas não ultrapassem os 15%, porém quando se trata de silagens de gramíneas tropicais, em geral são observadas perdas em torno de 25 a 30% (CAVALCANTE; SILVA; OLIVEIRA, 2020).

Existe uma grande variedade de plantas forrageiras que apresentam potencial para produção de silagem. Os teores de MS e de CSA, juntamente com a capacidade tampão, são três das principais características a serem avaliadas nas plantas para obter uma silagem de boa qualidade. Segundo Jobim et al. (2007), a alta umidade e o baixo teor de CSA atuam sinergicamente, resultando em baixa capacidade fermentativa, devido a menor eficiência na redução do pH da massa. De acordo com os autores, o elevado teor de umidade na massa resulta na diluição dos ácidos produzidos durante a fermentação e em lenta queda do pH, prolongando o período de sobrevivência de microrganismos indesejáveis.

Dependendo do material vegetal a ser ensilado, o pH pode variar entre 5 e 6, que deverá reduzir após o início dos processos fermentativos e produção dos ácidos no silo, sendo que quanto mais rápida for a queda do pH menores serão as perdas, principalmente em relação a degradação da proteína mediante a inibição do crescimento de microrganismos anaeróbios

indesejáveis, tais como enterobactérias e clostrídios (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O teor de MS interfere diretamente em processos inerentes à ensilagem, como tamanho de partículas, compactação, perdas por efluentes e osmolaridade do meio. O baixo teor de MS de gramíneas tropicais pode resultar elevada produção de efluentes, assim como no desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* e ocorrência de fermentação secundárias, resultando por exemplo na produção de ácido butírico, gerando perdas de nutrientes (DIAS et al., 2019).

A maior osmolaridade causada pela umidade elevada pode fazer com que haja diluição dos ácidos orgânicos, resultando em diminuição no potencial da redução do pH e promovendo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. O teor de MS considerado é de, aproximadamente, 30%, porém pode variar de 28 à 40% garantindo um resultado de ensilagem de qualidade satisfatória (JOBIM; NUSSIO, 2013), ou até mesmo em torno de 25% de MS, já é capaz de garantir bom perfil fermentativo (BORREANI et al., 2018). Lembrando que a faixa de MS adequada pode variar também de acordo com os teores de CSA e capacidade tampão da massa ensilada, visto que a coeficiente de fermentabilidade é uma relação entre esses três fatores.

Os níveis de CSA contribuem para o desenvolvimento de bactérias homo e heterofermentativas, que produzem os ácidos orgânicos. Os principais CSA sem culturas forrageiras são glicose, frutose, sacarose e frutanas (PETTERSSON; LINDGREN, 1990), os quais variam de acordo com a espécie, cultivar, estágio de crescimento, intensidade de luz, temperatura, aplicação de fertilizantes, dentre outros (McDONALD, 1981).

Enquanto que as concentrações de CSA regem os parâmetros de produção de ácido láctico, a CT das plantas está diretamente relacionada com a resistência na redução do pH da massa ensilada, podendo esta ser atribuída em grande parte aos ânions (sais ácidos orgânicos, sulfatos, nitratos e cloretos), com somente 10 a 20% resultantes da ação de proteínas vegetais (ÁVILA et al., 2006).

Para determinar a qualidade da fermentação, existem alguns parâmetros que devem ser avaliados em conjunto, dentre os quais, destacam-se os valores de pH, teores de MS, os ácidos orgânicos e a concentração de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$) das silagens. São desejáveis valores reduzidos de N amoniacal, visto que a presença de amônia (NH_3) na silagem é derivada do catabolismo de aminoácidos, podendo impedir a redução do pH, além de reduzir a fração nitrogenada que seria utilizada pelos animais. Concentrações elevadas de $N-NH_3/NT$ atuam, portanto, como um indicativo de fermentação indesejável, sendo

que silagens bem conservadas não devem apresentar valores de NH_3 abaixo de 10% do $\text{N-NH}_3/\text{NT}$, visto que valores acima de 15% indicam proteólise excessiva (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; VAN SOEST, 1994).

Considerando a elevada produtividade, o que resulta em menores custos da matéria seca produzida, as gramíneas tropicais perenes se apresentam como uma alternativa interessante para a produção de silagem (VENDRAMINI et al., 2010). De modo geral, as gramíneas apresentam altos teores de umidade e baixos teores de CSA, porém esses fatores acabam limitando a produção da silagem de qualidade, sendo necessária a utilização de técnicas que visem reverter essas limitações (McDONALD, 1981).

2.3 Capim-elefante

Dentre as gramíneas tropicais, o capim-elefante vem se destacando na produção de silagem, pois apresenta genótipos de elevada produtividade, valor nutritivo satisfatório e boa aceitabilidade pelos animais (SANTOS et al., 2013; DIAS et al., 2019; MONÇÃO et al., 2020; RIBEIRO et al., 2020; LOPES et al., 2021). Estudos voltados ao melhoramento genético desta, contribuem para a oferta de genótipos melhorados, voltados tanto para o pastejo, quanto para corte (LIRA et al., 2010), sendo esta última a principal forma de utilização dessa gramínea.

O capim-elefante é uma espécie de gramínea pertencente à família Poaceae, originária da África. A espécie vem se destacando principalmente por seu elevado potencial produtivo, bem como por sua adaptação à diversas condições edafoclimáticas, encontrando-se, portanto, amplamente distribuído em diversas partes do Brasil e do mundo, desde regiões tropicais e subtropicais. Apesar de ser adaptado a climas tropicais e responder bem à adubação nitrogenada (DOURADO et al., 2019), o capim-elefante concentra a maior parte de sua produção (70 a 80%) durante o período chuvoso (LOPES et al., 2005).

Esta gramínea é caracterizada por florescimento tardio, apresenta touceiras eretas, folhas largas, lâminas longas e colmos grossos (PEREIRA et al., 2016), abrangendo genótipos considerados de porte alto (na maior parte dos genótipos) e porte baixo (LIRA et al., 2010; SANTOS et al., 2013; LEMOS et al., 2021).

Santos et al. (2013), estudando cinco genótipos de capim-elefante para a produção de silagem, observaram que o genótipo Taiwan A-146 2.37 (porte baixo) apresentou maior teor de MS (237 g kg^{-1}), em comparação com os clones Mott (187 g kg^{-1}), Elefante B (190 g kg^{-1}) e Taiwan 2.114 (166 g kg^{-1}) e HV 241 (192 g kg^{-1}) e também melhor coeficiente de fermentação no processo de ensilagem. Lemos et al. (2021) avaliaram quatro genótipos de capim-elefante: IRI-381 e Elefante B, de porte alto, além de Taiwan A-146 2.37 e Mott, de porte baixo,

cultivados em monocultivo, e também reportaram teor médio de MS da silagem de 237 g kg⁻¹, aproximando-se de valores de MS (250 g kg⁻¹) recomendados (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Embora apresente elevada produtividade, mesmo sendo colhido na idade adequada para a ensilagem, comumente a forragem colhida apresenta teores de MS e CSA abaixo dos níveis ideais. Neste caso, recomenda-se o emprego de algumas práticas de manejo visando minimizar os efeitos negativos desses reduzidos teores, os quais podem resultar em fermentações indesejáveis, elevando a perda no valor nutritivo da silagem (CÂNDIDO et al., 2007; DIAS et al., 2019).

O teor de MS do capim-elefante pode ser aumentado retardando a idade de corte, porém esse processo compromete o valor nutritivo da massa ensilada, principalmente em relação as frações fibrosas da forragem que impedem a elevação dos níveis desejados do teor de MS (LOPES et al., 2021). A desidratação parcial do material, por meio do emurchecimento também pode elevar o teor de MS e contribuir para melhorar os índices de fermentabilidade (GUIM et al., 2002; CARVALHO et al., 2008; RIBAS et al., 2021).

Uma outra forma que pode ser utilizada para redução da umidade do capim-elefante é a utilização de aditivos sequestrantes de umidade durante processo de ensilagem. A escolha do aditivo varia de acordo com as características do material ensilado, podendo ser classificados como absorventes de umidade, estimuladores ou inibidores da fermentação, nutritivos e inibidores da deterioração aeróbica (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Quando se trata de gramíneas tropicais com alta umidade, entre os principais fatores a serem considerados na escolha de um aditivo, está em apresentar adequados teores de MS e CSA, alto valor nutritivo, boa aceitabilidade pelos animais, fácil manipulação, disponibilidade no mercado e baixo custo (SANTOS et al., 2010; ANDRADE et al., 2012). A adição de leguminosas como aditivo na massa ensilada, poderá proporcionar melhoria também no valor nutritivo, mediante a possibilidade de aumento do teor de PB na dieta.

Ridwan et al. (2015) verificaram que o aumento dos níveis da leguminosa (*Calliandra calothyrsus*) na silagem de capim-elefante, teve efeito significativo no seu valor nutritivo, além de reduzir o índice de diversidade microbiana da silagem. Rigueira et al. (2017) observaram que a silagem confeccionada a partir do capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) em consórcio com a leguminosa estilósantes, melhorou a composição química e reduziu as perdas de matéria seca das silagens, além de diminuir os teores de FDN das silagens com adição da leguminosa. Os autores concluíram que a utilização de 20 a 30% de estilósantes na matéria ensilada, resultou em uma maior recuperação de matéria seca das silagens.

2.5 Cunhã

A *Clitoria ternatea* L., comumente conhecida no Brasil como cunhã, ou ainda ervilha borboleta, é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, herbácea, perene, com hábito de crescimento volúvel e vigoroso e folhas pinadas (5 a 7 folíolos) (ABREU et al., 2014), com considerável cobertura do solo e persistência. Presume-se que a cunhã é originária da Ásia (GUERRA et al., 2007), porém encontra-se amplamente distribuída por toda a planície úmida dos trópicos da África, Ásia e América Central, apresentando portanto, adaptação a ampla variação edafoclimática, desde de clima tropicais à subtropicais, possuindo resistência à seca e a solos argilosos (HALL, 1985).

De acordo com Barro e Ribeiro (1983), além da elevada tolerância à seca, mediante suas raízes profundas, a cunhã responde bem à irrigação, podendo alcançar, sob adubação e irrigação, até oito cortes por ano com intervalos de 42 dias. Os rendimentos de MS/ha, da cunhã pode ser bastante variável (960 a 4.047 kg/ha MS), apresentando a tendência de aumento a cada safra sucessiva, refletindo sua persistência (WHITBREAD; PENGELLY; SMITH, 2005; WHITBREAD; HALL; PENGELLY, 2009). Silva et al. (2010) avaliando duas frequências de corte (28 e 56 dias), observaram que o acúmulo de biomassa da cunhã foi influenciada pela frequência de corte, com maior produção aos 56 dias em comparação aos 28 dias.

A utilização da cunhã pode ser explorada com diferentes finalidades, na produção de forragem, fonte de inseticida ecológico e fixação de nitrogênio, sendo uma excelente alternativa para uso na rotação de culturas (OGUIS et al., 2019) e consórcios com gramíneas, melhorando a fertilidade do solo e, no caso de uso como forrageira, aumentando o conteúdo proteico da dieta dos animais (AVALOS et al., 2004; ABREU et al., 2014). Além disso, as leguminosas forrageiras podem servir como fonte de PB mais acessível em comparação aos concentrados (SILVA et al., 2016; EPIFANIO et al., 2016; ATES et al., 2017; SALGADO et al., 2020). Desta forma, o déficit alimentar das pastagens pode ser minimizado, resultando em aumento do desempenho animal.

Assim como muitas outras espécies de leguminosas (SHAMSELDIN; ABDELKHALEK; SADOWSKY, 2017), a cunhã apresenta grande importância por estabelecer simbioses específicas com microrganismos do solo, como as bactérias do gênero *Rhizobium* (NUNES et al., 2018). Dentre os quais muitos destes podem realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) atmosférico na forma de dinitrogênio (N₂), denominadas coletivamente de "rizóbios" (DOYLE, 1994). De acordo com Dubeux Junior et al. (2017), as raízes e os rizomas das leguminosas são responsáveis por grande parte do aporte de N para o sistema.

Além de melhorar a qualidade da dieta, a inclusão da cunhã no sistema de produção, pode refletir em menor custo com adubação nitrogenada, contribuindo para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) (SUTER et al., 2015; ASHWORTH et al., 2018), como o óxido nitroso (N_2O) decorrente, principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados (LIU et al., 2010; SCHMEER et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2016), e o metano (CH_4) oriundo de processos entéricos de animais ruminantes ao contribuir para melhoria da dieta (ARNDT et al., 2015; HRISTOV et al., 2018; ZUBIETA et al., 2021).

As altas concentrações de N nos tecidos das leguminosas, refletem em consideráveis teores de PB (JENNINGS; FOSTER, 2020), um dos nutrientes decisivos para o crescimento microbiano no rúmen, sendo um nutriente particularmente limitante na dieta de ruminantes (CASTRO-MONTOYA; GOETZ; DICKHOEFER, 2020). Assim, entre os fatores que reforçam o potencial forrageiro da cunhã estão a concentração do elevado teor de PB e menor conteúdo de FDA, quando comparado com outras leguminosas (OGUIS et al., 2019).

No entanto, é importante ressaltar que a cunhã pode apresentar características químico-bromatológica bastante variável, principalmente quando se trata dos diferentes componentes e idade da planta. Teixeira et al. (2010), ao compararem folhas e caules da cunhã, em relação aos teores de PB, FDN e fibra em detergente ácido (FDA), observaram que as folhas, aos 102 dias, apresentam em torno de 27,4%, 33,8% e 23,3%, respectivamente, diferentemente do caule que reduziu a concentração de PB para 11,5%, e aumentou as concentrações de fibra 68,4% e 49,3% para FDN e FDA, respectivamente.

Oliveira Júnior (2018) avaliando níveis crescentes (0, 20, 40 e 60%) de cunhã em substituição ao capim-elefante, na confecção de silagem, ambos emurhecidos, observou maior resistência na redução do pH das silagens com maior nível de inclusão da cunhã, bem como menores concentrações de ácido lático. Entretanto, o autor reportou aumentos nos teores de MS e PB com a inclusão da cunhã, resultados que permitiram a recomendação de 23% de cunhã na silagem de capim-elefante, valor bem abaixo dos avaliados no presente estudo.

A inclusão da cunhã durante a ensilagem de gramíneas tropicais pode agregar valor proteico, resultando em silagem com melhor valor nutritivo. Isso pode contribuir para um melhor desempenho animal, uma vez que baixos teores de PB podem inibir a atividade microbiana no rúmen (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Por outro lado, silagens contendo cunhã podem apresentar maior resistência na redução do pH, pois as leguminosas apresentam elevada CT, fator que pode dificultar o rápido declínio do pH e acidificação do material ensilado, condição exigida para a manutenção da estabilidade da silagem durante o armazenamento (LIMA et al., 2010). Contudo, tal desvantagem pode ser

amenizada através da inclusão de aditivos que possam melhorar o perfil fermentativo como o fubá de milho, proporcionando ambiente mais propício ao desenvolvimento de bactérias lácticas. Tais características potencializam o processo fermentativo e minimizam as perdas do valor nutritivo da silagem (RIGUEIRA et al., 2017; BEZERRA et al., 2019).

2.6 Fubá de milho como aditivo na ensilagem de gramíneas tropicais

Quando se trata de aditivo sequestrante de umidade e com razoáveis concentrações de CSA, o fubá de milho, tem se destacado como forma de minimizar as perdas durante os processos de fermentação. Tal ingrediente é bastante difundido como aditivo na ensilagem de gramíneas, pois promove a melhoria da qualidade fermentativa, bem como o valor nutritivo das mesmas (MONTEIRO et al., 2011; BEZERRA et al., 2019).

Manyawu et al. (2003) reportam melhorias do perfil fermentativo e menor produção de efluentes com a adição de farinha de milho, além de aumento na digestibilidade, recomendando-se um nível de 5% com base no peso fresco, tendo em vista que este nutriente apresenta elevado teor de MS.

Monteiro et al. (2011) observaram que o fubá de milho promoveu aumento do teor de MS em torno de 100 g/kg MS (silagens controle: 179 g/kg MS; silagem aditivada com fubá de milho: 278,7 g/kg MS), além de melhoria no valor nutritivo em termos de PB (51 g/kg, para 68,9 g/kg) e redução dos teores de FDN e FDA (684 g/kg e 404 g/kg para 506 g/kg MS e 241,2 g/kg, respectivamente), apresentando valor de pH adequados (3,86) da massa a ser ensilada, o que resultou em silagem com adequado padrão de fermentação.

Andrade et al. (2012) também verificaram que a adição do fubá de milho ao capim-elefante no momento da ensilagem, seja sozinho, ou associado com a casca de soja, resultou em silagens com valores mais baixos de pH, em comparação com a silagem aditivada apenas com a casca de soja.

É importante destacar que aditivos como o fubá de milho, com elevado valor nutritivo e alto teor de MS são importantes na ensilagem de gramíneas tropicais, principalmente como absorventes, pois as mesmas geralmente apresentam uma combinação de elevada umidade, baixos teores CSA, além do reduzido número de bactérias ácido lácticas (PHOLSEN et al., 2016; BERNARDES et al., 2018). Contudo, a quantidade de inclusão do fubá de milho deve ser eficiente e econômica, para que sua empregabilidade seja satisfatória para os produtores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e a forragem foi colhida na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC/UFRPE), localizada no Município de Carpina, Zona da Mata de Pernambuco. A Estação tem as seguintes coordenadas geográficas: 07°51'03" de latitude Sul, 35°15'17" de longitude Oeste, e altitude média de 180 m. O tipo de solo da região é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso (SANTOS H. et al., 2018).

O clima da região é classificado como tropical seco (ALVARES et al., 2013) e as médias de temperatura e precipitação anual configuram em torno de 24 °C e 1082 mm, respectivamente. O maior volume de precipitação ocorre no mês de junho, com média de 174 mm e em novembro com os menores volumes (média de 19 mm). Os dados climáticos de 2020 obtidos junto à EECAC encontram-se na Figura 1.

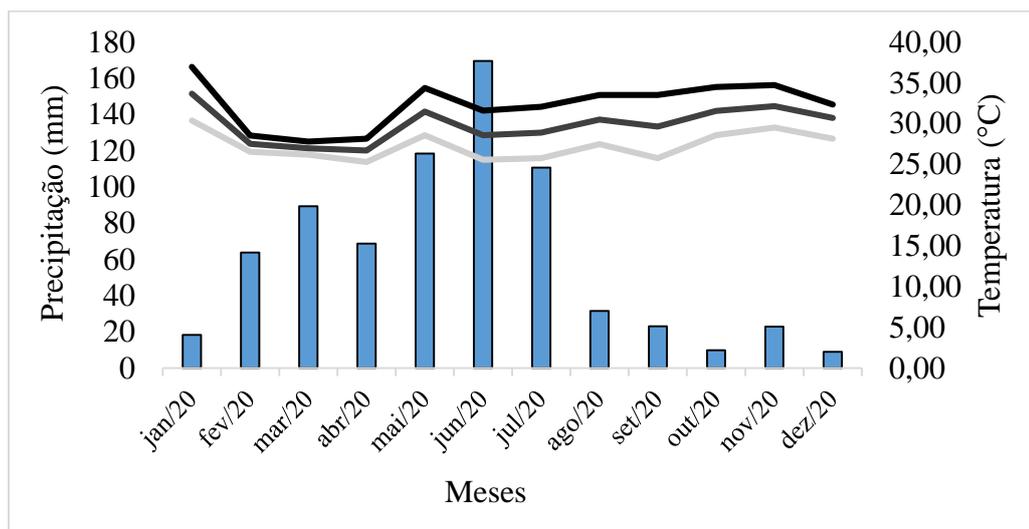


Figura 1. Precipitação mensal (■) e temperaturas máxima (—), média (—) e mínima (—) em 2020. Fonte: EECAC/UFRPE e APAC (2020).

Os genótipos de capim-elefante foram estabelecidos em 2014, inicialmente manejados em monocultivo e estabelecidos em sulcos espaçados de 1,0 m, formando parcelas de 25 m² (5 m x 5 m) de área total, com 9 m² (3 m x 3 m) de área útil, manejadas sob corte até o ano de 2018. No mês de agosto do mesmo ano, foi inserido o sistema consorciado, através do plantio da leguminosa cunhã nas entrelinhas de 16 das 32 parcelas de capim-elefante. As espécies seguiram manejadas sob corte, com frequência de 60 dias e intensidades rente ao solo para o capim-elefante e 20 cm, para a cunhã. Após cada corte de época chuvosa, as parcelas consorciadas receberam adubação com 60 kg K₂O ha⁻¹ e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹, já as parcelas de monocultivo de capim-elefante receberam 100 kg de N ha⁻¹. A recomendação foi baseada nas

recomendações de Cavalcanti et al. (2008), considerando os seguintes resultados de análise química do solo: 0,05 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K; 0,06 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Na; 1,60 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; 0,80 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; 0,00 de Al^{+3} e 2,40 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al, 5 mg dm^{-3} de P e pH de 5,5.

Os genótipos de capim-elefante utilizados na confecção das silagens foram o IRI-381, caracterizado como planta de porte alto e o Taiwan A-146 2.37, de porte baixo, ambos cultivados em consórcio com a cunhã. Os dois genótipos utilizados em sistema de cultivo consorciado foram escolhidos a partir de resultados obtidos de um experimento anterior desenvolvido na mesma área, que comparou as características fermentativas e valor nutritivo de silagens de quatro genótipos de capim-elefante de diferentes portes em monocultivo ou consorciado com cunhã (LEMOS et al., 2021).

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2×2 , sendo dois genótipos de capim-elefante e adição ou não de fubá de milho, com quatro repetições, totalizando quatro tratamentos. A proporção de cada forrageira na massa ensilada variou de acordo com a composição botânica da parcela no momento do corte. Para a estimativa da composição botânica utilizou-se o método do peso seco escalonado (MANNETJE; JONES, 2000). Para isso, antes do corte foi retirada uma alíquota de 1 kg de forragem (matéria natural) de cada parcela e, em seguida, foram estimadas as proporções entre gramínea e leguminosa com base na produção de matéria seca. No consórcio ‘Taiwan A-146 2.37 + cunhã’, verificou-se 61,35% de gramínea e 38,65% para a leguminosa. Já no consórcio ‘IRI-381 + cunhã’ foi observado 65,92% de gramínea e 34,08% de leguminosa.

O corte e a ensilagem ocorreram no mês de julho de 2020, aos 75 dias de rebrota. Após o corte, a massa foi triturada em máquina forrageira estacionária com intuito de se alcançar partículas em torno de 2 a 3 cm. Em seguida, nos tratamentos aditivados foram adicionados 5% de fubá de milho com base na matéria seca dos ingredientes (95% de forragem e 5% de fubá de milho), sendo que a matéria seca das espécies forrageiras foram estimadas anteriormente ao corte. Os silos experimentais utilizados foram confeccionados com tubos cilíndricos de PVC (15 cm de diâmetro e 76 cm de altura), contendo 3,5 kg de areia lavada, acondicionada em saco de algodão no fundo dos silos. Antes do enchimento dos silos, estes foram pesados com o conjunto completo, ou seja, silo preenchido mais a areia e a tampa. A forragem foi compactada nos silos com auxílio de uma estaca de madeira, até alcançar uma densidade de 600 kg MV m^{-3} . Após a compactação, os silos foram vedados com tampas dotadas de válvulas tipo Bunsen, vedados e pesados. Os silos permaneceram vedados por 60 dias, sob temperatura ambiente.

Antes da ensilagem foram coletadas amostras para serem analisadas quanto ao pH (SILVA; QUEIROZ, 2002), teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria

orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST et al., 1991) e lignina (LIG) (VAN SOEST et al., 1994). Foram estimados os valores de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL), obtidos por diferença entre o percentual de FDN-FDA e FDA-LIG, respectivamente, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) e cinza insolúvel em detergente ácido (CIDA) (DETMANN et al., 2012).

Além disso, foram estimados ainda os carboidratos não fibrosos (CNF), por meio da fórmula: $CNF:100-MM-EE-FDN_{cp}-PB$ (DETMANN et al. 2012) e carboidratos totais (CHT). Também foram estimados a capacidade tampão (CT) (PLAYNE; McDONALD, 1966), carboidratos solúveis em água (CSA) (BEZERRA NETO; BARRETO, 2011) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), com base na metodologia proposta por Holden (1999), utilizando-se o equipamento ANKOM Daisy Incubator (ANKOM[®] Technology Corporation, Fairport, NY). As composições química-bromatológicas das misturas antes da ensilagem encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica, coeficiente de fermentação (CF), capacidade tampão (CT) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) do fubá de milho e das misturas de forragem antes da ensilagem.

Variável	Taiwan A-146 2.37 + Cunhã		IRI-381 + Cunhã		Aditivo
	Sem aditivo	Com aditivo	Sem aditivo	Com aditivo	Fubá de milho
CSA (m g ⁻¹ MS)	2,0	2,1	1,8	2,2	8,0
CT (N e.mg 100g ⁻¹ MS)	51,2	43,7	49,0	38,2	17,6
MS (g kg ⁻¹)	205	211	182	219	801
MM (g kg ⁻¹)	106	104	100	102	5
MO (g kg ⁻¹)	894	896	900	898	948
EE (g kg ⁻¹)	21	26	20	24	5
PB (g kg ⁻¹)	119	122	115	119	10
FDN (g kg ⁻¹)	669	650	688	656	188
FDA (g kg ⁻¹)	370	345	389	362	42
CEL (g kg ⁻¹)	322	296	334	315	-
HEM (g kg ⁻¹)	296	311	298	294	138
LIG (g kg ⁻¹)	52	48	53	47	-
PIDN (g kg ⁻¹)	95	94	109	103	194
PIDA (g kg ⁻¹)	32	23	33	36	39
CIDN (g kg ⁻¹)	33	36	39	37	32
CIDA (g kg ⁻¹)	29	30	39	33	33
CNF (g kg ⁻¹)	113	137	111	131	487
CHT (g kg ⁻¹)	754	749	764	754	799
DIVMS (g kg ⁻¹)	454	430	418	457	795

CSA - carboidratos solúveis em água; CT - capacidade tampão; CF - coeficiente de fermentação; MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; MM - matéria mineral; EE - extrato etéreo; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; CEL - celulose; HEM - hemicelulose; LIG - lignina; PIDN - proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA - proteína insolúvel em detergente ácido; CIDN - cinza insolúvel em detergente neutro; CIDA - cinza insolúvel em detergente ácido; CNF - carboidratos não fibrosos; CHT - carboidratos totais; DIVMS - digestibilidade *in vitro* da MS.

Após 60 dias de armazenamento, foi realizada a pesagem e as aberturas dos silos. As perdas por gases (PG) foram estimadas pela subtração entre os pesos dos conjuntos completos antes da abertura e após o fechamento ao final do processo de ensilagem, as quais foram expressas como a porcentagem da massa seca adicionada no silo. Já as perdas por efluentes (PE) foram estimadas após a retirada de toda a silagem, pela subtração do peso da areia após a retirada da silagem e do peso original da areia, quantificado antes do enchimento dos silos.

Os valores de PG e PE foram estimados seguindo as metodologias descritas por Santos et al. (2007), de acordo com as seguintes equações:

$$PG = (PCi - PCf) / (MFi \times MSi) \times 100$$

Onde:

G = perda por gases (%MS);

PCi = peso do silo cheio no fechamento (kg);

PCf = peso do silo cheio na abertura (kg);

MFi = massa de forragem no fechamento (kg) e;

MSi = teor de matéria seca da forragem no fechamento;

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

Onde:

E = perdas por efluentes (kg/tonelada de silagem);

PVf = peso do silo vazio com areia na abertura (kg);

TS = tara do silo;

PVi = peso do silo vazio com areia no fechamento (kg);

TS = tara do silo e;

MFi = massa de forragem no fechamento (kg).

A taxa de recuperação da matéria seca foi obtida pelo quociente entre a quantidade de matéria seca recuperada dos silos na abertura e a quantidade de matéria seca acondicionada inicialmente, e expressa em porcentagem, de acordo com equação a seguir (JOBIM et al., 2007):

$$RMS = [(MFab \times MSab) / (MFfe \times MSfe)] \times 100$$

Onde:

RMS = Taxa de recuperação de matéria seca (%);

MFab = Massa de forragem na abertura (kg);

MSab = Teor de MS na abertura (%);

MFi = Massa de forragem no fechamento (kg);

MSi = Teor de MS da forragem no fechamento (%).

Logo após as aberturas dos silos e descarte da camada superficial, foram aferidos a temperatura e o pH das silagens (SILVA; QUEIROZ, 2002). Após essas aferições, foram coletadas amostras das silagens para a realização das mesmas análises realizadas nas amostras antes da ensilagem, com exceção da análise de capacidade tampão, além de análise do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (BOLSEN, BRENT, GADEKEN, 1992), ácidos graxos voláteis

(AGVs), ácido lático e etanol. Em seguida foram coletadas amostras para realização da estabilidade aeróbica.

As análises de ácidos orgânicos (ácidos acético, butírico, propiônico e lático) e do etanol foram realizadas no Laboratório de Química do Departamento de Engenharia Química de Alimento (DEQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Para determinar a concentração de ácidos orgânicos foram utilizadas 25 g de silagem fresca, as quais foram diluídas em 225 mL de água destilada e homogeneizadas em liquidificador industrial, por 1 min. O extrato de água resultante foi filtrado através de papel de filtro e 100 mL do extrato foram acidificados com H₂SO₄ a 50% e, em seguida, filtrados através de papel de filtro rápido. Após a filtragem, 2 mL receberam 1 mL de solução de ácido metafosfórico a 20% e 0,2 mL de solução de ácido fênico a 1%, utilizados como padrão interno. As amostras foram centrifugadas por 10 min a 15.000 rpm, coletado o sobrenadante em eppendorf previamente identificado e congelado em freezer e, posteriormente, realizadas as análises dos ácidos orgânicos e do etanol, por meio de cromatógrafo à gás (Ciola e Gregory, modelo Master) (KUNG e RANJIT, 2001).

A estabilidade aeróbica foi realizada a partir da coleta da massa ensilada (3 kg) de cada tratamento e acondicionada em baldes de plástico, sem compactação e mantidos em sala climatizada, com temperatura de, aproximadamente, 22 ± 1,5 °C. As temperaturas das silagens e do ambiente foram registradas diariamente em três horários por dia, durante quatro dias, para avaliar o tempo (em horas) para elevação de 2 °C da temperatura, em relação a temperatura ambiente. Para registro da temperatura das silagens, foi utilizado termômetro de álcool colorido, com escala de -10 °C a 150 °C, inserido a 10 cm no centro da massa de silagem. O acompanhamento da temperatura ambiente foi realizada através de termômetros digitais alocados em pontos distintos da sala. A perda da estabilidade aeróbia foi definida como o tempo em horas para elevação da temperatura em 2 °C, em relação ao ambiente (KUNG JUNIOR et al., 2000).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-wilk ($P \leq 0,05$) e analisados com auxílio do procedimento GLM do SAS[®] OnDemand For Academic Students (SAS, 2021), por meio de análise de variância. No caso do teste F significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O modelo matemático utilizado foi: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$; onde, Y_{ij} é o valor observado na repetição (silos); α_i é o efeito do genótipo de capim-elefante (1 a 2); β_j é o efeito do aditivo fubá de milho (1 a 2); $(\alpha\beta)_{ij}$ é o efeito da interação entre o genótipo de capim-elefante e o aditivo (fubá de milho); ϵ_{ij} é o erro residual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada interação genótipo x aditivo para perdas por gases (PG), efluentes (PE), perda total de MS (PTMS) e recuperação de MS (RMS) (Tabela 2). Foi observado efeito de genótipo ($P = 0,0421$) para PG, com maiores valores para o Taiwan A-146 2.37, bem como efeito de aditivo para PTMS ($P = 0,0056$), com maiores valores nas silagens sem aditivo, o que refletiu, conseqüentemente, em maiores valores de RMS nas silagens aditivadas.

Tabela 2. Perdas por gases (PG), por efluentes (PE), perda total de MS (PTMS) e recuperação de MS (RMS) de silagens de genótipos de capim-elefante consorciados com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.

Variável	Genótipo + cunhã		Aditivo		DP	Valor <i>P</i>		
	Taiwan A-146 2.37	IRI-381	Sem	Com		Genótipo	Aditivo	G*A
PG (%MS)	1,2a	1,0b	1,2	1,1	0,04	0,0421	0,3254	0,6372
PE (Kg t ⁻¹ MV)	79,5	83,6	89,3	73,8	4,53	0,6217	0,0864	0,4951
PTMS (%MS)	20,6	18,1	22,1a	16,5b	1,14	0,1297	0,0056	0,5370
RMS (%)	79,4	81,9	77,9b	83,5a	1,14	0,1297	0,0056	0,5370

Médias seguidas de letras distintas nas linhas (para um mesmo efeito – genótipo ou aditivo) diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A maior PG observada no Taiwan A-146 2.37, pode ter sido relacionada ao maior valor de pH dessa silagem (Tabela 2), podendo ser reflexo da maior proporção da cunhã observada nas parcelas de Taiwan A-146 2.37 em relação às parcelas de IRI-381, sendo que a presença da leguminosa pode refletir em maior capacidade tamponante da massa ensilada, podendo haver maior resistência no abaixamento do valor de pH. Entretanto, a leguminosa não proporcionou repostas prejudiciais quanto aos valores de pH, visto que todas as silagens apresentaram perfil fermentativo satisfatório (Tabela 3), indicando a ausência do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Maiores valores de PG podem estar associados, dentre outros fatores, à fermentação butírica (RIGUEIRA et al., 2018; FURTADO et al., 2019). Contudo, os valores de PG observados em ambas as silagens (Tabela 2) podem ser considerados reduzidos, quando comparados à literatura consultada. Andrade et al. (2010), ao avaliarem silagens de capim-elefante aditivadas ou não com farelo de mandioca, casca de café ou farelo de cacau, nos níveis de 0, 10, 20 e 30% da matéria natural, observaram valores de PG em torno de 6,1% MS nas silagens não aditivadas, assim como Rigueira et al. (2018), que observaram valores de PG em

torno de 6,6% MS em silagem de capim-elefante não aditivadas, podendo ser indicativo de menores ocorrências de fermentações secundárias observadas na presente pesquisa, mediante os reduzidos valores de PG (1,1%MS).

Os valores de PE podem ser considerados elevados (média de 82 kg t⁻¹ MV) (Tabela 2), principalmente quando comparados a outros trabalhos com silagem de capim-elefante, tais como os de Zanine et al. (2010) (42 kg t⁻¹ MV), Santos et al. (2013) (25 kg t⁻¹ MV observado para o genótipo Taiwan A-146 2.37) e Rigueira et al. (2018) (51,3 kg t⁻¹ MV). Andrade et al. (2010) observaram valores de PE bem acima dos obtidos na presente pesquisa (145 kg t⁻¹ de MV), quando avaliaram silagens de capim-elefante, sem aditivo, apresentando teores de MS em torno de 187,0 g kg⁻¹, próximo ao valor de MS observado no genótipo IRI-381 (182,40 g kg⁻¹) na presente pesquisa. As elevadas perdas por efluentes no presente estudo são reflexos dos baixos teores de MS da forragem antes da ensilagem (Tabela 1), sendo esta, uma característica marcante em silagens de capim-elefante que não recebem técnica de redução de umidade (RIBAS et al., 2021). O alto teor de umidade na massa ensilada é um dos principais fatores para a produção de efluentes, além do tipo de silo, grau de compactação e processamento físico da forragem (RIGUEIRA et al., 2018; LEMOS et al., 2020).

A inclusão de 5% de fubá de milho (801 g kg⁻¹ de MS) apresentou tendência na redução dos valores de PE ($P = 0,0864$), com variações entre 89 kg t⁻¹ MV, nas silagens não aditivadas e, valores de 73,8 kg t⁻¹ MV, nas silagens contendo fubá, contribuindo para menores PTMS das silagens e resultando em maior RMS nas silagens aditivadas, visto que o fubá de milho contém alto teor de MS (Tabela 1). Apesar de ter sido observada tendência na redução da PE, a ausência de significância a 5% de probabilidade, quanto à presença do fubá para esta variável, pode ter sido reflexo da reduzida quantidade utilizada (5% com base na MS). Portanto, maiores proporções de fubá poderiam proporcionar resultados ainda melhores aos observados nesta pesquisa, tendo em vista a redução do valor nutritivo da silagem, decorrente das perdas por efluentes, perdas essas de vitaminas, minerais, carboidratos e proteínas solúveis (KUNG JUNIOR et al., 2018; MUCK et al., 2018). A maior RMS pode ser utilizada como um dos indicadores da eficiência fermentativa do processo de ensilagem, como também reflete na menor perda do valor nutritivo da silagem, visto que as perdas podem reduzir os nutrientes da silagem e elevar proporcionalmente os constituintes fibrosos, resultando em menor digestibilidade da matéria seca e, conseqüentemente, menores consumos e desempenho animal.

Houve efeito de genótipo ($P = 0,0092$) para os valores de pH e para a concentração de etanol ($P = 0,0281$), além de efeito do aditivo ($P = 0,0062$) para os valores de CASr (Tabela 3).

Tabela 3. Perfil fermentativo de silagens de genótipos de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.

Variável	Genótipo + cunhã		Aditivo		DP	Valor P		
	Taiwan A-146 2.37	IRI-381	Sem	Com		Genótipo	Aditivo	G*A
pH	4,2a	4,1b	4,1	4,1	0,01	0,0092	0,2210	0,6076
N-NH ₃ (g kg ⁻¹ N)	2,7	2,8	2,9	2,6	0,1	0,7100	0,3433	0,3433
CSAr (mg g ⁻¹ MS)	2,2	2,1	2,1b	2,2a	0,03	0,3898	0,0062	0,2756
Etanol (g/Kg MS)	26b	33a	30	28	1,72	0,0281	0,3601	0,0643
Ácido acético (g/Kg MS)	12	18	15	15	1,85	0,2137	0,8778	0,7601
Ácido propiônico (g/Kg MS)	2	2	2,0	1	0,16	0,7763	0,1214	0,8063
Ácido butírico (g/Kg MS)	0,3	0,4	0,3	0,2	0,03	0,4795	0,2074	0,7433
Ácido láctico (g/Kg MS)	105	101	96	110	4,97	0,7341	0,2121	0,3007
Relação láctico/acético	9,7	6,4	6,8	7,0	0,93	0,0502	0,1178	0,0815

Médias seguidas de letras distintas nas linhas (para um mesmo efeito – genótipo ou aditivo) diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. DP –desvio-padrão da média. pH - potencial hidrogeniônico; N-NH₃ - nitrogênio amoniacal, expresso em grama por quilograma de nitrogênio total; CSAr carboidratos solúvel em água remanescente nas silagens, expresso em mg por grama de MS.

Os maiores valores de pH observados nas silagens do Taiwan A-146 2.37 podem estar relacionados com a maior proporção da cunhã nas parcelas desse genótipo, como já mencionado, o que, provavelmente, promoveu maior CT do material ensilado (47,5 N e.mg 100 g⁻¹ MS vs. 43,5 N e.mg 100 g⁻¹ MS, médias de CT para Taiwan-146 2.37 e IRI-381, respectivamente) (Tabela 1).

Deve-se ressaltar que apesar da diferença entre os genótipos, os valores de pH encontrados no presente estudo foram satisfatórios mesmo com a presença da leguminosa, além de não ter sido observado efeito de aditivo, indicando ausência de ambiente que pudesse propiciar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como pode ser observado no perfil fermentativo.

Em geral, silagens produzidas a partir de leguminosas tendem a apresentar valores de pH mais elevados, quando comparadas às silagens de gramíneas, tendo em vista a maior CT, o que dificulta a redução do pH no decorrer do processo fermentativo (RIBEIRO et al., 2020). Entretanto, a presença da cunhã não comprometeu a capacidade fermentativa da massa ensilada, todas as silagens apresentaram valores de pH dentro da faixa considerada ideal (3,8 a 4,2) para adequada conservação da forragem, tendo em vista que o pH deve ser baixo o suficiente para inibir o crescimento de bactérias que realizam fermentações secundárias, como as do gênero

Clostridium e, assim, manter a conservação e o valor nutritivo da silagem (MUCK et al., 2018; BERNARDES et al., 2018). Lemos et al. (2021), avaliando silagens dos genótipos IRI-381 e Taiwan A-146 2.37 também em consórcio com cunhã, também não observaram valores de pH elevados (3,97), bem como aqueles obtidos por Santos et al. (2013), que observaram pH 4,2 na silagem de Taiwan A-146 2.37, porém sem a inclusão de leguminosa. Assim, com base nesses estudos, notou-se que os valores de pH obtidos revelaram processo fermentativo adequado.

Todas as silagens mantiveram concentrações de N-NH₃ abaixo de 100 g kg⁻¹ N total, indicando fermentação desejável. De maneira geral, valores acima de 120 g kg⁻¹ N total são indicativos de acentuada proteólise, pois o N-NH₃ é proveniente da degradação da fração proteica (proteína verdadeira, peptídeos, aminoácidos, aminas e amidas) pela ação de microrganismos indesejáveis (MUSCO et al., 2016; FURTADO et al., 2019). Assim, os valores de N-NH₃ de todas as silagens permaneceram entre 2,6 e 2,9 g kg⁻¹ (Tabela 2), demonstrando reduzida proteólise, e próximos aos observados por Andrade et al. (2010) (1,6 a 3,9 g kg⁻¹ N total), avaliando silagem de capim-elefante com e sem a inclusão de aditivos.

A adição do fubá de milho também resultou no aumento do teor de carboidratos solúveis em água remanescente (CSAr) nas silagens (Tabela 3), podendo ser em função do maior teor deste no aditivo, quando comparado à forragem fresca (Tabela 1). Contudo, todas as silagens apresentaram valores adequados, assim como os valores de pH e N-NH₃. Os teores de CSA em silagens com adequado perfil fermentativo devem ser ao menos 2,0 mg g⁻¹ (ARAICA et al., 2009). Os CSA presentes na massa ensilada são os principais substratos para produção de ácidos orgânicos durante o processo fermentativo, cruciais para acidificação da massa ensilada (BORREANI et al., 2018). Porém, vale salientar que valores de CSA muito acima de 2,0 mg g⁻¹, podem resultar em menor estabilidade aeróbia após a abertura do silo, uma vez que os açúcares solúveis podem ser rapidamente utilizados por fungos e leveduras, fenômeno que eleva a temperatura e reduz a qualidade da silagem (MUCK et al., 2018).

Os valores de CSAr do presente estudo foram mais satisfatórios que outros observados em silagens dos mesmos genótipos de capim-elefante do presente estudo. Lemos et al. (2021) observaram valores de 1,85 mg g⁻¹ em silagens de capim-elefante consorciado à cunhã, enquanto silagens de capim-elefante sem aditivo apresentaram 1,34 mg g⁻¹. Por outro lado, Santos et al. (2013) observaram teores de CSAr ainda mais baixos em silagens dos genótipos Mott (0,6 mg g⁻¹), Elefante B (1,1 mg g⁻¹), Taiwan A-146 2.114 (0,6 mg g⁻¹), HV 241 (0,7 mg g⁻¹) e Taiwan A-146 2.37 (0,8 mg g⁻¹) sem aditivos.

As maiores concentrações de etanol observadas nas silagens do genótipo IRI-381 podem estar relacionadas ao menor teor de MS (185 g kg⁻¹) deste genótipo, em relação ao Taiwan A-

146 2.37 (208 g kg⁻¹). Tran et al. (2017) avaliaram a concentração de etanol em silagens de capim-elefante aditivadas ou não com inoculantes bacterianos exógenos (*Lactobacillus paracasei* + *Lactococcus lactis*), e observaram que a silagem controle (sem inoculante), com menor teor de MS (156 g kg⁻¹), apresentou maior concentração de etanol (18 g kg⁻¹ MS), comparativamente à silagem adicionada de microrganismos exógenos (MS = 189 g kg⁻¹; etanol = 10 g kg⁻¹ MS). Embora a massa de forragem do genótipo IRI-381 antes da ensilagem tenha apresentado maior umidade, que poderia ter contribuído para um ambiente mais propício à fermentação alcoólica, esta tendência não foi observada no presente trabalho. Além disso, os valores de ácidos orgânicos caracterizam perfil fermentativo satisfatório em todas as silagens.

A adição de fubá de milho também não modificou as concentrações dos ácidos orgânicos (ácido lático, acético, propiônico e butírico) e nem de etanol (Tabela 3). Embora o fubá apresente maior concentração de CSA em relação à massa de forragem ensilada (Tabela 1), principal substrato para a produção de ácido lático, a quantidade utilizada não teve efeito na produção de ácido lático. Costa et al. (2020) observaram aumento na concentração de ácido lático na silagem de capim-elefante, quando adicionaram farelo da vagem de faveira (*Parkia platycephala* Benth.) na massa ensilada, entretanto, a quantidade de aditivo foi bem maior (30%).

A presença de ácido lático é um indicativo importante do perfil fermentativo, pois sugere que as etapas da fermentação ocorreram adequadamente, sem resistência na queda do pH, e que fermentações indesejáveis ocorreram em menor nível (BORREANI et al., 2018; MUSCO et al., 2016). De maneira geral, os valores de ácido butírico e ácido lático indicam adequado perfil fermentativo.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) de genótipo para teores de MM, MO e FDA, assim como efeito de aditivo para teores de MS, FDN, FDA, CEL, HEM e DIVMS (Tabela 4) e interação genótipo × aditivo ($P = 0,0382$) para PB (Tabela 5).

Tabela 4. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.

Variável (g kg ⁻¹)	Genótipo + cunhã		Aditivo		DP	Valor P		
	Taiwan A- 146 2.37	IRI-381	Sem	Com		Genótipo	Aditivo	G*A
MS	218	213	210b	221a	2,7	0,1949	0,0178	0,4293
MM	98a	93b	97	94	1,1	0,0051	0,0834	0,0903
MO	893b	900a	895	898	2,1	0,0094	0,5655	0,4640
PB	114	114	113b	115a	0,4	0,4428	0,0037	0,0382
EE	33	31	30	33	1,1	0,3889	0,2211	0,5585
FDN	592	601	609a	584b	4,1	0,0891	0,0007	0,9552
FDA	358b	366a	367a	357b	2,4	0,0275	0,0074	0,9010
CEL	309	310	314a	305b	2,1	0,6372	0,0435	0,7884
HEM	234	236	241a	229b	2,3	0,4987	0,0023	0,5356
LIG	49	55	53	51	1,6	0,0697	0,5497	0,7742
PIDN	52	54	52	54	0,6	0,2632	0,2735	0,3594
PIDA	38	39	39	37	1,0	0,7094	0,3688	0,9046
CIDN	34	37	37	34	1,0	0,0688	0,0804	0,6265
CIDA	38	39	39	37	1,0	0,7094	0,3688	0,9046
DIVMS	420	413	412b	421a	2,0	0,0914	0,0327	0,9947

Médias seguidas de letras distintas nas linhas (para um mesmo efeito – genótipo ou aditivo) diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. DP –desvio-padrão da média.; MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; MM - matéria mineral; EE - extrato etéreo; PB – proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; CEL - celulose; HEM - hemicelulose; LIG - lignina; PIDN - proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA - proteína insolúvel em detergente ácido; CIDN - cinza insolúvel em detergente neutro; CIDA - cinza insolúvel em detergente ácido; CNF – carboidratos não fibrosos; CHT – carboidratos totais; DIVMS - digestibilidade in vitro da MS.

As silagens aditivadas apresentaram maiores teores de MS, promovido pelo elevado teor de MS do fubá de milho (801 g kg⁻¹ MS). Esta mesma tendência foi observada por Andrade et al. (2012) avaliando silagem de capim-elefante contendo 5% (238 g kg⁻¹ MS) e 10% (289 g kg⁻¹ MS) de fubá de milho em relação as silagens não aditivadas (210 g kg⁻¹ MS), resultando também num elevado teor de MS deste aditivo.

Os teores de MS interferem diretamente em muitos processos inerentes à ensilagem. O aumento no teor de MS resulta na redução significativa das perdas de gases e efluentes, e maior recuperação de MS perdidas, no entanto, reduzir teores de MS, comuns em gramíneas tropicais, podem favorecer o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, responsáveis pela produção de ácido butírico (RIBAS et al., 2021). Borreani et al. (2018), sinalizam que valores de pelo menos 250 g kg⁻¹ de MS, já são capazes de garantir bom processo fermentativo.

Contudo, neste trabalho foi possível observar que valores de MS em torno de 200 g kg⁻¹ de MS também podem resultar em silagem bem fermentadas, com reduzidas perdas em seu valor nutritivo, desde que seguida adequadamente as etapas de sua confecção.

O genótipo Taiwan A-146 2.37 proporcionou silagens com maiores teores de MM, conseqüentemente, menores teores de MO (Tabela 4). Santos et al. (2013) encontraram teores próximos de MM para o mesmo genótipo Taiwan A-146 2.37 (100 g kg⁻¹), porém em silagem produzidas com capim sem aditivo e com 56 de idade. Nos teores observados nesta pesquisa a de MM (95 g kg⁻¹) de todas as silagens se encontram dentro do aceitável para esta variável. Além disso, a MM também pode variar com diversos fatores, incluindo a idade após o rebrotação (LOPES et al., 2021).

As silagens apresentaram teores EE (Tabela 4), considerados normais para silagem de gramíneas tropicais mesmo com a presença da leguminosas e do fubá, devido ao nível de inclusão de fubá de milho ser relativamente baixo (5%). Bezerra et al. (2019) observaram que os teores de EE aumentaram linearmente com os níveis de inclusão de milho moído na silagem de capim-elefante (32 g kg⁻¹ para as silagens controle e 50 g kg⁻¹ nas silagens com 200 g kg⁻¹ de milho moído com base na matéria fresca), devido o maior teor de EE do milho (48 g kg⁻¹) em relação ao capim (21 g kg⁻¹). Assim como, nos valores observados por este trabalho antes da ensilagem (Tabela 1).

O maior teor de FDA observado no genótipo IRI-381, pode ser justificado pelo fato deste apresentar porte alto, diferentemente do genótipo Taiwan A-146 2.37 que apresenta porte baixo. De acordo com Silva et al. (2021), os genótipos de porte alto tendem apresentar maior alongamento dos colmos. O aumento da espessura da parede celular é resultante do maior desenvolvimento de tecido de sustentação da planta, composta por vasos lignificados e tecidos esclerênquima considerados menos digestíveis e com menor proporção de tecidos mais digestíveis (parenquimático) (SANCHÊS et al., 2018). Apesar disso, não houve diferença nos valores de DIVMS para genótipos, apenas para aditivo, podendo ter sido em razão da mesma idade de corte de ambos os genótipos.

Apesar dos diferentes portes do capim, não houve diferença nos valores de lignina, apresentando medias de 52 g kg⁻¹. Lemos et al. (2021) observaram diferenças nos teores de lignina entre os genótipos de diferentes portes, ambos cultivados em consórcio com a cunhã, com valores médios de lignina maiores do que os encontrados neste estudo [Taiwan A-146 2.37 (83 g kg⁻¹) e IRI-381 (109 g kg⁻¹)], refletido em menor DIVMS. Além do porte, a idade da planta forrageira também é um fator determinante nos teores de lignina, sendo indicado a colheita do capim-elefante com até 70 dias de rebrotação para obter forragem com satisfatório

valor nutricional (LOPES et al., 2021). Acrescentam que, o avançar da idade de rebrotação eleva os teores de MS da silagem, entretanto, acentuam que houve um aumento linear nos teores de FDN, FDA e lignina em relação ao aumento dos dias após o corte e efeito contrário com os teores de PB e DIVMS.

A adição do fubá de milho promoveu redução das frações fibrosas (FDN, FDA, CEL e HEM) nas silagens (Tabela 4). A menor concentração de conteúdo fibroso no fubá de milho (Tabela 1), mesmo este representando apenas 5% da MS total, melhorou o valor nutritivo das silagens aditivadas resultante da maior DIVMS, além de maior incremento proteico.

Os menores valores da fração fibrosa observados nas silagens aditivadas (Tabela 4), permitiu maiores valores de DIVMS (421 g kg^{-1}) do que as não aditivadas (412 g kg^{-1}). Apesar da maior DIVMS das silagens aditivadas com fubá, os valores de DIVMS observados no presente estudo ficaram abaixo daqueles obtidos em outros trabalhos com silagem de capim elefante (COSTA et al., 2020; LEMOS et al., 2021). Esses resultados podem estar relacionados a inclusão da cunhã na forragem ensilada. Apesar das leguminosas apresentarem folhas com maior digestibilidade que as gramíneas tropicais, elas podem apresentar partes estruturais como caules e ramos mais lignificados (CASTRO-MONTOYA; GOETZ; DICKHOEFER, 2020). Lemos et al. (2021) avaliaram a DIVMS de silagens de genótipos de capim-elefante consorciados ou não à cunhã, onde também evidenciaram a redução da DIVMS com a inclusão da leguminosa.

O resultado do desdobramento da interação tratamento x aditivo para PB mostrou que as silagens de Taiwan A-146 2.37 aditivadas apresentaram maior concentração de PB que as silagens de Taiwan A-146 2.37 sem fubá de milho, porém não diferiu das silagens de IRI-381 (Tabela 5). De maneira geral, as silagens apresentaram valores acima dos teores mínimos requeridos pelos ruminantes de 70 g kg^{-1} (VALADARES FILHO et al., 2016), o que pode ser justificado pela presença da cunhã em todos os tratamentos. Além disso, de acordo com os valores do perfil fermentativo em termos de concentrações de N-NH_3 , presume-se que não houve ocorrência de proteólise durante a fermentação, fato importante, pois reflete em um valor nutricional menor nas silagens.

Tabela 5. Interação genótipo × aditivo (fubá de milho) sobre os teores de proteína bruta (g kg^{-1}) de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho.

Genótipo + cunhã	Aditivo		Valor P	DP
	Sem	Com		
Taiwan A-146 2.37	113aB	116aA	0,0382	0,4
IRI-381	113aA	114aA		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na avaliação da estabilidade aeróbia, foi observado que todas as silagens permaneceram estáveis até 36 horas após exposição ao ar (Figura 2). Contudo, por volta de 45 horas da abertura dos silos, observou-se aumento de temperatura das silagens acima de 2 °C em relação à temperatura ambiente (22,4 °C), momento que é considerado como quebra da estabilidade aeróbia (GUIM et al., 2002).

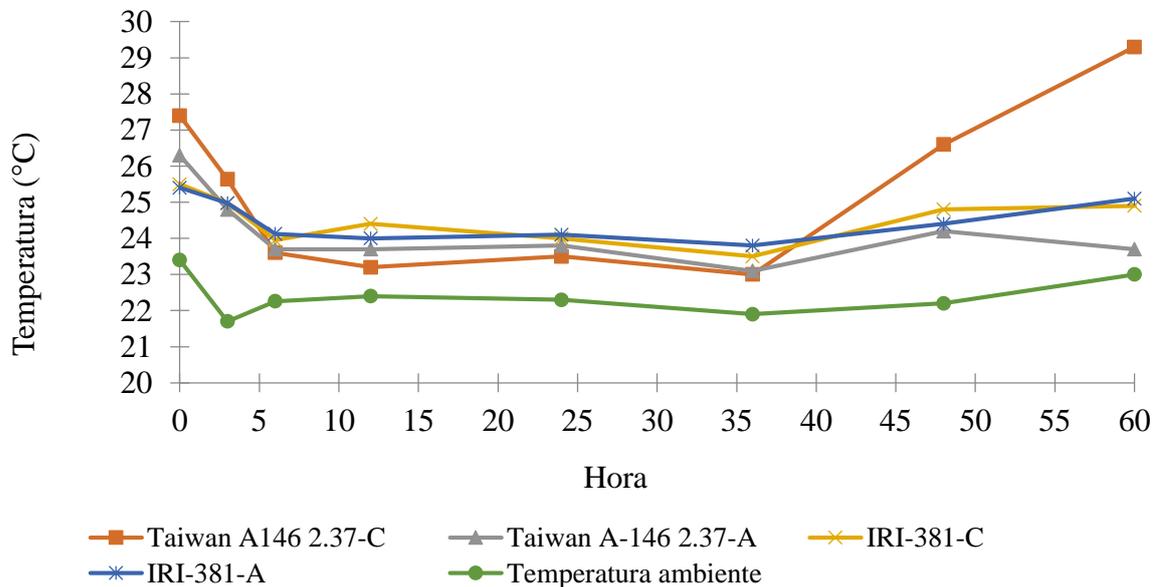


Figura 2: Variação da temperatura de silagens de capim-elefante consorciado com cunhã, aditivadas ou não com fubá de milho. C: silagem controle e A: silagem aditivada.

Foi observada maior elevação na temperatura da silagem do Taiwan A-146 2.37 não aditivada, quando comparada as demais silagens, em torno de 45 horas de exposição ao ar. Isto pode estar relacionado ao maior valor de pH registrado neste tratamento (Tabela 3), bem como

uma maior proporção de cunhã na massa ensilada, além da ausência do próprio aditivo que apresentou maior concentração de CSA.

A elevação da temperatura das silagens decorre da ação de microrganismos (bactérias e fungos) inerentes à própria massa ensilada, que se desenvolvem quando expostas ao oxigênio e iniciam a deterioração aeróbica dos nutrientes presente na silagem (KUNG JUNIOR et al., 2018). Tratando-se de silagem de gramíneas tropicais, os resultados obtidos no presente estudo foram esperados, como nos encontrados em outros trabalhos. Lemos et al. (2020) obtiveram quebra de estabilidade em silagens de capim-elefante aditivadas com enzimas fibrolíticas, logo após a primeira hora de avaliação. Lemos et al. (2021) observaram também rápidas quebras de estabilidade aeróbia, após 22 e 42 horas respectivamente, em silagens dos genótipos IRI-381 e Taiwan A-146 2.37 consorciados à cunhã. Andrade et al. (2012) avaliaram silagens de capim-elefante aditivadas com fubá de milho e casca de soja, e evidenciaram a deterioração aeróbia somente após 48 horas, dados próximos ao ocorrido no presente estudo.

Silagens de alta qualidade, com elevadas concentrações de CSA, tendem a ser deterioradas principalmente por fungos filamentosos e leveduras, podendo resultar em menor estabilidade aeróbia, devido à rápida degradação dos açúcares solúveis após abertura dos silos, o que ocasiona a elevação da temperatura e redução da qualidade da silagem (WILKSON e DAVIES, 2013; MUCK et al., 2018; CANTOIA JUNIOR et al., 2019). Já as silagens de capim-elefante que geralmente apresentam baixos teores de MS e de CSA, normalmente são mais propensas à deterioração por bactérias.

O uso de aditivos nutritivos e absorventes de umidade tornam-se importantes estratégias para o sucesso da ensilagem de gramíneas tropicais (BORREANI et al., 2018). Contudo, os resultados obtidos nesta pesquisa demonstraram que o capim-elefante mesmo apresentando MS em torno de 20% e cultivado em consórcio com a leguminosa cunhã, foi possível obter silagens de boa qualidade fermentativa. A hipótese de que a adição de fubá de milho poderia elevar os teores de MS e de CSA foi confirmada, tendo vista que as silagens apresentaram adequado padrão fermentativo, reduzindo as perdas por gases, e consequentemente aumentando a recuperação da MS, além de melhorar o valor nutritivo das silagens.

Nas condições em que foram produzidas estas silagens e, tendo em vista sua esperada deterioração, a utilização das silagens de capim-elefante, embora aditivada com fubá de milho, deverá ocorrer antes de 45 horas de exposição ao ar, visando perdas mínimas do seu valor nutritivo após a abertura dos silos, e assim melhorar o consumo e desempenho animal.

5. CONCLUSÃO

Não foram observadas diferenças relevantes no valor nutritivo das silagens dos genótipos avaliados.

A presença da cunhã não influencia negativamente no perfil fermentativo de silagens de capim-elefante.

A adição de 5% de fubá de milho promove menores perdas e maior recuperação de matéria seca e valor nutritivo de silagens de capim-elefante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. C. et al. *Clitoria ternatea* L. as a potencial high quality forage legume. **Asian-Australasia Journal of Animal Sciences**, v. 27 n. 2, p. 169-178, 2014.
- ADESOGAN, A. T. et al. Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides* inoculants, or a chemical additive on the fermentation, aerobic stability, and nutritive value of crimped wheat grains. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1789-1796, 2003.
- ALVARES, C. A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, A. P. et al. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, 2012.
- ANDRADE, I. V. O. et al. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2578-2588, 2010.
- ANDRADE, W. R. et al. Qualidade da silagem de sorgo com leucena. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, e36493, 2019.
- AOAC. Official methods of analysis. Ed. 15th. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 1990.
- ARAICA, B. M. et al. Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixtures with elephant grass, sugar cane and molasses. **Grass and Forage Science**, v. 64. n.4, p. 364-373. 2009.
- ARNDT, C. et al. Performance, digestion, nitrogen balance, and emission of manure ammonia, enteric methane, and carbon dioxide in lactating cows fed diets with varying alfalfa silage-to-corn silage ratios. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 418-430, 2015.
- ASHWORTH, A. J. et al. Global meta-analysis reveals agro-grassland productivity varies based on species diversity over time. **PLOS ONE**, v. 13, n. 7, p. e0200274, 2018.
- ATES, S. et al. Bio-economic efficiency of creep supplementation of forage legumes or concentrate in pasture-based lamb production system. **Grass and Forage Science**, v. 72, n 4, 818 - 832, 2017.
- AVALOS, J. F. V. et al. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. **Técnica Pecuária En México**, v. 1, n. 42, p.79-96, 2004.

- ÁVILA, C. L. S. et al. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 648-654, 2006.
- BARCELLOS, A. O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial p. 51 - 67, 2008.
- BARRO, C.; RIBEIRO, A. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 34, n. 8, p. 780-782, 1983.
- BARROS, N. N.; ROSSETTI, A. G.; CARVALHO, R. B. C. Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, 2004.
- BERNARDES, T. F. et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p. 4001-4019. 2018.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267p.
- BEZERRA, H. F. C. et al. Fermentation characteristics and chemical composition of elephant grass silage with ground maize and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria. **South African Journal of Animal Science**, v. 49, n. 3, p. 522 -533, 2019.
- BOLSEN, K.K., LIN, C., BRENT, B.E.; GADEKEN, D. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- BORREANI, G. et al. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.
- CÂNDIDO, M. J. D. et al. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1489-1494, 2007.
- CANTOIA JUNIOR et al. Lemongrass essential oil in sugarcane silage: fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. **Animal Feed Science and Technology**, p. 114371, 2019.
- CARVALHO, G. G. P. et al. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurchedido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1347-1354, 2008.
- CASTRO-MONTOYA, J. M.; GOETZ, K.; DICKHOEFER, U. In vitro fermentation characteristics of tropical legumes and grasses of good and poor nutritional quality and the degradability of their neutral detergent fibre. **Animal Production Science**, v. 61, n. 7, p. 645-654, 2020.
- CAVALCANTE, A. C. R.; SILVA, G. L.; OLIVEIRA, L. E. V. **Perdas na produção e utilização de silagens**, p. 122- 142. In: Estoque de forragem para a seca Produção e utilização de silagem. CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. 194 p.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. (3ª ed.), Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA. 2008. 212 p.

- COSTA, L. A. et al. Chemical composition, fermentative characteristics, and in situ ruminal degradability of elephant grass silage containing *Parkia platycephala* pod meal and urea. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 3481-3492, 2020.
- DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.
- DIAS, E. C. B. et al. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante aditivada com torta de algodão em rações para ovinos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 321-328, 2019.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Circular técnico, documento 402, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 2014.
- DOURADO, D. L. et al. Estrutura do dossel e valor nutritivo da forragem de capim-elefante submetido a diferentes taxas de lotação e fertilização de N na ecorregião “Mata Seca” de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. e20180134, 2019.
- DOYLE, J. J. Phylogeny of the legume family: an approach to understanding the origins of nodulation. **Annual Review in Ecology Systems**, v. 25, n. 1, p. 325-349, 1994.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Biological N fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, v. 57, n. 2, p. 1027-1038, 2017.
- DUMONT, B. et al. How does pastures size alter plant-herbivore interactions among grazing cattle? **Grass Forage Science**; v. 75, n. 4, p. 438 - 446, 2020.
- EPIFANIO, P. S. et al. Qualidade da silagem de cultivares de *Urochloa brizantha* com níveis de Estilosantes Campo Grande. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 135-142, 2016.
- FERREIRA, D. J. et al. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, n. 1, p. 22-28, 2013.
- FURTADO, R. N. et al. Balanço de nitrogênio e avaliação ruminal em ovinos machos e fêmeas alimentados com rações contendo torta de mamona sob diferentes tratamentos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3237-3248, 2014.
- FURTADO, R. N. et al. Perdas fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante aditivadas com casca de mamona. **Revista Ciência Agronômica**. v.50, n.1, p. 140-147, 2019.
- GUERRA, J. G. M. et al. **Desenvolvimento de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo**. EMBRAPA, Seropédica, 39.p, 2007.
- GUIM, A.; et al. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurchecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.
- HALL, T. J. Adaptation and agronomy of *Clitoria ternatea* L. In: Northern Australia. **Tropical Grasslands**, v. 19, n. 4, p. 156-163, 1985.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.
- HRISTOV, A. N. et al. Symposium review: Uncertainties in enteric methane inventories, measurement techniques, and prediction models. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 6655-6674, 2018.

- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 221 p. 125-131, 2016.
- JANUSCKIEWICZ, E. R. et al. How the intercropping between corn and palisade grass cultivars affects forage production and pastures characteristics under grazing. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1475-1482, 2015.
- JENNINGS, J.; FOSTER, J. **Legume Structure and Morphology**. p. In: FORAGES. MOORE, K. J.; COLLINS, M.; NELSON, C. J. and REDFEARN, D. D. Volume 2. The Science of Grassland Agriculture. 7th Ed. 2020.
- JOBIM, C. C. et al. 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** p. 649 - 660. In: Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão de recursos. Reis, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013. 714 p.
- JUMA, H. K. et al. Evaluation of *Clitoria*, *Gliricidia* and *Mucuna* as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows. **Livestock Science**, v. 103, p. 23 - 29, 2006.
- KUNG JUNIOR., L. et al. Microbial populations, fermentation and products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**., v. 83, p. 1479-1486, 2000.
- KUNG JUNIOR, L. et al. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n.5, p. 4020-4033, 2018.
- KUNG JUNIOR, L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1149–1155, 2001.
- LEMOS, M. F. et al. Grass size and butterfly pea inclusion modify the nutritional value of elephant grass silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e02409, 2021.
- LEMOS, M. F. et al. Nutritional value, fermentation losses and aerobic stability of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage treated with exogenous fibrolytic enzymes. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.42, p. e48272. 2020.
- LIMA, R. et al. Effect of combined ensiling of sorghum and soybean with or without molasses and lactobacilli on silage quality and in vitro rumen fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 155, n. 2-4, p. 122-131, 2010.
- LIRA, M. A. et al. **Capim elefante: Fundamentos e perspectivas**. 1ª ed. Recife. IPA/UFRPE, 2010. 229 p.
- LIU, Q.; DONG, Z.; SHAO, T. Effect of additives on fatty acid profile of high moisture alfalfa silage during ensiling and after exposure to air. **Animal Feed Science Technology**, v. 236, p. 29-38, 2018.
- LIU, S. et al. Effects of water regime during rice-growing season on annual direct N₂O emission in a paddy rice-winter wheat rotation system in southeast China. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 4, p. 906- 913, 2010.

- LOPES, F. C. F. et al. Composição química e perfil de ácidos graxos do BRS Capiacu ensilado em diferentes idades de rebrota. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, suplemento 1, p. 1981-2004, 2021.
- LOPES, R. S. et al. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de laminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.1, p. 20-29, 2005.
- MANNETJE, L. t; JONES, R. M. **Grassland vegetation and its measurement**. In: MANNETJE, L. t; JONES, R. M. (eds.) Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. CAB International, 2000. p. 1-8.
- MANYAWU, G J. et al. The Effect of Pre-wilting and Incorporation of Maize Meal on the Fermentation of Bana Grass Silage. **Grasslands Research Station**, Zimbabwe, 2003.
- MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. MAPA. (2019). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>. Acesso em: 21 de agosto de 2019.
- MCDONALD, P. (Ed.). **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley e Sons, 1981. 226p.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2ª ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MONÇÃO, F. P. et al. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52 p. 235-241, 2020.
- MONTEIRO, I. J. G. et al. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.33, n.4, p.347-352, 2011.
- MUCK, R. E. et al. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018.
- MUCK, R. E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.
- MUSCO, N. et al. Nutritional characteristics of forage grown in south of Beninollica, Maria Pina Houinato, Marcel Infascelli, Federico Calabrò, Seren. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.29, p. 51 - 61, 2016.
- NASCIEMNTO JÚNIOR, D. et al. **Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras**. p. 409 - 424. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão de recursos. 1ª Ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013. 714 p.
- NEGRÃO, F. M. et al. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.17, n.1, p.13-25, 2016.
- NOGUEIRA, A. K. S. et al. Fluxos de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1156-1162, 2016.
- NUNES, G. F. O. et al., Characterization of bacteria from forage legumes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 612-624, 2018.
- OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotidebearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 645-698, 2019.

- OLIVEIRA JÚNIOR, J. R. B. **Caracterização das silagens de capim elefante associada à cunhã e uso exclusivo em dietas para caprinos**. 59 fls. Dissertação (mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina-PE, 2018.
- PEREIRA, A. V, et al. **BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico, 1, 2016.
- PETTERSSON, K. L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. **Grass and Forage Science**, v. 45, n. 2, p. 223-233, 1990.
- PHOLSEN, S. et al. Characterization and application of lactic acid bacteria for tropical silage preparation. **Animal Science Journal**, v. 87, n.10, p. 1202-1211, 2016.
- PLAYNE, M. J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.
- RIBAS, W. F. G. et al. Efeito do tempo de murcha e do inoculante enzimático-bacteriano no perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional da silagem de capiaçu BRS. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, e20200207, 2021.
- RIBEIRO, K. G. et al. Silagens mistas de estilosantes Campo Grande e capim-elefante tratadas com inoculante microbiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 1729-1738, 2020.
- RIDWAN, R. et al. Fermentation Characteristics and Microbial Diversity of Tropical Grass-legumes Silages. **Asian-Australasia Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 511-518, 2015.
- RIGUEIRA, J. P. S et al. Silage of marandu grass with levels of stylo legume treated or not with microbial inoculant. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 9, p. 36-42, 2017.
- RIGUEIRA, J. P. S. et al., Perfil fermentativo e valor nutricional da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de glicerina bruta. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 833-844, 2018.
- RODRIGUES, P. H. M. et al. Sorghum silage quality as determined by chemical–nutritional factors. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 4 p. 462-473, 2020.
- SALGADO, L. S. et al. Increase in milk yield from cows through improvement of forage production using the N₂-fixing legume *Leucaena leucocephala* in a Silvopastoral System. **Animals**, v. 10, p.734-746, 2020.
- SANCHÊS, S. S. C et al. Anatomia quantitativa e parâmetros de degradação ruminal in situ do capim-elefante sob diferentes frequências de desfolha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 166-177, 2018.
- SANTOS, A. P. M. et al. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 35, n. 1, p. 55 - 62, 2018.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – 5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, M. V. F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p 25 - 43, 2010.
- SANTOS, R. J. C. t al. Clones de capim-elefante para produção de silagem. **Scientia agricola**, v.70 n.1, p. 6-11, 2013.
- SAS, **Statistical analyses system institute**. SAS User's Guide: Statistic, Cary. NC: SAS Institute INC, 2021.

- SCHMEER, M. et al. Legume-based forage production systems reduce nitrous oxide emissions. **Soil & Tillage Research**, v. 143, p. 17-25, 2014.
- SHAMSELDIN, A.; ABDELKHALEK, A.; SADOWSKY, M. J. Recent changes to the classification of symbiotic, nitrogen-fixing, legume-associating bacteria: a review. **Symbiosis**, v. 71, n. 2, p. 91-109, 2017.
- SILVA, A. R. P. et al. Efeito do uso de inoculante na silagem de capim elefante com aditivos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 42, e50533, 2020.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. S. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. Ed. Viçosa. UFV, 2002. 235 p.
- SILVA, L. D. et al. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency and performance of finishing beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 22-33, 2016.
- SILVA, P. H. F. et al. Capins-elefante de porte alto e baixo: aspectos morfofisiológicos, manejo do pastejo e de capineiras. **Ciência Rural**, v.51, n. 9, p. e20200848, 2021.
- SILVA, V. J. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 97-102, 2010.
- SUTER, M. et al. Nitrogen yield advantage from grass–legume mixtures is robust over a wide range of legume proportions and environmental conditions. **Global Change Biology**, v. 21, n. 6, p. 2424–2438, 2015.
- TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p. 245-254, 2010.
- TRAN, T. M. T. et al. Effects of wilting and lactic acid bacteria inoculation on fermentation and microbial community of elephant grass silage produced in Vietnam. **Grassland Science**, v.64, n.2, p. 151 - 155, 2017.
- VALADARES FILHO, S. C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR-Corte**. Viçosa (MG). 2016. 327 p.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd edn. Ithaca, NY/London: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A.S. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VENDRAMINI, J. M. B. et al. Nutritive Value and Fermentation Parameters of Warm-Season Grass Silage1. **The Professional Animal Scientist**, v. 26, n. 2, p. 193 - 200, 2010.
- WHITBREAD, A. M.; PENGELLY, B. C.; SMITH, B. R. An evaluation of three tropical ley legumes for use in mixed farming systems on clay soils in southern inland Queensland, Australia. **Tropical Grasslands**, v. 39, p. 9-21, 2005.
- WHITBREAD, A. M.; HALL, C. A.; PENGELLY, B. C. A novel approach to planting grass-legume pasture in the mixed farming zone of Southern inland Queensland, Australia. **Crop and Pasture Science**, v. 60, n. 12, p. 1147-1155, 2009.
- WILKINSON, J. M.; DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v.68, n.1, p. 1-19. 2013.

ZANINE, A. M. et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de raspagem de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p.2611-2616, 2010.

ZANINE, A. M. et al. Fermentation and chemical composition of guinea grass silage added with wheat meal and *Streptococcus bovis*. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 61, n. 4 p. 487- 494, 2018.

ZIMMER, A. H. et al. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Circular técnico. Documento, 189, Embrapa, Brasília, DF, 2012.

ZUBIETA, A. S. et al. Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? **Science of The Total Environment**, v. 754, p. 142029, 2021.