

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

## **SILAGEM DE SORGO SACARINO COM FORRAGEIRAS TROPICAIS**

Autora: Nariane Coelho de Oliveira

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Kátia Aparecida de Pinho Costa

Rio Verde – GO  
Maio – 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

## **SILAGEM DE SORGO SACARINO COM FORRAGEIRAS TROPICAIS**

Autora: Nariane Coelho de Oliveira

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Kátia Aparecida de Pinho Costa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO  
Maio - 2021

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

O48s Oliveira, Nariane Coelho de  
SILAGEM DE SORGO SACARINO COM FORRAGEIRAS  
TROPICAIS / Nariane Coelho de Oliveira; orientadora  
Kátia Aparecida de Pinho Costa; co-orientadora Katia  
Cylene Guimarães. -- Rio Verde, 2021.  
44 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Brachiaria. 2. Capacidade tampão. 3. Frações  
fibrosas. 4. Nitrogênio amoniacal. 5. Sorghum  
bicolor Moench. I. Costa, Kátia Aparecida de Pinho,  
orient. II. Guimarães, Katia Cylene, co-orient. III.  
Título.



**TERMÔ DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Nariene Coelho de Oliveira

Matrícula: 2019102310240141

Título do Trabalho: SILAGEM DE SORGO SACARINO COM FORRAGEIRAS TROPICAIS

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/07/2021

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;
- Obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, 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;
- Cumprir 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.

Rio Verde, Goiás  
Local

12/07/2021.  
Data

*Nariene Coelho de Oliveira*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*[Assinatura]*

Assinatura do(a) orientador(a)



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

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

## **SILAGEM DE SORGO SACARINO COM FORRAGEIRAS TROPICAIS**

Autora: Nariane Coelho de Oliveira  
Orientadora: Kátia Aparecida de Pinho Costa

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos  
Pesqueiros.

APROVADA em 31 de julho de 2020.

Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano  
Avaliador interno  
IF Goiano / Rio Verde

Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosane Cláudia Rodrigues  
Avaliadora externa  
UFMA - MA

Prof<sup>a</sup>. Dra. Kátia Aparecida de Pinho Costa  
Presidente da banca IF Goiano / Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- Rosane Cláudia Rodrigues, Rosane Cláudia Rodrigues - Professor Avaliador de Banca - Ufma (06279103000119), em 02/06/2021 14:19:26.
- Katia Cylene Guimaraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/06/2021 11:21:09.
- Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/06/2021 15:17:13.
- Katia Aparecida de Pinho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/05/2021 19:35:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/05/2021. 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: 273263  
Código de Autenticação: 8af1d487bf



*“Eu seguro em Suas mãos, confio em Ti. Quero ir mais fundo, leva-me mais perto, onde eu te encontro, no Lugar Secreto. Aos Teus pés me rendo, pois a Tua Glória quero ver”*

*Gabriela Rocha*

## **DEDICO**

A Deus, a toda minha família, principalmente aos meus pais Lourival dos Passos Oliveira e Maria de Nazaré Braga Coelho, meus irmãos Alexandro Coelho de Oliveira e Lourival Coelho de Oliveira Filho, a minha parceira Aline Lara Dantas do Nascimento, a minha orientadora Kátia Aparecida de Pinho Costa, aos amigos e colegas do Laboratório de Forragicultura e Pastagens. E todos aqueles que me ajudaram a chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por ter me concedido coragem e sabedoria para conquistar meus sonhos e objetivos, por abrigar meu coração e ser meu amparo nas horas difíceis.

Aos meus queridos e amados pais, Lourival dos Passos Oliveira e Maria de Nazaré Braga Coelho, que sempre foram meus alicerces, pelo apoio e incentivo em todas as minhas escolhas. Em especial pelo amor, compreensão e paciência nos momentos difíceis, e por não medirem esforços para me ajudar durante essa trajetória. Tudo que realizei até aqui é em função de vocês. Gratidão por tudo.

Mãe, você travou guerras por seus filhos, venceu seus medos para cuidar de mim e dos meus irmãos, se estou de pé até aqui, é graças ao seu amor. Essas palavras são poucas para toda gratidão que vive em mim, lhe amo além da vida.

Aos meus irmãos Alexandre Coelho de Oliveira e Lourival Coelho de Oliveira Filho, pelo carinho, companheirismo, conselhos e amor. A nossa união não tem explicação, e será assim: “um por todos e todos por um” sempre. Obrigada, por sempre terem depositado a confiança de vocês em mim, e saibam que todas as minhas vitórias e conquistas são suas também. Os amo além da vida.

As riquezas da minha vida, meus sobrinhos, Ana Izabel Rodrigues da Silva Oliveira e Augusto Italo Rodrigues da Silva Lima, por terem me preenchido com amor ao longo desses anos. E a você, Glaucia Silva, por ter me presenteado com esses dois serezzinhos que tanto amo, e ser exemplo de mulher honesta e íntegra.

A você, Aline Lara D. do Nascimento, pelo companheirismo e dedicação. Por todo o apoio concedido durante esse período. Por ter me colocado de volta aos trilhos, e me dado esperança de que tudo ficaria bem de novo. Obrigada por ser luz na minha vida e por ser uma ótima amiga também. Amor e gratidão!

Aos amigos que sempre torceram pelo meu sucesso e dividem essa história comigo, mesmo de longe, minha gratidão. Não conseguiria mencionar todos, mas cada um sabe do espaço e importância que tem em minha vida, os amo demais.

A minha orientadora, professora Kátia Aparecida de Pinho Costa, por todo o conhecimento compartilhado, confiança, dedicação e pela atenção concedida nesses mais de dois anos em que tive o privilégio de ser sua orientada. O meu reconhecimento e gratidão pelos valiosos ensinamentos transmitidos, e exemplos de profissional brilhante.

A CAPES, pela bolsa concedida.



Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os professores, a minha eterna gratidão, por todos os ensinamentos, conselhos e aprimoramento profissional.

Aos meus queridos amigos e companheiros de laboratório que fizeram essa dissertação acontecer, Ana Carolina Gomes Silva, Laíne Gonçalves Rodrigues, João Victor Campos Pinho Costa, Sabryna Álex Almeida Silva, Luiz Felipe Aprígio de Assis, Mariane Porto Muniz, agradeço por todo o apoio nos trabalhos do laboratório e por me ensinarem com muita paciência e educação, e claro pelos momentos de descontração, que tornaram esse período mais leve e alegre.

Agradeço a você, Milena de Lima Vieira, por todo companheirismo e amizade durante esse período e os que antecederam. Sou grata por cada segundo que você me apoiou física e mentalmente nesse mestrado. Acima de tudo, você sempre será a melhor amiga que eu poderia ter.

Obrigada a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Nariane Coelho de Oliveira, filha de Lourival dos Passos Oliveira e Maria de Nazaré Braga Coelho, nasceu na cidade de Mãe do Rio - PA, no dia 29 de julho de 1992.

No primeiro semestre de 2014, ingressou no curso de Bacharel em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano, no município de Morrinhos - GO, concluindo a graduação com a colação de grau em abril de 2019.

No primeiro semestre de 2019, submeteu-se ao processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, sendo aprovada e atuou na área de Forragicultura e Pastagens. Em maio de 2021, submeteu a banca avaliadora sua dissertação, intitulada: Silagem de sorgo sacarino com forrageiras tropicais.

## ÍNDICE

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO GERAL.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
OBJETIVOS .....	18
INTRODUCTION .....	19
MATERIAL AND METHODS .....	20
RESULTS AND DISCUSSION .....	23
CONCLUSION.....	32
ACKNOWLEDGMENTS .....	32
REFERENCES .....	32
CONCLUSÃO GERAL.....	39

## ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
Table 1 - Chemical composition (g kg <sup>-1</sup> DM) of forage sorghum, Paiaguas palisadegrass and Iypora grass .....	27
Table 2 - Fermentation characteristics of sorghum silage with forage .....	23
Table 3 - NDF, ADF, lignin and ether extract contents of sorghum silage with forages .....	33

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Páginas
Figure 1 - Fermentation characteristics of sorghum silage with levels of forage. Vertical bars indicate the standard deviation of the mean .....	30
Figure 2 - Crude protein content (a) and digestibility (b) of sorghum silage with levels of forage. Vertical bars indicate the standard deviation of the mean.	27
Figure 3 - NDF (a), ADF (b), lignin (c), and ether extract (d) contents of sorghum silage with different levels of forage. Vertical bars indicate the standard deviation of the mean . .....	30

**LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES**

g kg <sup>-1</sup>	Gramas por quilo
ha	Hectare
%	Porcentagem
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
EE	Extrato etéreo
MM	Matéria mineral
NDT	Nutrientes digestíveis totais
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
CT	Capacidade tampão
N-NH <sub>3</sub>	Nitrogênio amoniacal

## RESUMO

OLIVEIRA, Nariane Coelho de. Silagem de sorgo sacarino com forrageiras tropicais. 2021. 40p Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

A cultura do sorgo sacarino ensilado com forrageiras tropicais, vem se mostrando alternativa promissora de alimentação para a produção de ruminantes, por proporcionar melhorias na qualidade da silagem. Neste contexto, objetivou-se avaliar as características fermentativa e valor nutritivo da silagem de sorgo sacarino com níveis de capins Paiaguás e Ipyporã. O experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas forrageiras (Paiaguás e Ipyporã) adicionados ao sorgo em seis níveis (0; 20; 40; 60, 80 e 100%), totalizando 48 silos experimentais. Após 50 dias de fermentação, os silos foram abertos para realização das análises do perfil fermentativo e composição bromatológica. Os resultados mostraram que a adição dos capins Paiaguás e Ipyporã na ensilagem de sorgo aumentou o pH, capacidade tampão e N-NH<sub>3</sub> e, reduziu os teores de matéria seca, mas não comprometeu as características fermentativas das silagens, ficando dentro do padrão adequado. A adição de níveis crescente de capins Paiaguás e Ipyporã na ensilagem de sorgo aumentou os teores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e diminuiu as frações fibrosas (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina) e extrato etéreo, sendo recomendando níveis cima de 40%. Entre as forrageiras, a adição de capim-paiaguás na ensilagem de sorgo apresentou maior teor de proteína bruta e DIVMS. Silagens mistas podem ser uma alternativa eficaz para melhorar a qualidade da silagem exclusiva de sorgo sacarino.

**Palavras-chave:** *Brachiaria*. Capacidade tampão. Frações fibrosas. Nitrogênio amoniacal. *Sorghum bicolor Moench*

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Nariane Coelho de. Sweet sorghum silage with tropical forages. 2021. 40p Dissertation (Animal Science Postgraduate Program). Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2021.

Ensiling sorghum with tropical forages has been shown to be a promising alternative for ruminant feed production, as this approach improves the quality of the sorghum silage. In this context, the goal of this study was to evaluate the fermentation characteristics and nutritive value of sweet sorghum silage made with different levels of Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass. The experiment was conducted in a completely randomized 2 x 6 factorial design with four replications. Two forages (Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass) were added to sorghum at six levels (0, 20, 40, 60, 80 and 100%), for a total of 48 experimental silos. After 50 days of fermentation, the silos were opened, and the fermentation profile and chemical composition of the silage were analysed. The results showed that the addition of Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass to the sorghum silage increased the pH, buffering capacity and NH<sub>3</sub>-NT of the silage and reduced its dry matter content but did not affect its fermentation characteristics, which remained within an appropriate range. The addition of increasing levels of Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass to the sorghum silage increased the crude protein and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) of the silage and decreased the fibre fraction (neutral detergent fibre, acid detergent fibre and lignin) and ether extract contents. Adding tropical forages to sorghum silage material at levels above 40% is recommended. Among forage crops, addition of Paiaguas palisadegrass to sorghum silage resulted in higher content of crude protein and IVDMD. Mixed silages can be an effective alternative to improve the quality of forage sorghum silage.

**Keywords:** *Brachiaria*. Buffering capacity. Fibre fractions. Ammonia nitrogen. *Sorghum bicolor* Moench.



## INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária brasileira vem passando por um processo de intensa modernização, mas grande parte dos sistemas de produção ainda se baseiam na pecuária extensiva, utilizando pastagens em monocultivo (COSTA et al., 2016a). A utilização de sistemas em monocultivo tornam-se desafiadores, principalmente devido à sazonalidade das forragens (LINHARES et al., 2020) e pelo fato de que grande parte das áreas destinadas a pecuária estão atualmente em algum estágio de degradação (GLÉRIA et al., 2017).

Assim, as forrageiras tropicais não são capazes de fornecer qualidade e quantidades satisfatórias de nutrientes para atender as exigências dos animais nos períodos de escassez hídrica (BOSS et al., 2021). São necessárias alternativas que atendam à demanda crescente de volumosos ao longo do ano. Sendo assim, a produção de silagem apresenta como alternativa de alimentação para suprir o déficit de forragem no período seco do ano (QUINTINO et al., 2016). A conservação de forragem como silagem tornou-se método importante e popular de armazenamento de alimentos porque pode minimizar a perda de nutrientes após a colheita durante o armazenamento (RODRIGUES et al., 2020).

O cultivo do sorgo para a produção de silagem vem ganhando papel de destaque, principalmente em regiões com menor precipitação, onde essa cultura se destaca por sua maior robustez, se revelando como alternativa potencial para alimentação de ruminantes (PERAZZO et al., 2017).

A cultura do sorgo de forma geral apresenta alto rendimento de massa seca por hectare (BEHLING NETO et al., 2017), menor sensibilidade ao fotoperíodo e à deficiência de água, além da possibilidade de rebrota e características agronômicas satisfatórias para o plantio durante a safrinha (GOLUBINOVA et al., 2017). Apresenta também baixa capacidade tampão, teores de carboidratos solúveis adequados, que são características ideais de uma boa silagem para favorecer a fermentação, destacando-se como alimento energético importante na alimentação de ruminantes (RIBEIRO et al., 2017).

O sorgo sacarino em particular, é caracterizado pelo alto teor de carboidratos não estruturais que permanecem no caule e nas folhas em forma de açúcares solúveis, apresentando potencial superior ao de outras cultivares de sorgo (BEHLING NETO et al., 2017). De acordo com Cavali et al. (2010) o uso do sorgo sacarino na produção de silagem pode favorecer a produção de etanol dentro do silo, pois o alto teor de carboidratos não

estruturais proporciona ambiente ideal para a atividade de leveduras, que convertem carboidratos solúveis em etanol em ambiente anaeróbio.

Para Ribeiro et al. (2017), outra opção amplamente utilizada como volumoso é a silagem produzida a partir de forrageiras tropicais, que destacam pela maior produtividade em condições adversas, além de já ser plantada em diversas propriedades, reduzindo o custo quando comparada à silagem de forrageiras anuais, como milho e sorgo. Os principais pontos que justificam este tipo de silagem são: alta produtividade anual por área, perenidade, baixo risco de perda e maior flexibilidade de colheita e maior teor de proteína bruta quando comparada ao milho e sorgo (PALUDO et al., 2020), que são as culturas mais utilizadas para produção de silagem, que apresentam em média 60 e 80 g kg<sup>-1</sup> MS de PB, respectivamente (QUINTINO et al., 2016). Nesse sentido, o potencial produtivo das gramíneas tropicais é um fator favorável que tem se destacado para a produção de silagem (EPIFANIO et al., 2014).

Em contrapartida, as forrageiras tropicais apresentam alguns aspectos desfavoráveis, como baixo teor de carboidratos solúveis, necessários para uma fermentação adequada, baixo teor de matéria seca no momento do corte, alto poder tampão e menor teor energético (COSTA et al., 2018). Diante dessas dificuldades, a silagem de forrageiras tropicais exige cuidados para proporcionar boas condições de fermentação (BOLSON et al., 2017).

Contudo, existem crescentes pesquisas relacionadas à produção de silagem de forrageiras tropicais, desenvolvendo técnicas para melhoria do padrão fermentativo e proporcionando melhor qualidade do produto final (PALUDO et al., 2020). Nesse contexto, tem-se utilizado a silagem mista, oriunda da combinação de cultura anual com forrageira tropical, com o intuito de auxiliar na qualidade da silagem, com aumento no valor protéico e adequando aos padrões fermentativos da mesma (CRUVINEL et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020).

Dentre as plantas forrageiras, uma alternativa disponibilizada pela Embrapa Gado de Corte é a *Brachiaria Brizantha* cv. BRS Paiaguás, que se desenvolve em solos de média fertilidade e se adapta bem a sistemas integrados (DOMINGUES, et al. 2021). De acordo com Euclides et al. (2016), o capim-paiaguás apresenta maior acúmulo de forragem e porcentagem de folhas vivas no período de inverno, em relação a outras gramíneas do gênero *Brachiaria*, proporcionando melhor valor nutricional ao pasto.

Outra alternativa é o híbrido interespecífico de *Brachiaria* BRS RB331 Ipyporã, que foi desenvolvido pela Embrapa, por meio do cruzamento entre um genótipo de

*Brachiaria ruziziensis* e um acesso de *Brachiaria brizantha*, em que se buscou introduzir principalmente a resistência a praga das cigarrinhas-das-pastagens na nova cultivar, além de manter as boas produções de forragem e valor nutritivo presentes em seus genitores (ECHEVERRIA, et al., 2016). A BRS Ipyporã é bastante semelhante à cultivar Marandu quanto ao manejo, formando um relvado mais prostrado e denso, com alta porcentagem de folhas. O capim-ipyporã se destaca pela sua produtividade, vigor, alta qualidade e boa adaptação aos solos do Cerrado (VALLE et al., 2017).

Segundo Costa et al. (2016b), o sorgo e gramíneas tropicais podem ser usados em sistemas de produção de silagem mista para aumentar o rendimento de massa seca por área, fornecer pasto após a colheita do sorgo (em sistemas de integração) e melhorar a eficiência do uso da terra (OLIVEIRA et al., 2020). Logo, entende-se a importância da produção de alimentos alternativos, como no caso de silagens mistas, oriundas ou não de sistemas integrados, que em pesquisas apresentaram resultados satisfatórios e promissores (CRUVINEL et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; COSTA, et al., 2018; PALUDO et al., 2020), reforçando a importância e necessidade de pesquisas por sistemas de produção eficientes e com flexibilidade para se adequar as exigências e garantir a competitividade aos produtores e a sustentabilidade socioambiental. Sendo assim, a produção de silagem mista pode viabilizar a substituição das silagens padrões, podendo reduzir o custo de produção da ensilagem e fornecer alimento de melhor qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHLING NETO, A.; REIS, R. H. P.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUSA, D. P.; PEDREIRA, B. C.; MOMBACH, M. A.; BALBINOT, E.; CARVALHO, P.; CARVALHO, A. P. S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2607-2617, 2017.

BOLSON, D. C.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. S.; PEDREIRA, B. C.; MOMBACH, M. A.; XAVIER, I. M. Fermentative and bromatological value of Piatã palisadegrass ensiled with different additives. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 256, p. 515-521, 2017.

BOSS, L.; ARBOITTE, M. Z.; THUROW, J. M.; CERDOTES, L.; OLIVEIRA, F.; ANASTÁCIO, M. D. Proteína bruta de forrageiras tropicais no inverno antes e após ocorrência de geada na região do extremo Sul Catarinense. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14011-14022, 2021.

CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. D. C.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P. D.; SANTOS, M. V.; PORTO, M. A.; RODRIGUES, J. F. H. Bromatological and microbiological characteristics of sugarcane silages treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1398-1408, 2010.

COSTA, R. F.; PIRES, D. A. D. A.; MOURA, M. M. A.; SALES, E. C. J. D.; RODRIGUES, J. A. S.; RIGUEIRA, J. P. S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 127-133, 2016a.

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, 2016b.

COSTA, R. R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; EPIFANIO, P. S.; SANTOS, C. B.; SILVA, J. T.; OLIVEIRA, S. S. Production and quality of silages pearl millet and Paiaguas palisadegrass in monocropping and intercropping in different forage systems. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 2, 2018.

CRUVINEL, W. S.; COSTA, K. A. P.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, J. T.; EPIFANIO, P. S.; COSTA, P. H. C. P.; FERNANDES, P. B. Fermentation profile and nutritional value of sunflower silage with *Urochloa brizantha* cultivars in the off-season. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 249-259, 2017.

DOMINGUES, A.A.; SANTOS, A.J.M.; BACKES, C.; RODRIGUES, L.M.; TEODORO, A.G.; BESSA, S.V.; RESENDE, C.C.F. Nitrogen fertilization of paiaguás grass: production and nutrition. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, n. 2, p. 5918, 2021.

ECHEVERRIA, Joilson Roda et al. Forage accumulation and nutritive value of the *Urochloa* interspecific hybrid 'BRS RB331 Ipyporã' under intermittent grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 880-889, 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.

EUCLIDES, V.P.B.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A.; VALLE, C.B.D.; NANTES, N.N. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 85-92, 2016.

GLÉRIA, A. A.; SILVA, R. M.; SANTOS, A. P. P.; SANTOS, K. J. G.; PAIM, T. P. Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 141-150, 2017.

GOLUBINOVA, I.; KATOVA, A.; ILIEVA, A.; MARINOV-SERAFIMOV, P. Popping characteristics of sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Food and Feed research**, v. 44, n. 2, p. 115-121, 2017.

LINHARES, A. J. S.; GONÇALVES, 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 the silage quality of sunflower and Paiaguas palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) grown on a Latosol in the Brazilian savanna. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 7, p. 1121-1130, 2020.

NEGRÃO, F.D.M.; ZANINE, A.D.M.; SOUZA, A.L.D.; CABRAL, L.D.S.; FERREIRA, D.D.J.; DANTAS, C.C.O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 13-25, 2016.

OLIVEIRA, S. S.; COSTA, K. A. P.; SOUZA, W. F.; SANTOS, C. B.; TEIXEIRA, D. A. A.; COSTA, V. 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.

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

QUINTINO, A. C.; ABREU, J. G.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; CABRAL, L. S.; GALATI, R. L. Valor nutritivo de silagem de capim-piatã em monocultivo e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 185-191, 2016.

RIBEIRO, M. G.; COSTA, K. A. D. P.; SOUZA, W. F. D.; CRUVINEL, W. S.; SILVA, J. T. D.; SANTOS JÚNIOR, D. R. D. Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 243-250, 2017.

RODRIGUES, P. H. M.; PINEDO, L. A.; MEYER, P. M.; SILVA, T. H.; GUIMARÃES, I. C. D. S. B. Sorghum silage quality as determined by chemical–nutritional factors. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 4, p. 462-473, 2020.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.B.P.; MONTAGNER, D.B.; VALÉRIO, J.R.; MENDES BONATO, A.B.; VERZIGNASSI, J.R.; TORRES, F.Z.V.; MACEDO, M.C.M.; FERNANDES, C.D.; BARRIOS, S.C.L.; DIAS FILHO, M.B.; MACHADO, L.A.Z.; ZIMMER, A.H. BRS Ipyporã (“belo começo” em guarani): híbrido de *Brachiaria* da Embrapa. Embrapa Gado de Corte. **Comunicado Técnico**, n. 137, p. 17, 2017.

## OBJETIVOS

- Avaliar o perfil fermentativo da silagem de sorgo sacarino com forrageiras tropicais;
- Determinar o valor nutritivo, através da composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da silagem de sorgo sacarino com forrageiras tropicais.

## INTRODUCTION

In the seasonal cycles of pastures, tropical forage plants do not provide enough nutrients to meet the requirements of pastured animals during the dry season (Daniel, Bernardes, Jobim, Schmidt, & Nussio 2019). Therefore, the demand for alternative roughage, such as silages, has grown (Quintino et al., 2016).

Sorghum is one of the fastest growing crops in Brazil and has strategic importance with regard to grain and forage supplies. Cereals contribute directly to the balance of regulatory stocks of energy grains, forage production, sustained livestock growth, and food supplies, thus contributing to cost reductions and allowing greater competitiveness in the grain production sector (Costa et al., 2016b).

Sorghum is a good choice for production because it is a hardy plant that tolerates hot climates and is resistant to soil and climate variations and tolerant to abiotic stresses such as water deficiency, salinity and waterlogging; moreover, it has low soil fertility demands (Teetor et al., 2011). Another positive characteristic of sorghum is of its potential for regrowth, with production that can reach up to 60% of its potential in the first cut when subjected to proper management (Cruz et al., 2020). Therefore, sorghum has many advantages for use as a source of animal food to produce grains and nutritious forage.

Regarding silage production, sweet sorghum stands out in relation to other crops due to its potential to produce a large amount of forage with characteristics that favour the silo fermentation process and without the need for large amounts of inoculants or additives; sorghum produces silage with good acceptability (Cruz et al., 2020). However, as it is a tall crop, it has a high fibre fraction in the stem (Cruz et al., 2020), which can interfere with its consumption by animals. In addition, Chen, Dong, Li and Shao (2019) reported that sweet sorghum alone could not fully meet the production requirements of growing or lactating ruminants as a result of a lack of crude protein.

On the other hand, silage made from tropical forages is also becoming more popular for livestock production. The advantages of producing tropical forage silage are related to its high annual production per area, perennial growth cycle, and low risk of loss; tropical forages also have greater harvest flexibility and higher crude protein content than corn and sorghum, which are the most commonly used silage crops and have averaged of 60 and 80 g kg<sup>-1</sup> DM CP, respectively (Quintino et al., 2016). Nevertheless,



tropical forages, have a low content of dry matter at the time of cutting which, along with their low content of soluble carbohydrates, can affect fermentation and compromise the final silage quality (Negrão et al., 2016).

Among the various tropical forage options, we highlight Paiaguas palisadegrass, which has good yield, good vigour, a high leaf:stem ratio and good nutritional value (R. R. G. F. Costa et al., 2018). The hybrid BRS Ipypora, introduced in 2017, is the result of a cross between *Brachiaria ruziziensis* and *Brachiaria brizantha* and is considered an important forage alternative for pasture-based animal production systems due to its quality as forage. Both cultivars have an average of 110 - 130 g kg<sup>-1</sup> DM crude protein (Echeverria et al., 2016; Euclides et al., 2018; Epifanio et al., 2019).

In this context, mixed forage-sorghum silage with Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass could provide benefits such as balancing the nutritional value of pure sorghum silage by increasing the crude protein content and digestibility and allowing greater flexibility of use due to the ease of using the ensiled mass in pastures of established tropical forages.

In addition, since these are *Brachiaria* cultivars that were recently made available on the market, it is necessary to generate more information about which forage is more suitable for ruminants and the appropriate level of addition to sorghum silage to provide better silage quality. This information will enable their use as an alternative to feed ruminants more efficiently. Thus, the goal of this study was to evaluate the fermentation characteristics and nutritive value of sweet sorghum silage with different levels of Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass.

## MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out at the Federal Institute Goiano, Campus Rio Verde, in Dystrophic Red Latosol (Santos et al., 2018). Soil samples were collected at a 0-20 cm depth before the beginning of the experiment for physicochemical analysis, with following characteristics: 562; 94 and 344 g kg<sup>-1</sup> of clay, silt and sand contents, respectively; pH in CaCl<sub>2</sub>: 5.8; Ca: 1.8 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg: 1.1 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al: 0.0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al+H: 2.9 cmolc dm<sup>-3</sup>; K: 0.53 cmolc dm<sup>-3</sup>; CEC (cation exchange capacity): 6.33 cmolc dm<sup>-3</sup>; V1: 54.20%; P (Mehlich): 3.6 mg dm<sup>-3</sup>; Cu: 0,61 mg dm<sup>-3</sup>, Zn: 3,83 mg dm<sup>-3</sup>; Fe: 32,5 mg dm<sup>-3</sup> and OM: 24.37 g kg<sup>-1</sup>.

Soil preparation started in November 2018, eliminating weeds by applying glyphosate and 2,4-D. Thirty days after desiccation, harrowing was carried out with a

plowing harrow, followed by a leveling harrow. A week before sowing, another leveling harrowing operation and sowing furrows were made using a seeder.

Sorghum was planted in February 2019, with an inter-row spacing of 50 cm. Twelve seeds were planted per meter, sown at 2 cm depth. The hybrid used was BRS 506, a tall (around 2.5 meters) variety of high mass productivity. Plots were composed of eight rows, three meters long.

Upon sowing, 180 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 20 kg ha<sup>-1</sup> FTE BR 12 were applied in the planting furrow (9% Zn; 1.8% B; 0.8% Cu; 2% Mn; 3.5 % Fe and 0.1% Mo), as single superphosphate and fritted trace elements (FTE's), respectively. When sorghum plants were at the stage of three and six leaves, broadcast topdressing was performed with 80 and 60 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen (N) and K<sub>2</sub>O as urea and potassium chloride, respectively.

The experiment was conducted in a 2 x 6 factorial completely randomized design, with four replications, two forages (Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass) added to sorghum in six levels (0; 20; 40; 60, 80 and 100%), totaling 48 experimental silos.

Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass were harvested in areas already established for crop-livestock integration experiments, planted in February 2019. Thirty days before cutting for silage making, grasses received nitrogen and potassium fertilization at a dose of 80 and 40 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, as urea and potassium chloride.

For silage making, sweet sorghum was harvested at 100 days of development at the milky/soft dough stage with 332.9 g kg dry matter (DM) and grasses within the development cycle, with an average height of 78 and 67 cm, and 239.4 and 241.3 g kg<sup>-1</sup> DM for Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass, respectively. Both crops were harvested at 20 cm above the soil level using a manual brush cutter. Subsequently, forages were chopped separately to approximately 10 mm of particle length using a stationary forage chopper.

The material was homogenized according to each levels of each forage and stored in experimental PVC tube silos measuring 10 cm in diameter and 40 cm in length. Subsequently, the material was compacted with an iron pendulum, and silos were closed with PVC lids and sealed with adhesive tape to prevent air exposure. The mean silage density was approximately 583.37 kg dm<sup>-3</sup>. In the silos they contained sand and mesh at the bottom to quantify the losses by effluent and were weighed before and after the ensiling to quantify the losses by gases (Jobim, Nussio, Reis, & Schmidt 2007). The experimental silos were stored in a covered area at room temperature.

The fresh material (before ensiling) was analysed (Table 1) for dry matter (DM), crude protein (CP), lignin, ether extract (EE) and ash contents according to the methodologies described by the Association Official Analytical Chemists [AOAC] (1990). Neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were estimated by the method described by Mertens (2002). The content of total digestible nutrients (TDN) was calculated using the equation of Cappelle, Valadares, Silva and Cecon (2001). The *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was analysed using the technique described by Tilley and Terry (1963), which was adapted to the artificial rumen developed by ANKOM® (Daisy Incubator - *in vitro* true digestibility). Donor animals were found in pasture of Paiaguas palisadegrass.

Table 1. Chemical composition (g kg<sup>-1</sup> DM) of forage sorghum, Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass.

<b>Chemical composition</b>	<b>Forage sorghum</b>	<b>Paiaguas palisadegrass</b>	<b>Ipypora grass</b>
DM	332.9	239.4	241.3
CP	78.8	155.2	147.1
Ash	461.2	488.3	470.8
NDF	676.6	651.2	649.2
ADF	409.8	350.9	358.2
Lignin	248.5	189.3	187.4
IVDMD	581.2	623.6	619.3
EE	311.5	191.3	193.5
TDN	598.2	588.9	590.4

DM: dry matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fibre; ADF: acid detergent fibre; EE: ether extract; IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility; and TDN: total digestible nutrients.

The silos were opened after 56 days of fermentation, discarding the silage at the top and bottom of each silo. Samples from the middle of each silo were homogenized and placed in plastic trays. A portion of the fresh silage was separated for analysis of fermentative parameters, such as buffering capacity, pH and ammonia nitrogen as a percentage of total nitrogen (N-NH<sub>3</sub>/NT), following the method described by Bolsen et al. (1992).

The pH and buffering capacity analyzes were performed at the moment of opening the silos, thus avoiding changes in the expected values caused by heat and humidity. For

ammoniacal nitrogen, the silage was frozen to inactivate the activities of the anaerobic bacteria to prevent the loss of nitrogen by volatilization, and later the analyzes were performed. Gas and effluent losses were determined by the methodology of Jobim et al. (2007).

The other portion of the material (approximately 0.5 kg) was weighed and oven-dried at 55°C for 72 hours. Then, the samples were ground in mill to pass through a 1-mm sieve and stored in plastic bags for later analysis of the chemical composition, according to the methodology described above.

Data were tested by analysis of variance, considering forage, levels and the interaction between factors as sources of variation. Mean values were compared by Tukey's test at 5% probability. Forage levels were evaluated by regression analysis, with standard error of the mean, using the Sigma Plot software.

## RESULTS AND DISCUSSION

There was no significant effect ( $p > 0.05$ ) of forage type (Table 2) or the interaction of forage type and level on the pH, buffering capacity, dry matter,  $\text{NH}_3\text{-N/TN}$  and effluent losses (Figure 1). However, the forage addition level had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on these variables. For forage, addition level and their interaction had no effects ( $p > 0.05$ ) on gas losses.

Table 2. Fermentation characteristics of sorghum silage with forage.

<b>Forage</b>	<b>pH</b>	<b>BC</b> (eq.mg g <sup>-1</sup> DM)	<b>DM</b> (g kg <sup>-1</sup> )	<b>N-NH<sub>3</sub>/NT</b> (g kg <sup>-1</sup> )	<b>EL</b> (kg t <sup>-1</sup> GM)
Paiaguas palisadegrass	4.04 a	111.56 a	288.78 a	30.62 a	8.94
Iypora grass	4.07 a	110.98 a	286.65 a	29.41 a	9.03
Average	4.06	111.27	287.71	30.02	8.99
SEM	0.014	1.840	1.964	0.262	0.139
P value	0.184	0.825	0.452	0.643	0.381

Means followed by the same letter do not differ significantly by Tukey's test ( $p > 0.05$ ).

BC: buffering capacity; DM: dry matter; EL: effluent losses

SEM: standard error of mean.

Evaluating the pH results (Figure 1a) revealed a linear increase in the pH value as the grass level in the ensiled mass increased. Sorghum silage had a pH of 3.7, while the

silage with 100% grasses had a pH of 4.2, representing an increase of 15% in relation to the pure sorghum silage. The increase in pH with the increase in forage level can be explained by the higher buffering capacity of forages (Figure 1b). This higher buffering capacity is due to the greater amount of buffering substances generated by proteolysis in forages; proteolysis releases ammonia, which makes it difficult to decrease the pH (Zhang et al., 2016). Nevertheless, it is worth mentioning that even with an increase in pH caused by the increase in the forage addition level, the pH values were still close to the appropriate range, which, according to McDonald, Henderson and Heron (1991), should be between 3.8 and 4.2. These are considered acceptable values for well preserved silages because this pH range inhibits the growth of enterobacteria and clostridia. The pH levels found in this study are acceptable, as they guarantee good silage preservation characteristics (Chen et al., 2019).

The increase in the proportion of forage in silage also resulted in higher values for the buffering capacity (Figure 1b), showing a linear increase up to the maximum dose of forage. This occurred because tropical forages have a higher buffering capacity than annual crops (Souza et al., 2019). According to S. S. Oliveira et al. (2020), forage grasses have a high buffering capacity and a low content of soluble carbohydrates; this can influence pH values, as observed in this study.

Corroborating these results, Costa et al. (2018) evaluated millet and Paiaguas palisadegrass silage in monocrop and mixed systems under different forage systems and reported that millet silage in the monocrop system showed a lower buffering capacity than Paiaguas palisadegrass, which had the highest value. Behling Neto et al. (2017) found that the lowest values for buffer capacity may have been observed for cultivars of sweet sorghum (BRS 506) in the first harvest due to the lower amounts of ash and crude protein in sorghum than in the other tested silages; this result is in accordance with the results for the pure sorghum silage in the present study. Like the pH and buffering capacity,  $\text{NH}_3/\text{TN}$  also increased with increasing forage level in the sorghum silage (Figure 1 c).

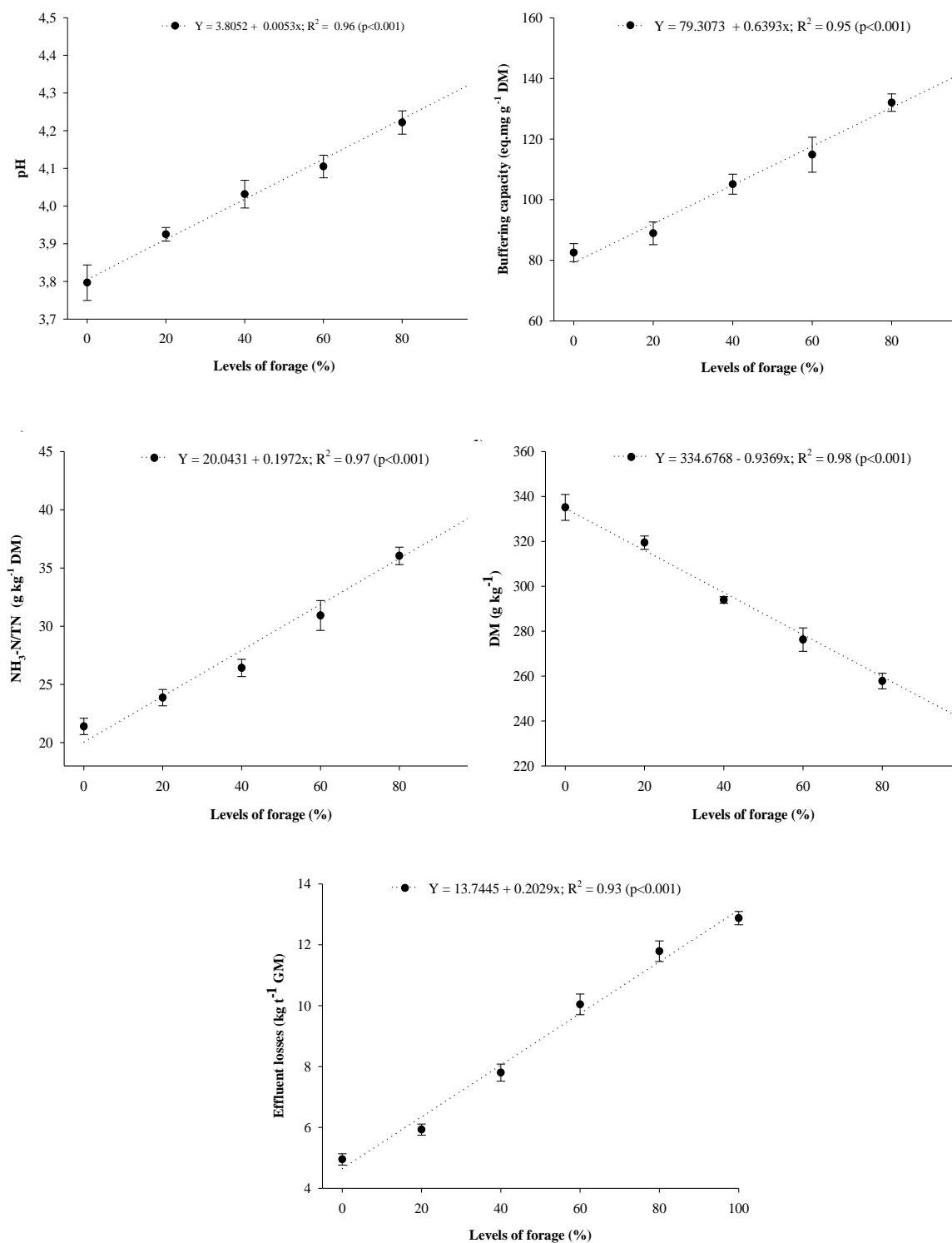


Figure 1 - Fermentation characteristics of sorghum silage with levels of forage.

Vertical bars indicate the standard deviation of the mean.

However, the mean value at the 100% dose was 40.80 g kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-TN. According to (Kung, Shaver, Grant, & Schmidt, 2018), this value is considered to be within the ideal

range to provide adequate lactic fermentation, reduce proteolysis and inhibit the growth of undesirable microorganisms; silage should contain levels of  $\text{NH}_3\text{-NT}$  below  $100 \text{ g kg}^{-1}$ . Thus, the levels found in this study are in line with the results obtained by R. F. Costa et al. (2016a) and Behling Neto et al. (2017). This result shows that even with the addition of forages, there was little activity of *Clostridium* bacteria; consequently, there was no excessive deterioration of proteins, and the nutritional value of the silage was not compromised.

Figure 1 (d) shows a decrease in DM content as the grass forage levels increased in the sorghum silage. This was due to the low DM content of Paiaguas palisadegrass ( $239.4 \text{ g kg}^{-1}$ ) and Ipypora grass ( $241.3 \text{ g kg}^{-1}$ ) at the time of cutting. Typically, tropical grass silages have high moisture levels at the ideal cutting time (Souza et al., 2019; Oliveira et al., 2020; Paludo et al., 2020). Similar results were reported by S. S. Oliveira et al. (2020), who evaluated the fermentation parameters of sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and at different maturity stages and found that Paiaguas palisadegrass silage showed a higher pH and buffering capacity and a lower DM content than sorghum silage. However, the combination of sorghum and Paiaguas palisadegrass resulted in better silage fermentation parameters.

According to Chen et al. (2019), the DM content of silage tends to decrease consistently throughout the silage process because the easily degradable constituents of silage are broken down into silage acids, ethanol and carbon dioxide by microorganisms during silage fermentation. The ideal DM content of forages to ensure adequate fermentation inside the silo is  $300 \text{ g kg}^{-1}$  to  $350 \text{ g kg}^{-1}$  (McDonald et al., 1991).

The DM content is a major factor affecting fermentation during ensiling and, consequently, the quality of the silage produced; it is also positively correlated with intake (McDonald et al., 1991). Therefore, it is important to produce mixed silages to balance the DM content of the ensiled material.

Effluent losses were also influenced by the level of forage in the silage (Figure 1e). This was due to the lower DM contents of Paiaguas palisadegrass and Ipypora grass, which resulted in higher effluent losses. In contrast, in the pure sorghum silage, effluent losses were lower due to the higher DM content at the time of cutting ( $332.9 \text{ g kg}^{-1}$ ). Gomes et al. (2019) reported that the volume of effluent produced in a silo is influenced mainly by the DM content of the ensiled forage species and the degree of compaction.

According to L. S. O. Ribeiro et al. (2010), effluent loss implies the loss of nutrients that are leached to the bottom of the silo, leaving the ensiled mass with a lower

content of soluble nutrients than the fresh material. Tropical forages with DM contents below 25% can have high effluent losses, which decreases the nutritional value of silage because the effluents include some carbohydrates and nitrogen (Kung et al., 2018). Thus, attention should be paid to the need for mixed silage to reduce moisture levels in tropical forage silage and, consequently, reduce effluent losses.

In general, the characteristics of sorghum favour an effective fermentation process, such as its adequate DM content (300 to 350 g kg<sup>-1</sup>), soluble carbohydrate level greater than 150 g kg<sup>-1</sup> and buffering power of less than 200 eq.mg HCl/100 g DM (Quintino et al., 2016). These characteristics contribute to minimizing the problems related to the fermentation of pure grass silages.

The interaction of forage type and addition level had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the crude protein and digestibility of silages (Figure 2). However, only the forage addition level (Figure 3), not the forage type ( $p > 0.05$ ), had a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the contents of NDF, ADF, lignin and ether extract (Table 3). The values of ash and TDN were not influenced by the different addition levels and forage or their interaction.

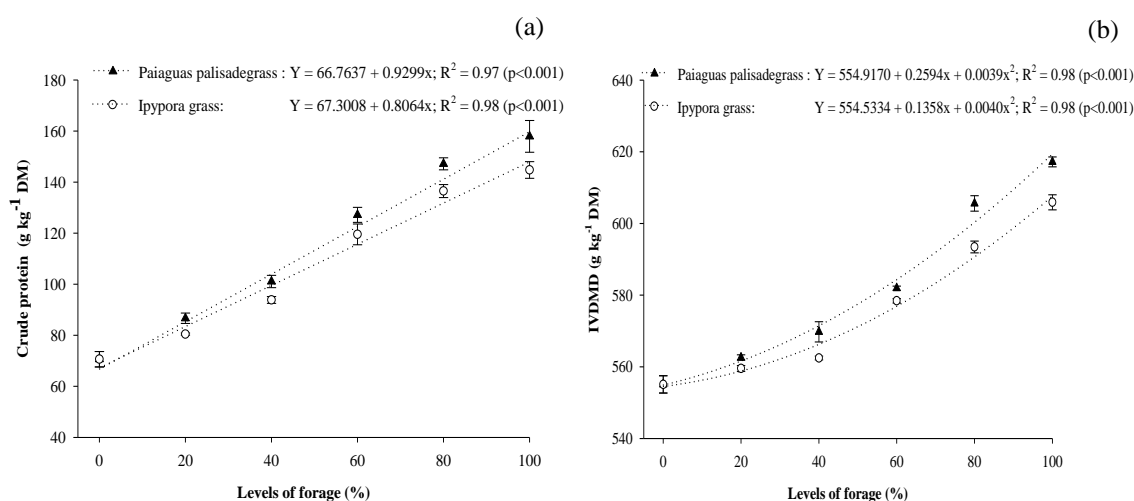


Figure 2. Crude protein content (a) and digestibility (b) of sorghum silage with levels of forage.

Vertical bars indicate the standard deviation of the mean.

There was a linear increase in the crude protein level of the silage with the increasing level of forage addition in the ensiled material (Figure 2 a). This is relevant to increasing the crude protein of sweet sorghum silage and resulted in better nutritional quality in the mixed silage. One of the main advantages of producing mixed silages is the increase in crude protein content and digestibility. Sweet sorghum silage is considered an



energy food; however, its protein content is low (70.64 g kg<sup>-1</sup> DM), which is a disadvantage of sorghum silage compared to tropical forage silages. Evaluating bagasse silages from sweet sorghum cultivars, Gomes-Rocha et al. (2018) observed crude protein contents from 60.5 to 70.1 g kg<sup>-1</sup> DM, which are close to those found in the present study in the pure sorghum silage.

Between the two forage silages, the 100% Paiaguas palisadegrass silage had a 12% higher crude protein than the 100% Iypora grass silage. This was due to the morphological structure of Paiaguas palisadegrass, which has a high leaf:stem ratio than Iypora grass and thus generates better-quality forage (Epifanio et al., 2019; Souza et al., 2019).

Table 3. NDF, ADF, lignin and ether extract contents of sorghum silage with forages.

<b>Forage</b>	<b>NDF</b> (g kg <sup>-1</sup> DM)	<b>ADF</b> (g kg <sup>-1</sup> DM)	<b>Lignin</b> (g kg <sup>-1</sup> DM)	<b>EE</b> (g kg <sup>-1</sup> DM)
Paiaguas palisadegrass	695.72 a	371.71 a	21.28 a	25.34 a
Iypora grass	700.74 a	375.67 a	21.57 a	24.93 a
Average	698.23	373.69	21.43	25.13
SEM	1.530	1.870	0.141	0.343
P value	0.340	0.148	0.175	0.442

Means followed by the same letter do not differ significantly by Tukey's test ( $p > 0.05$ ).

SEM: standard error of mean

NDF: neutral detergent fibre; ADF: acid detergent fibre; EE: ether extract.

The addition of increasing levels of Paiaguas palisadegrass and Iypora grass resulted in a linear increase in the IVDMD of the sorghum silage (Figure 2 b) despite the fact that sorghum contains a higher content of non-structural carbohydrates (starch, pectin and sugars) than of structural carbohydrates, which are normally less digestible (Van Soest, 1994). This can be explained by the higher crude protein content and lower fibre fractions of the forages, which contributed to the better digestibility of the silage. The IVDMD values obtained here are consistent with the values found in other studies (Skonieski et al., 2010; Cruvinel et al., 2017; S. S. Oliveira et al., 2020; Taveira et al., 2020).

Of the two forage crops, Paiaguas palisadegrass provided higher values of IVDMD at all levels of addition. However, the difference was small, e.g., only 1.8% higher than that of Iypora grass at the 100% level. This was due to the similarities

between these two species of Brachiaria, which have a high proportion of leaves and high forage quality (Euclides et al., 2018; Epifanio et al., 2019).

Paiaguas palisadegrass and Iypora grass are very productive forages that have excellent nutritional value (Table 1). In the present study, the forages were harvested during their development cycle, which contributed to maintaining their nutritional value. Echeverria et al. (2016) reported that the Iypora grass hybrid is an important forage alternative for animal production systems due to its forage quality, specifically its vigour and the high number of leaves on each stem. In addition, this hybrid grows in small clumps with high basal tillering rates; low stolon emergence; and thin, short stems and is a forage with high nutritional value (Euclides et al., 2018).

There was a linear reduction in the contents of NDF, ADF and lignin with the increasing level of forage in the silage (Figure 3 a, b, c), i.e., a dilution of the fibre content. In comparison to the pure sorghum silage, the silage made of 100% forages had 8.6, 23.6 and 35.4% lower NDF, ADF and lignin contents, respectively. Sweet sorghum is tall, produces more stem biomass and less grain biomass than certain forages, and accumulates many of the fibre fractions in its stems (Taveira et al., 2020). This explains the higher values in the sorghum silage than in the forage silage in the present study. The non-significant differences ( $p > 0.05$ ) between the fibre contents of the forages may be due to the similar levels of the different fibre fractions in Paiaguas palisadegrass and Iypora grass (Table 1) at the time of cutting.

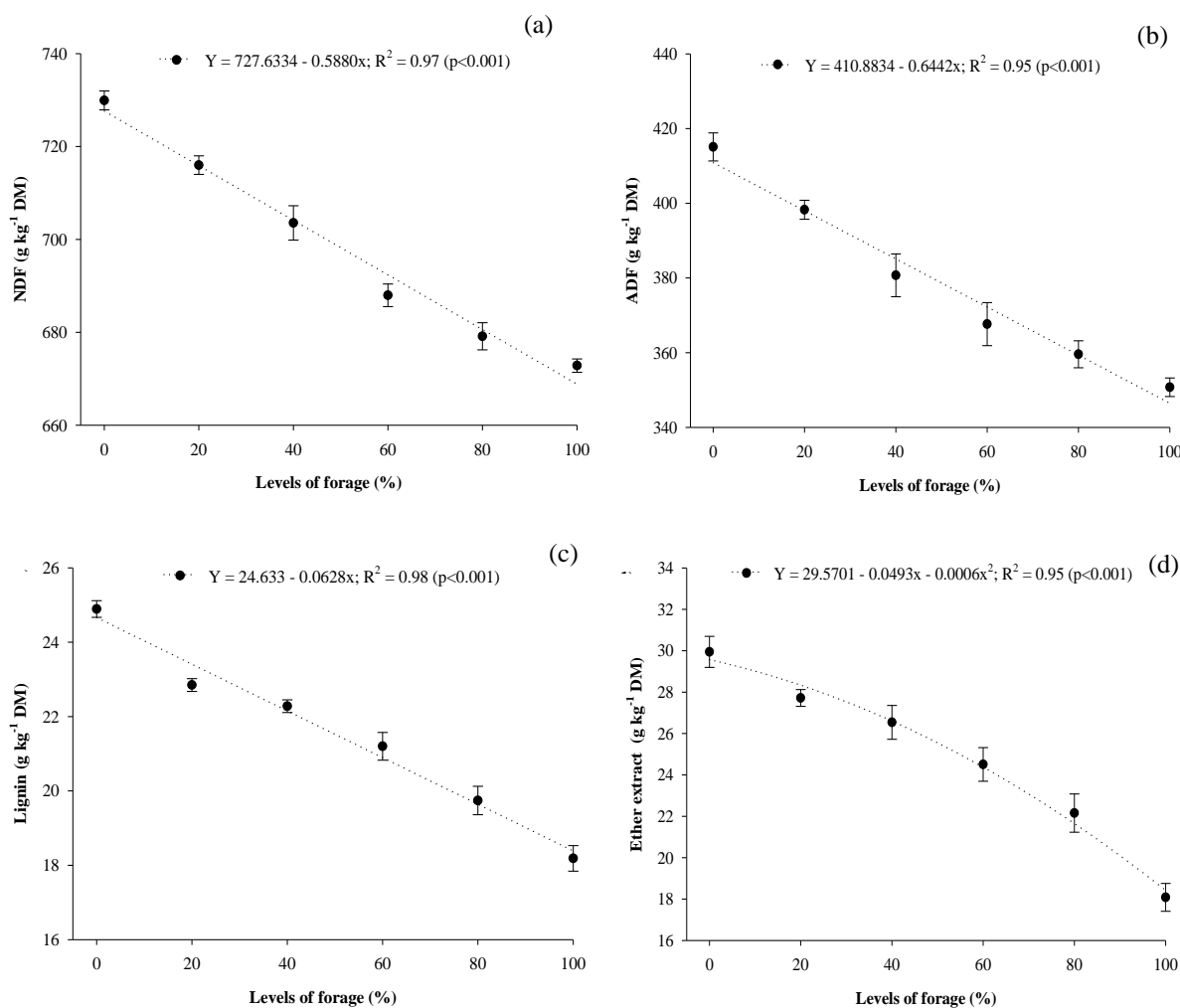


Figure 3. NDF (a), ADF (b), lignin (c), and ether extract (d) contents of sorghum silage with different levels of forage. Vertical bars indicate the standard deviation of the mean.

Fibre fractions are important for characterizing the nutritional value of forages. The NDF content is directly related to animal intake, and the ADF indicates digestibility (Van Soest, 1994). Thus, high contents of NDF and ADF are negatively correlated with the intake and digestibility of dry matter, and the higher contents of these fractions in the sorghum stem directly influence the silage composition, as observed by R. F. Costa et al. (2016a).

For the ether extract (Figure 3 d), there was a quadratic reduction in values with the increasing level of grass in the silage. This can be explained by the lower fat content of tropical forages (Table 1) than of sorghum. According to Bueno, Lazzari, Jobim and Daniel (2020), lipids are not typical fuels for fermentation; thus, well-preserved silages have levels of ether extract that are similar to those in fresh material. This finding is in line with the results of the present study.

The content of ether extract in silage is important for ruminant nutrition, as it is necessary to coordinate protein and energy levels for good ruminal function and nutrient use (L. B. D. Oliveira et al., 2010). The ether extract refers to the amount of oil present in the food, and an adequate amount of oil (up to 100 g kg<sup>-1</sup> DM) is desirable because the energy provided by oil is greater than that provided by protein (Marafon et al., 2015). According to Ferreira et al. (2016), silages with lipid contents provide a feeling of satiety and greater energy gain than silages with low lipid contents. These findings emphasize the importance of mixed silage production to balance silage nutrient levels.

The TDN content of the silages was not influenced by the addition level, forage type or their interaction, and its average value was 600.18 g kg<sup>-1</sup> DM. These values were above those found by S. S. Oliveira et al. (2020) for Paiaguas palisadegrass silage (531.5 g kg<sup>-1</sup> DM) and below those found for grain sorghum silage (663.5 g kg<sup>-1</sup> DM). The difference in the contents above is due to the sorghum hybrid; sweet sorghum has a lower number of grains in the panicle than grain sorghum and provides less energy as a result (Taveira et al., 2020). TDN is an important parameter for animal feed since energy and protein are often the most limiting factors for ruminants (L. B. D. Oliveira et al., 2010).

It is worth mentioning that the nutritional quality of the silage remained practically unchanged throughout the fermentation process (Figures 1, 2 and 3); the final results were similar to those observed in the fresh material before ensiling (Table 1). This shows that the materials were adequately ensiled and that the harvesting time and material chopping, storage, compaction and sealing processes were satisfactory and maintained the levels of available nutrients in the silage.

At all addition levels, the silages showed good nutritional quality. Similar results were obtained by several authors studying the silage of sorghum with tropical forages (R. F. Costa et al., 2016a; M. G. Ribeiro et al., 2017; S. S. Oliveira et al., 2020). These results show the importance of producing mixed silages to balance the nutritional value of silages, which can be an effective alternative to improve the quality of the pure sorghum silage.

## CONCLUSION

The inclusion of Paiaguas palisadegrass and Iypora grass in sorghum silage raised the pH, buffering capacity and NH<sub>3</sub>-N content of the silages and reduced their dry matter content but did not negatively affect their fermentation characteristics, which remained within appropriate limits.

Increasing the level of Paiaguas palisadegrass or Iypora grass in the silage increased the crude protein content, IVDMD and mineral matter content of the silage and decreased the fibre fraction (NDF, ADF, lignin) and ether extract contents. Adding tropical forages to sorghum silage material at levels above 40% is recommended.

Among forage crops, the addition of Paiaguas palisadegrass to sorghum silage resulted in higher content of crude protein and IVDMD.

Mixed silages can be an effective alternative to improve the quality of exclusive sweet sorghum silage.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Instituto Federal Goiano for financially supporting this study.

## REFERENCES

- Association Official Analytical Chemists (1990). Official methods of analysis (15nd ed.). Arlington, VA: AOAC.
- Behling Neto, A. B., Reis, R. H. P., Cabral, L. S., Abreu, J. G., Sousa, D. P., Pedreira, B. C., & Carvalho, A. P. S. (2017). Fermentation characteristics of different purpose sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4, Supl. 1), 2607-2618. doi: 5433/1679-0359.2017v38n4Sup1p2607
- Bolsen, K. K., Lin, C., Brent, B. E., Feyerherm, A. M., Urban, J. E., & Aimutis, W. R. (1992). Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 3066-3083. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9

- Bueno, A. V. I., Lazzari, G., Jobim, C. C., & Daniel, J. L. P. (2020). Ensiling total mixed ration for ruminants: a review. *Agronomy*, 10(6), 879. doi: 10.3390/agronomy10060879
- Cappelle, E. R., Valadares, S. D. C., Fº., Silva, J. F. C. D., & Cecon, P. R. (2001). Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(6), 1837-1856. doi: 10.1590/S1516-35982 001000700022
- Chen, L., Dong, Z., Li, J., & Shao, T. (2019). Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2140-2151. doi: 10. 1002/jsfa.9406
- Costa, N. R., Andreotti, M., Crusciol, C. A. C., Pariz, C. M., Lopes, K. S. M., Leonardo de Almeida Yokobatake, K.,... Souza, D. M. de. (2016b). Effect of intercropped tropical perennial grasses on the production of sorghum-based silage. *Agronomy Journal*, 108(6), 2379-2390. doi: 10.2134/ agronj2016. 07.0385
- Costa, R. F., Pires, D. A. D. A., Moura, M. M. A., Sales, E. C. J. D., Rodrigues, J. A. S., & Rigueira, J. P. S. (2016a). Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(2), 127133. doi: 10.4025/actascianimsci.v38i2. 29567
- Costa, R. R. G. F., Costa, K. A. P. de, Souza, W. F. de, Epifanio, P. S., Santos, C. B., Silva, J. T. da, & Oliveira, S. S. (2018). Production and quality of silages pearl millet and Paiaguas palisadegrass in monocropping and intercropping in different forage systems. *Bioscience Journal*, 34(2), 357-367. doi: 10.14393/BJ-v34n2a2018-33843

- Cruvinel, W. S., Costa, K. A. D. P., Teixeira, D. A. A., Silva, J. T. da, Epifanio, P. S., Costa, P. H. C. P., & Fernandes, P. B. (2017). Fermentation profile and nutritional value of sunflower silage with *Urochloa brizantha* cultivars in the off-season. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18(2), 249-259. doi: 10.1590/s1519-99402017000200004
- Cruz, S. S. D., Andreotti, M., Pascoaloto, I. M., Lima, G. C. D., & Soares, C. D. A. (2020). Produção de sorgo forrageiro consorciado com gramíneas e guandu-anão no corte da safra. *Revista Ciência Agronômica*, 51(2), 1-10. doi: 10.5935/1806-6690.20200031
- Daniel, J. L. P., Bernardes, T. F., Jobim, C. C., Schmidt, P., & Nussio, L. G. (2019). Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, 74(2), 188-200. doi: 10.1111/gfs.12417
- Echeverria, J. R., Euclides, V. P. B., Sbrissia, A. F., Montagner, D. B., Barbosa, R. A., & Nantes, N. N. (2016). Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* BRS RB331 Ipyporã sob pastejo intermitente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(7), 880-889. doi: 10.1590/S0100-204X2016 000700011
- Epifanio, P. S., Costa, K. A. P. de, Costa Severiano, E. da, Souza, W. F. de, Teixeira, D. A. A., Silva, J. T. da, & de Moura Aquino, M. (2019). Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. *Crop and Pasture Science*, 70(8), 718-729. doi: 10.1071/CP18447
- Euclides, V. P. B., Nantes, N. N., Montagner, D. B., Araújo, A. R. D., Barbosa, R. A., Zimmer, A. H., & Valle, C. B. D. (2018). Beef cattle performance in response to Ipyporã and Marandu *Brachiaria* grass cultivars under rotational stocking management. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(1), 1-10. doi: 10.1590/rbz4720180018

- Ferreira, D. D. J., Zanine, A. D. M., Lana, R. D. P., Souza, A. L. de, Negrão, F. M., Geron, L. J., & Dantas, C. C. (2016). Kinetic parameters of ruminant degradation of Marandu grass silage supplemented with brewer's grain. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(1), 135142. doi: 10.4067/S0718-16202016000 00012
- Gomes, A. L. M., Jacovaci, F. A., Bolson, D. C., Nussio, L. G., Jobim, C. C., & Daniel, J. L. P. (2019). Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. *Animal Feed Science and Technology*, 247(1), 194-198. doi: 10.1016/j.anifeedsci. 2018.11.016
- Gomes-Rocha, F. M., Evangelista, A. R., Rocha, N. S., Silva, T. O. D., Abreu, L. R. A., Ortêncio, M. O., Bonfá, C. S. (2018). Fermentation characteristics and bromatological composition of sweet sorghum bagasse silages. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19(2), 157-165. doi: 10. 1590/s1519-99 402018000200002
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 101-119. doi: 10.1590/S15 16-35982007001000013
- Kung, L., Jr., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020-4033. doi: 10.3168/ jds.2017-13909
- Marafon, F., Neumann, M., Carletto, R., Lima Wrobel, F. de, Mendes, E. D., Spada, C. A., & Faria, M. V. (2015). Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 917-931. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n2p917
- McDonald, P. J., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed.), Edinburgh, UK. Mallow Chalcombe Publications.



- Mertens, D. R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 85(6), 1217-1240. doi: 10.1093/jaoac/85.6.1217
- Negrão, F. D. M., Zanine, A. D. M., Souza, A. L. D., Cabral, L. D. S., Ferreira, D. D. J., & Dantas, C. C. O. (2016). Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(1), 13-25. doi: 10.1590/S1519-99402016000100002
- Oliveira, L. B. D., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. D., Ribeiro, L. S. O., Almeida, V. V. D., & Peixoto, C. A. D. M. (2010). Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgosudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 61-67. doi: 10.1590/S1516-35982010000100008
- Oliveira, S. S., Costa, K. A. P. de, Souza, W. F. de, Santos, C. B. dos, Teixeira, D. A. A., & Costa, V. (2020). Production and quality of the silage of sorghum intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and at different maturity stages. *Animal Production Science*, 60(5), 694704. doi: 10.1071/AN17082
- Paludo, F., Costa, K. A. P., Dias, M. B. C., Santos, F. A., Silva, A. C. G., Rodrigues, L. G., Muniz, M. P. (2020). Fermentative profile and nutritive value of corn silage with Tamani guinea grass. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(6), 2733-2746. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n6p2733
- Quintino, A. D. C., Abreu, J. G., Almeida, R. G., Macedo, M. C. M., Cabral, L. D. S., & Galati, R. L. (2016). Valor nutritivo de silagem de capim-piatã em monocultivo e em consórcio com sorgo de corte e pastejo. *Ciência Animal Brasileira*, 17(2), 185-191. doi: 10.1590/1089-6891v17i219107

- Ribeiro, L. S. O., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. D., Santos, A. B. D., Ferreira, A. R., Bonomo, P., & Silva, F. F. D. (2010). Composição química e perdas fermentativas de silagem de canade-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 1911-1918. doi: 10.1590/S1516-35982010000900008
- Ribeiro, M. G., Costa, K. A. P., Souza, W. F. D., Cruvinel, W. S., Silva, J. T. D., & Santos, D. R. D., Jr. (2017). Silage quality of sorghum and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 243-250. doi: 10.4025/actascianimsci.v39i3.33455
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Cunha, T. J. F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos (5a ed.). Brasília: EMBRAPA Solos.
- Skonieski, F. R., Nornberg, J. L., Azevedo, E. B. de, David, D. B. de, Kessler, J. D., & Menegaz, A. L. (2010). Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(1), 27-32. doi: 10.4025/actascianimsci.v32i1.7200
- Souza, W. F., Costa, K. A. P., Guarnieri, A., Severiano, E. C., Silva, J. T., Teixeira, A. A., & Dias, M. B. C. (2019). Production and quality of the silage of corn intercropped with Paiaguas palisadegrass in different forage systems and maturity stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48. doi: 10.1590/rbz4820180222
- Taveira, J. H. S., Costa, K. A. P. de, Aquino, M. M. de, Silva, C. V. da, Souza, W. F. de, Dias, M. B. C. de, & Pereira, A. D. (2020). Fermentation parameters and quality of sweet and biomass sorghum silages with doses of vinasse. *Journal of Agricultural Studies*, 8(3), 678-692. doi: 10.5296/jas.v8i3.16823
- Teetor, V. H., Duclos, D. V., Wittenberg, E. T., Young, K. M., Chawhuaymak, J., Riley, M. R., & Ray, D. T. (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1293-1300. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.09.010

- Tilley, J. M. A., & Terry, D. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104-111. doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Ithaca: Cornell University Press.
- Zhang, S. J., Chaudhry, A. S., Ramdani, D., Osman, A., Guo, X. F., Edwards, G. R., & Cheng, L. (2016). Chemical composition and in vitro fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(1), 175-182. doi: 10.1016/S20953119(14)60939-4

## CONCLUSÃO GERAL

A adição dos capins Paiaguás e Ipyporã na ensilagem de sorgo aumentou o pH, capacidade tampão e N-NH<sub>3</sub> e, reduziu os teores de matéria seca, mas não comprometeu as características fermentativas das silagens, ficando dentro do padrão adequado.

Adição de níveis crescente dos capins Paiaguás e Ipyporã na ensilagem aumentou os teores de proteína bruta, DIVMS e matéria mineral e diminuiu as frações fibrosas (FDN, FDA, lignina) e extrato etéreo, sendo recomendados níveis cima de 40%.

Entre as forrageiras, a adição de capim-paiaguás na ensilagem de sorgo apresentou maior teores de proteína bruta e DIVMS.

Silagens mistas podem ser uma alternativa eficaz para melhorar a qualidade da silagem exclusiva de sorgo forrageiro.