



CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

SILAGENS DE SORGO, CAPIM-TAMANI E ESTILOSANTES EM SISTEMA INTEGRADO: PRODUÇÃO E QUALIDADE

João Victor Campos Pinho Costa

**Rio Verde, GO
junho de 2023**

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

**SILAGENS DE SORGO, CAPIM-TAMANI E ESTILOSANTES
EM SISTEMA INTEGRADO: PRODUÇÃO E QUALIDADE**

João Victor Campos Pinho Costa

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

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

Rio Verde – GO
Junho, 2023

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

C837s Costa, João Victor Campos Pinho
Silagens de sorgo, campim-tamani e estilosantes
em sistema integrado: Produção e qualidade / João
Victor Campos Pinho Costa; orientadora Kátia
Aparecida de Pinho Costa. -- Rio Verde, 2023.
35 p.

TCC (Graduação em Zootecnia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Fração fibrosa. 2. Panicum Maximum cv. BRS
Tamani. 3. proteína bruta. 4. Sorghum bicolor. 5.
Stylosanthes guianensis cv. Bela.. I. Aparecida de
Pinho Costa, Kátia, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 JOAO VICTOR CAMPOS PINHO COSTA
Data: 15/08/2023 22:03:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 KATIA APARECIDA DE PINHO COSTA
Data: 17/08/2023 07:21:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 47/2023 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 30 dias do mês de junho de 2023, às 14:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pela docente Kátia Aparecida de Pinho Costa (orientadora), Luciana Maria da Silva (membro) e Laís Guerra Prado (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Silagens de sorgo, capim-tamani e estilosantes em sistema integrado: Produção e qualidade” do estudante João Victor Campos Pinho Costa, Matrícula nº 2019102201840300 do Curso de Zootecnia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Kátia Aparecida de Pinho Costa

Orientadora

(Assinado Eletronicamente)

Luciana Maria da Silva

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Laís Guerra Prado

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Katia Aparecida de Pinho Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/07/2023 14:11:10.
- **Luciana Maria da Silva**, 2020202320140044 - Discente, em 10/07/2023 14:15:20.
- **Laís Guerra Prado**, 2021102320140086 - Discente, em 10/07/2023 16:32:47.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/07/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 511897

Código de Autenticação: 549aeb430d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pois ele me deu força para suportar todas as adversidades que tive até o momento, e sem ele não poderia estar onde estou. Ainda não cheguei aonde sempre sonhei, pois estar finalizando o meu curso, representa apenas uma pequena pedra diante de uma montanha que ainda tenho que escalar.

Sou grato a minha família e parentes por me dar apoio e incentivo desde o começo, sem eles também seria difícil estar finalizando esta etapa, em especial, meu pai e minha mãe, que mesmo de longe, sinto o amor deles ao meu lado.

A minha querida orientadora Kátia Costa e ao professor Eduardo Severiano, agradeço pelos ensinamentos, conselhos, puxões de orelha e abraços. Agradeço também a todos integrantes que fizeram parte do Laboratório de Forragicultura e Pastagem desde a minha entrada em 2019, em especial a Luciana, por ser minha amiga, conselheira e de certa forma, uma professora para mim.

Ao IF Goiano – Campus Rio Verde, todos os professores e funcionários que foram essenciais em minha formação. Agradeço pela oportunidade e pela concessão da bolsa do CNPq.

Aos meus amigos, tenho enorme gratidão, pois foi lado deles que estou vencendo esta “guerra”. Agradeço a Crislaine, Kamilly e Karol, que foram muito importantes para mim nesses dois últimos anos.

Sempre fui uma pessoa focada nos meus objetivos, desistir nunca foi uma opção para mim, eu tenho um grande sonho e enquanto ele não se tornar real, não descansarei.

A todos, minha gratidão!

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Alumínio
Al+H	Alumínio Hidrogênio
Bo	Boro
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cm	Centímetro
Cm/dm ³	Centimol por decímetro cúbico
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
Cu	Cobre
DIVMS	Digestibilidade in vitro da matéria seca
S	Enxofre
EE	Extrato etéreo
Fe	Ferro
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
P	Fósforo
g	Gramas
g/dm ³	Gramas por decímetro cúbico
g/kg	Gramas por quilograma
g/kg ms	Gramas por quilograma de matéria seca
°C	Grau Celsius
L/ha	Litros por hectare
Mn	Manganês
M.O	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
m	Metros
mg	miligrama
mg/dm ³	miligramas por decilitro cúbico
mm	Milímetro
N	Nitrogênio

NDT	Nutrientes digestíveis totais
K ₂ O	Óxido de potássio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
%	Porcentagem
K	Potássio
PB	Proteína Bruta
Kg	Quilograma
Kg/ha	Quilograma por hectare
Z	Zinco

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Precipitação mensal e temperaturas mínima, média e máxima registradas de fevereiro a agosto de 2022 em Rio Verde - GO, Brasil.....	15
Figura 2. Disposição das culturas no monocultivo, consórcio duplo e triplo em sistema integrado.....	16
Figura 3. Produção de massa seca do material ensilado do sorgo, capim-tamani e estilosantes Bela em monocultivo e consorciado.....	20
Figura 4. Teores de FDN (a), FDA (b) e lignina (c) da silagem de sorgo, capim-tamani e estilosantes Bela em monocultivo e consorciado.....	22
Figura 5. Teores de PB (a), EE (b), DIVMS (c) e NDT (d) da silagem de sorgo, capim-tamani e estilosantes bela em monocultivo e consorciado.....	23

LISTA DE TABELA

Página

Tabela 1. Proporção de material ensilado do sorgo consorciado, capim-tamani e estilante Bela.....	18
Tabela 2. Composição química-bromatológica (g kg^{-1}) do sorgo, capim-tamani e estilantes Bela em monocultivo e consorciados antes da ensilagem.....	19

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4 RESULTADOS.....	20
5 DISCUSSÃO.....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

Costa, João Victor Campos Pinho. **Silagens de sorgo, capim-tamani e estilosantes em sistema integrado: Produção e qualidade.** 2023. 34p Monografia (Curso Bacharelado de Zootecnia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2023.

RESUMO: Os sistemas de integração lavoura-pecuária são tecnologias eficientes para diversificar a produção e promover a sustentabilidade agrícola. Entretanto, é necessário conhecer mais sobre o consórcio triplo das culturas para produção de silagem. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o valor nutritivo da silagem de sorgo consorciada com capim-tamani e estilosantes Bela em sistemas integrados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da silagem de: sorgo em monocultivo; capim-tamani em monocultivo (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani); estilosantes Bela em monocultivo (*Stylosanthes guianensis* cv. BRS Bela); sorgo consorciado com capim-tamani; sorgo consorciado com estilosantes Bela; estilosantes Bela consorciado com capim-tamani e sorgo consorciado com capim-tamani + estilosantes Bela, totalizando 28 silos experimentais. Os resultados mostraram que o sorgo consorciado com forrageiras tropicais podem ser utilizadas em sistemas integrados de produção de silagem por aumentar a produção da massa ensilada por área, fornecer pasto após a colheita das culturas para produção de silagem, melhorando a eficiência do uso da terra de forma sustentável. Silagem de sorgo consorciado com capim-tamani e estilosantes Bela aumenta os teores de MS, EE e NDT das silagens de forrageiras em monocultivo. Por outro lado, as forrageiras tropicais, contribui para aumentar os teores de PB da silagem de sorgo em monocultivo, o que pode resultar na redução do custo com aquisição de sais proteínados, visando o fornecimento de proteína na alimentação de ruminantes. Sendo, assim, o consórcio triplo de sorgo + capim-tamani e estilosantes Bela, pode ser recomendado para a produção de silagem, trazendo vantagens para a cultura anual e forrageiras tropicais.

Palavras-chave: Fração fibrosa, *Panicum Maximum* cv. BRS Tamani, proteína bruta, *Sorghum bicolor*, *Stylosanthes guianensis* cv. Bela.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade no agronegócio tem se tornado condição para permanência no mercado mundial, tanto pelo apelo socioambiental, quanto pela necessidade de negociação de forma integrada (Borsellino et al., 2016). Neste contexto, os sistemas de produção conservadores que integram lavoura e pecuária surgem como uma estratégia consolidada para intensificar a produção de alimentos em harmonia com as preocupações ambientais (Simões et al., 2023), sendo considerados como uma das tecnologias mais sustentável e competitiva para o avanço do agronegócio (Dias et al., 2020).

Os serviços ecossistêmicos promovidos pelos sistemas integrados têm sido relatados em diversos estudos, destacando maior eficiência do uso da terra, maior produção de grãos (Muniz et al., 2021), menor compactação do solo, maiores taxas de infiltração de água e, consequentemente, menores riscos de erosão (Linhares et al., 2020), manutenção da fertilidade do solo por meio da maior ciclagem de nutrientes (Dias et al., 2020), maior sequestro de carbono, aumento da matéria orgânica do solo, melhoria das condições microclimáticas (Vincent-Caboud et al., 2019), recuperação de pastagens (Santos et al., 2020) e produção de silagem para ser ofertada no período seco do ano (Oliveira et al., 2020). Entretanto, devido às interações entre a cultura anual e forrageiras tropicais, os sistemas integrados tornam-se dinâmico e complexo, sendo necessário tecnologias mais apuradas para que haja consolidação quanto sua sustentabilidade ambiental e produtiva (Soussana e Lemaire, 2014).

Dentre as culturas anuais utilizadas nos sistemas integrados, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor* L.), importante cultura forrageira utilizada em muitas regiões do mundo, devido à sua adaptação a diversos ambientes (Perazzo et al., 2017), pela menor exigência em fertilidade do solo, capacidade de rebrota após a colheita dos grãos e maior tolerância a déficit hídrico (Buffara et al., 2018). Estas características permitem maior amplitude da época de semeadura e maior resistência a fatores ambientais adversos em relação ao milho (Mateus et al., 2016). Sendo assim, o sorgo tem assumido papel de grande importância nos últimos anos para a produção de forragem conservada (Oliveira et al., 2020), por apresentar alta produtividade de massa seca, manutenção do valor nutritivo e adequado padrão fermentativo (Cruz et al., 2020).

Porém a silagem de sorgo apresenta teor de proteína bruta inferior as forrageiras tropicais (Ribeiro et al., 2017), desta forma, é necessário adotar estratégias de cultivo que possam aumentar os valores de proteína bruta da silagem. Oliveira et al. (2020) demonstraram que o consórcio de cultura anual e forrageira tropical em sistemas integrados, pode ser utilizado para a produção de silagem, pois o consórcio melhora a qualidade da silagem de sorgo, além de

intensificar os sistemas de produção, associando elevados rendimentos e valor nutritivo, minimizando, assim, inconvenientes do processo de fermentação da silagem de gramíneas e leguminosas exclusivas.

Dentre as forrageiras tropicais, o capim-tamani apresenta potencial para ser utilizado como recurso forrageiro conservado, por apresentar bom rendimento de massa, colmos e folhas finas e alto perfilhamento (Dias et al., 2021). Sua alta qualidade e adaptação fazem com que seja indicada para produção de silagem (Paludo et al., 2020). Por outro lado, a utilização de silagens de leguminosas tropicais também tem despertado interesse, em decorrência do alto valor nutritivo. O estilosantes Bela (*Stylosanthes guianensis* cv. BRS Bela) foi lançado recentemente, e vem demonstrando resultados positivos na produção de ruminantes pelo elevado teor de proteína bruta (Braga et al. 2020) e fixação biológica do nitrogênio. Com a alta nos custos dos fertilizantes minerais nos últimos anos e sua significativa contribuição para as emissões de gases do efeito estufa, a inclusão de leguminosas nos sistemas integrados tem demonstrado ser uma tecnologia promissora para aumento da produtividade das culturas e garantir maior sustentabilidade (Epifanio et al., 2019a; Epifanio et al., 2019b), pois permite a substituição parcial e/ou total de fertilizante mineral (nitrogenado), assegurando a nutrição das plantas, conservação do solo, manutenção da fertilidade e sequestro de carbono (Bourscheidt et al., 2023).

Nesse contexto, silagem de sorgo com gramíneas e leguminosas tropicais podem trazer benefícios como: balancear o valor nutritivo, melhores características qualitativas na matéria seca, maior produção de nutrientes por área (Perazzo et al., 2017), além da flexibilidade de uso, constituindo-se alternativa importante no período de entressafra (Oliveira et al., 2020).

Entretanto, pouco se conhece sobre o consórcio triplo (sorgo + gramínea + leguminosa tropical) para produção de silagem. A identificação da melhor forma de consórcio, possibilitará a exploração para produção e qualidade da silagem de sistemas integrados, permitindo a diversificação de culturas, para atender a demanda da alimentação de qualidade para os ruminantes em época de baixa disponibilidade de forragem. Desta forma, hipotetizamos que o consórcio duplo e triplo do sorgo com as forrageiras, influenciara de forma positiva no maior rendimento de massa a ser ensilado e nas características bromatológicas, sem comprometer o processo fermentativo das silagens. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o valor nutritivo da silagem de sorgo consorciada com capim-tamani e estilosantes Bela, em sistemas integrados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Produzir carne e leite em quantidade e qualidade cada vez maior, nunca foi tão desafiador como nesta década. A preocupação e a curiosidade da população de como tudo acontece no campo cresce de forma exponencial, logo, a necessidade de produzir esses dois alimentos tão importantes de maneira que respeite os valores da sustentabilidade, se eleva do mesmo modo (Hoffmann et al., 2013).

Existem diversos fatores que afetam a produção de bovinos, visto que grande parte deles são criados em sistema a pasto, onde, as condições climáticas limitam o crescimento das forrageiras de forma eficiente ao longo do ano (Oliveira et al., 2020). O Brasil é um país com forte sazonalidade climática e, portanto, possui épocas distintas, onde uma se apresenta com alta precipitação pluviométrica e outra reduzida. E neste cenário, quem é afetado são as forrageiras utilizadas para pastejo, visto que no período seco do ano, elas perdem o seu vigor produtivo, diminuindo sua qualidade nutricional e aumentando o seu teor de fibra, limitando o consumo animal (Santos e Moura, 2006). Neste contexto, a utilização de silagem em períodos estratégicos do ano, pode ser uma das formas de mitigação da problemática.

Segundo Souza et al. (2019) silagem é um alimento conservado, úmido e sob condições de anaerobiose, portando, ocorre a anulação do crescimento de microrganismos que são responsáveis pela perda do alimento em termos de quantidade e qualidade nutricional.

O milho e o sorgo são as duas plantas forrageiras que mais se destaca para a produção de silagem, devido à grande produção de massa verde e pela composição da planta, obtendo assim, níveis satisfatórios de nutrientes e possuir uma boa fermentação (Von Pinho et al., 2007).

Segundo Mello et al. (2004), para se obter o sucesso na produção de silagem, é necessário que se tenha adaptações dos diferentes genótipos frente às características edafoclimáticas. Sendo assim, a cultura do sorgo vem ganhando espaço, pois a mesma, possui adaptações a condições adversas, principalmente de deficiência hídrica, baixa fertilidade do solo, possui mais resistência a pragas e doenças e tolera mais a mudança de temperatura (Buffara et al., 2018). Portando, o sorgo pode ser uma opção para os pecuaristas, visto que a cultura se sobressai por apresentar maior resistência ao estresse hídrico.

Por outro lado, tem crescido a utilização de forrageiras tropicais (gramíneas e leguminosas) para a produção de silagem. Dentre as forrageiras utilizadas na região do Cerrado, a BRS Tamani se sobressai, pois apresenta uma boa produção massa verde anual, possui 90% de folhas e um elevado valor nutritivo (Embrapa, 2015). Ela também se destaca pela sua boa capacidade de rebrota e altos teores de proteína bruta (Paludo et al., 2020). Logo, a utilização

deste material para consorciação para a confecção de silagem pode se tornar uma alternativa para grandes e pequenos pecuaristas.

A fim de aumentar o valor nutricional da silagem e do seu volume ensilado, a utilização das leguminosas pode potencializar ainda mais este processo. A silagem apenas de estilosantes, por possuir aspectos indesejáveis como: baixo teor de carboidratos solúveis, associado a alta capacidade tampão compromete a qualidade da silagem (Silva et al., 2014). Entretanto, quando em consórcio com cultura anual e gramíneas como o sorgo e o capim-tamani, além de gerar benefícios para o solo com a fixação de nitrogênio e entregar um pasto de qualidade na entressafra, a silagem dessas três culturas, pode assegurar a produção de mais alimento por unidade de área e altamente nutritivo, influenciando diretamente no bom desempenho animal (Epifanio et al., 2019; Ligowski et al., 2020; Braga et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e estabelecimento das culturas

O experimento foi conduzido a campo no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, localizado no município de Rio Verde – Goiás, Brasil (17° 48' 22'' S e 50° 54' 11'' W e 832m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger é definindo como clima tropical (Aw) constando estação seca no inverno.

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm para caracterização físico-química do solo. O solo da área experimental foi caracterizado por Latossolo Vermelho Distroférrico (Santos et al., 2018). A caracterização foi de 364; 83 e 553 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente; pH em CaCl₂: 5,4; Ca: 2,69 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,43 cmol_c dm⁻³; Al: 0,01 cmol_c dm⁻³; Al+H: 3,79 cmol_c dm⁻³; K: 0,69 cmol_c dm⁻³; CTC: 8,6 cmol_c dm⁻³; V₁: 56%; P (mehlich): 3,8 mg dm⁻³; S: 8,5 mg dm⁻³; Cu: 3,7 mg dm⁻³; Zn: 1,0 mg dm⁻³; Fe: 17,3 mg dm⁻³; M.O.: 39,8 g dm⁻³. Durante a condução do experimento foram monitorados os dados de precipitação, temperatura máxima, média e mínima (Figura 1).

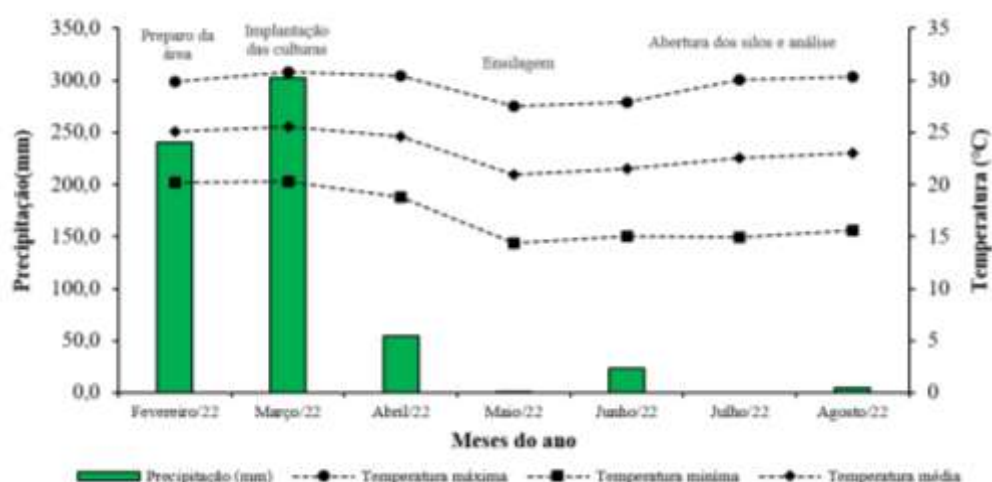


Figura 1. Precipitação mensal e temperaturas mínima, média e máxima registradas de fevereiro a agosto de 2022 em Rio Verde - GO, Brasil.

Desenho experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da silagem de: sorgo em monocultivo; capim-tamani em monocultivo (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani); estilosantes Bela em monocultivo (*Stylosanthes guianensis* cv. BRS Bela); sorgo consorciado com capim-tamani; sorgo consorciado com estilosantes Bela; estilosantes Bela consorciado com capim-tamani e sorgo consorciado com capim-tamani + estilosantes Bela, totalizando 28 silos experimentais. O sorgo utilizado foi o granífero (AG 1077), de ciclo precoce e alto potencial produtivo.

Para as culturas em monocultivo, foi utilizado o espaçamento de 0,5 m entrelinhas (Figura 2a, b, c). No consórcio duplo do sorgo e forrageiras, o sorgo foi semeado a 0,50 m e capim-tamani e/ou leguminosa na entrelinha a 0,25 m da linha do sorgo (Figura 2d, e). Já no consórcio duplo de forrageiras, o capim-tamani foi semeado a 0,25 da linha do estilosantes Bela (Figura 2f). E no consórcio triplo, o sorgo foi semeado a 0,90 m, sendo o capim-tamani e estilosantes Bela semeadas na entrelinha a 0,30 m da linha do sorgo, como demonstrado na Figura 2g. Não foi aplicado nenhum herbicida para suprimir o crescimento da gramínea e leguminosa em consórcio.

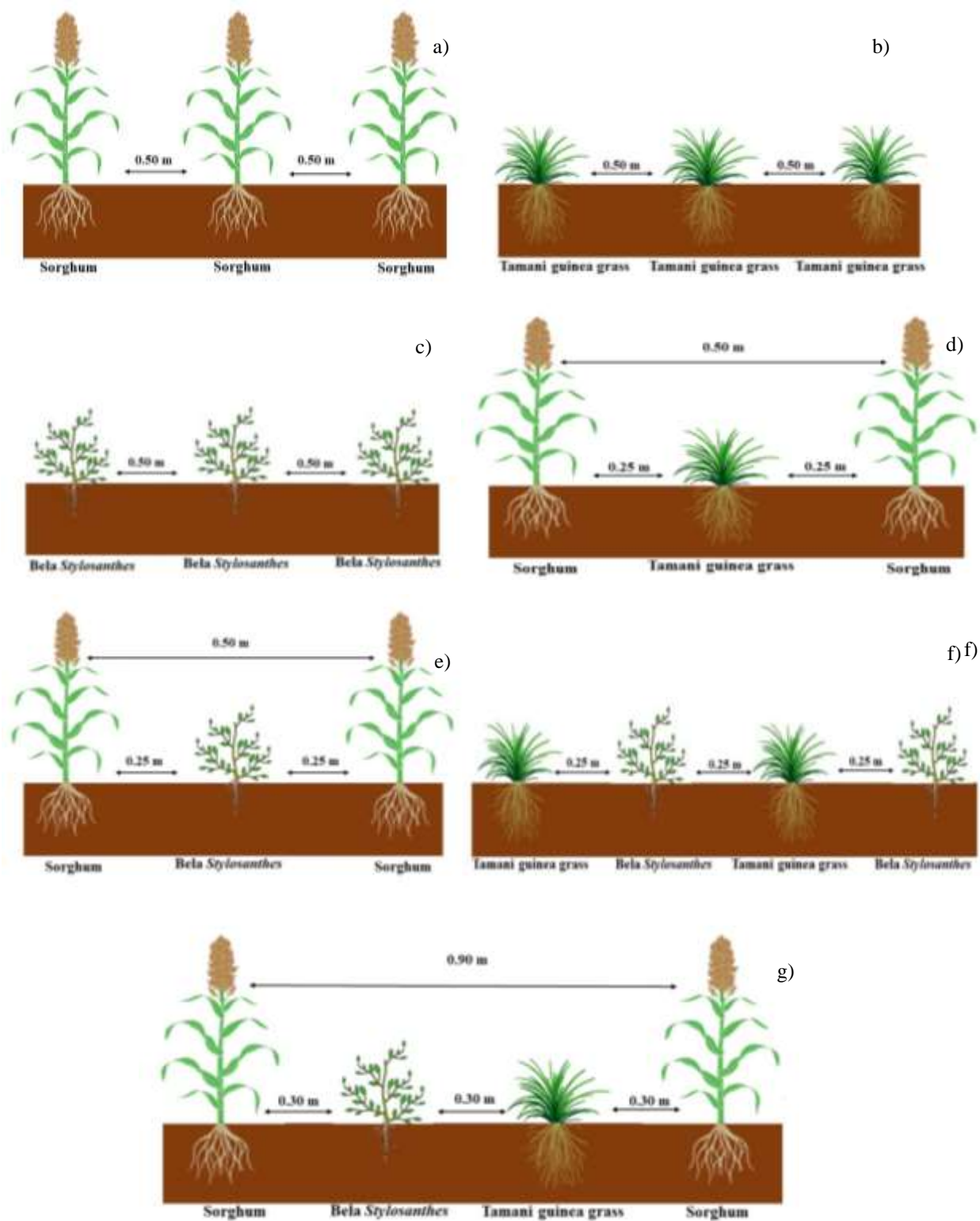


Figura 2. Disposição das culturas no monocultivo, consórcio duplo e triplo em sistema integrado.

A semeadura dos sistemas forrageiros foi realizada de forma manual em 07 de março de 2022, com aplicação no sulco de plantio de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe and 0,1% Mo), com uso das fontes de superfosfato simples e Fritas, respectivamente. Foram utilizadas 12 sementes de sorgo por metro e para as gramíneas e leguminosas foram utilizadas 3 kg de sementes puras viáveis por hectare.

Quando as plantas do sorgo estavam em estágio de três e seis folhas completamente desenvolvidas, foram realizadas duas adubações de cobertura a lanço, respectivamente, aplicando no total 80 e 60 kg ha⁻¹ de N (nitrogênio) e K₂O nas fontes de ureia e cloreto de potássio, respectivamente, para os sistemas: sorgo em monocultivo; capim-tamani em monocultivo; sorgo consorciado com capim-tamani. Para os sistemas consorciados com leguminosa (sorgo consorciado com estilosantes Bela; capim-tamani consorciado com estilosantes Bela e sorgo consorciado com capim-tamani + estilosantes Bela), foi aplicado apenas a metade da dose de nitrogênio, sendo 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, visando o aproveitamento do nitrogênio através da fixação biológica da leguminosa e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Já para o sistema do estilosantes em monocultivo foi realizada apenas adubação potássica de 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

Para o controle de *Spodoptera frugiperda* e *Dalbulus maidis* foram realizadas aplicações dos inseticidas Klorpan (princípio ativo Clorpirifós) e Connect (princípio ativo Beta-ciflutrina e Imidacloprido), na proporção de 0,4 e 0,1 L ha⁻¹ de produto comercial respectivamente. Ambas as aplicações foram realizadas com pulverizador costal.

Ensilagem das culturas

A colheita das culturas para ensilagem foi realizada aos 93 dias após a semeadura. Nesse período o sorgo foi colhido com 340,66 g kg⁻¹ de MS, o capim tamani com 276,16 g kg⁻¹ de MS e o estilosante bela 285,04 g kg⁻¹ de MS. Para avaliação da produção de massa seca e proporção do material ensilado (Tabela 1), o material foi coletado, separado e pesado para determinar a proporção de sorgo, capim-tamani e estilosantes. Em seguida o material foi colocado em estufa a 55°C até atingir massa constante, para posterior determinação do peso seco e conversão para kg ha⁻¹.

Tabela 1. Proporção de material ensilado do sorgo consorciado, capim-tamani e estilosante Bela.

Sistema de cultivo	Proporção de material ensilado (%)		
	Sorgo	Capim-tamani	Estilosantes
Sorgo em monocultivo	100	0	0
Tamani em monocultivo	0	100	0
Estilosantes Bela em monocultivo	0	0	100
Sorgo + capim-tamani;	68,3	31,7	0
Sorgo + estilosante Bela	70,8	0	29,2
Capim-tamani + estilosante Bela	0	60,3	39,69
Sorgo + capim- tamani + estilosante Bela	56,7	24,4	18,9

Para a confecção da silagem o material foi triturado junto nos tratamentos dos sistemas consorciados, em partículas de aproximadamente 10 mm. Em seguida o material foi armazenado em silos experimentais de PVC, medindo 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. O material foi compactado com pêndulo de ferro, fechado com tampa de PVC e lacrados com fita adesiva de forma a impossibilitar a entrada de ar. Logo após foram armazenados à temperatura ambiente e protegidos da chuva e luz solar.

No material *in natura* (antes da ensilagem) foram realizadas as análises bromatológicas (Tabela 2) para determinação: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), lignina e extrato etéreo (EE), conforme metodologias descritas por AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram realizadas de acordo com o método de Mertens (2002). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foi obtido através da equação proposta por Chandler (1990). E para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi utilizada a técnica descrita por Tilley e Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial, desenvolvido pela ANKON[®], usando o instrumento “Daisy incubator” da Ankom Technology (*in vitro* true digestibility- IVTD).

Tabela 2. Composição química-bromatológica (g kg⁻¹) do sorgo, capim-tamani e estilosantes Bela em monocultivo e consorciados antes da ensilagem.

Sistemas de cultivo	MS	PB	EE	DIVMS
Sorgo em monocultivo	340,66	76,78	41,65	613,88
Capim-tamani em monocultivo	276,16	130,80	21,89	600,72
Bela em monocultivo	285,04	155,35	22,41	619,72
Sorgo + capim-tamani;	315,74	110,91	28,72	606,35
Sorgo + Bela	318,58	125,68	29,11	616,65
Capim-tamani + Bela	283,55	141,38	22,82	615,53
Sorgo + capim-tamani + Bela	323,26	127,57	29,26	613,69
	FDN	FDA	lignina	NDT
Sorgo em monocultivo	612,17	348,70	43,03	61,90
Capim-tamani em monocultivo	660,26	375,05	27,69	53,15
Bela em monocultivo	596,16	352,44	26,59	56,93
Sorgo + capim-tamani;	621,06	359,95	35,52	58,38
Sorgo + Bela	605,38	360,91	33,13	56,83
Capim-tamani + Bela	636,55	361,59	28,50	53,46
Sorgo + capim-tamani + Bela	621,07	366,30	38,49	57,44

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais.

Abertura dos silos e análises das características bromatológicas das silagens

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. Uma porção do material (aproximadamente 0,5 kg) foi pesado e seco em estufa de ventilação forçada em estufa a 55°C até atingir massa constante. Em seguida as amostras foram moídas em moinho de faca, com peneira de 1 mm e armazenadas em recipientes de plástico. Posteriormente foram analisadas as características químico-bromatológicas da silagem, seguindo a mesma metodologia descritas acima para o material *in natura*.

Análise Estatística

As variáveis foram submetidas à análise de variância, através do programa R versão R-3.1.1 (2014), utilizando-se do pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS

Os sistemas de cultivos influenciaram ($p < 0,05$) na produção de massa seca para ensilagem das culturas (Figura 3). A maior produção foi obtida no consórcio triplo do sorgo + Tamani + Bela, seguido dos consórcios duplo de sorgo + Tamani e sorgo + Bela. As forrageiras em monocultivo apresentaram menor produção para a massa ensilada. Os sistemas consorciados resultaram no aumento de 36,20% da massa ensilada no consórcio triplo e 22,09% do consórcio duplo em comparação ao sorgo em monocultivo.

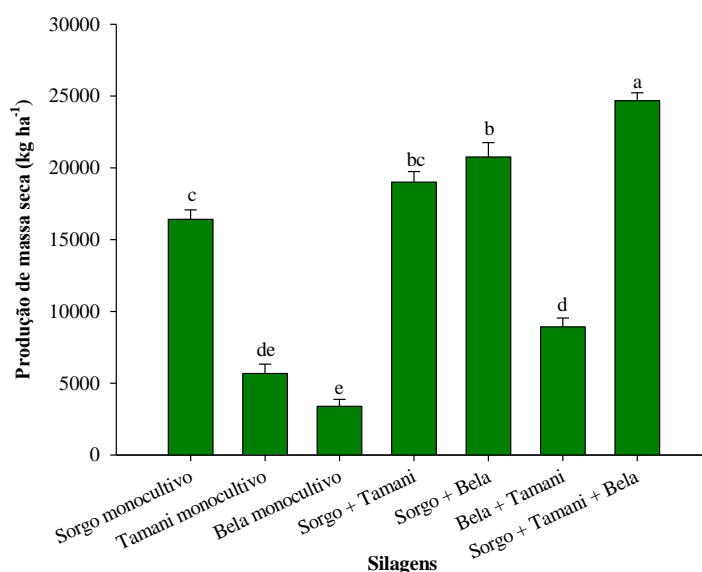


Figura 3. Produção de massa seca do material ensilado do sorgo, capim-tamani e estilosantes Bela em monocultivo e consorciado.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Barras verticais representam o desvio-padrão da média de cada ponto.

EPM: erro padrão da média.

Características bromatológica

As características bromatológicas (MS, FDN, FDA, lignina, PB, EE, DIVMS e NDT) foram influenciadas ($p < 0,05$) pelas diferentes silagens (Figura 4 e 5). A silagem de sorgo apresentou maior teor de MS ($341,50 \text{ g kg}^{-1}$), seguido da silagem de sorgo + Tamani + Bela ($326,91 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 4a). As silagens de sorgo + Tamani e sorgo + Bela apresentaram

resultados semelhantes com média de 306,64 g kg⁻¹ MS. E as silagens das forrageiras em monocultivo apresentaram os menores teores de MS (279,99 e 282,35 g kg⁻¹ para Tamani e Bela, respectivamente).

A silagem de sorgo em monocultivo apresentou o menor teor de FDN (542,08 g kg⁻¹ MS) e FDA (297,90 g kg⁻¹ MS) (Figura 4b e c). Por outro lado, o maior teor de FDN (609,12 g kg⁻¹ MS) e FDA (336,20 g kg⁻¹ MS) foi obtida na silagem de capim-tamani em monocultivo, diferenciado apenas da silagem de sorgo. As silagens dos sistemas consorciados (duplo e triplo) apresentaram valores intermediários.

O maior teor de lignina (Figura 4d) foi obtido na silagem de sorgo em monocultivo (43,02 g kg⁻¹ MS). Já os menores teores foram observados para as silagens de Bela (26,59 g kg⁻¹ MS) e Tamani (27,69 g kg⁻¹ MS) em monocultivo e suas combinações (28,50 g kg⁻¹ MS). Os sistemas consorciados foram eficientes na redução da concentração de lignina com redução de 10,52; 17,43 e 23,01% para as silagens de sorgo + tamani + bela, sorgo + tamani e sorgo + bela, respectivamente, em relação a silagem de sorgo em monocultivo.

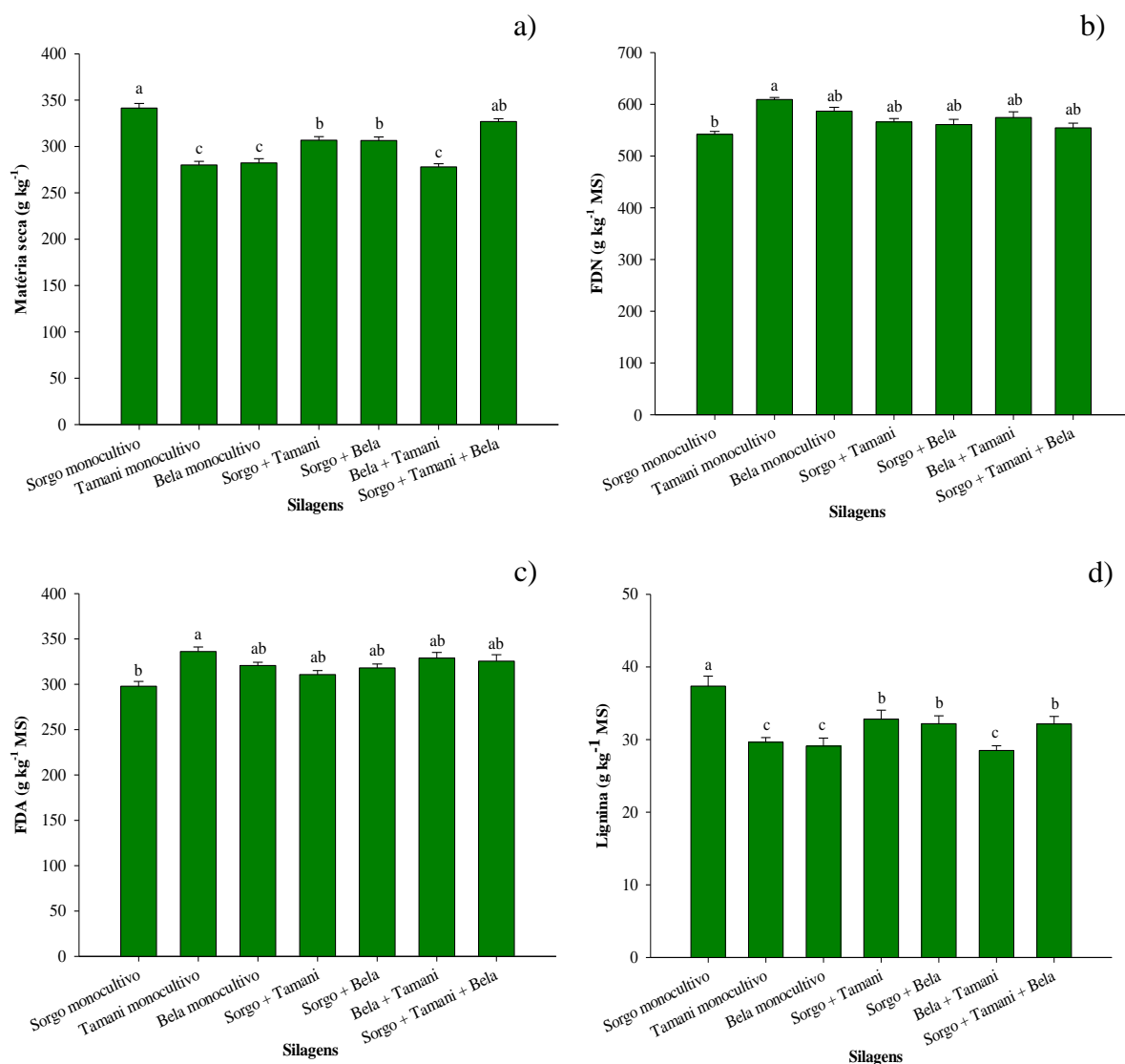


Figura 4. Teores de MS (a), FDN (b), FDA (c) e lignina (d) da silagem de sorgo, capim-tamani e estilosantes Bela em monocultivo e consorciado.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Barras verticais representam o desvio-padrão da média de cada ponto.

A silagem do estilosantes Bela em monocultivo apresentou o maior teor de PB (152,33 g kg⁻¹), seguido da silagem de Bela + Tamani com 140,88 g kg⁻¹ de MS (Figura 5a). As silagens de capim-tamani em monocultivo, sorgo + Tamani + Bela e sorgo + Bela apresentaram resultados semelhantes com média de 126,43 g kg⁻¹ MS. Houve aumento no teor de PB de 35,32 e 41,88 % para os consórcios duplos de sorgo + Tamani e sorgo + Bela, respectivamente, e de 43,54 % para o consórcio triplo, em relação a silagem de sorgo em monocultivo que apresentou teor de PB de 71,46 g kg⁻¹ MS.

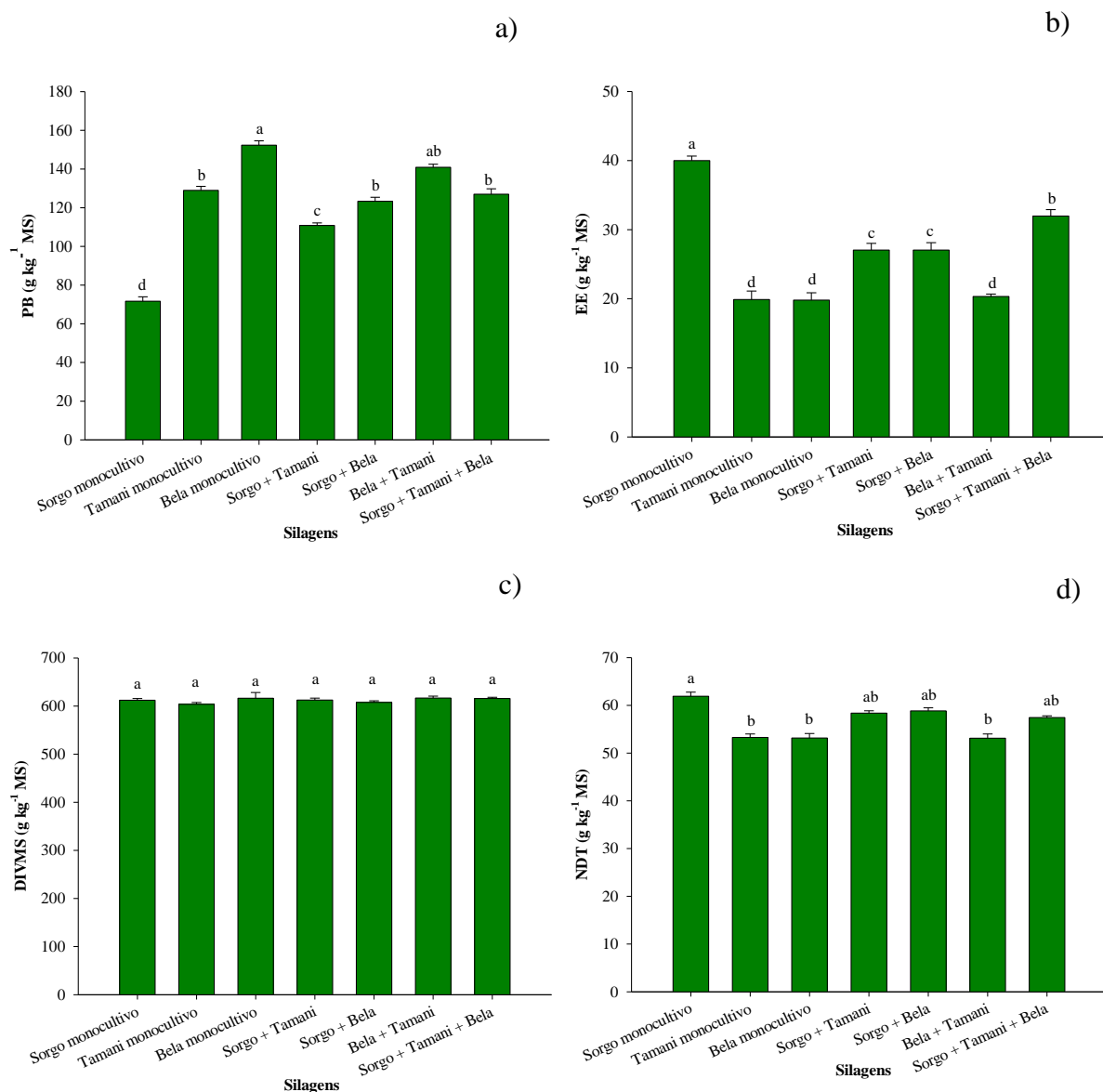


Figura 5. Teores de PB (a), EE (b), DIVMS (c) e NDT (d) da silagem de sorgo, capim-tamani e estilosantes bela em monocultivo e consorciado.

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Barras verticais representam o desvio-padrão da média de cada ponto.

Analisando o EE (Figura 5b) foi possível observar que a silagem de sorgo apresentou o maior teor (40 g kg⁻¹ MS). Houve redução no teor de 20,05 % para a silagem de sorgo + tamani + bela e 32,4 % para as silagens de sorgo + tamani e sorgo + bela, respectivamente, em relação a silagem de sorgo em monocultivo. As silagens de Bela + Tamani, Tamani e Bela em monocultivo apresentaram os menores valores de EE, (20,32; 19,89 e 19,81 g kg⁻¹ MS, respectivamente). Para a DIVMS (Figura 5c) os teores foram semelhantes entre as silagens com média de 612,36 g kg⁻¹ MS.

A silagem de sorgo em monocultivo apresentou o maior valor de NDT ($61,90 \text{ g kg}^{-1}$ MS), seguido das silagens de sorgo + Tamani, sorgo + Bela e sorgo + Tamani + Bela, mostrando aumento de 5,8; 3,41; 4,27 %, respectivamente, para as silagens de consórcio em relação as silagens das forrageiras em monocultivo (Figura 5d).

5 DISCUSSÃO

Sistemas integrados promovem a diversificação da produção, promovendo maior produção de alimentos, sem exigir a abertura de novas áreas, razão pela qual tais sistemas são considerados sustentáveis (Costa et al., 2016), auxiliando, desta forma, a melhoria da segurança alimentar mundial (Sekaran et al., 2021).

Neste contexto, no presente estudo mostra que a maior produção de massa seca foi obtida no consórcio triplo. Esse resultado é decorrente do cultivo de três culturas simultaneamente, com melhor aproveitamento da área e resultando em maior rendimento da massa ensilada. Diante deste resultado, vale ressaltar a importância dos sistemas consorciados de cultura anual e forrageiras tropicais (gramíneas e leguminosa) através da integração lavoura-pecuária, com intuito de aumentar o rendimento de massa seca para ensilagem, em comparação aos sistemas de monocultivo das culturas. Esse sistema também tem como vantagem, que após a colheita das culturas para produção de silagem, tem-se o pasto formado para ser utilizado para pastejos dos animais com baixo custo de produção (Santos et al., 2020), durante a entressafra, quando as condições climáticas são desfavoráveis para a maioria das cultura, o que pode ser considerada uma boa estratégia de cultivo para regiões tropicais (Oliveira et al., 2020) melhorando a eficiência do uso da terra (Costa et al., 2016).

Além dessas vantagens, existe a contribuição da leguminosa no sistema integrado com intuito de reduzir a aplicação de nitrogênio nas gramíneas, pois esta através da fixação biológica do nitrogênio aumenta o suprimento deste macronutriente no solo, contribuindo, desta forma, com a sustentabilidade dos sistemas de cultivo e influenciando diretamente na redução do aporte de fertilizantes nitrogenados mineral no sistema (Bolson et al., 2022).

Características bromatológica

O teor de MS do material ensilado influencia na qualidade final da silagem, afetando a compactação do material e seu processo fermentativo (Teixeira et al., 2021). Valores de MS de referência para a classificação de uma silagem de boa qualidade estão entre 300 a 350 g kg⁻¹ MS (McDonald et al., 1991), isso demonstra que o processo fermentativo das silagens consorciadas com sorgo, ocorreu de forma adequada. Entretanto, as silagens das forrageiras em monocultivo apresentaram teores de MS inferior a 300 g kg⁻¹ (Figura 4a), o que resulta em maior produção de efluentes e elevada atividade de bactérias do gênero *Clostridium*, o que pode comprometer a qualidade da silagem (Muck Shinnors, 2001). Além disso, conforme relatado anteriormente, silagens de forrageiras tropicais em monocultivo, sem utilização de aditivos pode apresentar características fermentativas inadequadas (Oliveira et al., 2020; Hawu et al., 2022). Estes resultados evidenciam a importância da produção de silagens de sistemas integrados, pois através do consórcio é possível reduzir características fermentativas inadequadas além de elevar a concentração de MS das silagens de gramínea e leguminosa, garantindo, desta forma, adequada conservação do material ensilado.

Em relação as frações fibrosas (Figura 4), os teores de FDN são representados por partes de hemicelulose, celulose e lignina, já o FDA responde pela celulose e lignina. Estes dois juntos são importantes indicadores da qualidade da forragem que em baixos teores indica forragem de melhor qualidade (Umesh et al., 2022), pois estes correlacionam-se negativamente com o consumo e digestibilidade pelos ruminantes (Tang et al., 2018). Sendo que valores de FDN acima de 600 g kg⁻¹ MS podem reduzir o consumo de matéria seca em função do enchimento ruminal (Paludo et al., 2020). Já para o FDA valores acima de 400 g kg⁻¹ MS reduzem a digestibilidade da fibra, devido a indisponibilidade de carboidratos estruturais degradáveis, pois a lignina do material prejudica a aderência da microbiota do rumem e consequente hidrólise enzimática de componentes como celulose e hemicelulose (Van soest, 1994). No presente estudo os teores de FDA e FDN para todas as silagens apresentaram valores inferiores aos mencionados.

As silagens produzidas em sistemas consorciados demonstraram potencial de reduzir as frações fibrosas das silagens, em função dos menores teores de FDN e FDA presente no sorgo (Tabela 2), produzindo alimentos de qualidade. Corroborando com estes resultados Oliveira et al. (2020) também observaram diluição das concentrações de FDN e FDA, em função do consórcio de sorgo com capim-paiaguás e da maior proporção de sorgo presente na silagem. No entanto, a silagem de sorgo em monocultivo apresentou o maior teor de lignina (Figura 4d).

Esse resultado pode ser atribuído a maior proporção de colmos na cultura, parte responsável pelo maior acúmulo de lignina (Oliveira et al., 2021).

As silagens do capim-tamani, estilosantes Bela e combinação apresentaram os menores teores de lignina, isso se deve a maior relação lâmina foliar: colmo do capim tamani (Muniz et al., 2022), contribuindo para o baixo acúmulo de lignina na forrageira e proporcionando melhor digestibilidade da forragem (Paludo et al., 2020). Além disso, leguminosas, como o estilosante Bela, que apresentam hábito de crescimento herbáceo (caule macio e presença de muitas folhas), apresentam reduzido teor de lignina (Castro-Montoya e Dickhoefer, 2020).

Desta forma, foi possível observar no presente estudo que os consórcios duplos de sorgo + bela e sorgo + tamani e o consórcio triplo de sorgo + tamani + bela, quando ensilados, foram eficientes na diluição dos teores de lignina da silagem de sorgo em monocultivo. Ressaltando novamente a importância do consórcio para a produção de silagem de qualidade.

A produção de silagem a partir de sistemas integrados de produção são de fundamental importância para a melhoria das características nutricionais das silagens tradicionais de milho e sorgo. O consórcio de cereal, gramíneas e/ou leguminosas visa principalmente o aumento do teor de PB (Ligoski et al., 2020), da massa ensilada (Oliveira et al., 2020), além de melhorar a eficiência de uso do nitrogênio, através da fixação biológica, promovendo a redução de custos com fertilizante mineral (N) minimizando, desta forma, possíveis impactos ambientais (Zhang et al., 2022) e promovendo maior sustentabilidade para a produção de alimentos.

No presente estudo foi possível observar que os consórcios duplos de sorgo + Tamani, sorgo + Bela, Bela + Tamani e o consórcio triplo (sorgo + Tamani + Bela) foram eficientes em aumentar o teor de PB das silagens em relação a silagem de sorgo em monocultivo. Sendo que os consórcios que incluíram a leguminosa apresentaram teor de PB superior aos consórcios com capim-tamani (Figura 5a). O incremento nos teores de PB das silagens dos sistemas consorciados ocorreu através da inclusão do capim-tamani e do estilosante Bela, que apresentaram 130,80 e 155,35 g kg⁻¹ MS de PB na ensilagem, respectivamente. Evidenciando assim, que silagens de sistemas integrados são uma alternativa eficiente não só para aumentar a produção de massa ensilada por área (Souza et al., 2019) e barata pois maximiza a produção de nutrientes por área de forma sustentável (Umesh et al., 2022).

Além dos benefícios nutricionais para os animais, sistemas consorciados de gramíneas e leguminosas trazem benefícios agrônômicos para sistema de produção, com redução de insetos, pragas, produção de biomassa para o sistema de plantio direto, redução de custos com fertilizantes através da ciclagem de nutrientes, principalmente, devido a presença da leguminosa no sistema, que devido a fixação biológica de N conseguem fornecer adequadas quantidades

desse nutrientes ao sistema solo-planta (Ligoski et al., 2020; Bourscheidt et al., 2023). Adicionalmente, promovem a recuperação de pastagens (Santos et al., 2020), fornecem volumoso de qualidade para os animais no período da seca e, após a rebrota das forrageiras tem-se o pasto formado para ser utilizado pelos animais (Oliveira et al., 2020), permitindo a intensificação sustentável do sistema de produção (Herrera et al., 2023).

Os maiores teores de EE obtidos na silagem de sorgo em monocultivo se deve ao maior teor de gordura presente nos grãos do sorgo (Oliveira et al., 2021). Além disso, esses resultados confirmam as observações de Bueno et al. (2020), de que silagens com adequada conservação apresentam EE similar ao do material ensilado.

Os teores de DIVMS foram semelhantes entre as silagens estudadas, com média de 612,36 g kg⁻¹. A DIVMS pode ser usada para avaliar o valor nutricional e o consumo de ração animal (Xie et al., 2022), sendo considerado um dos principais determinantes da qualidade da forragem (Daniel et al., 2019).

As silagens dos sistemas consorciados foram eficientes em aumentar os teores de EE e NDT em comparação as silagens das forrageiras em monocultivo e combinação, devido a maior proporção de sorgo presente no material (Tabela 1). Aumento dos teores de NDT devido a presença do sorgo no consórcio também foram observados por Ribeiro et al. (2017). É importante ressaltar que o conteúdo de NDT é fator importante para a produção de ruminantes, pois junto com a proteína podem ser os mais limitantes (Oliveira et al., 2020).

Desta forma, nosso estudo demonstra a importância dos sistemas de integrados, sendo o consórcio triplo de cultura anual e forrageiras tropicais (gramíneas e leguminosas) uma técnica promissora para a produção de silagem e recuperação de áreas degradadas e/ou estabelecimento de nova pastagem (Santos et al., 2020). Além disso, esse sistema assegura produção sustentável de alimentos (Simões et al., 2023), mitigação de emissão de gases do efeito estufa (Eugène et al., 2021), maior sequestro de carbono no solo, diversificação da produção (Bourscheidt et al., 2023) e redução de custos, principalmente, do aporte de fertilizantes nitrogenados mineral no sistema (Bolson et al., 2022).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossas hipóteses foram validadas por esta pesquisa, mostrando que o sorgo consorciado com forrageiras tropicais podem ser utilizadas em sistemas integrados de produção de silagem por aumentar a produção da massa ensilada por área, fornecer pasto após a colheita das culturas para produção de silagem, melhorando a eficiência do uso da terra de forma sustentável.

Silagem de sorgo consorciado com capim-tamani e estilosantes Bela aumenta os teores de MS, EE e NDT das silagens de forrageiras em monocultivo. Por outro lado, as forrageiras tropicais, contribui para aumentar os teores de PB da silagem de sorgo em monocultivo, o que pode resultar na redução do custo com aquisição de sais proteínados, visando o fornecimento de proteína na alimentação de ruminantes. Sendo, assim, o consórcio triplo de sorgo + capim-tamani e estilosantes Bela, pode ser recomendado para a produção de silagem, trazendo vantagens para a cultura anual e forrageiras tropicais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – **Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis**. 15th ed. Vol.1, Agricultural Chemical; Contaminants; Drugs. Arlington: AOAC Inc.; 1990 [citado 2020 Abr 15]. 768p. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>. Inglês.

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.

BORSELLINO, V.; MIGLIORE, G., D'ACQUISTO, M., Di FRANCO, C. P., ASCIUTO, A., SCHIMMENTI, E. Green'wine through a responsible and efficient production: a case study of a sustainable Sicilian wine producer. **Agriculture and agricultural science procedia**, v. 8, p. 186-192, 2016.

BOURSCHEIDT, M. L.; GOMES, F. J.; PEDREIRA, C. G.; BOOTE, K. J.; HOOGENBOOM, G.; PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Highlighting the benefits of biological nitrogen fixation on agronomic, physiological, and nutritive value traits of brachiariagrass. **European Journal of Agronomy**, v. 143, p. 126730, 2023.

BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO M. A.; FONSECA C. E. L.; FERNANDES F. D.; FERNANDES, C. D. Liveweight gain of beef cattle in *Brachiaria brizantha* pastures and mixtures with *Stylosanthes guianensis* in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 2, p. 206-215, 2020.

BUENO, A. V. I.; LAZZARI, G.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P. Ensiling total mixed ration for ruminants: A review. **Agronomy**, v. 10, n. 6, p. 879, 2020.

BUFFARA, M. A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; COSTA, K. A. P.; SIMON, G. A.; GOULART, M. M. P. Seeding system and density for winter *Urochloa ruziziensis* intercropped with sorghum between soybean crops. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 340-350, 2018.

CASTRO-MONTOYA, J. M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 269, p. 114641, 2020.

CHANDLER, P. Energy prediction of feeds by forage testing explorer. **Feedstuffs**, v. 62, p.12, 1990.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; FERREIRA, J. P.; LIMA, C. G. R.; SOUZA, D. M. Effect of intercropped tropical perennial grasses on the production of sorghum-based silage. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 6, p. 2379-2390, 2016.

DANIEL, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and forage Science**, v. 74, n. 2, p. 188-200, 2019.

DIAS, M. B. C.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U.; FURTINI NETO, A. E.; ALMEIDA, D. P.; BRAND, S. C.; LOURIVAL, V. *Brachiaria* and *Panicum maximum* in an integrated crop-livestock system and a second-crop corn system in succession with soybean. **The Journal of Agricultural Science**, p.1-12, 2020.

DIAS, M. B. C.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U.; VILELA, L.; SOUZA, W. F.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, A. C. G. Cattle performance with *Brachiaria* and *Panicum maximum* forages in an integrated crop-livestock system. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 39, n. 2, p. 230-243, 2021.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*. Campo Grande, MS, 2015. Embrapa Gado de Corte Folder. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1011507>. Acesso em: junho. 2023.

EPIFANIO, P. S.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SOUZA, W. F.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, J. T.; MOURA AQUINO, M. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 8, p. 718-729, 2019.

EUGÈNE, M.; KLUMPP, K.; SAUVANT, D. Methane mitigating options with forages fed to ruminants. **Grass and Forage Science**, v. 76, n. 2, p. 196-204, 2021.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v.5, p. 2952-2958, 2014.

HAWU, O.; RAVHUHALI, K. E.; MOKOBOKI, H. K.; LEBOPA, C. K.; SIPANGO, N. Sustainable use of legume residues: Effect on nutritive value and ensiling characteristics of maize straw silage. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6743, 2022.

HERRERA, D. M.; PEIXOTO, W. M.; ABREU, J. G.; REIS, R. H. P.; SOUSA, F. G.; BALBINOT, E.; KLEIN, V. A. C.; COSTA, R. P. Is the Integration between Corn and Grass under Different Sowing Modalities a Viable Alternative for Silage?. **Animals**, v. 13, n. 3, p. 425, 2023.

HOFFMANN, A.; DE MORAES, E. H. B. K.; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; GOMER, F. J.; FERREIRA, V. B.; DA SILVA, H. M. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014.

LIGOSKI, B.; GONÇALVES, L. F.; CLÁUDIO, F. L.; ALVES, E. M.; KRUGER, A. M.; 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.

LINHARES, A. J. S.; GONCALVES, W. G.; CABRAL, S. M.; BRITO, M. F.; BRANDSTETTER, E. V.; SILVA, J. F. G.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SEVERIANO, E. C. Soil compaction affects sunflower and Paiaguas palisadegrass forage productivity in the Brazilian savanna. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 7, p. 1131-1139, 2020.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 433-447, 2016.

MCDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. Edinburgh, UK. Mallow Chalcombe publications, 1991.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MUCK, R. E.; SHINNERS, K. J. **Conserved forage (silage an hay): progress an priorities**. International Grassland Congress. São Pedro. Piracicaba, Brasil, FEALQ, 2001,753p.

MUNIZ, M. P.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U. O.; ALMEIDA, D. P.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.; LANA, M. A.; LEANDRO, W. M.; DIAS, M. B. C. Soybean yield in integrated crop–livestock system in comparison to soybean–maize succession system. **Journal of Agricultural Science**, v. 1, p. 1-11, 2021.

MUNIZ, M. P.; COSTA, K. A. D. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U. O.; VILELA, L.; DIAS, M. B. C., OLIVEIRA, I. P.; ASSIS, L. F. A.; SOUZA, W. F. RODRIGUES, R. C. Production, forage quality and cattle performance in Paiaguas palisadegrass and Tamani grasses in different forms of animal supplementation in crop-livestock integration. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 3, p. 381-388, 2022.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. D. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.

OLIVEIRA, N. C.; COSTA, K. A. P.; RODRIGUES, L. G.; SILVA, A. C. G.; COSTA, J. V. C. P.; SILVA, S. Á. A.; ASSIS, L. F. A.; OLIVEIRA, S. M. P.; VIEIRA, M. L. Fermentation characteristics and nutritive value of sweet sorghum silage with Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3Supl1, p. 1923-1940, 2021.

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.

PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G.; SANTOS, E. M.; BEZERRA, H. F.; SILVA, T. C.; PEREIRA, G. A.; RAMOS, R. C. S.; RODRIGUES, J. A. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1088, 2017.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, J. T.; SANTOS JÚNIOR, D. R. Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. **Acta scientiarum. Animal Sciences**, 39: 243-250, 2017.

SANTOS, C. B.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SILVA, A. G.; SILVA, V. C.; OLIVEIRA, I. P.; BRANDSTETTE, E. V. Intercropping of sorghum with Paiaguas palisadegrass in a crop-livestock integration system for pasture recovery. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 7, p. 1072-1080, 2020.

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

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa CNPS, 5 ed. 2018. 356p.

SEKARAN, U.; LAI, L.; USSIRI, D. A.; KUMAR, S.; CLAY, S. Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security—A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 5, p. 100190, 2021

SILVA, M. S. J. D.; JOBIM, C. C.; NASCIMENTO, W. G. D.; FERREIRA, G. D. G.; & OLIVEIRA, M. R. Uso de aditivos e tempo de abertura dos silos em silagens de estilosantes campo grande. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n. 15, p. 381-393, 2014.

SIMÕES, V. J. L. P.; SOUZA, E. S.; MARTINS, A. P.; TIECHER, T.; BREMM, C.; RAMOS, J. S.; FARIAS, G. D.; CARVALHO, P. C. F. Structural soil quality and system fertilization efficiency in integrated crop-livestock system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 349, p. 108453, 2023.

SOUSSANA, J.F.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 9-17, 2014.

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, 2019.

TANG, C.; YANG, X.; CHEN, X.; AMEEN, A.; XIE, G. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. **Field Crops Research**, v. 215, p. 12-22, 2018.

TEIXEIRA, D. A. A.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SEVERIANO, E. C.; GUIMARAES, K. C.; SILVA, J. T.; OLIVEIRA, S. S.; Dias, M. B. D. C. Fermentation profile and nutritive value of maize silage with 'Brachiaria' species. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n.5, p. 695-702, 2021.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique of the “in vitro” digestion of forage crop. **Journal of the British Grassland Society**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

UMESH, M. R.; ANGADI, S.; BEGNA, S.; GOWDA, P. Planting Density and Geometry Effect on Canopy Development, Forage Yield and Nutritive Value of Sorghum and Annual Legumes Intercropping. **Sustainability**, v. 14, n. 8, p. 4517, 2022.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant** (2nd ed.). Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VINCENT-CABOUD, L.; CASAGRANDE, M.; DAVID, C.; RYAN, M.R.; SILVA, E.M.; PEIGNE, J. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 39, n. 5, p. 1-15, 2019.

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

XIE, Y.; WANG, L.; LI, W.; XU, S.; BAO, J.; DENG, J.; WU, Z.; YU, Z. Fermentation quality, in vitro digestibility, and aerobic stability of total mixed ration silage in response to varying proportion alfalfa silage. **Animals**, v. 12, n. 8, p. 1039, 2022.

ZHANG, H.; SHI, W.; ALI, S.; CHANG, S.; JIA, Q.; HOU, F. Legume/Maize Intercropping and N Application for Improved Yield, Quality, Water and N Utilization for Forage Production. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1777, 2022.