

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
GOIANO
Campus Rio Verde

CURSO DE BACHAREL EM AGRONOMIA

DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO DE SILAGENS MISTAS DE MILHO E FEIJÃO GUANDU

Amanda Pieroni Franco

**Rio Verde, GO
2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE.
BACHAREL EM AGRONOMIA**

**DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO DE SILAGENS
MISTAS DE MILHO E FEIJÃO GUANDU**

AMANDA PIERONI FRANCO

Trabalho de Curso Apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora Prof^ª. Dr^ª. Kátia Aparecida de Pinho Costa

Rio Verde – GO
Novembro, 2022

AMANDA PIERONI FRANCO

Dinâmica da fermentação de silagens mistas de milho e feijão guandu.

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 28 de novembro de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Dr. Leonardo de Castro Santos
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde - GO

Ms. Luciana Maria da Silva
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde – GO

Ms. João Antônio Gonçalves e Silva
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde - GO

Prof^a. Dr^a. Kátia Aparecida de Pinho Costa
Orientadora
Instituto Federal Goiano
Campus Rio Verde - GO

Rio Verde – GO
Novembro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

F825d Franco , Amanda Pieroni
Dinâmica da fermentação de silagens mistas de milho
e feijão guandu / Amanda Pieroni Franco ;
orientadora Katia Aparecida de Pinho Costa. -- Rio
Verde, 2022.
23 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Ácidos orgânicos. 2. Conservação de forragem. 3.
Cajanus cajan cv. BRS Mandarin. 4. Zea mays L . I.
Costa, Katia Aparecida de Pinho , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado sempre e me dado forças para vencer todos os obstáculos e chegar até aqui.

Aos meus pais Humberto de Oliveira Franco e Sandra Maria Pieroni que nunca mediram esforços para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar, pelo apoio, educação, criação e afeto familiar. Obrigada por sempre terem acreditado em mim, vocês são meu tudo!

Aos meus avós Ephraim e Anna por todo apoio financeiro e incentivo para que eu concluísse minha graduação.

Ao meu avô Humberto que sempre torceu por mim e a minha avó Elza que não me viu entrar na faculdade, mas sempre me incentivou.

Ao meu irmão Fernando, minha cunhada Fernanda e meus sobrinhos Henrique e Helena pelo apoio, incentivo e companheirismo de sempre.

Ao meu namorado Marcos Paulo que sempre esteve ao meu lado, por todo amor, carinho, apoio, companheirismo e paciência.

A todos meus familiares que de certa forma me ajudaram diretamente e indiretamente.

Agradeço a Deus pelas pessoas que colocou em meu caminho, amigas que cativei durante a graduação, Luana Fernandes e Vanusa Araújo, que sempre estiveram comigo na minha jornada acadêmica sendo muito importantes. Vou levar vocês por toda vida.

A minha professora e orientadora Dr^a Kátia Aparecida de Pinho Costa pelos ensinamentos passados e pela paciência durante o período que realizei o trabalho, muito obrigada pela oportunidade.

A equipe do Laboratório de Forragicultura e Pastagens pela ajuda na condução da pesquisa, principalmente a Luciana, João Antônio, João Victor e Katryne, gratidão!

Agradeço ao Instituto Federal Goiano e a todos os meus professores, pela qualidade de ensino, por toda dedicação, pelos ensinamentos compartilhados e pela paciência. Em geral todos os professores sem exceções foram de extrema importância para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a execução deste trabalho e da minha formação.

A todos, o meu muito obrigada!

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

Zn	Zinco
B	Boro
Cu	Cobre
Ma	Manganês
Fe	Ferro
Mo	Molibdnio
K ₂ O	xido de potássio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
N	Nitrogênio
CT	Capacidade tampão
MS	Matéria seca
N-NH ₃ /NT	Nitrogênio amoniacal / nitrogênio total
pH	Potencial hidrogeniônico
K ⁺	Potássio
Ca ²⁺	Cálcio
Mg ²⁺	Magnésio

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Valores de pH (a), capacidade tampão (b), teores de matéria seca (MS) (c) e NH ₃ /nitrogênio total (d) da silagem de milho com níveis de feijão guandu	13
Figura 2. Perdas totais de matéria seca (a) e produção de efluentes (b) da silagem de milho com níveis de feijão guandu	15
Figura 3. Ácido lático (a), acético (b), butírico (c) e propiônico (d) da silagem de milho com níveis de feijão guandu	17

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Silagem de milho	9
2.2 Silagem de leguminosa	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

FRANCO, Amanda Pieroni. Dinâmica da fermentação de silagens mistas de milho e feijão guandu. 2022. 23p Monografia (Curso Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

RESUMO: As leguminosas tropicais têm sido utilizadas para a confecção de silagens mistas para o enriquecimento nutricional das silagens. Neste contexto, a inclusão de níveis adequados do feijão guandu em silagens mistas de milho pode aumentar o valor nutritivo sem comprometer o seu perfil fermentativo da silagem. Sendo assim, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo da silagem de milho combinadas com níveis crescentes de feijão guandu. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da silagem de milho com seis níveis de feijão guandu (0; 20; 40; 60, 80 e 100%), totalizando 24 silos experimentais. O híbrido de milho utilizado foi o B 2800 PWU (ciclo precoce e alto potencial de rendimento de grãos) e o feijão guandu foi o *Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin. Para a ensilagem, o milho foi colhido quando atingiu 335,7 g kg⁻¹ MS (matéria seca) e o feijão guandu no ciclo de desenvolvimento de 100 dias, com 281,3 g kg⁻¹ MS. Os resultados mostraram que a adição de até 60% do feijão guandu na ensilagem de milho não compromete o perfil fermentativo da silagem. Silagem exclusiva de feijão guandu apresenta perdas fermentativas que comprometem a qualidade da silagem. Portanto, silagens mistas de milho com feijão guandu, combinadas com níveis adequados de adição, torna-se como alternativa promissora em relação à silagem exclusiva.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos, *Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin; conservação de forragem; *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

Detentor do maior rebanho comercial do mundo, o Brasil é o maior exportador de carne bovina e sexto maior produtor de leite. Nesse contexto, a bovinocultura, um dos setores mais representativos do agronegócio e da economia nacional, apesar do destaque no cenário mundial apresenta baixos índices de produtividade, principalmente no período seco do ano, em decorrência a estacionalidade de produção de forragem. Sendo assim, uma das alternativas é a produção de silagem, com intuito de fornecer alimento de qualidade para os animais nesse período (Oliveira et al., 2020). A silagem é a principal forma de armazenamento de volumoso e a mais utilizada em todo o mundo. O método é vantajoso porque possibilita o fornecimento de alimento palatável durante todo o ano (Souza et al., 2019).

Dentre as culturas anuais utilizadas para produção de silagem, destaca-se o milho, que a muitos anos é considerada cultura padrão, por apresentar bom rendimento de massa verde, excelente qualidade de fermentação e manutenção do valor nutritivo da massa ensilada (Lima et al., 2022). Entretanto, a substituição parcial da tradicional cultura do milho pelas leguminosas tropicais no processo de ensilagem tem despertado interesse e vem sendo muito utilizadas na alimentação de bovinos com resultados positivo (Epifanio et al., 2014; Ligoski et al., 2020).

Umas das leguminosas que vem se destacando na alimentação animal é o feijão guandu, sendo uma das principais leguminosas cultivadas nas diferentes regiões do mundo, altamente palatável, produz elevadas quantidades de forragem com altos teores de proteína e minerais durante a época da seca (Silva et al., 2018; Ligoski et al., 2020). Essa leguminosa é ideal como fonte de proteína barata e pode substituir outras fontes de alimentação animal, com elevados rendimentos de proteína bruta que podem chegar a 22% (Abebe, 2022).

Vários estudos tem demonstrando resultados positivos da utilização de leguminosas na ensilagem (Souza et al., 2014; Carvalho et al., 2016; Ribeiro et al., 2020; Araújo et al., 2022), mas poucos estudos adicionaram feijão guandu. A inclusão dessa leguminosas na ensilagem de cultura anuais, como o milho pode promover aumento nos teores de proteína bruta da silagem oferecida aos animais, reforçando as contribuições positivas da presença da leguminosa na qualidade do alimento (Ligoski et al., 2020) e reduzindo o custo com aquisição de sais protéinados e/ou concentrados.

No entanto, poucas informações são encontradas na literatura sobre silagem de milho com níveis de feijão guandu, bem como qual o melhor nível de adição da leguminosa para proporcionar incrementos positivos na composição bromatológica, sem afetar as características fermentativas da silagem. Diante disso, estudos que busquem melhorar a qualidade bromatológica da silagem, tornam-se de grande importância. Dadas as características

nutricionais do milho e feijão guandu, hipotetizamos que a inclusão de níveis de até 60% de feijão guandu para compor silagens mistas de milho possibilita aumentar os teores de proteína bruta da silagem, sem comprometer as características fermentativas. Sendo assim, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo da silagem de milho combinadas com níveis crescentes de feijão guandu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Silagem de milho

A região Centro-Oeste é caracterizada por duas estações sazonais definidas do ano: período chuvoso e seco, situação essa que provoca a estacionalidade da produção de forragens. Com isso, a produção de forragem ao longo do ano é desuniforme, em função de oscilações hídricas, onde a produção é elevada durante as águas e escassa no período da seca. Desta forma, a ensilagem é uma ferramenta utilizada com intuito de conservação, podendo assim utilizar o material ensilado na época da seca onde geralmente há escassez de alimento para os animais (Santos e Zanine, 2006).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas utilizada na segunda safra na região Central do Brasil (Guarnieri et al., 2019) e é considerado como padrão para a ensilagem por apresentar alta palatabilidade para bovinos, facilidade de fermentação, composição de fibras adequadas e alto potencial de matéria seca e grãos (Pereira et al., 2017). Também é considerado como importante fonte de energia, tendo ainda características necessárias para um processo fermentativo adequado quando armazenado no silo (Buso et al., 2018), entretanto, apresenta baixo teor de proteína bruta (PB) em torno de 7 %. No entanto, para suprir as exigências de bovinos de alta exigência nutricional, é necessário a complementação da dieta com alimentos de maior teor proteico (Souza et al., 2019).

Uma das formas para melhorar nutricionalmente o material ensilado é a inclusão de plantas mais proteicas, como as leguminosas (Stella et al., 2016). A inclusão do uso de leguminosas consorciada ou adicionada a gramíneas na ensilagem visa favorecer a elevação do teor de proteína bruta da silagem (Gobetti et al., 2011; Ligoski et al., 2020).

Para considerar uma silagem como bem preservada, um conjunto de variáveis deve ser avaliado. Estes incluem pH, teor de matéria seca, quantidade de carboidratos solúveis, nitrogênio amoniacal e concentração de ácidos orgânicos que nos permitem avaliar se o processo de fermentação foi satisfatório e se a matéria ensilada manteve seu valor nutricional (Bolsen et al., 1996). Parâmetros como perda por gases e efluentes e índice de recuperação de

matéria seca também são utilizados para caracterizar o processo fermentativo (Vasconcelos et al., 2009).

2.2 Silagem de leguminosa

Um das leguminosas que vem se destacando na alimentação animal é feijão guandu, sendo uma das principais leguminosas cultivadas nas diferentes regiões do mundo, altamente palatável, produz elevadas quantidades de forragem com altos teores de proteína e minerais durante a época da seca. O guandu vem sendo utilizada em diversas regiões brasileiras para diversos propósitos, mais frequentemente na alimentação animal, tanto como pastagem exclusiva ou consorciada, como também, na forma de forragem verde (Bonfim-Silva et al., 2014), feno e silagem (Silva et al., 2018; Ligoski et al., 2020). O guandu como espécie forrageira é ideal como fonte de proteína barata e pode substituir outras fontes de alimentação animal, com elevados rendimentos de proteína bruta que variam de 14 a 17% (Pinedo et al., 2012).

Os sistemas consorciados de leguminosas são uma opção sustentável para melhorar a qualidade nutricional de alimentação animal e diminuir as emissões de gases de efeito estufa do gado. Assim, Ligoski et al. (2020), avaliando a silagem de milho consorciada com feijão guandu e capim-marandu, verificaram que a silagem consorciada apresentou maiores teores de proteína bruta, fibra em detergente ácido e lignina do que a silagem de milho. Além disso, a silagem consorciada diminuiu a produção total de gás e metano, mostrando potencial para aumentar a qualidade nutricional do material conservado e reduzir as emissões de metano em sistemas de produção pecuária.

Dentre as leguminosas o feijão guandu (*Cajanus cajan* cv. Mandarin) destaca-se por apresentar de 17 a 27 % de proteína bruta (Amaefule et al., 2011), além disso essa cultura se destaca por apresentar sistema radicular profundo, capaz de se desenvolver em solos com tendência em formar crosta na superfície, com bom potencial na absorção de água e possibilidade de reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas (Farias et al., 2013).

O interesse pela silagem de leguminosas tem aumentado em países tropicais, como é o caso do Brasil (Heinritz et al., 2012). Resultados promissores têm sido obtidos em vários estudos (Souza et al., 2014). Avaliando o consórcio de milho com braquiárias e feijão guandu, Gomes et al. (2021) observaram que o consórcio pode ser considerado uma alternativa para aumentar a proteína bruta da silagem, além de proporcionar maior diversidade na forragem após o corte para a ensilagem.

Quintino et al. (2013), observaram que a adição de 20% de feijão guandu na silagem de milho, pode elevar o nível de proteína bruta em até 50%, aumentando o ganho de peso animal em 200 g/dia. Já Pinedo et al. (2012) avaliando doses crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo, verificaram que a inclusão do feijão guandu até o nível de 50% é uma alternativa viável para melhorar a composição bromatológica e qualidade fermentativa da silagem de sorgo.

Avaliando a composição química e perdas fermentativas da silagem mista de cana-de-açúcar e feijão guandu, Pereira et al. (2019), verificaram que as perdas fermentativas são reduzidas com a adição da leguminosa, com redução na produção de efluente e perdas de gases e aumento do teor de matéria seca e proteína bruta. Desta forma, os resultados demonstram o potencial do feijão guandu para produção de silagem, com intuito de melhorias da dieta animal de bovinos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde na segunda safra de 2021. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da silagem de milho com seis níveis de feijão guandu (0; 20; 40; 60, 80 e 100%), totalizando 24 silos experimentais.

O híbrido de milho utilizado foi o B 2800 PWU (Ciclo precoce e alto potencial de rendimento de grãos) e o feijão guandu foi o *Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin, sendo as culturas semeadas de forma separada. As parcelas de ambas as culturas foram constituídas por seis linhas de três metros de comprimento, espaçadas a 0,50 m. O milho e o feijão guandu foram semeados a 3 cm de profundidade.

Na semeadura das culturas foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fonte de superfosfato simples e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (9% de Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe e 0,1 Mo). Quando as plantas de milho apresentavam de três a seis folhas completamente desenvolvidas, foi realizada adubação de cobertura a lanço, aplicando 150 e 100 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, nas fontes de ureia e cloreto de potássio. Já para o feijão guandu, foi aplicado 100 de K₂O aos 30 e 60 dias após semeadura (DAS). Não foi realizado adubação nitrogenada no feijão guandu, visando o aproveitamento da fixação biológica do nitrogênio.

O controle fitossanitário do milho foi realizado ao longo do desenvolvimento da cultura, com duas aplicações do inseticida Lannate, para as principais pragas do milho que são cigarrinha do milho e lagarta do cartucho, (princípio ativo metomil) na proporção de 0,4 L ha⁻¹ de produto comercial. As plantas daninhas foram controladas através de capina manual.

Foram realizadas análises do material *in natura* (antes da ensilagem) do milho e do feijão guandu para determinação de matéria seca (MS). Para a ensilagem, o milho foi colhido com 335,7 g kg⁻¹ MS e o feijão guandu no ciclo de desenvolvimento de 100 dias com 281,3 g kg⁻¹ MS, sendo ambas as culturas colhidas a 20 cm do solo, utilizando roçadeira costal. Posteriormente, os materiais foram picados separadamente em triturador forrageiro, em partículas de aproximadamente 10 mm.

Em seguida o milho foi homogeneizado com os níveis de inclusão do feijão guandu (0, 20, 40, 60, 80 e 100%), calculado com base na matéria natural e armazenada em silos experimentais de PVC, medindo 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. Posteriormente, os silos foram compactados com pêndulo de ferro, fechados com tampas de PVC e lacrados com fita adesiva de forma a impossibilitar a entrada de ar. Os silos foram armazenados à temperatura ambiente e protegidos da chuva e luz solar.

Após 50 dias de fermentação, os silos foram abertos, descartando-se a porção superior e a inferior de cada um. A porção central do silo foi homogeneizada e colocada em bandejas de plástico. Parte da silagem foi separada para as análises dos parâmetros fermentativos: capacidade tampão, pH e nitrogênio amoniacal no nitrogênio total (N-NH₃/NT), seguindo o método descrito por (Bolsen et al., 1992).

As análises de pH e capacidade tampão foram realizadas no momento da abertura dos silos, evitando alterações nos valores esperados devido ao calor e umidade. Já para a determinação do nitrogênio amoniacal, a silagem foi congelada a fim de inativar a atividade das bactérias anaeróbicas, evitando desta forma, a volatilização do nitrogênio, e posteriormente as amostras foram descongeladas para extração do suco (Bolsen et al., 1992). Os ácidos orgânicos foram determinados em cromatógrafo líquido Shimadzu, SPD-10A VP (HPLC), acoplado a detector ultravioleta (UV), no comprimento de onda de 210 nm, conforme Kung Jr. e Shaver (2001). As perdas de totais de matéria seca e produção de efluentes foram determinadas conforme metodologia proposta por Jobim et al. (2007).

Os dados foram submetidos a análise de variância através do programa R versão R-3.1.1 (2014), utilizando-se do pacote ExpDes e as doses de feijão guandu foram avaliados por análise de regressão, com erro padrão da média, através do programa Sigma Plot.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão de níveis de feijão guandu na silagem de milho influenciou ($p < 0,05$) nas características fermentativas das silagens. Houve aumento linear no pH da silagem com a inclusão dos níveis de feijão guandu na massa ensilada (Figura 1 a), revelando que à medida

que aumentou a inclusão da leguminosa houve maior resistência ao abaixamento do pH da silagem. Este aumento no pH está associado a maior capacidade tampão que as leguminosas apresentam, quando comparadas ao milho, influenciando na estabilização da silagem, que ocorre em pH mais alto, com valores acima de 4,5 conforme demonstrado por Epifanio et al. (2016). Contudo, os resultados observados para a inclusão de até 60% de feijão guandu estão dentro da faixa adequada de 3,8 a 4,2 (McDonald et al., 1991).

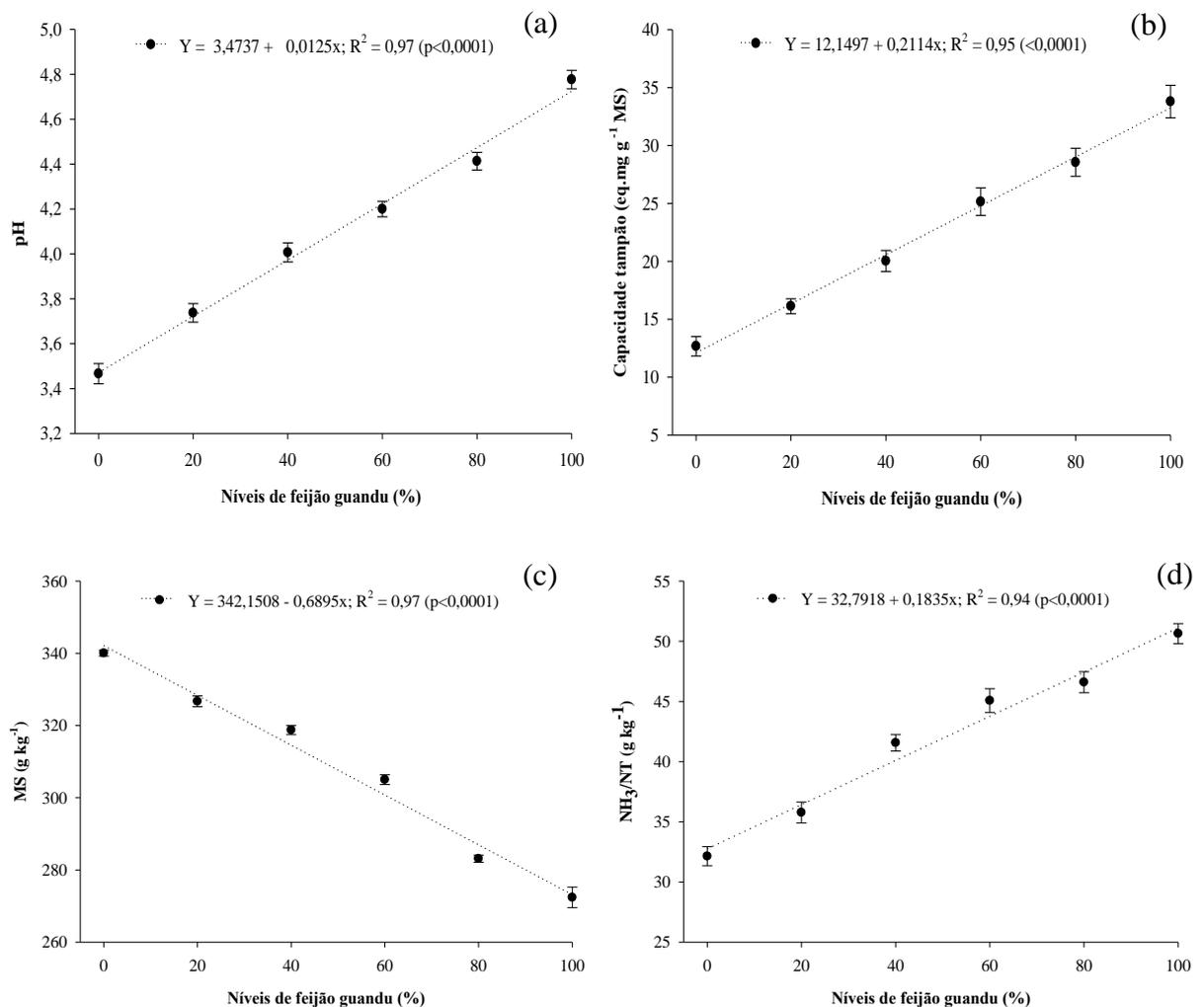


Figura 1. Valores de pH (a), capacidade tampão (b), teores de matéria seca (MS) (c) e NH₃/nitrogênio total (d) da silagem de milho com níveis de feijão guandu.

A adição de feijão guandu na ensilagem do milho também proporcionou aumento linear da capacidade tampão (Figura 1 b). Este aumento ocorreu devido a presença de substâncias tamponantes como: potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), que neutralizam os ácidos orgânicos formados pela fermentação, impedindo a redução do pH (Smith, 1962). Leguminosas

possuem elevada concentração de proteína bruta, baixos níveis de carboidratos solúveis e alta capacidade de tamponamento, tornando-as suscetíveis a proteólise durante a fermentação da silagem (Baghdadi et al., 2016). No entanto, os valores observados para o nível de inclusão de feijão guandu de até 40%, estão dentro da faixa adequada que é abaixo de 20 eq.mg HCl/100 g MS (Ferrari Júnior e Lavesso, 2001).

A Figura 1 (c) mostrou decréscimo no teor de MS com o aumento dos níveis de feijão guandu na silagem de milho. Este resultado se deve ao menor teor de MS do feijão guandu no momento do corte (281,39 g kg⁻¹ MS), quando comparado ao milho (335,7 g kg⁻¹ MS). Para todos os níveis de inclusão de feijão guandu, os resultados encontram-se dentro dos teores ideais de MS citados por McDonald et al. (1991), que concluíram que para garantir a fermentação ideal dentro do silo e conseqüentemente manter a qualidade nutricional das silagens, os teores de MS da massa ensilada, devem estar entre 270 a 380 g kg⁻¹ MS. Resultados semelhantes foram observados por Contreras-Govea et al. (2013), que observaram redução da MS das silagens de milho e sorgo forrageiro à medida que adicionaram níveis de até 75% de feijão-caupi.

O teor de MS é um ponto chave que afeta diretamente a fermentação durante o processo de ensilagem, influenciando desse modo, a qualidade da silagem produzida (Paludo et al., 2020). Desta forma, a produção de silagens mistas torna-se alternativa importante para o equilíbrio do teor de MS do material ensilado, principalmente das leguminosas forrageiras que apresentam menor teor de MS no momento do corte.

Analisando o NH₃-NT, foi possível observar aumento linear (Figura 1 d), com acréscimo dos níveis de feijão guandu na ensilagem. De acordo com Kung Jr et al. (2018) silagens de boa qualidade devem apresentar níveis de NH₃-NT abaixo de 100 g kg⁻¹, mostrando que mesmo na silagem somente de feijão guandu (100%), os valores ficaram dentro da faixa adequada, o que pode ter ocorrido baixa atividade das bactérias do gênero *Clostridium*, coprodutoras do NH₃-NT, acarretando baixa degradação das proteínas e manutenção do valor nutricional da silagem. Valores como os observados, permitem a produção eficiente de ácido láctico, realizada pelas bactérias do gênero *Lactobacillus*, reduzem a proteólise e inibem o crescimento de microrganismos indesejáveis no processo de fermentação (Ramos et al., 2021).

Na Figura 2 (a) é possível observar aumento linear das perdas de matéria seca à medida que aumentou os níveis de inclusão do feijão guandu na silagem de milho. Este resultado é decorrente do menor teor de MS no momento da ensilagem, em relação ao milho. O feijão guandu, assim como outras leguminosas apresentam elevada umidade, baixa concentração de carboidratos solúveis e elevada atividade da água, características que não são desejáveis no momento da ensilagem, pois favorecem a ocorrência de fermentações secundárias, as quais são

responsáveis pelas maiores perdas de MS (Borreani et al., 2018). Vale ressaltar que perdas durante o processo de fermentação podem reduzir a recuperação de matéria seca, uma vez que a superfície do silo tende a aumentar a penetração de oxigênio, causando oxidação da matéria orgânica e redução da matéria seca (Borreani et al., 2018). Entretanto, o feijão guandu foi colhido no ciclo de 100 dias após a semeadura, o que pode ter contribuído para aumentar o teor de MS da leguminosa no momento do corte e diminuir perdas severas.

Avaliando a influência de diferentes proporções de soja na silagem de milho, Parra et al. (2019) observaram maiores perdas de MS à medida que a proporção de soja aumentou na mistura soja-milho. Silagens de leguminosas apresentam maior perda de MS devido a maior capacidade tampão destas, dificultando o abaixamento do pH resultando em um processo de fermentação prolongado com alto consumo de substratos fermentáveis (Bolson et al., 2022).

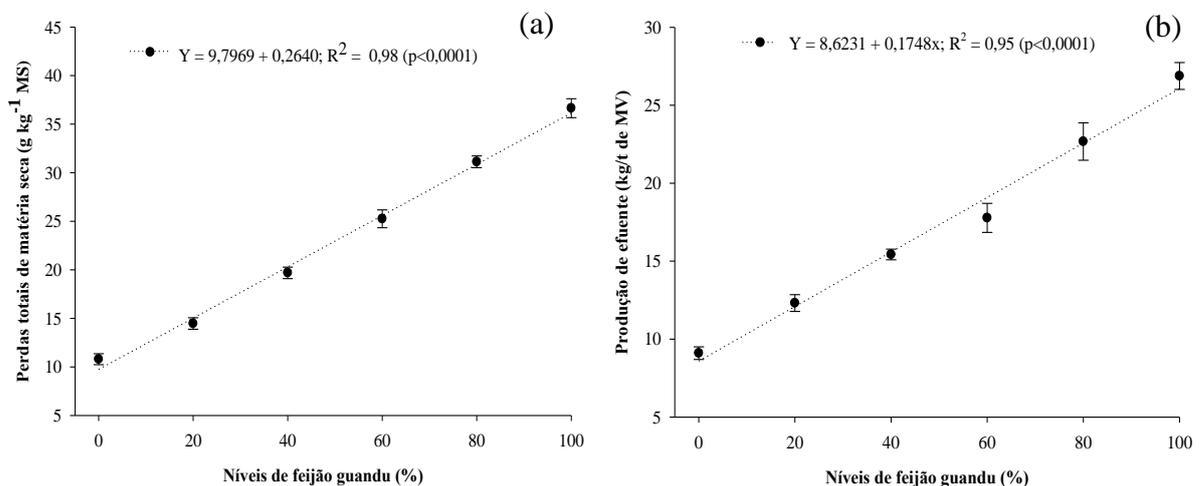


Figura 2. Perdas totais de matéria seca (a) e produção de efluentes (b) da silagem de milho com níveis de feijão guandu.

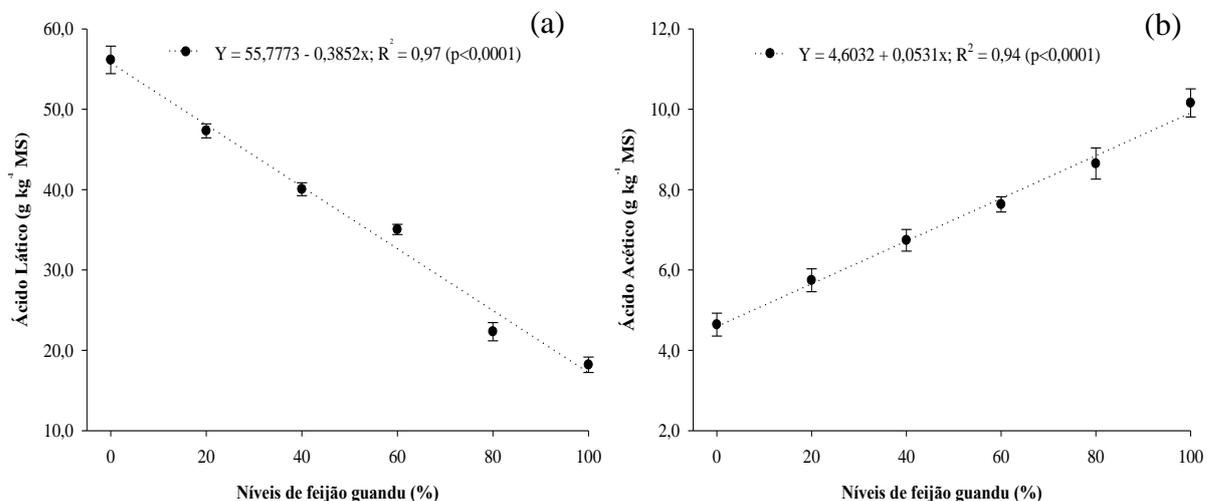
As produções por efluentes também aumentaram com os níveis de inclusão de feijão guandu na silagem de milho (Figura 2 b). Esse aumento deve-se principalmente ao menor teor de MS do feijão guandu no momento da ensilagem. O volume de efluente produzido está relacionado ao teor de MS da espécie forrageira ensilada e pelo grau de compactação. O aumento na produção de efluentes é prejudicial na qualidade da silagem, pois favorece a lixiviação de nutrientes para o fundo do silo, reduzindo o conteúdo de nutrientes da silagem em relação ao material ensilado (Queiroz et al. 2021).

Houve redução linear na concentração de ácido lático (Figura 3 a) com aumento dos níveis de feijão guandu na silagem de milho. Esse efeito pode estar associado ao menor teor de carboidrato solúvel nas leguminosas em comparação ao milho (Htet et al., 2022). Resultados

semelhantes foram observados por Gülümser et al. (2021) avaliando o potencial da ensilagem de milho e leguminosas, verificaram redução da concentração de ácido láctico com o aumento do nível de feijão-caupi. A qualidade da silagem depende do teor de ácido láctico produzido, que deve ser superior a $20,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (Kung Jr et al., 2018). Os resultados do presente estudo até o nível de 80% de inclusão de feijão guandu estão de acordo com os teores recomendados por Kung Jr et al. (2018).

Dentre os ácidos orgânicos, que contribuem para a redução do pH da massa ensilada, o ácido láctico é o encontrado em maiores concentrações, devido a sua maior constante de dissociação ($\text{pK}_a = 3,86$), desempenhando desta forma, papel fundamental na queda rápida do pH abaixo de 4,20 durante o processo de fermentação (Souza et al., 2019). Nesse sentido, há interesse em combinar plantas forrageiras como silagens mistas para melhorar a qualidade nutricional e reduzir as perdas de fermentação durante o processo (Drouin et al., 2021), principalmente para produção de silagem exclusiva de feijão guandu, onde não atingiu valores de ácido láctico a superior a $20,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ no presente estudo.

A adição de níveis de feijão guandu proporcionou aumento linear na concentração de ácido acético (Figura 3 b). Apesar deste aumento, as concentrações de ácido acético para todas as silagens produzidas encontram-se dentro do padrão de classificação de silagens bem conservadas, abaixo de $20 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, assim como os resultados observados por Epifanio et al. (2016). As concentrações de ácido propiônico e butírico também aumentaram linearmente com o incremento da leguminosa na ensilagem (Figuras 3 c e 3 d), porém mesmo para a silagem de 100% de feijão guandu os valores para esses ácidos encontram-se dentro das faixas adequadas (menor que 5 e $1 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, respectivamente), conforme Kung Jr et al. (2018).



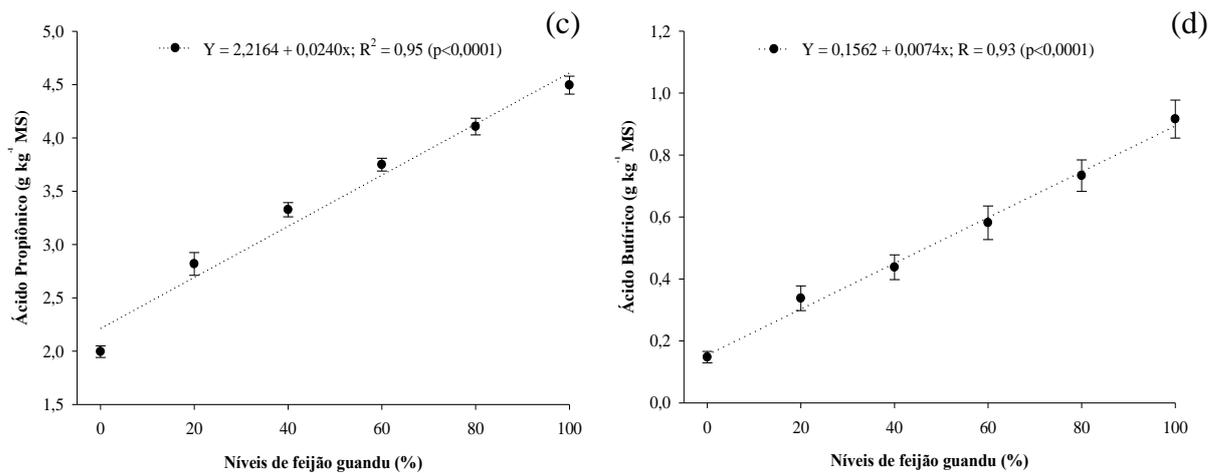


Figura 3. Ácido láctico (a), acético (b), butírico (c) e propiônico (d) da silagem de milho com níveis de feijão guandu.

Os baixos valores dos ácidos acético, propiônico e butírico obtidos nas silagens demonstram que o teor de MS do milho ($354,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) e do feijão guandu ($281,39 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), no momento do corte estavam adequados, o que contribuiu para a atividade predominante de bactérias do gênero *Lactobacillus*, produtoras do ácido láctico, e consequente inibição da ação de bactérias do gênero *Clostridium*, garantindo, desta forma, fermentação adequada para preservar a massa ensilada, através da queda rápida do pH.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de até 60% do feijão guandu na ensilagem de milho não compromete o perfil fermentativo da silagem.

Silagem exclusiva de feijão guandu apresenta perdas fermentativas que compromete a qualidade da silagem. Portanto, silagens mistas de milho com feijão guandu, combinadas com níveis adequados de adição, torna-se como alternativa promissora em relação a silagem exclusiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEBE, B. K. The dietary use of pigeon pea for human and animal diets. **The Scientific World Journal**, v. 2022, p. 1-12, 2022.

AMAEFULE, K. U.; UKPANA, U. A.; IBOK, A. E. Performance of starter broilers fed raw pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] seed meal diets supplemented with lysine and or methionine. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, n. 3, p. 205-211, 2011.

ARAÚJO, J. S.; ARAÚJO, C. A.; MACEDO, A.; SILVA, C. S.; NOVAES, J. J. S.; LIMA, D. O.; BORGES, E. N.; GOIS, G. C.; ARAÚJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S. Fermentation dynamics, nutritional quality, and heating capacity of mixed silages of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) and Leucaena (*Leucaena leucocephala*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 59, p. 1-9, 2022.

BAGHDADI, A.; HALIM, R. A.; RADZIAH, O.; MARTIN, M. Y.; EBRAHIMI, M. Fermentation characteristics and nutritive value of corn silage intercropped with soybean under different crop combination ratios. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1710-1717, 2016.

BOLSEN, K. K.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G. Silage fermentation and silage additives: review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 9, n. 5, p. 483-493, 1996.

BOLSEN, K. K.; LIN, C.; BRENT, B. E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.

BOLSON, D. C.; JACOVACI, F. A.; GRITTI, V. C.; BUENO, A. V. I.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G.; JOBIM, C. C. Intercropped maize-soybean silage: Effects on forage yield, fermentation pattern and nutritional composition. **Grassland Science**, v. 68, n. 1, p. 3-12, 2022.

BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; FARIAS, L. N.; OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTENELLI, J. V. Adubação fosfatada no desenvolvimento e produção de feijão guandu em latossolo vermelho do cerrado em primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v. 30, n.5, p. 1380-1388, 2014.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.

BUSO, W. H. D.; MACHADO, A. S.; RIBEIRO, T. B.; SILVA, L. O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 74-80, 2018.

CARVALHO, W. G.; COSTA, K. A. P.; EPIFANIO, P. S.; PERIM, R. C.; TEIXEIRA, D. A. A.; MEDEIROS, L. T. Silage quality of corn and sorghum added with forage peanuts. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 465-472, 2016.

CONTRERAS-GOVEA, F. E.; VANLEEUEWEN, D. M.; ANGADI, S. V.; MARSALIS, M. A. Enhances in crude protein and effects on fermentation profile of corn and forage sorghum silage with addition of cowpea. **Forage and Grazinglands**, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2013.

DROUIN, P.; TREMBLAY, J.; RENAUD, J.; APPER, E. Microbiota succession during aerobic stability of maize silage inoculated with *Lentilactobacillus buchneri* NCIMB 40788 and *Lentilactobacillus hilgardii* CNCM-I-4785. **MicrobiologyOpen**, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2021.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; SILVA, V. R. D. Silage quality of *Urochloa brizantha* cultivars with levels of Campo Grande Stylosanthes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 135-142, 2016.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; CRUVINEL, W. S.; BENTO, J. C.; PERIM, R. C. Fermentative and bromatological characteristics of Piata palisadegrass ensiled with levels of meals from biodiesel industry. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 491-504, 2014.

FARIAS, L. N.; BONFIM-SILVA, E. M.; PIETRO-SOUZA, W.; VILARINHO, M. K. C.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 497-503, 2013.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1424-1431, 2001.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; OLIBONI, R. Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (*Glicine max*) para ruminantes. **Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 603-616, 2011.

GOMES, V. C.; MEIRELLES, P. R. L.; COSTA, C.; BARROS, J. S.; CASTILHOS, A. M.; SOUZA, D. M.; TARDIVO, R.; PARIZ, C. M. Production and quality of corn silage with forage and pigeon peas in a crop-livestock system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 861-876, 2021.

GUARNIERI, A.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, S. S.; SANTOS, C. B. Agronomic and productive characteristics of maize and Paiaguas palisadegrass in integrated production systems. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p.1185-1198, 2019.

GÜLÜMSER, E.; MUT, H.; BAŞARAN, U.; DOĞRUSÖZ, M. Ç. An assessment of ensiling potential in maize x legume (soybean and cowpea) binary mixtures for yield and feeding quality. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 45, n. 3, p. 547-555, 2021.

HEINRITZ, S. N.; MARTENS, S. D.; AVILA, P.; HOEDTKE, S. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, n. 3-4, p. 201-210, 2012.

HTET, M. N. S.; WANG, H.; YADAV, V.; SOMPOUVISETH, T.; FENG, B. Legume integration augments the forage productivity and quality in maize-based system in the loess plateau region. **Sustainability**, v. 14, n. 10, p. 6022, 2022.

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

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

KUNG, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analyses reports. **Focus on Forage**, v. 3, n. 13, p. 1-5, 2001.

LIGOSKI, B.; GONÇALVES, L. F.; CLAUDIO, F. L.; ALVES, E. M.; KRÜGER, A. N. BIZZUTI, B. E.; LIMA, P. M. T.; ABDALLA, A. L.; PAIM, T. P. Silage of intercropping corn, palisade grass, and pigeon pea increases protein content and reduces in vitro methane production. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1784, 2020.

LIMA, L. M.; BASTOS, M. S.; ÁVILA, C. L. S.; FERREIRA, D. D.; CASAGRANDE, D. R.; BERNARDES, T. F. Factors determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions. **Grass and Forage Science**, v. 77, n. 3, p. 201-215, 2022.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2 nd ed. Edinburgh, UK Mallow: Chalcombe Publications, 1991.

OLIVEIRA, S. S.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SANTOS, C. B.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, V. C. Production and quality of the silage of sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and at different maturity stages. **Animal Production Science**, v. 60, n. 5, p. 694-704, 2020.

PALUDO, F.; COSTA, K. A. P.; DIAS, M. B. C.; SILVA, F. A. S.; SILVA, A. C. G.; RODRIGUES, L. G.; SILVA, S. A. A.; SOUZA, W. F.; BILEGO, U. O.; MUNIZ, M. P. Fermentative profile and nutritive value of corn silage with Tamani guinea grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2733-2746, 2020.

PARRA, C. S.; BOLSON, D. C.; JACOVACI, F. A.; NUSSIO, L. G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P. Influence of soybean-crop proportion on the conservation of maize-soybean bi-crop silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 257, p. 114295, 2019.

PEREIRA, D. S.; LANA, R. P.; CARMO, D. L.; COSTA, Y. K. S. Chemical composition and fermentative losses of mixed sugarcane and pigeon pea silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, p. 1-5, 2019.

PEREIRA, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S.; ARGENTA, F. M.; MOURA, A. F.; BORCHATE, D. Características agronômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, v. 29, n.1 p.18-27, 2017.

PINEDO, L. A.; CAMPO, F. C. PEÇANHA, M. R. C.; ABDALLA, A. L. Avaliação de níveis crescentes de guandu sobre as características bromatológicas e qualidade fermentativas da silagem de sorgo. **PUBVET**, v. 6, n. 22, p. 1393-1398, 2012.

QUEIROZ, F. E.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MONÇÃO, F. P.; RIGUEIRA, J. P. S.; PARRELLA, R. A. C.; RUFINO, L. D. A.; SANTOS, A. S.; CORDEIRO, M. W. S. Effect of row spacing and maturity at harvest on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional characteristics of biomass sorghum (BRS 716) silage in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. 1-13, 2021.

QUINTINO, A. C.; ZIMMER, A. H.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J. Silagem de milho safrinha com níveis crescentes de forragem de guandu. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2, 2013. **Anais...** Londrina-PR: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2013.

RAMOS, B. L. P.; PIRES, A. J. V.; CRUZ, N. T.; SANTOS, A. P. S.; NASCIMENTO, L. M. G.; SANTOS, H. P.; AMORIM, J. M. S. Losses in the silagem process: a brief review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e8910514660, 2021.

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

SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n. 1, p. 32-45, 2006.

SILVA, A.; SANTOS, F. L. S.; BARRETTO, V. C. M.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.

SMITH, L. H. Theoretical carbohydrate requirement for alfafa silage production. **Agronomic Journal**, v. 54, n. 4, p. 291-293, 1962.

SOUZA, W. F.; COSTA, K. A. P.; GUARNIERI, A.; SEVERIANO, E. C.; SILVA, J. T.; TEIXEIRA, D. A. A.; OLIVEIRA, S. S.; DIAS, M. B. C. Production and quality of the silage of corn intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and maturity stages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. 1-16, 2019.

SOUZA, W. F.; PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, S. A.; VALADARES FILHO, S. C. Intake, digestibility, nitrogen efficiency, and animal performance of growing and finishing beef cattle fed warm-season legume (*Stylosanthes capitata* plus *Stylosanthes macrocephala*) silage replacing corn silage. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 9, p. 4099-4107, 2014.

STELLA, L. A.; PERIPOLLI, V.; PRATES, Ê. R.; BARCELLOS, J. O. J. Composição química das silagens de milho e sorgo com inclusão de planta inteira de soja. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1, p. 73-79, 2016.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E. M.; ZANINE, A. M.; PINTO, T. F.; LIMA, W. C.; EDVAN, R. L.; PEREIRA, O. G. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 4, p. 874-884, 2009.